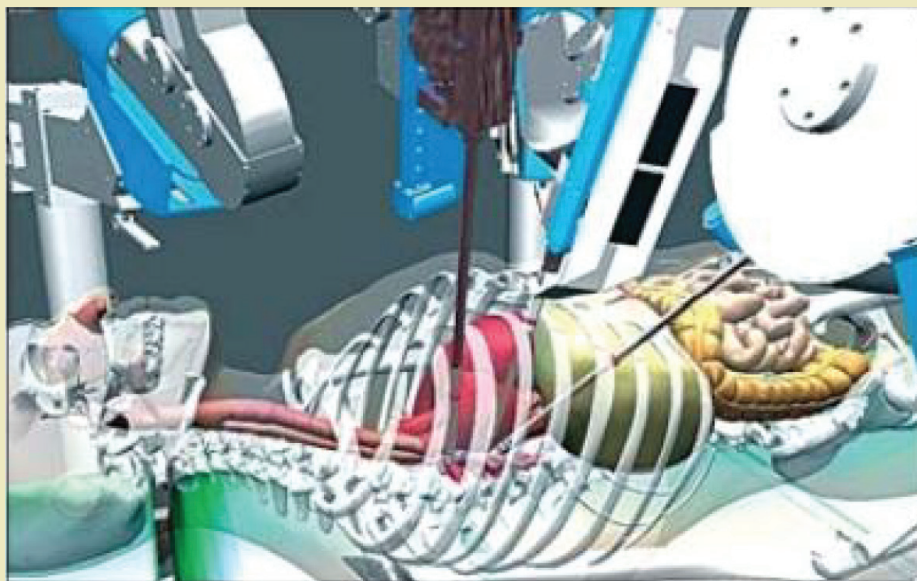




# Inżynieria biomedyczna

## Telemedycyna

*oprac. zbiorowe pod red.  
Ryszarda Maciejewskiego  
Jarosława Zubrzyckiego*

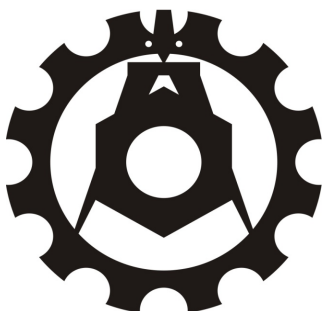


M  
O  
N  
O  
G  
R  
A  
F  
I  
E

# Inżynieria biomedyczna

## Telemedycyna

# Monografie – Politechnika Lubelska



Politechnika Lubelska  
Wydział Mechaniczny  
ul. Nadbystrzycka 36  
20-618 LUBLIN

# Inżynieria biomedyczna

## Telemedycyna

oprac. zbiorowe pod red.  
Ryszarda Maciejewskiego  
Jarosława Zubrzyckiego



Politechnika Lubelska  
Lublin 2015

Recenzent:  
dr hab. n. med. Teresa Małecka-Massalska  
prof. dr hab. inż. Antoni Świć

Publikacja wydana za zgodą Rektora Politechniki Lubelskiej

© Copyright by Politechnika Lubelska 2015

ISBN: 978-83-7947-111-9

Wydawca: Politechnika Lubelska  
ul. Nadbystrzycka 38D, 20-618 Lublin  
Realizacja: Biblioteka Politechniki Lubelskiej  
Ośrodek ds. Wydawnictw i Biblioteki Cyfrowej  
ul. Nadbystrzycka 36A, 20-618 Lublin  
tel. (81) 538-46-59, email: wydawca@pollub.pl  
[www.biblioteka.pollub.pl](http://www.biblioteka.pollub.pl)  
Druk: TOP Agencja Reklamowa Agnieszka Łuczak  
[www.agencjatop.pl](http://www.agencjatop.pl)

---

Elektroniczna wersja książki dostępna w Bibliotece Cyfrowej PL [www.bc.pollub.pl](http://www.bc.pollub.pl)  
Nakład: 100 egz.

## Spis treści

*Kapica P., Zubrzycki J.*

1. Quo vadis, homo? Inżynieria biomedyczna a etyka transhumanizmu .....	9
Bibliografia .....	24

*Rokicka M., Gaska D.*

2. Zarządzanie firmą medyczną – systemy klasy ERP .....	25
2.1. Systemy klasy ERP – definicja .....	25
2.2. Historia – powstawanie systemu krok po kroku .....	26
2.3. Zalety systemów ERP i kryteria ich wyboru .....	27
2.4. Bariery wdrożeniowe systemu informatycznego klasy ERP .....	28
2.5. Systemy wykorzystywane w zarządzaniu firmami medycznymi .....	29
2.6. Rozwiązanie klasy ERP firmy Kamsoft.....	29
2.7. Budowa zintegrowanego systemu zarządzania KS-SODEL.....	31
2.8. Rozwiązania klasy ERP firmy Comarch.....	33
2.9. Obszary funkcjonalne systemu Comarch OptiMED ERP .....	33
2.10. Nowe rozwiązanie - ERP w chmurze .....	35
2.11. Podsumowanie .....	36
Bibliografia .....	37

*Wronka J., Zubik A., Gaska D.*

3. Systemy monitorowania pacjenta .....	38
Wstęp .....	38
3.1. Ogólna koncepcja systemów monitorowania .....	38
3.2. Elementy składowe systemu monitorowania .....	39
3.3. Standardy wymiany danych.....	42
3.4. Przykłady systemów monitorowania pacjentów .....	43
3.4.1. Platforma e-Care firmy Comarch.....	43
3.4.2. Kardiotele – Telemedycyna Polska.....	44
3.4.3. Platforma mediGuard.....	46
3.4.4. OSOZ – Ogólnopolski System Ochrony Zdrowia .....	47
3.4.5. Projekt HealthService24 .....	47
3.4.6. Projekt PERFORM .....	48
Podsumowanie .....	49
Bibliografia .....	50

*Popek D., Gaska D.*

4. Programy do wspomaganie specjalistki – SOMED .....	51
Wstęp .....	51
4.1. Główne zadanie systemu KS-SOMED .....	52
4.2. Budowa systemu .....	52
4.2.1. Moduł Internatowa Rejestracja Pacjentów .....	54
4.2.2. Moduł Terminarz .....	55
4.2.2. Moduł Gabinet .....	57

4.2.3. Moduł Okulista .....	62
4.2.4. Moduł Stomatolog .....	64
Podsumowanie .....	66
Bibliografia .....	67

*Dębicki A., Bielecki P., Zubrzycki J.*

5. Projekt informatycznego systemu wspomagającego zarządzanie przychodnią	68
Wstęp .....	68
5.1. Wymagania stawiane systemowi .....	68
5.2. Prawne aspekty informatyzacji przychodni .....	68
5.3. Opis modułów .....	70
5.3.1. Moduł <i>Przychodnia</i> .....	70
5.3.2. Moduł <i>Przebieg Leczenia</i> .....	70
5.3.3. Moduł <i>Oddział</i> .....	70
5.3.4. Moduł <i>Analiza i statystyka</i> .....	71
5.4. Funkcje.....	71
5.4.1. Funkcje dla pacjenta .....	71
5.4.2. Funkcje dla lekarza .....	72
5.4.3. Funkcje dla pracowników przychodni .....	73
5.5. Wykorzystane języki programowania i narzędzia .....	73
5.5.1. Obsługa grafiki, drukowanie recept .....	74
5.6. Bezpieczeństwo systemu .....	76
Podsumowanie .....	78
Bibliografia .....	79

*Gajownik R., Gontarz M., Zubrzycki J.*

6. Telemedycyna w ratownictwie medycznym.....	80
Wstęp .....	80
6.1. Komunikacja w systemie ratownictwa medycznego .....	80
6.1.1. Definicje pojęć .....	80
6.1.2. Algorytm komunikacji w systemie Ratownictwa Medycznego.....	81
6.2. Oprogramowanie wykorzystywane w medycynie ratunkowej .....	82
6.2.1. System digitexRDS iOpenRDS .....	82
6.2.2. Program SWDD .....	85
6.3. Terminale statusowe .....	86
6.3.1. Terminal DTS-2001 .....	87
6.3.2. Terminal DTS-3001 .....	89
6.4 System teletransmisji EKG .....	90
6.4.2. LIFENET .....	90
6.4.2. ZOLL Data Relay System.....	92
Bibliografia .....	95

*Augustynowicz D., Chudy K., Gaska D.*

7. Rozwój metod telerehabilitacji we współczesnej medycynie oraz sposoby wirtualnej komunikacji z pacjentem .....	96
7.1. Założenia telemedycyny oraz historia telerehabilitacji .....	96
7.2. Technologie wykorzystywane w telerehabilitacji .....	99
7.2.1. Plain old telephone service (POTS) z możliwością video-rozmów .....	99
7.2.2. Video-conferencing .....	99
7.2.3. Virtual-reality (wirtualne środowisko 3D) .....	99
7.2.4. Motion technology (interaktywna aplikacja) .....	100
7.2.5. Aplikacje internetowe .....	100
7.3. Monitorowanie czujników umieszczonych na ciele pacjenta .....	100
7.3.1. Technologie dotykowe .....	101
7.3.2. Sztuczna inteligencja .....	101
7.3.3. Aplikacje bezprzewodowe (Wi-Fi, 3G) .....	101
7.4. Obszary zastosowań telerehabilitacji .....	102
7.4.1. Telerehabilitacja kardiologiczna .....	102
7.4.2. Telerehabilitacja laryngologiczna .....	102
7.5. Projekty związane z telemedycyną .....	104
7.5.1. Projekt CLEAR .....	104
7.5.2. Badania w Fraunhofer Institute dotyczące telerehabilitacji .....	104
7.5.3. System H-CAD: aktywne biurko do rehabilitacji kończyny górnej .....	105
7.6. Kierunki rozwoju telerehabilitacji .....	105
7.7. Telerehabilitacja – za i przeciw .....	107
Bibliografia .....	108

*Gieroba M., Kuflewska B., Gaska D.*

8. Telemedyczny, zautomatyzowany system trójwymiarowego pomiaru, analizy, wykrywania, monitorowania i leczenia wad oraz deformacji budowy ciała człowieka .....	109
8.1. Czym jest telemedycyna? .....	109
8.2. Wady i deformacje ciała .....	110
8.4. Budowa i zasady działania systemu .....	110
8.4. Przebieg badań w ramach systemu .....	116
Wnioski .....	118
Bibliografia .....	118

*Kopertowska A., Skowronski P., Gaska D.*

9. Możliwości wykorzystania chmury danych w telemedycynie .....	119
Wstęp .....	119
9.1. Koncepcja chmury jako technologii informatycznej .....	119
9.2. Model chmury .....	121
9.3. Obszary zastosowania chmur .....	124
9.4. Chmury w medycynie .....	125
9.4.1. Konstrukcja system informatycznego w placówce medycznej .....	126



9.4.2 Wykorzystanie chmur w służbie zdrowia .....	127
9.4.3. Integralność systemów .....	128
9.5. Bezpieczeństwo danych .....	130
9.6. Perspektywy oraz bariery .....	131
Podsumowanie .....	133
Bibliografia .....	134

*Barańska K., Dzierżak R., Filipowicz A., Gąska D.*

10. Telemedycyna w chirurgii. Roboty medyczne.....	135
Wstęp .....	135
10.1. Znaczenie i specyfikacja telechirurgii.....	136
10.2. Podział robotów medycznych .....	138
10.3. Budowa systemu teleoperacyjnego .....	139
10.4. Połączenie telekomunikacyjne.....	141
10.5. Charakterystyka robota AESOP.....	142
10.5.1. Budowa robota AESOP .....	143
10.5.2. Zasada działania robota AESOP .....	144
10.6. Zrobotyzowany system chirurgiczny Zeus .....	145
10.7. Kardiochirurgia .....	149
Bibliografia .....	162

## 1. Quo vadis, homo? Inżynieria biomedyczna a etyka transhumanizmu

Jedno z najstarszych chińskich pozdrowień mówi „obyś żył w ciekawych czasach”. Jeszcze nigdy nie było ono tak aktualne, jak teraz. Mało tego, o ile historyczne przypadki owych „ciekawych czasów” zamykały się w niewielkim obrębie kuli ziemskiej – państwie, w skrajnych przypadkach kontynencie, o tyle XX wiek przyniósł ogromne zmiany, a „ciekawe czasy” objęły cały glob. Minął blisko wiek, a wszyscy mamy nadzieję, że takie „ciekawe czasy” więcej się nie powtórzą. A mimo, iż popularna prawda głosi, że to wojna jest motorem nauki, a od zakończenia ostatniego światowego konfliktu upłynęło blisko 70 lat, nie można powiedzieć, by postęp technologiczny zwalniał, wręcz przeciwnie, rośnie w tempie wykładniczym. I mimo, że obejmuje wiele dziedzin życia – od transportu, przez informatykę, po rolnictwo, świeci mu jeden nadrzędny cel – poprawa, jakości życia ludzi.

Czy jednak człowiek zdolny do ekspresowego poruszania się po kuli ziemskiej za pomocą w pełni zinformowanych, samobieżnych wehikułów, zabijający sobie krótki czas podróży smakowaniem specjalnie wyselekcjonowanych produktów inżynierii rolniczej będzie szczęśliwy i zadowolony ze swojego życia, jeśli celem podróży będzie szpital i czekające go leczenie paliatywne? Stąd wysuwa się prosty wniosek, która dziedzina nauki powinna być najbardziej rozwojowa i faktycznie, postępy medycyny dokonane w ciągu ostatnich kilkudziesięciu lat przedstawiają się imponująco. Lekarz potrafi wykryć kilkumilimetrową zmianę nowotworową, odpowiednio ją zdiagnozować i opisać, po czym wybrać najodpowiedniejszy sposób leczenia i zakończyć je sukcesem. I o ile większość ludzi postrzega ten schemat w taki uproszczony sposób, prawda wygląda nieco inaczej. Bez pomocy tomografu komputerowego czy rezonansu odnalezienie jakiegokolwiek zmiany w głębiej położonych narządach byłoby, poza bezpośrednią i skrajnie inwazyjną metodą chirurgiczną, niemożliwe. Najpewniejsza metoda diagnostyczna, biopsja, nie obędzie się bez odpowiedniego sprzętu – igieł, strzykawek, mikroskopu. Opis choroby musi zostać przesłany do odpowiednich jednostek, ponadto nie należy zapominać o archiwizacji danych pacjenta, co wymaga odpowiednich systemów informatycznych i sprzętu. W końcu leczenie niezależnie, jakiego byłoby typu, jest popisem nie tyle lekarza, co techniki – niezależnie, czy mówimy o aparatach radiologicznych, w pełni zautomatyzowanych halach koncernów farmaceutycznych, zdolnych do odmierzania dawek leków w mikrogramach, czy też instrumentarium medycznym, umożliwiającym przeprowadzanie operacji bez

---

<sup>1</sup> Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej przy ITSI

<sup>2</sup> dr inż., Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych

narażania życia pacjentów. O to wszystko, a nawet o dużo, dużo więcej troszczy się nie inna dziedzina nauki, jak inżynieria biomedyczna. Oczywiście, jak każda inna wymaga od adeptów coraz większej specjalizacji, jednak nadal ekspert w tej dziedzinie musi być po trosze lekarzem, informatykiem, mechanikiem, materiałoznawcą, elektrykiem, elektronikiem. Wymieniać można praktycznie w nieskończoność. Niemal zawsze zapomina się jednak o jednym. Każdy inżynier biomedyczny musi być, poza wszelkimi innymi umiejętnościami, a kto wie, czy nie przede wszystkim, etykiem.

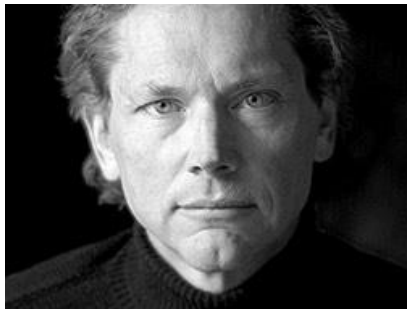
Czymże jest transhumanizm? Jeden z największych światowych filozofów, Nick Bostrom, definiuje transhumanizm jako "Ruch intelektualno-kulturowy, pozytywnie odnoszący się do możliwości, jak i potrzeby fundamentalnej zmiany ludzkiej kondycji, szczególnie poprzez wykorzystanie technologii do wyeliminowania procesu starzenia się i do ogromnego udoskonalenia intelektualnych, fizycznych i psychicznych możliwości człowieka oraz badanie konsekwencji, obietnic i potencjalnych zagrożeń wynikających z użycia nauki, techniki i innych środków twórczych, mających na celu przewyżczenie podstawowych ludzkich ograniczeń" [1].



**Rys. 1.1. Nick Bostrom**

Z kolei filozof i futurolog Max More, zajmujący się problemami etycznymi wywoływanymi powstającymi technologiami głosi, iż "Transhumanizm to klasa filozofii, które próbują kierować nas w stronę kondycji postludzkiej. Transhumanizm dzieli wiele elementów z humanizmem – przede wszystkim szacunek dla rozumu i nauki, nacisk na postęp i docenianie roli człowieczeństwa (czy transcłowieczeństwa) w życiu. Transhumanizm różni się od humanizmu przez przyzwolenie (a nawet oczekiwanie) na radykalne zmiany w naszej naturze i dostępnych nam możliwościach oferowanych przez różne nauki i technologie" [2]. Krótko, zwięźle i dobitnie mówiąc transhumanizm postuluje, by przy pomocy dostępnych technologii ludzkość sama poprowadziła swoją drogę ewolucji i osiągnęła w przyszłości cel, jakim byłoby pokonanie wszelkich ograniczeń narzucanych obecnie przez nasze niedoskonałe ciała oraz osiągnięcie marzenia alchemików, przez setki lat poszukujących kamienia filozoficznego – nieśmiertelność. Wizja transhumanistów wydaje się być zupełnie oderwana od

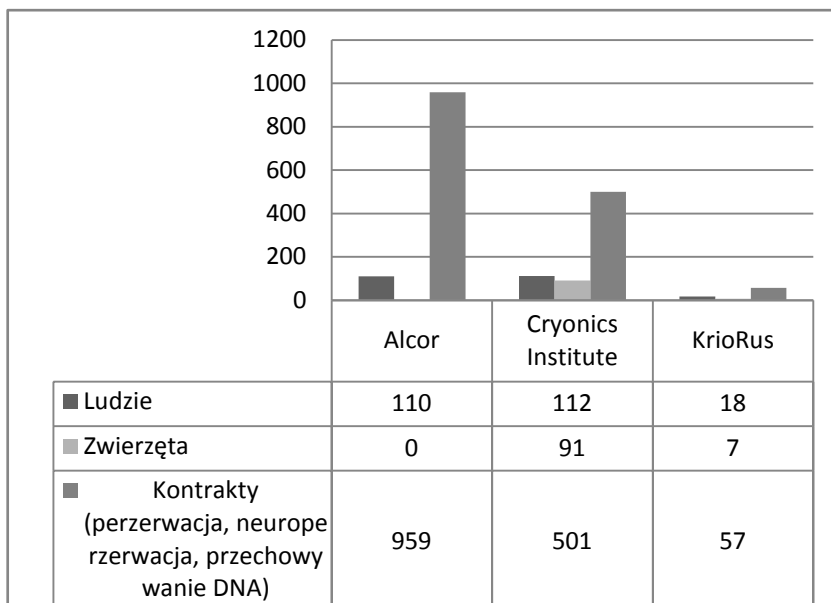
rzeczywistości, może zostać uznana za wątpliwy moralnie wytwór umysłów futurystów nie powinno, więc nikogo dziwić, że ma również swoich przeciwników. I tak Bill Joy, amerykański programista i założyciel Sun Microsystems (dzisiejsze Oracle, twórcy języka Java) przekonuje, że ludzkość podążając za zdobyczami transhumanizmu jedynie przypieczętowałaby swoje wyginięcie, [3] a Theodore Kaczynki, najślynniejszy ekoterrorysta świata, w opublikowanym na łamach The New York Times i The Washington Post manifeście krytykując rozwój technologiczny odnosi się również do Postludzi stwierdzając, że "Te wyprodukowane ludzkie istoty mogą być szczęśliwe w swoim społeczeństwie, ale z pewnością nie będą wolne" [4].



**Rys. 1.2. Bill Joy [4]**

Jednak niezależnie od poglądów i faktycznego stanu rzeczy należy nad tym tematem dyskutować. Można w tym momencie zadać pytanie – a gdzie w tym wszystkim rola dla inżynierii biomedycznej? Odpowiedź jest prosta - wszędzie. Wiele z proponowanych przez transhumanistów rozwiązań wiąże się nierozzerwalnie z pewnymi aspektami inżynierii biomedycznej, podobnie każda z nich budzi wiele dylematów moralnych, które przyjdzie nam rozwiązywać.

Jedną z najpopularniejszych technik związanych z przedłużaniem życia oraz próbami przezwyciężenia śmierci jest kryptonika – technika głębokiego zamrażania ciała pacjenta, którego ze stanem wiedzy obecnej nie potrafimy otrzymać przy życiu, oraz przechowywania go w temperaturze ciekłego azotu z nadzieją rozmrożenia i wyleczenia bądź ożywienia w chwili dostatecznego rozwinięcia medycyny. Obecnie istnieją trzy firmy zajmujące się kryptoniką – dwie zlokalizowane na terenie USA – Alcor Life Extension Foundation ze Scottsdale w stanie Arizona [5] (rys. 1.4) i Cryonics Institute z Clinton Township w Michigan [6] (rys. 1.5) oraz jedna rosyjska – moskiewski KrioRus [7]. Wszystkie oferują podobny zakres usług – możliwość perzerwacji, czyli wychłodzenia i zamrożenia ciała, neuroperzerwacji (wielu kroniców uznaje, że kiedy medycyna osiągnie etap zaawansowania umożliwiający ożywienie zamrożonych pacjentów, również odtworzenie ich całego ciała na bazie DNA i zapisów mózgowych nie powinno stanowić problemu), konserwacji samego DNA oraz, co ciekawe, zamrożenia zwierząt.



**Rys. 1.3. Ilość pacjentów poddanych krioperzwercji**  
*Źródło: opracowanie własne na podstawie [5,6,7]*



**Rys. 1.4. Pomieszczenie zabiegowe Alcor w Scottsdale, Arizona [5]**



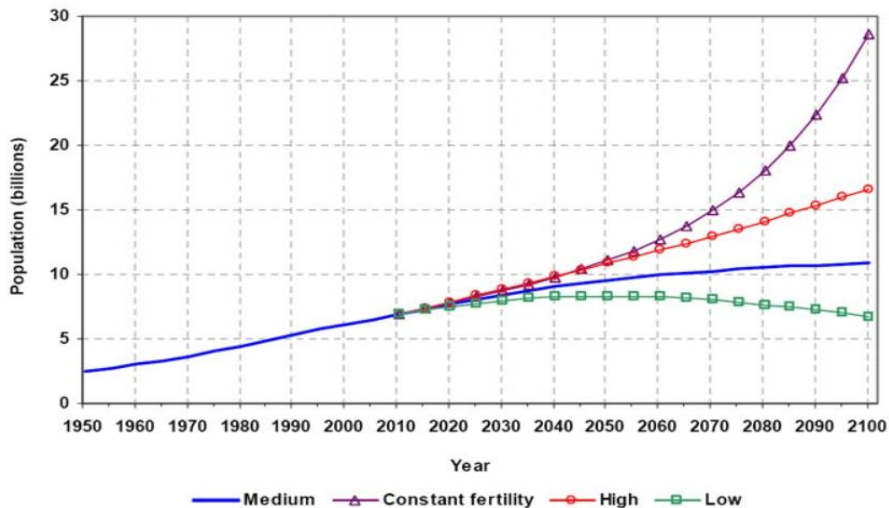
**Rys. 1.5. Komory chłodnicze Cryonics Institute [6]**

Należy również zauważyć, że przynajmniej na razie nie jest to procedura tania - w wypadku Alcor ceny wahają się, w zależności od zakresu przerwy, od 80 000 do 200 000 dolarów, w wypadku Cryonics Institute by zostać zamrożonym należy za życia zostać członkiem organizacji i opłacać składki, sama procedura kosztuje dodatkowo 28 000 do 35 000 dolarów plus koszty transportu. Najbardziej korzystną ofertę, ze względu na odległość interesującą zwłaszcza Europejczyków, proponuje KrioRus – koszt neuroprzerwy wynosi jedynie 12 000 dolarów, za całe ciało przysłoby nam zapłacić trzy razy więcej. Pod względem technicznym dla inżyniera sprawa wydaje się być prosta – niska temperatura zapobiega procesom rozkładu ciała, więc należy jedynie zadbać, by sam proces przerwy nie powodował lizy komórek wskutek zwiększania się objętości wody podczas jej zamrażania, oraz by zamrożone ciało cały czas przebywało w odpowiednio niskiej temperaturze.

Oba problemy doczekały się już rozwiązania – w pierwszym wypadku stosowane są odpowiednie krioprotektanty, rozprowadzane układem krwionośnym i zastępujące w organizmie wodę, które umożliwiają witrifikację organizmu – wychłodzenie i utrwalenie organizmu bez procesu formowania lodu, a co za tym idzie bez mechanicznego zniszczenia komórek; drugie zagadnienie okazuje się jeszcze łatwiejsze do rozwiązania - zamknięcie ciała w sterylnej kapsule chłodzonej ciekłym azotem nie jest problemem ani technicznym, ani finansowym. Sprawa, więc wydaje się prosta – zespół złożony z inżynierów biomedycznych i lekarzy pompuje w naczynia krwionośne krioprotektanty, następnie zamraża ciało, pilnuje, by nie wzrastała temperatura. I czeka. Co jednak, gdy, kolokwialnie mówiąc, nie doczeka? Kriownicy przypuszczają, że pół wieku rozwoju powinno medycynie wystarczyć, by rozwiązać problem rozmrożenia człowieka, przywrócenia go do życia i wyleczenia wszystkich ewentualnych dolegliwości, które w momencie

prezerwacji uznawane były za nieuleczane; jak stwierdził Ben Best, dyrektor Cryonics Institute "Zostać krioprezerwowanym po śmierci jest druga najgorszą rzeczą, jaka może się zdarzyć. Najgorszą jest umrzeć nie zostając krioperzerwowanym" [8]. Jednak nadal pozostają to tylko założenia. Oczywiście rok po roku medycyna czyni ogromne postępy, udaje się niemal całkowicie wymazać ze świata coraz więcej chorób, niemniejsza ilość doczeka się opracowania skutecznego leczenia, jednak śmierć wciąż pozostaje poza naszym zasięgiem. Coraz częściej słyszy się o udanych reanimacjach ludzi przebywających w stanie śmierci klinicznej przez okres dłuższy niż pięć minut, uznawane za czas, po którym zmiany w mózgu są nieodwracalne, (między innymi przypadek 60-letniego Johna Thompsona, który po zawale serca przez 80 minut przebywał w stanie śmierci klinicznej, lecz po interwencji chirurga akcja serca wróciła, a pacjent nie odniósł poważnych uszczerbków na zdrowiu [9]), jednak czy będzie możliwe to również w wypadku zmarłych 50, 100, 150 lat wcześniej, do tego ze stanu głębokiego zamrożenia, bez sztucznego podtrzymywania życia w międzyczasie? A jeśli nie, to czy sprzedawanie złudnych nadziei, że kiedyś, pewnego dnia ponownie się obudzą jest moralnie dopuszczalne? Ponadto zwróćmy uwagę, że nawet, jeśli uda się pacjenta wskrzesić, pewnie zmiany w organizmie mogą pozostać nieodwracalne i nikt nie może przewidzieć, w jaki sposób i czy w ogóle taki rozmrożony człowiek byłby w stanie samodzielnie funkcjonować. Niewykluczone pozostają przecież zaniki pamięci bądź całkowita amnezja, zmiany osobowościowe, paraliż częściowy lub całkowity, nieodwracalna niewydolność narządów. I o ile można mieć nadzieję, że z dwoma ostatnimi przypadkami w ten czy inny sposób medycyna mogłaby sobie poradzić, o tyle fizjologiczne przywrócenie pamięci może okazać się niewykonalne nigdy, nawet w wypadku dokładnego poznania procesów myślowych, a zmiany osobowościowe mogą poskutkować „narodzinami nowego człowieka” - osoba zamrożona może okazać się kimś zupełnie innym niż w chwili zabiegu krioperzerwacji. Czy możemy mieć pewność, że właśnie o to mu chodziło? I w końcu nawet, jeśli inżynieria i medycyna odniosą sukces, a pacjent pełną sprawność umysłową i fizyczną, istnieje przecież duże prawdopodobieństwo, że nie będzie w stanie odnaleźć się w ówczesnym świecie. Wraz z rozwojem medycyny i technologii w parze będą szły zmiany społeczne i cywilizacyjne. Czy człowiek z okolic XV wieku, przerzucony nagle o pół milenium do przodu byłby w stanie poradzić sobie w wieku XXI? Odpowiedź jest oczywista. Skąd, więc przypuszczenie, że podobny efekt nie miałby zadziałać również i w tym wypadku? Kto wie, być może zmiany społeczne okazałyby się nawet jeszcze większe, uniemożliwiające nie tylko normalne, a jakiegokolwiek funkcjonowanie, w końcu już Seneka Młodszy zauważył, że "Sociale animal est", "człowiek jest istotą społeczną" i nierozumiany oraz odrzucony przez innych może dojść do granic szaleństwa. Ostatecznie pójdźmy jeszcze o krok dalej poza kryptonikę, wyobraźmy sobie fantastyczną sytuację, w której inżynieria genetyczna i tkankowa rozwinięte są

do tego stopnia, że na podstawie minimalnej ilości materiału genetycznego bądź samego genomu potomków moglibyśmy wskrzesić dowolną osobę, żyjącą w pewnym okresie przeszłości. Ilość moralnych rozterek okazuje się nagle ogromna. Kto miałby decydować o tym, kogo mielibyśmy wskrzesić? Czy w ogóle powinniśmy to robić? Czy ludzie o wielkich osiągnięciach, zasłużeńi dla świata posiadaliby większe prawo, by żyć, niż normalny, przeciętny człowiek? A co ze zbrodniarzami, powinniśmy dać im drugą szansę, choćby po to, by mogli odkupić winy? Co z rodzinami i małżeństwami, nie powinny powracać razem? I w końcu jak mielibyśmy poradzić sobie z przeludnieniem? UNFPA, Fundusz Ludnościowy Narodów Zjednoczonych prognozuje w najbardziej prawdopodobnym przypadku skok liczby ludności do blisko 11 miliardów pod koniec XXI wieku, a nawet, przy utrzymującym się tempie wzrostu, do niemal 30 miliardów (rys. 6). Niemożliwe wydaje się, by Ziemia poradziła sobie z takim przeludnieniem [10].



**Rys. 1.6. Wzrost liczby ludności świata do 2100 roku, różnymi kolorami przedstawione są różne warianty przewidywane przez UNFPA [10]**

A może w takim wypadku powinniśmy przestać się rozmnażać? Jednak czy jest to moralnie dopuszczalne, w końcu czy ludzie, którzy raz już swe życie przeżyli, mają prawo zająć miejsce przyszłych, nienarodzonych pokoleń? Oczywiście, można uznać rozważania za czysto teoretyczne, omawiające problem nierealny, scenariusz całkowicie fantastyczny. Pytanie jednak brzmi, czy aby na pewno. Już teraz posiadamy materiały genetyczne wielu wymarłych gatunków, trwają również prace nad ożywieniem przynajmniej niektórych z nich – profesor Akira Iritani z Kyoto University, dowodzący japońsko-rosyjskimi badaniami nad sklonowaniem i ożywieniem mamuta twierdzi, że "istnieje uzasadniona szansa



odniesienia sukcesu i zdrowy mamut może się narodzić w przeciągu najbliższych trzech, czterech lat" [11]. Stąd już o krok od człowieka. I nawet, jeśli genomy ludzi przeszłości zaginęły w mrokach dziejów i ich odzyskanie nie będzie już w żaden sposób możliwe, to obecnie poznanie własnego łańcucha DNA i jego zapis nie stanowi już żadnego problemu. Kto więc zagwarantuje, że za sto lat wnuk nie zechce wskrzesić swojej prapraprababki?

O ile jednak problem krioniki w mniejszym stopniu dotyka inżynierów, a w większym lekarzy, o tyle z protetyką jest przeciwnie - zadaniem medyków jest jedynie wszczępienie jej finalnych produktów, niemal wszystko inne, od integracji z organizmem, przez funkcjonalność, po estetykę w wypadku choćby protez kończyn, jest zadaniem inżynierii biomedycznej. Pierwsze protezy pojawiały się już w starożytnym Egipcie, za najstarszą protezę uznaje się drewniany palec u nogi znaleziony u egipskiej mumii; równolegle, na Dalekim Wschodzie, w świętych księgach hinduizmu pojawia się historia królowej Vishpla, której amputowaną nogę zastąpiono metalową protezą [12]. Początkowo były głównie bardzo prostymi, ciosanymi z drewna kolcami, które miały jedynie w podstawowym stopniu zastąpić kończyny dolne i umożliwić chodzenie. Starożytny Rzym przyniósł już znaczny postęp – zaczęto stosować brąz i żelazo, ponadto zakres stosowalności protez rozszerzył się choćby o stomatologię. Dziś, dwa tysiące lat później, możemy zastąpić niemal każdy organ naszego ciała – poza płucami i mózgiem – sztucznie wytworzonym zamiennikiem. Oczywiście większość z nich pozostaje w pewnym stopniu niedoskonała – protezy ruchowe nawet najnowszej generacji nie są w stanie odwzorować ruchu z precyzją i siłą podobną kończynom, sztuczne oko pozwala w najlepszym wypadku na niezbyt wyraźne, nacechowane niską rozdzielczością wyłapywanie konturów przedmiotów, również sztuczne serce nie jest stosowane, jako pełnoprawny zamiennik naturalnego organu, a raczej, jako element przejściowy, umożliwiający przeżycie pacjentowi kilku lat, do chwili pojawienia się dawcy. Warto jednak zauważyć, że pewne rozwiązania już teraz przewyższają naturę, choćby przeznaczone dla pływaków protezy nóg umożliwiające dużo sprawniejsze poruszanie się w wodzie od osób z w pełni sprawnymi kończynami (rys. 1.7). Galopujący rozwój protetyki każe sądzić, że pojawią się rozwiązania coraz doskonalsze, a nasze naturalne zmysły w pewnym momencie staną się gorsze od proponowanych przez technologię zastępstw. Przed nami pozostały w zasadzie trzy ostatnie granice, których jeszcze nie udało się przeskoczyć. Pierwszą z nich jest kwestia zasilania protez elektronicznych, jednak jest to problem najmniejszy. Przykładowo obecnie w rozrusznikach serca zastosowanie znajdują baterie atomowe, pozwalające na pracę urządzenia przez dziesiątki lat, dużo dłużej, niż byłby w stanie przeżyć pacjent, któremu ów rozrusznik został wszczępiiony.



**Rys. 1.7. Murr-ma, proteza dla pływaków [13]**

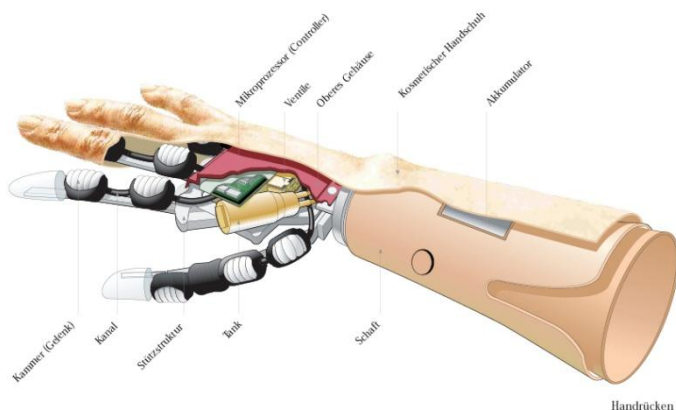
Oczywiście, wzrastające skomplikowanie i wielozadaniowość produkowanych elementów mogą skutkować coraz większymi wymaganiami energetycznymi, jednak nie ma problemu, by wszczepy zasilać bezprzewodowo, a protezy zewnętrzne, przykładowo kończynowe, sieciowo. Drugim problemem, ważnym zwłaszcza przy protetyce ortopedycznej, jest kwestia integracji urządzeń z układem nerwowym. Na tym polu sukcesy odnosi dr Todd Kuiken z Instytutu Rehabilitacyjnego w Chicago, udało mu się stworzyć protezy stymulowane bezpośrednimi impulsami z mózgu, umożliwiającymi nie tylko prostotę sterowania (mózg wysyła, nawet nieświadomie, sygnał o chęci wykonania ruchu, co wywołuje dokładnie ten zamierzony efekt), ale również przywrócenie pacjentowi dotyku (rys. 1.8).



**Rys. 1.8. dr Todd Kuiken [14]**

Nie jest to jeszcze całkowita integracja ludzkiego układu nerwowego z maszyną na tak dużą skalę, nadal bezpośrednim przekaźnikiem sygnału pozostaje mięsień, niemniej pozostaje ona już kwestią czasu. Równie dużymi osiągnięciami może poszczycić się Centrum Badań w Karlsruhe, w którym ekipa

specjalistów pod kierunkiem Stefana Schultza stworzyła FluidHand, pierwszą protezę dłoni sterowaną sygnałami pochodzącymi bezpośrednio z układu nerwowego, którą wyróżnia możliwość niezależnego wobec siebie poruszania wszystkimi pięcioma palcami. "Nauka obsługi urządzenia jest tak intuicyjna, że zajmuje około 15 minut", twierdzi Schultz (rys. 1.9).



**Rys. 1.9. FluidHand [15]**

"Istnieje wiele ruchów dłoni wymagających użycia pojedynczych palców. Opracowanie tego rozwiązania w protezycie jest znaczącym krokiem naprzód" wtóruje mu Hugh Herr, dyrektor Biomechatronics Group w MIT Media Lab. Wielkimi krokami zbliżamy się więc do momentu, w którym uda się nam całkowicie zintegrować człowieka z maszyną, kiedy każdy organ, kończyna lub nawet cały układ będzie mógł zostać zastąpiony sztucznym odpowiednikiem spełniającym jego funkcje w podobnym, bądź nawet większym zakresie. Czy wtedy pokusa nie stanie się nieodparta? Czy pewna część ludzi nie zdecyduje się na wymianę słabszych, białkowych organów na zdecydowanie wydajniejsze, oparte na krzemie? "Jedna z rozwijanych przez nas aplikacji ma umożliwić wyprodukowanie substytutów kończyn o niezwykle wysokim poziomie ruchliwości i autonomii dla osób po amputacjach", obiecuje prof. Cristina Peixoto Santos, koordynatorka zespołu badawczego z Bragi, pracującego nad inteligentnymi protezami należy, więc założyć, że taka możliwość na pewno będzie istniała, a pytać jedynie o to, ilu chętnych z niej skorzysta [16]. Czy w pewnym momencie nie dojdziemy do chwili, w której z naszego miękkiego, ciepłego ciała nie pozostanie jedynie mózg, podczas gdy technologicznie doskonała maszyna zastąpi każdy inny narząd i układ? Co więcej mało prawdopodobne jest, by dotyczyło to tylko skrajnie małej części społeczeństwa; o ile w momencie pojawienia się taka możliwość pozostanie ona dostępna, choćby finansowo, dla zapewne niewielkiej grupy osób, jednak z czasem

chętnych będzie coraz więcej, wizja nieśmiertelności (bądź, jeśli okazałaby się w ten sposób nieosiągalna, przedłużenie życia) zdobytej niewielkim kosztem okaże się zbyt kusząca. I raz jeszcze należy zadać sobie kilka pytań – co z potomkami, co z przyszłymi pokoleniami? Czy gdy zrezygnujemy z naszych naturalnych ciał, opartych na węglu, tlenie i wodrze, w zamian wybierając krzem, będziemy w stanie się rozmnażać? Czy będziemy w ogóle mieli taką potrzebę? Po raz drugi należy zapytać – czy nie będzie to moralnie naganne, czy nie okaże się to niejako zdradą nas samych? Musimy zastanowić się, na ile w ogóle można nazywać cyborga sterowanego jedynie samym mózgiem człowiekiem. Wystarczy prosty eksperyment myślowy – postawmy taką istotę obok człowieka w głębokiej śpiączce, zupełnie nieświadomego swojego istnienia, jednak zachowującemu fizyczne ciało. Gdybyśmy mieli jedną z tych dwóch postaci nazwać człowiekiem, którą byśmy wybrali? I dlaczego w przeważającej ilości wypadków wybrana zostałaby istota niezdolna do wyrażenia swojego zdania na ten temat? Granica człowieczeństwa stałaby się wyjątkowo płynna, a co za tym idzie ilość dylematów z tym związanych poważnie by wzrosła. I w końcu musimy również zastanowić się nad subiektywnymi odczuciami owego posthumanoida – jak on sam by siebie postrzegał. O ile początkowo zapewne pozostawałby we własnym mniemaniu człowiekiem, to czy z biegiem lat, dziesięcioleci, wieków nie zaczęłoby się to wrażenie zacierać i rozmywać. Jednym z naszych podstawowych instynktów jest chęć przetrwania – staramy się unikać zagrożeń, bądź, gdy okazuje się to niemożliwe, szybko je niwelować; jesteśmy ich w pełni świadomi. W momencie otrzymania niezniszczalnego ciała samoobrona stałaby się zbędna i z czasem wzrastałoby przekonanie o swojej niezniszczalności. W którym momencie człowiek przestaje być człowiekiem? Czy bez pierwotnych instynktów – samoobrony i potrzeby rozmnażania się, zapewnienia przetrwania gatunku, bez fizjologicznych potrzeb (poza odżywianiem - zasilaniem mechanicznego ciała), bez naturalnego ciała nadal można uważać byt za człowieka?

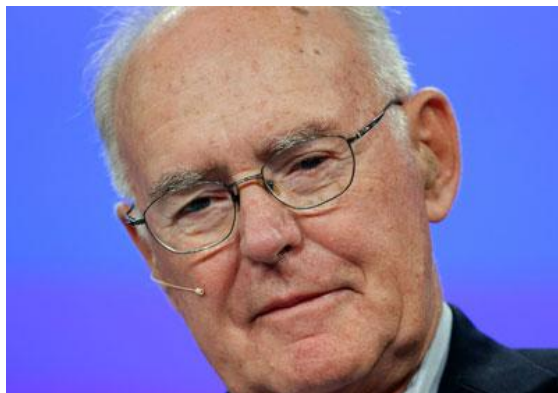
Pozostaje trzecia granica, wydawałoby się najodleglejsza, być może nigdy nieosiągalna – problem przepisania całej świadomości człowieka wraz z pamięcią i osobowością na nośnik zewnętrzny, pamięć komputerową. Poza transhumanistami nawet najwięksi wizjonerzy i optymiści wśród inżynierów ową kwestię odrzucają bądź przemilczą jako skrajnie nierealną i nieosiągalną technicznie. Fakty jednak temu przeczą. Dwa lata temu neurofizjolog Samuel Deadwyler z Wake Forest University wraz z inżynierem biomedycznym Theodorem Bergerem z University of Southern California wykonali mały pierwszy krok prowadzący ku owej granicy - udało im się opracować pierwszy implant pamięci. Podczas eksperymentów na szczurach wyuczylili je pewnych prostych wzorców zachowań, po czym zablokowali farmakologicznie impulsy mózgowo, a przesyłali je przy pomocy prostego urządzenia. Okazało się, że zwierze 'pamiętało' owe wzorce i było w stanie je powtórzyć [17].



**Rys. 1.9. Theodore Berger [17]**

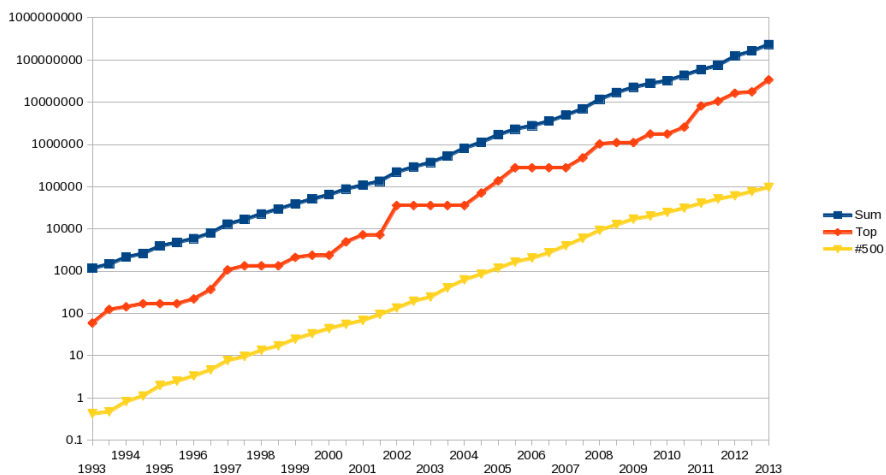
"To niesamowity pokaz możliwości, które posiadamy już teraz, nie tylko odczytywania aktywności neuronalnej mózgu, ale również manipulowania nią. Mam nadzieję, że niebawem znajdzie to zastosowania kliniczne" stwierdził emerytowany neurolog z University of California, Charles Wilson. Pierwsze próby były niemal prymitywne, jednak ze względu na ich sukces należy spodziewać się, że w ciągu najbliższych lat uda się nam symulować i transferować coraz bardziej skomplikowane wzorce zachowań i niewykluczone, że w końcu pójdziemy o krok dalej, niż wspomniany wyżej mózg sterujący androidalną puszką; uda nam się przenieść całą ludzką jaźń do wirtualnej rzeczywistości. 'Human Cognome Project' [18], zespół projektów badawczych mających na celu dokładne rozszyfrowanie działania ludzkiego mózgu pozostaje szczerze finansowany z wielu źródeł, min. amerykańskiego NSF i należy się spodziewać, że podobnie jak miło to miejsce z genomem również i cognom w końcu odkryje przed nami swoje tajemnice, a wtedy przeniesienie osobowości przestałoby być nierealne, a ograniczone byłoby już tylko poprzez moc obliczeniową i pamięć komputerów. Wyprodukowanie układów scalonych zdolnych przyjąć projekcję tak skomplikowanego układu, jakim jest ludzka świadomość nie jest jednak niemożliwe, a pozostaje kwestią kilku, kilkunastu lat. Sformułowane przez jednego z założycieli Intel Corporation Gordona Moore'a niemal 50 lat temu prawo głosi, że co około 24 miesiące podwaja się liczba tranzystorów na mikroprocesorach, a co za tym idzie moc obliczeniowa i pamięć dysków twardych. [19]

Wiele razy wydawało się, że technika dochodzi do granicy, za którą prawo Moore'a przestaje obowiązywać, również dzisiaj panuje sceptycyzm oraz pewne spowolnienie rozwoju, tym niemniej technologia cały czas porusza się do przodu i już niebawem (a być może już teraz istnieją układy komputerowe zdolne przyjąć na swój pokład ludzką jaźń) jedynym ograniczeniem pozostanie schemat działania mózgu i technika przepisania jego zawartości na układ scalony (rys. 1.11).



**Rys. 1.10. Gordon Moore [19]**

Konsekwencje tego mogą okazać się niewyobrażalne – transfer świadomości oznaczałby dla niej nieśmiertelność, poza tym przy opracowaniu sposobu tworzenia surogatów, fizycznych manifestacji cyfrowego umysłu zupełnie zanikłaby świadomość pewnej odrębności jednostki, własnej inności. Możliwość obrania dowolnego ciała czy kształtu przez każdą zaklętą w elektronach jaźń zacierałaby różnice między nimi. W końcu skoro wszyscy możemy obrać identyczną formę, to czy nie jesteśmy jednością?



**Rys. 1.11. Wykładniczy wzrost mocy obliczeniowej superkomputerów w latach 1993-2012 na podstawie strony top500.org. Na osi pionowej podana jest moc obliczeniowa w GFLOPS. Czerwona linia opisuje moc najszybszego komputera na świecie w danym roku, żółta komputera znajdującego się na 500 miejscu listy TOP500, a granatowa sumę mocy obliczeniowej 500 najszybszych superkomputerów [20]**

Stąd już tylko krok od wytworzenia jednej superświadomości, złożonej z miriadów mniejszych, połączonych; podobną wizję, poszerzoną o skalę całego wszechświata porusza Isaac Asimov (rys. 1.12) w najlepszym we własnej opinii opowiadaniu "Ostatnie pytanie", będącym jednym z najbardziej cenionych przez transhumanistów tekstem [21].



**Rys. 1.12. Isaac Asimov[21]**

I nawet, jeśli ktoś o otwartym umyśle nazwałby owy byt ostatnim etapem ewolucji człowieka... To, co dalej? Czy największą, najgłębiej zakorzoną, odpowiadającą za wszystkie instynkty wraz z chęcią przetrwania własnego i gatunku, istotą człowieczeństwa nie jest chęć doskonalenia się? Czy taka superjaźń nie uznałaby się za doskonałą? A jeśli tak, jaki byłby sens jej istnienia? Można uznać, że dla inżyniera takie rozważania nie mają sensu, że należy pozostawić te sprawy filozofom. Jednak czy to filozofowie będą wityfikowali nieuleczalnie chorych bądź po prostu chętnych do narodzenia się na nowo, w przyszłości, ludzi? Czy etycy zajmą się konstruowaniem coraz doskonalszych protez, zastępujących lub nawet ulepszających organy człowieka? Czy moralisci wyprodukują coraz większe pamięci komputerowe zdolne pomieścić ludzką świadomość, czy opracują szybsze sposoby przesyłania danych, czy będą nadzorować badania nad transferem pamięci, a następnie całej jaźni? Nie, tym wszystkim zajmą się inżynierowie biomedycy. To nam przyjdzie decydować, gdzie leży granica, za którą kończy się człowiek. I to my rozstrzygniemy, czy należy ją przekroczyć i wejść w nową, wymarzoną przez transhumanistów erę Postczłowieka, czy mamy moralne prawo, by wyręczyć naturę w podejmowaniu takich decyzji. Uważam, że zbrodnią byłoby z takiej możliwości nie skorzystać. Od zawsze człowiek dążył do doskonałości i skoro po raz pierwszy w historii faktycznie sami możemy powiększyć nasze własne zdolności fizyczne i umysłowe, musimy skorzystać z takiej szansy. Od starożytności człowiek marzył o nieśmiertelności; w ciągu najbliższych 50 lat owo marzenie może się wreszcie w ten czy inny sposób ziścić i nie zważając na sceptyczne głosy powinniśmy do jego spełnienia w mądry i rozsądny sposób, nie zmuszając nikogo do podążania tą drogą, dążyć.

Oczywiście, jak stwierdził Niels Bohr "Przewidywanie jest bardzo trudne, szczególnie jeśli idzie o przyszłość", więc niewykluczone, że nam, naszym dzieciom i wnukom, jeszcze nie będzie dane stanąć na tym rozdrożu, możliwy również pozostaje scenariusz, w którym nigdy tej granicy nie ujrzymy. Wykładnicze tempo rozwoju nauki każe sądzić nam, co innego, że jeszcze za naszego życia przynajmniej część z omówionych problemów będzie musiała doczekać się rozwiązania satysfakcjonującego wszystkie zainteresowane strony. I dlatego niezależnie, czy przyjdzie nam czekać 10 lat, wiek, milenium, już teraz musimy szukać optymalnego wyjścia, umożliwiającego udoskonalenie człowieka przy jednoczesnym zachowaniu człowieczeństwa. Historia pokazała, że chowanie głowy w piasek nie jest rozwiązaniem. Należy wytyczyć odpowiednią, słuszną etycznie drogę rozwoju, jeśli nie nam, to naszym potomkom, a najważniejszym przewodnikiem na tej ścieżce będziemy my, inżynierowie biomedyczni.



## Bibliografia

- [1] <http://www.nickbostrom.com/old/transhumanism.html> [03.2015]
- [2] <http://www.aleph.se/Trans/Intro/definitions.html> [03.2015]
- [3] "Wired", wydanie z kwietnia 2000, dostępne w Internecie na <http://www.wired.com/wired/archive/8.04/joy.html> [03.2015]
- [4] "The Washington Post", wydanie z 22 września 1995, <http://www.washingtonpost.com/wpsrv/national/longterm/unabomber/manifesto.text.htm> [03.2015]
- [5] <http://www.alcor.org/> [03.2015]
- [6] <http://www.cryonics.org/> [03.2015]
- [7] <http://kriorus.ru/> [03.2015]
- [8] <http://www.benbest.com/> [03.2015]
- [9] <http://www.medonet.pl/zdrowie-na-co-dzien,artykul,1672304,1,byl-w-stanie-smierci-klinicznej-ponad-godzine,index.html> [03.2015]
- [10] <http://www.unfpa.org/pds/trends.htm> [03.2015]
- [11] <http://www.bbc.com/future/story/20120601-will-we-ever-clone-a-mammoth> [03.2015]
- [12] Earl E. Vanderverker: *A Brief Review of the History of Amputations and Prostheses*, Historia Protetyki, Ortotyki i Pomocy Lokomocyjnych Bogumił Przeździak, <http://discovermagazine.com/2001/apr/breakwalk/#.UqMvpEAX82S> [03.2015]
- [13] <http://www.geekweek.pl/aktualnosci/17064/murr-ma-proteza-dla-superplywaka> [03.2015]
- [14] <http://science.howstuffworks.com/prosthetic-limb5.htm>, [http://www.ted.com/talks/todd\\_kuiken\\_a\\_prosthetic\\_arm\\_that\\_feels.html](http://www.ted.com/talks/todd_kuiken_a_prosthetic_arm_that_feels.html) [03.2015]
- [15] <http://www.technologyreview.com/news/410152/upgrading-the-prosthetic-hand/?nopaging=1%2520#%20ixzz2V9nQsyu8> [03.2015]
- [16] <http://www.naukawpolsce.pap.pl/aktualnosci/news,387417,inteligentne-protezy-skutecznie-zastapia-konczyny.html> [03.2015]
- [17] <http://www.technologyreview.com/news/424452/a-first-step-toward-a-prosthesis-for-memory/> [03.2015]
- [18] [http://en.wikipedia.org/wiki/Human\\_Cognome\\_Project](http://en.wikipedia.org/wiki/Human_Cognome_Project) [03.2015]
- [19] "Electronics", wydanie z 19 kwietnia 1965, [http://svmoore.pbworks.com/w/file/attach/59055901/Gordon\\_Moore\\_1965\\_Article.pdf](http://svmoore.pbworks.com/w/file/attach/59055901/Gordon_Moore_1965_Article.pdf) [03.2015]
- [20] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Plik:Supercomputers.png> [03.2015]
- [21] <http://pokazywarka.pl/ostatniepytanie/> [03.2015]

Magdalena Rokicka<sup>1</sup>, mgr inż. Daniel Gąska<sup>2</sup>

## 2. Zarządzanie firmą medyczną – systemy klasy ERP

### Wstęp

Prawidłowe funkcjonowanie firmy w branży medycznej wymaga zintegrowanego zarządzania wszystkimi jej zasobami. Rozwiązaniami branży IT, które umożliwiają administracyjne prowadzenie firm medycznych są systemy klasy ERP, oferowane przez kilka znanych na polskim rynku firm, między innymi przez Kamssoft, czy Comarch.

### 2.1. Systemy klasy ERP – definicja

Skrót ERP pochodzi od angielskiej nazwy systemu – *Enterprise Resource Planning*, co w tłumaczeniu na język polski oznacza planowanie zasobów przedsiębiorstwa. Mówiąc najprościej, system ERP to zbiór powiązanych ze sobą rozwiązań informatycznych wspierających funkcjonowanie całego przedsiębiorstwa.

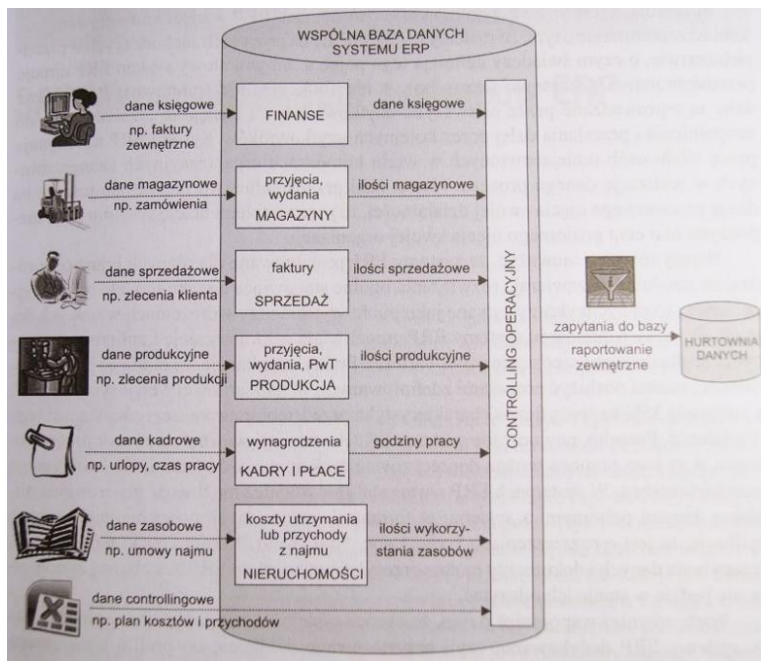
W literaturze można znaleźć wiele definicji systemu ERP. American Production & Inventory Control Society, określa system, ERP jako schemat organizacji, definiowania i standaryzowania procesów biznesowych niezbędny do efektywnego planowania i sterowania organizacją, dzięki któremu może ona wykorzystywać swoją wewnętrzną wiedzę do osiągnięcia przewagi konkurencyjnej. Inaczej, jest to zestaw współpracujących ze sobą modułów (aplikacji), opartych na scentralizowanej bazie danych, wspierających zarządzanie wszystkimi działami w przedsiębiorstwie.

System ERP zainstalowany, jako całość w przedsiębiorstwie jest dostępny dla użytkowników we wszystkich bądź w wybranych działach firmy. Rozmiar zainstalowanej funkcjonalności systemu zależy od decyzji zarządzających. Schemat ideowy systemu ERP przedstawia rys.2.1 [2].

---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> mgr inż., Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych, Politechniki Lubelskiej



Rys.2.1 Schemat ideowy systemu ERP [2]

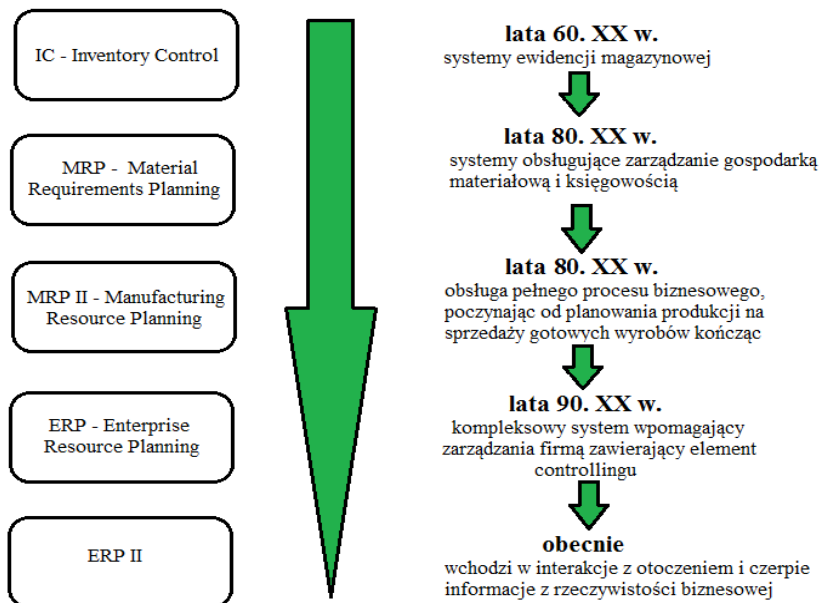
## 2.2. Historia – powstawanie systemu krok po kroku

Początki systemów wspomagających zarządzanie sięgają lat sześćdziesiątych. Pierwsze systemy ewidencji magazynowej (*IC Inventory Control*), były dostępne tylko dla wysoce wyspecjalizowanych użytkowników, trudne do obsługi i mało przyjazne w interpretowaniu otrzymywanych danych.

W latach 80. pojawiły się systemy MRP (*Material Requirements Planning*), obsługujące tylko część przedsiębiorstwa – zarządzanie gospodarką materiałową i księgowością. Programy te wspierały tylko konkretne działy, a dane nie były między nimi wymieniane. Kolejnym etapem było wprowadzenie systemów MRP z zamkniętą pętlą (ang. *closed loop MRP*), zarządzające danymi związanymi z produkcją. MRP II (*Manufacturing Resource Planning*), to już przedsiónek dzisiejszych systemów ERP. Obsługiwały pełny proces biznesowy, poczynając od planowania produkcji, kończąc na sprzedaży wyrobów gotowych.

W latach 90. pojawiły się pierwsze systemy ERP (*Enterprise Resource Planning*), będące kompleksowym narzędziem wspomagającym zarządzanie przedsiębiorstwem realizującym wyznaczone cele przez ewidencję, analizę, planowanie, kontrolę i korektę swej działalności. Systemy ERP oprócz księgowości zaczęły obsługiwać rachunkowość zarządczą stanowiącą podstawowy element controllingu.

Obecnie nastąpił kolejny etap rozwoju – ERP II, który jest systemem wchodzącym w interakcję z otoczeniem i czerpiącym informacje z otaczającej rzeczywistości biznesowej [2].



Rys. 2.2 Schemat powstawania systemu krok po kroku [2]

### 2.3. Zalety systemów ERP i kryteria ich wyboru

Korzystanie z nowoczesnych metod zarządzania niesie ze sobą wiele korzyści, poza usprawnieniem działania firmy (dzięki czemu przedsiębiorstwo staje się bardziej konkurencyjne), istnieje mnogość zalet wdrożenia systemu informatycznego.

Do najważniejszych zalet systemu klasy ERP zaliczamy:

- **znaczną redukcję kosztów przez:**
  - automatyzację pracy,
  - wydajne i skuteczne zarządzanie zasobami przedsiębiorstwa,
  - weryfikację planów i norm produkcyjnych,
  - identyfikację kosztotwórczych obszarów działania firmy i racjonalizację ich funkcjonowania przy wykorzystaniu narzędzi controllingowych,
- **oszczędność czasu przez:**
  - sprawniejsze wykonywanie czynności,
  - sprawniejsze pozyskiwanie informacji w różnych przekrojach,

- **usprawnienie i standaryzacja procesów biznesowych przez:**
  - weryfikację i reorganizację procesów zachodzących w firmie,
  - ocenę sprawności realizacji procesów,
  - sporządzanie i weryfikację stopnia wykonania planu,
  - wykorzystanie gotowych wzorców procesów biznesowych,
- **standaryzacja zbiorów danych przez:**
  - wprowadzenie scentralizowanej bazy danych,
  - ujednoczenie klasyfikacji, nomenklatury i rejestrów w każdej komórce organizacyjnej przedsiębiorstwa,
  - powszechną walidację ewidencji danych,
- **polepszenie jakości obsługi klienta przez:**
  - skrócenie czasu odpowiedzi na zapytania kierowane przez klienta,
  - generowanie czytelnej dokumentacji obrotu towarowego,
  - przyspieszenie reakcji na zapotrzebowanie klienta,
  - efektywne rozpoznawanie potrzeb klientów.

Moduły standardowe wykorzystywane w większości przedsiębiorstw stanowią około 65% funkcjonalności systemu, zaś pozostałe 35% to moduły charakterystyczne przedsiębiorstwa uszczegóławiające jego działalność.

Warto wspomnieć, że większość systemów tej klasy umożliwia generowanie plików z danymi pobranymi z systemu w formatach rozumianych przez ogólnie dostępne aplikacje, to jest o rozszerzeniach \*.xls, \*.doc, \*.txt, \*.pdf, \*.html. Dzięki czemu mamy pewność, że pliki wygenerowane zostaną odczytane przez inne jednostki.

**Do najważniejszych kryteriów optymalnego wyboru systemu klasy ERP możemy zaliczyć:**

1. Zgodność z przepisami prawa.
2. Koszty wdrożenia systemu.
3. Usprawnienie prac w przedsiębiorstwie.
4. Szybki dostęp do informacji.
5. Oczekiwane zyski.
6. Bezpieczeństwo danych.
7. Dostępność serwisu powdrożeniowego.
8. Możliwość wymiany danych z otoczeniem.

Cena wdrożenie takiego systemu rośnie wraz ze stopniem jego zaawansowania i dopasowania do profilu danej firmy [2].

#### **2.4. Bariery wdrożeniowe systemu informatycznego klasy ERP**

Systemy klasy ERP ze względu na swoją złożoność funkcjonalną są stosunkowo trudne, zarówno w projektowaniu, jak i implementacji. Możemy wyróżnić wiele czynników stanowiących barierę we wdrożeniu takiego systemu.

Poniżej zostaną podane i wyjaśnione wybrane i najważniejsze z punktu widzenia implementacji bariery.

1. **Bariera techniczna** – system wymaga specyficznej infrastruktury, której często w ogóle nie ma – konieczność zakupu nowego sprzętu.
2. **Bariera ekonomiczna** – drogi koszt zakupu i wdrożenia takiego systemu – ograniczone środki prowadzą do konieczności ograniczenia pól działania systemu, co wpływa negatywnie na funkcjonowanie całego systemu.
3. **Bariera organizacyjna** – trudności w przystosowaniu struktury organizacyjnej firmy i procedur jej działania do wymogów systemu. Odpowiedni wybór pracowników biorących czynny udział we wdrażaniu systemu.
4. **Bariera socjopsychologiczna** – bezpośrednio związana z czynnikiem ludzkim, wprowadzanie zmian budzi lęk i opór wśród pracowników.
5. **Bariera zespołu wdrożeniowego** – polegająca na braku współpracy między członkami zespołu wdrożeniowego.
6. **Bariera funkcjonalna** – polegająca na konieczności przedefiniowania procesów zachodzących w firmie.
7. **Bariera funkcjonalna** – rezultat małej znajomości problematyki przez pracowników.
8. **I wiele, wiele innych...** [1]

## 2.5. Systemy wykorzystywane w zarządzaniu firmami medycznymi

Na rynku istnieje wiele firm, które tworzą zintegrowane systemy ERP do zarządzania firmami i placówkami branży medycznej między innymi:

- KAMSOFT,
- COMARCH,
- SAP,
- SIMPLE.ERP,
- etc.

W rozdziale skupiono się na rozwiązaniach dwóch polskich firm: **Kamsoft** i **Comarch**.

## 2.6. Rozwiązanie klasy ERP firmy Kamsoft

Zintegrowany system zarządzania dystrybucją leków KS – SODEL.

**KS-SODEL** to nowoczesne rozwiązanie informatyczne opracowane specjalnie dla firm działających w branży farmaceutycznej i weterynaryjnej. Głównym celem Zintegrowanego Systemu Zarządzania KS-SODEL jest wspomaganie procesów dystrybucyjnych, organizacyjnych, produkcyjnych i zarządczych. Każdy z kilkunastu modułów KS-SODEL może funkcjonować, jako odrębny system oraz część zintegrowanego oprogramowania.

Za pośrednictwem platformy umożliwiającej elektroniczną komunikację z odbiorcami możliwe jest:

- przesyłanie zamówień,
- wymiana faktur,
- automatyczne rozliczanie upustów producenckich,
- zbieranie danych rzeczywistych z hurtowni,
- prezentacja ofert.[12]

Wymagania systemowe:

*a) wymagania dotyczące architektury serwerów:*

wymagania dotyczące serwera są zależne od specyfiki działalności organizacji, obciążenia chwilowego systemu oraz ilości wykorzystywanych systemów i użytkowników. Wymagania takie określane są w trakcie spotkań przedwdrożeniowych i określane w formie protokołu,

*b) wymagania odnośnie stacji roboczej:*

**Tab.1 Wymagania odnośnie stacji roboczej [9]**

Lp.	Parametr	Wymagania minimalne	Wymagania optymalne
1.	Procesor	1,7 GHz	2,4 GHz
2.	Pamięć	1 GB	3 GB
3.	Miejsce na dysku	>5 GB	>10 GB
4.	Karta sieciowa	100 MBit	100 MBit
5.	Monitor	Kolor 15" (1024x768)	Kolor 17"
6.	Karta graficzna	Min HighColor	Min HighColor
7.	Klawiatura	Dowolna	Dowolna
8.	Mysz	Dowolna	Dowolna
9.	System operacyjny	Windows XP lub nowszy	Windows XP lub nowszy

*c) wykorzystywany system zarządzania bazą danych:*

- system współpracuje z bazą ORACLE w wersji 10,
- w przypadku mniejszych instalacji możliwe jest zastosowanie darmowej wersji ORACLE XE. Posiada ona jednak pewne ograniczenia, m.in. maksymalna wielkość bazy nie może przekroczyć 4 GB, wykorzystanie jednego procesora i 1GB RAM;

*d) wymagania dotyczące sieci komputerowej:*

- przepustowość sieci komputerowej - do poprawnej pracy systemu zalecana jest sieć 100 MBit,
- podłączenie serwera do sieci komputerowej –w celu zapewnienia maksymalnej wydajności (głównie przy dużej ilości stanowisk) zalecane jest połączenie serwera do sieci komputerowej za pomocą karty i switcha o przepustowości 1 GBit,
- protokoły sieciowe - na komputerach i w serwerach wymagany jest poprawnie skonfigurowany protokół TCP/IP.[4]

## 2.7. Budowa zintegrowanego systemu zarządzania KS-SODEL

KS-SODEL można podzielić na dwie równorzędne części:

- część dystrybucyjną – wspomagającą działalność hurtowni,
- część administracyjną – czyli wspomagającą zarządzanie przedsiębiorstwem.

System centralny składa się z kilkunastu zintegrowanych podsystemów. Każdy z nich zapewnia obsługę poszczególnych działów przedsiębiorstwa.

### MAGAZYN - DYSTRYBUCJA KS-HFW

Najważniejsze funkcje: sprzedaż (obsługa dystrybucji), zamówienia (zarządzenie zapasami, planowanie i kontrola zamówień, bieżąca kontrola braków, wspomaganie działu zaopatrzenia), zakupy (kontrola towaru), zestawienia, magazyn (zarządzenie towarem w magazynie z możliwością tworzenia dokumentów magazynowych i przesunięć towarów, obsługa kodów kreskowych i urządzeń bezprzewodowych).



Rys. 2.3. System informatyczny KS-HFW - obsługa dystrybucji, logistyki i magazynu [8]

### OBSŁUGA MAGAZYNU BEZPRZEWODOWEGO KS-OMB

Magazyn bezprzewodowy to nowoczesna technologia obiegu dokumentów oraz realizacji zadań w magazynie.

### KOMUNIKACJA ON-LINE KS-STI

Podstawowym zadaniem modułu jest stworzenie kanału komunikacji pomiędzy producentem/hurtownią a kontrahentem, który umożliwia m.in. składanie zamówień on-line, dostęp do dokumentacji w formie elektronicznej oraz innych strategicznych danych.



## RELACJE Z DOSTAWCAMI I ODBIORCAMI KS-CRM

Moduł umożliwia realizację polityki CRM (*Customer Relationship Management*), zarówno w kierunku dostawców jak i odbiorców poprzez:

- zarządzanie pracą grup przedstawicieli handlowych,
- płynną realizację zamówień,
- organizację promocji,
- centralne zarządzanie działaniami marketingowymi,
- planowanie czasu pracy przedstawicieli,
- raportowanie do centrali (tworzenie dowolnych zestawień),
- organizowanie programów lojalnościowych.

## FINANSE - KSIĘGOWOŚĆ KS-FKW

Skutecznie wspiera procesy biznesowe z zakresu controllingu i windykacji.

## ANALIZA KOSZTÓW KS-MAK

Wyliczanie i dogłębna analiza kosztów poniesionych przez firmę.

## ZARZĄDZANIE ZASOBAMI LUDZKIMI KS-ZZL

Moduł KS-ZZL wspomaga realizację polityki personalnej. Pozwala m.in. na rejestrację danych personalnych pracowników, ewidencję różnych typów umów, prowadzenie ewidencji urlopów, definiowanie dowolnej liczby składników wynagrodzeń, wydruk indywidualnych i zbiorowych list płac, dokumentów do urzędów skarbowych, zestawień dla GUS oraz przygotowanie dokumentów dla ZUS.

## PLANOWANIE, BUDŻETOWANIE, CONTROLLING KS-PBC

Kontrola realizacji planów jest przeprowadzana w sposób automatyczny, zgodnie ze zdefiniowanymi harmonogramami aktualizacji.

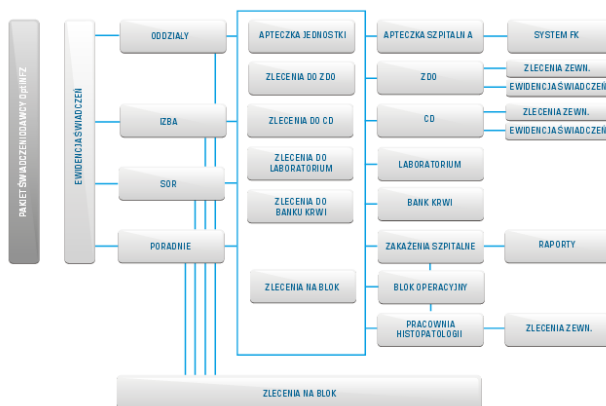
## EWIDENCJA ŚRODKÓW MAJĄTKOWYCH KS-ESM

Moduł umożliwia pełną ewidencję: środków trwałych, wartości niematerialnych i prawnych oraz przedmiotów nisko cennych [11].

Rys.2.4 Karta umowy o pracę wg KS-ZZL [10]

## 2.8. Rozwiązania klasy ERP firmy Comarch

**OptiMED/ERP** to nowoczesny system klasy ERP/MRP/MRP II zintegrowany z systemem OptiMED kompleksowym rozwiązaniem przeznaczonym do obsługi placówek służby zdrowia. Modułarna budowa systemu umożliwia zakup wybranych komponentów, które wspomagają zarządzanie w istotnych dla szpitali obszarach.



Rys.2.5. Schemat architektury systemu OptiMED ERP [6]

## 2.9. Obszary funkcjonalne systemu Comarch OptiMED ERP

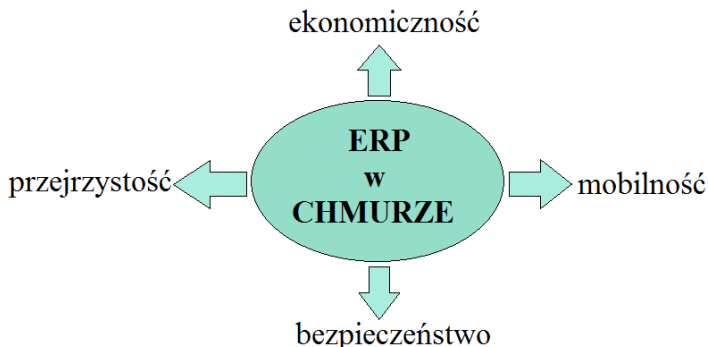
### Moduły:

- Finanse Księgowość,
- Budżetowanie,
- Kasa,
- Sprzedaż,
- Należności,
- Środki Trwałe,
- Zakupy,
- Obsługa zamówień i przetargów,
- Gospodarka magazynowa,
- Rachunek kosztów,
- Kadry Płace,
- Grafiki czasu pracy personelu,
- Zlecenia wewnętrzne,
- Informacja zarządcza,
- Wycena kosztów.

### Wybrane cechy:

- integracja z częścią białą OptiMED,
- integracja pomiędzy poszczególnymi obszarami funkcjonalnymi umożliwiająca w szczególności jednokrotną rejestrację danych źródłowych,
- graficzny interfejs użytkownika,
- ujednoliconą obsługę systemu,
- stosowanie skrótów klawiszowych,
- konfiguracje interfejsu dla grup i poszczególnych użytkowników,
- możliwość zarządzania zawartością informacyjną systemu (konfiguracja przeglądarek),
- możliwość definiowania różnych ekranów, klawiszy funkcjonalnych, czcionek,
- możliwość rozbudowy systemu o własne zestawienia i wydruki,
- możliwość rozbudowy o zestawienia kontekstowe (Drill Down),
- definiowalna postać wszystkich wydruków systemu,
- możliwość tworzenia własnych wydruków,
- konfiguracje wydruków dla grup i poszczególnych użytkowników,
- wydruki na wszystkich poziomach systemu wg aktualnego układu danych,
- definiowane analizy graficzne z mechanizmami uszczegóławiania informacji,
- powiązania między dokumentami,
- możliwość przechowywania załączników do dokumentów (skany, email itp.),
- zaimplementowany w systemie elektroniczny obieg dokumentów,
- definiowanie własnych dokumentów w systemie,
- zarządzanie zadaniami (np. opracowanie faktur zakupowych przez placówki),
- zapamiętanie identyfikacji czasu i operatora na ewidencjonowanych danych,
- eksport danych (Text, DBF, Excell) na wszystkich poziomach systemu wg aktualnego układu danych (wyselekcjonowane dane),
- terminarze prac i zadań dla użytkowników,
- definiowane uprawnienia do funkcji systemu,
- definiowane uprawnienia do danych systemu,
- kontrola formalna haseł,
- wymuszony mechanizm okresowej zmiany haseł.[5]

## 2.10. Nowe rozwiązanie - ERP w chmurze



Rys. 2.6 Cechy ERP w chmurze

### **Ekonomiczność**

Decydując się na korzystanie z systemu ERP w chmurze tniemy koszty. Działa on na zasadzie usługi, a nie oprogramowania, dlatego klient płaci tylko za te komponenty, których potrzebuje.

Oszczędzamy:

- na drogim oprogramowaniu, które trzeba aktualizować,
- na infrastrukturze, która jest wymagana przy stacjonarnym systemie ERP,
- czas – potrzebny na wdrożenie systemu,
- miejsce – niepotrzebny sprzęt,
- nerwy – niespodziewane awarie.

### **Mobilność**

Dostęp do firmowego systemu można uzyskać z każdego miejsca i urządzenia. Kluczowa sprawa, jeśli prowadzimy firmę z wieloma oddziałami, w kraju lub za granicą.

### **Przejrzystość**

Wynikająca z mobilności. Każdy pracownik ma dostęp do systemu 24h/dobę, aktualizacja informacji jest częstsza, a przepływ informacji płynniejszy i szybszy. Bez nieporozumień, opóźnionych wiadomości i zatorów komunikacyjnych każde zlecenie ma szansę zostać wykonane bezbłędnie.

### **Bezpieczeństwo**

- wielopoziomowe zabezpieczenia danych,
- automatyczne zasilanie awaryjne oraz
- sztab administratorów.

To gwarancja, że informacje, które przechowujemy w chmurze są bezpieczniejsze, niż te w tradycyjnej serwerowni. Poza tym nie grozi nam już kosztmar związany z awarią sprzętu i utratą danych [7].

## **2.11. Podsumowanie**

W obecnych czasach dobre zarządzanie przedsiębiorstwem to podstawa sukcesu. Kompleksowym rozwiązaniem przeznaczonym do obsługi firm (w tym firm medycznych), są systemy klasy ERP. Na rynku istnieje wiele firm branży IT, oferujących pomoc w tworzeniu i wdrażaniu tego typu systemów. Oferty takie na polskim rynku przedstawiają między innymi KAMSOFT, czy COMARCH.

Proponowane przez nich rozwiązania opierają się na modułach funkcjonalnych, które są dobierane indywidualnie do potrzeb przedsiębiorstwa. Cena wdrożenia takiego systemu rośnie wraz ze stopniem zaawansowania i dopasowania do profilu danej firmy.

Co prawda koszty wdrożenia takiego systemu mogą wynosić nawet kilkaset tysięcy złotych, jednak w dobie społeczeństwa informacyjnego brak w przedsiębiorstwie infrastruktury teleinformatycznej jest sytuacją wielce niepożądaną, eliminującą przedsiębiorcę z konkurencyjnego rynku. Warto, więc inwestować w rozwój.

## Bibliografia

- [1] Adamczewski P.: *Zintegrowane systemy informatyczne: dobre praktyki wdrożeń systemów klasy ERP*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, ISBN 978-83-01-16832-2
- [2] Auksztol J., Balwierz P., Chomuszko M.: *SAP – zrozumieć systemy ER*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2012, ISBN 978-83-01-16737-0
- [3] <http://www.cs.put.poznan.pl/mmika/podstawy.pdf> [05.2014]
- [4] [http://www.kamsoft.pl/zarzadzanie/zarzadzanie\\_erp](http://www.kamsoft.pl/zarzadzanie/zarzadzanie_erp) [05.2014]
- [5] <http://www.comarch.pl/e-zdrowie/produkty/systemy-his/optimed-dla-szpitali/optimed-erp/> [05.2014]
- [6] [http://www.comarch.pl/files\\_pl/file\\_7927/OptiMED.pdf](http://www.comarch.pl/files_pl/file_7927/OptiMED.pdf) [05.2014]
- [7] <http://systemyerp.com/ewolucja-erp-do-chmury.html> [05.2014]
- [8] <http://www.kamsoft.pl/prod/sodel/wiecej.htm/images/hfw.jpg> [05.2014]
- [9] [http://www.kamsoft.pl/prod/sodel/copy\\_of\\_wymagania.htm](http://www.kamsoft.pl/prod/sodel/copy_of_wymagania.htm) [05.2014]
- [10] [http://www.kamsoft.pl/prod/sodel/wiecej.htm/images/ks-zzl\\_umowa.png](http://www.kamsoft.pl/prod/sodel/wiecej.htm/images/ks-zzl_umowa.png) [05.2014]
- [11] <http://www.kamsoft.pl/prod/sodel/wiecej.htm> [05.2014]
- [12] <http://www.kamsoft.pl/prod/sodel/info.htm> [05.2014]

### 3. Systemy monitorowania pacjenta

#### Wstęp

Początki telemedycyny mają swoje korzenie w Stanach Zjednoczonych, gdzie w latach 60-tych XX w. wykorzystano łączność satelitarną w celu uzyskania informacji z baz wojskowych na różnych kontynentach, a następnie przekazanie ich do ośrodków medycznych w USA. Do największych osiągnięć historii telemedycyny można zaliczyć zdalną opiekę nad astronautami przebywającymi w kosmosie lub nad marynarzami znajdującymi się na morzu.

Współczesna telemedycyna znajduje zastosowanie w wielu dziedzinach wiedzy z pogranicza medycyny, informatyki i telekomunikacji. Ta stosunkowo nowa dziedzina nauki wpływa na usprawnienie wielu niewygód obecnego systemu leczenia zarówno w Polsce jak i na całym świecie. Wprowadza nowe techniki monitoringu, nowe sposoby leczenia na odległość, ogranicza rolę lekarzy, obniża koszty leczenia, chociażby przez skrócenie czasu hospitalizacji. Zadania, którymi się zajmuje obejmują m.in.:

- a) telediagnostyka – systemy wspierające diagnozę lekarską i przebieg leczenia
- b) telepomoc – poradnictwo medyczne udzielane na odległość;
- c) teleoperacje – zabiegi z zastosowaniem w czasie rzeczywistym, zdalnej pomocy specjalistów;
- d) telekonferencje – służące do celów dydaktycznych;
- e) telerehabilitacja – działania służące poprawie stanu pacjentów w okresie rekonwalescencji.

Problematyka tego referatu będzie dotyczyła systemów monitoringu pacjenta, jako jednego z obszaru zastosowań telemedycyny [5].

#### 3.1. Ogólna koncepcja systemów monitorowania

Obszar działania telemedycyny skupiający się na zdalnym monitoringu pacjenta łamie geograficzne bariery, przyspiesza diagnostykę i umożliwia szybkie reagowanie na niepożądane zmiany zachodzące w ludzkim organizmie. Monitorowanie jest szczególnie ważne dla osób starszych, niepełnosprawnych i mających problemy z transportem. Najważniejszą korzyścią płynącą z użytkowania tego typu systemów jest możliwość sprawowania stałej domowej opieki medycznej ukierunkowanej na konkretny przypadek pacjenta bez konieczności fizycznej obecności lekarza lub pielęgniarki.

---

<sup>1</sup> Politechnika Lubelska, Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> mgr inż. Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych, Politechniki Lubelskiej

Możliwości zdalnych systemów monitorowania obejmują m.in.:

- długookresowy nadzór stanu zdrowia przeprowadzany w warunkach domowych,
- wykrywanie stanów zagrożeń zdrowia i życia w czasie rzeczywistym, przez kontrolę parametrów życiowych np. ciśnienia, saturacji, poziomu cukru itp.,
- kontaktowanie się z lekarzem na odległość, przesyłanie wyników i otrzymywanie zaleceń,
- dokonywanie wstępnej diagnozy i korygowanie leczenia bez konieczności hospitalizacji[3].

Dodatkowo w poniższej tabeli przedstawiono wymagania postawione systemom zdalnego monitorowania:

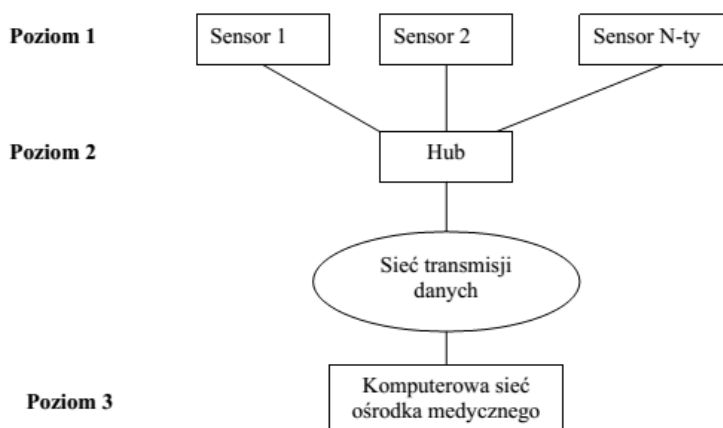
**Tab. 3.1 Wymagania dla systemów monitorowania[3]**

Wymagania		Ryzyko	Sposób rozwiązania problemu
<b>Wymagania techniczne</b>	zużycie energii	wpływ na długotrwałość urządzenia	
	zakres transmisji	duży, nie może dojść do zerwania łączności	dłuższe zakresy przenoszonej mocy i wrażliwsze odbiorniki
	szybkość transmisji danych	możliwie najkrótszy czas	szybkości transmisji sprzyja większa moc
	środowisko, kompatybilność EM	transmisja może zostać zakłócona przez inne źródła pola EM	protokół transmisji powinien korygować błędy detekcji; wybór częstotliwości przenoszenia powinien dopasowywać się do specyfiki środowiska
	ochrona i bezpieczeństwo transmisji	dane mogą być zakłócone bądź przejęte przez osoby trzecie	istnieje potrzeba kodowania danych
<b>Wymagania ekonomiczne</b>	rozmiar i koszt	rozmiar urządzenia zbyt duży do przenoszenia oraz wysoki koszt urządzeń dla pacjenta	zastosować rozwiązania standardowe lub gotowe

### 3.2. Elementy składowe systemu monitorowania

Każdy system posiada kilka elementów składowych koniecznych do uzyskania pełnej informacji dotyczącej danych chorobowych, a także elementy umożliwiające przesyłanie i przetwarzanie danych zebranych od pacjenta. Ogólny schemat systemu monitorowania jest przedstawiony na rysunku 3.1.





**Rys. 3.1. Architektura systemu monitorowania [1]**

Wiele firm realizuje systemy monitoringu używając powyższej trzypoziomowej architektury. Rozwiązania często różnią się szczegółami, posiadają jednak podobny schemat budowy.

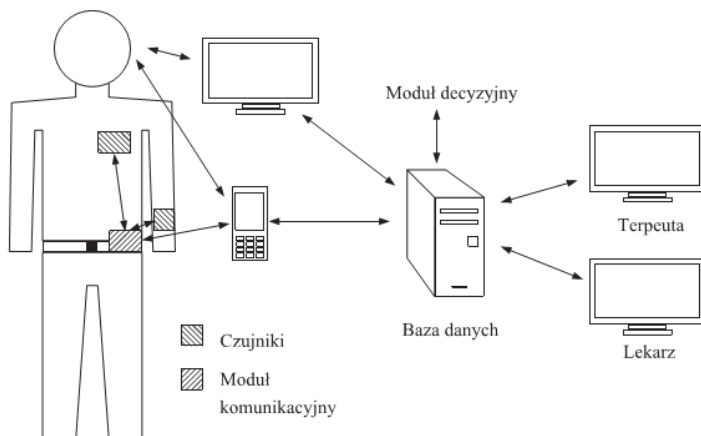
Do elementów składowych należą:

- a) Sensory – służą do wychwytywania, rozpoznawania i rejestrowania sygnałów, ogólnie mówiąc do pozyskiwania danych niezbędnych do funkcjonowania układu. Danymi mogą być parametry określające stan organizmu. Należą do nich m. in. sensory:
  - pulsu
  - temperatury
  - stanu serca
  - ciśnienia krwi
  - saturacji – puls oksymetrii.

Ilość sensorów w tego typu urządzeniach może być bardzo różna, w zależności od ilości pozyskiwanych danych. Ważną właściwością jest możliwość bezprzewodowej komunikacji i innymi urządzeniami przez wykorzystanie różnych rozwiązań technologicznych. Głównie stosowane protokoły komunikacyjne to Bluetooth, ZigBee, Wibree.

- b) Hub (koncentrator danych) – urządzenie zbierające dane z sensorów, występuje w postaci komputera lub urządzenia przenośnego np. telefonu komórkowego wzmacniającego sygnał. Zbierane przez niego dane są wysyłane automatycznie lub ręcznie do sieci telemedycznej.
- c) Sieć telemedyczna – zbiera i archiwizuje informacje o pacjentach, przestrzegając zasad bezpiecznego przechowywania danych, musi być odpowiednio skalowana, oraz obsługiwać różne formanty danych i protokołów. Powinna posiadać również interfejsy usprawniający i ułatwiający pracę personelu, oraz narzędzia do autoryzacji danych.

Poniżej przedstawiono, jakie wymagania sieciowe są stawiane różnego rodzaju usługom telemedycznym [1].



**Rys. 3.2. Elementy systemów zdalnego monitorowania pacjenta [2]**

Istnieje szereg wymagań, jakie są postawione systemom telemedycznym, które wykorzystują usługi sieciowe. Ważnymi parametrami monitorowanymi przy tych usługach sieciowych są:

- wymagane pasmo transmisji
- wpływ przerwy transmisji na zagrożenie zdrowia pacjenta
- wymagany poziom bezpieczeństwa chorych

Tabela 3.1 przedstawia jak kształtują się te własności przy zastosowaniu ich w różnych obszarach telemedycyny. Są to bardzo ogólne wnioski, dają jednak obraz całej sytuacji.

**Tabela 3.2. Wymagania sieciowe dotyczące usług telemedycznych [5]**

Kierunek rozwoju telemedycyny	Wymagane pasmo transmisji	Wpływ przerwy transmisji na zagrożenie zdrowia pacjenta	Wymagany poziom bezpieczeństwa chorych
Aplikacje wspierające poznanie chorób oraz metody leczenia	Małe	Niski	Niski
Aplikacje wspomagające diagnozowanie i proces leczenia	Średnia	Średni	Średni/Wysoki
Sesje multimedialne on-line – operacje i ratownictwo medyczne	Duże	Wysoki	Średni/Wysoki
Biosensory i zdalna opieka pozaszpitalna	Średnie	Średni	Średni
Aplikacje wspierające zdrowy tryb życia	Małe	Niski	Niski

### 3.3. Standardy wymiany danych

Do najpowszechniej używanych standardów wymiany informacji zalicza się:

#### a) Bluetooth

System radiowy zapewniający bezprzewodowy transfer danych i dźwięku na odległość max. 100m z przepływnością 24Mb/s (brutto). Moduły Bluetooth pracują w paśmie dedykowanym zastosowaniom medycznym o wartości 2,4Ghz. W przypadku transmisji sygnałów z niższą przepływnością stosuje się modulacje z kluczowaniem częstotliwości, natomiast do transmisji sygnałów z wyższą przepływnością wykorzystuje się modulacje różnicowe z kluczowaniem fazy. Wyróżnia się trzy klasy nadajników:

- klasa I – o mocy 100 mW, pozwala uzyskać odległość transmisji nawet do 100m w terenie otwartym,
- klasa II – o mocy 2,5 mW,
- klasa III – o mocy 1 mW.

Wybór odpowiedniej klasy nadajnika ma decydujące znaczenie podczas implementacji technologii Bluetooth w konkretnym urządzeniu biomedycznym [3].

#### b) ZigBee

Stosunkowo nowy system komunikacji radiowej o interesujących właściwościach. Zasięg przesyłu danych wynosi 75m. Jego zaletą jest ultra niski pobór mocy, co umożliwia długi czas pracy modułów nadawczo-odbiorczych bez wymiany baterii. System ZigBee korzysta z następujących pasm częstotliwości:

- 868 – 870 Mhz w Europie o przepływności 20 kb/s,
- 902 – 928 Mhz w USA i Australii o przepływności 40 kb/s,
- 2,4 – 2,4835 GHz globalnie o przepływności 250 kb/s.

Standard ZigBee jest dedykowany systemom biotelemetrycznym takim jak: zdalny pomiar temperatury pacjentów na oddziałach szpitalnych, nie nadaje się jednak do transmisji sygnałów próbkowanych z dużą szybkością [1].

#### c) EDIFACT

Standard przesyłania danych w elektronicznej wymianie informacji pomiędzy różnymi placówkami służby zdrowia. Wiadomości przesyłane w tym standardzie są zbudowane z uporządkowanych segmentów, które rozpoczynają się identyfikatorem (TAG). Segmenty mogą być pogrupowane, zaś ich pozycja, liczba wystąpień oraz status wystąpienia są ściśle określone. W standardzie EDIFACT nie można przysyłać obrazów lub sygnałów czynności elektrycznej komórek pacjenta, w związku z tym służy do przesyłania wszelkiego rodzaju danych statystycznych oraz administracyjnych [3].

#### d) HL7

Służy elektronicznej wymianie informacji w systemach medycznych. Opracowany został w 1987r. przez organizację o tej samej nazwie. Celem organizacji jest rozwój standardów elektronicznej wymiany informacji klinicznych, finansowych i administracyjnych między systemami informatycznymi w służbie zdrowia.

Protokoły zdefiniowane w HL7 dotyczą warstwy aplikacyjnej (siódmej) modelu OSI stąd nazwa standardu. Jest on systemem służącym do wymiany danych medycznych, który definiuje komunikaty na poziomie aplikacji oraz obejmuje dostęp do danych, pobieranie danych, przesyłanie danych, sterowanie, pobieranie wyników i obserwacji klinicznych[1].

### **3.4. Przykłady systemów monitorowania pacjentów**

Na rynku pojawia się wiele firm oferujących usługi telemedyczne. Poniżej przedstawiono kilka przykładów systemów i rozwiązań oferowanych przez nie oferowanych.

#### **3.4.1. Platforma e-Care firmy Comarch**

Firma stworzyła platformę internetową której zadaniem jest: przetwarzanie, przeglądanie i zapisywanie danych odebranych z urządzeń Comarch PMA i Comarch HMA oraz przetwarzanie danych przez oprogramowanie Comarch Centrum e-Care (Centrum Opieki Zdalnej). Interfejs programu pozwala na szybkie wykrycie nieprawidłowości zdrowotnych występujących u pacjenta i wysłanie ich w postaci alarmu do wykwalifikowanej służby medycznej, która ma możliwość zareagowania. Umożliwia bezpośredni kontakt pacjenta z lekarzem, pokazuje jego lokalizację na mapie.

Dedykowane urządzenia, czyli Comarch PMA i Comarch HMA oraz oprogramowanie Comarch e-Care Centrum są integralnymi częściami platformy eCare.

- Comarch HMA (Domowy Asystent Medyczny) jest to urządzenie do użytku z warunkach domowych. Jego podstawową funkcją jest współdziałanie z wieloma sensorami zbierającymi dane od pacjentów i przesyłanie zgromadzonych i ewentualnie przetworzonych wyników na platformę internetową e-Care. Urządzenie typu tele-hub pozwala na pełną interakcję lekarza z pacjentem przez zdalne konsultacje, rozmowy wideo, alerty o przyjmowaniu leków czy rejestrację online z możliwością podglądu grafików personelu medycznego.
  - Comarch PMA jest Osobistym Asystentem Medycznym przeznaczonym dla pacjentów przebywających poza szpitalem. Pozwala na monitorowanie parametrów takich jak EKG oraz rejestrowanie ruchów oddechowych pacjenta. Posiada moduł z 5-lub 10- elektrodowy.
  - Comarch Centrum e-Care (Centrum Opieki Zdalnej) – zapisuje, archiwizuje, przetwarza i wysyła dane do specjalistów
- Platforma Cormach'u oferuje działanie w różnych dziedzinach medycyny m.in.:
- kardiologia (tele-holter, EKG, zaburzenia rytmu serca, rehabilitacja kardiologiczna),
  - ginekologia i położnictwo (monitoring w ciąży, opieka w położeniu),
  - pediatria (opieka nad dzieckiem, alergie, choroby wieloukładowe),

- diabetologia (cukrzyca typu 1 i 2),
- pulmonologia (astma, przewlekła obturacyjna choroba płuc, mukowiscydoza),
- geriatrya (opieka nad ludźmi starszymi, demencja, choroba Alzheimera),
- psychiatria (psychoterapia, depresja, schizofrenia) [8].

Na rysunku poniżej przedstawiono schemat budowy i działania systemu.



Rysunek 3.3. Schemat budowy i działania systemu [8]

### 3.4.2. Kardiotele – Telemedycyna Polska

Jest to system oferujący nieustanną opiekę kardiologiczną. Platforma składa się z aparatu Kardiotele oraz z Centrum Monitoringu Kardiologicznego. Pacjent zamawia aparat przez Internet i staje się użytkownikiem systemu.

W celu wykonania badania:

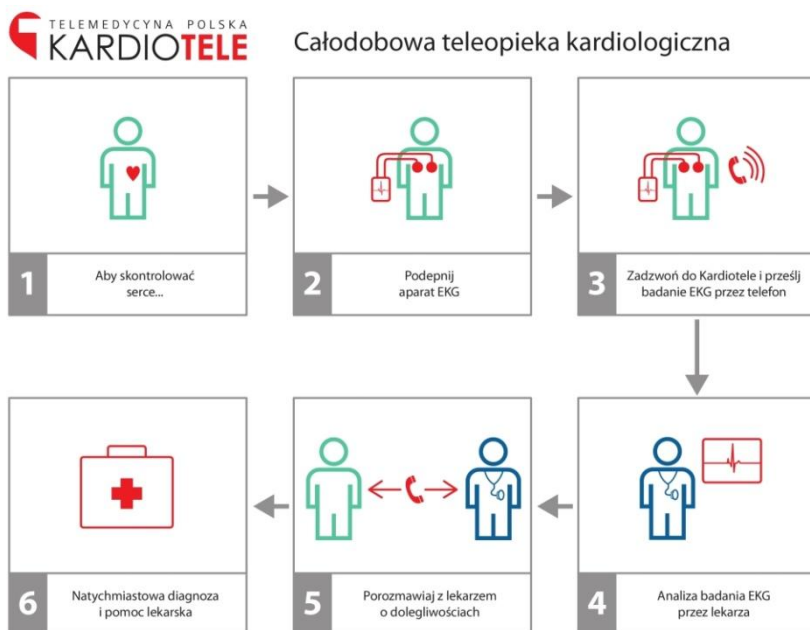
- pacjent samodzielnie przykleja do ciała jednorazowe elektrody połączone z niewielkim aparatem EKG,
- następnie dzwoni do Centrum Monitoringu Kardiologicznego, czynnego 24 godziny na dobę, 365 dni w roku,
- po drugiej stronie wita pacjenta konsultant Kardiotele, który prosi go o przesłanie badania, po czym pacjent uruchamia aparat EKG i przykłada go do słuchawki telefonicznej,
- po zarejestrowaniu badania rozmowa przekazywana jest dyżurującemu lekarzowi, który na ekranie komputera widzi zapis pracy serca pacjenta,
- lekarz, po zapoznaniu się z badaniem EKG, dokładnie pyta o dolegliwości, doradza i zaleca pacjentowi sposób dalszego postępowania.

Usługa polega na tym, że jeśli tylko zaistnieje taka potrzeba, w każdej chwili może wykonać badanie i skonsultować je z lekarzem z Centrum Monitoringu Kardiologicznego Telemedycyny Polskiej. Lekarz, dzięki połączeniu telefonicznemu, na bieżąco odczytuje zapis badania i informuje pacjenta o wyniku oraz, w razie zagrożenia życia, pomaga w wezwaniu karetki pogotowia.

Ważne jest jednak to, iż pacjent w każdej chwili, kiedy tylko poczuje się źle, bez żadnych przeszkód może uzyskać natychmiastową pomoc, zyskując tym samym komfort i poczucie bezpieczeństwa. Z usługi Kardiotele korzystają także pacjenci, którzy nie chcą od razu, gdy tylko odczuwają jakieś dolegliwości, dzwonić po pogotowie ratunkowe, bo boją się niepotrzebnie trafić do szpitala.

Jeśli wynik badania zagraża życiu pacjenta, lekarz wzywa do niego pogotowie ratunkowe, przekazując dyspozytorowi informacje na temat przebiegu choroby, zażywanych leków i aktualnego stanu zdrowia. Lekarze spieszący do chorego mają już także informację o wyniku badania EKG, więc pomoc jest znacznie ułatwiona.

Na czas korzystania z usługi pacjent otrzymuje w nieodpłatną dzierżawę aparat EKG, który jest niezbędny do wykonywania badań. Obecnie jest to aparat EKG typu PS1 – aparat dwuelektrodowy, jednoodprowadzeniowy, z możliwością pozyskania odprowadzeń: I, II, III-kończynowych wg Einthovena oraz V1Rcal – V6Rcal – w odniesieniu do prawego ramienia.



**Rys. 3.4. Schemat działania usługi Kardiotele [7]**

Z usług Centrum Monitoringu Kardiologicznego mogą korzystać pacjenci indywidualni, firmy, szpitale oraz placówki medyczne:

- trafiają do niego zapisy wszystkich badań, w ramach usług świadczonych przez Spółkę,
- badania przekazywane są do niego za pośrednictwem telefonu, sieci GSM lub Internetu,
- dzięki nowoczesnym zastosowaniom telemedycyny dyżurujący lekarz ma możliwość odczytania i zinterpretowania zapisu EKG w czasie rzeczywistym
- w przypadkach wymagających natychmiastowej interwencji medycznej, lekarz wzywa do badanego pacjenta karetkę pogotowia [7].

### **3.4.3. Platforma mediGuard**

System telemedyczny MediGuard pozwala samodzielnie wykonywać badania pacjentom używając niewielkich urządzeń oraz wysyłać je do lekarza w celu analizy i kontroli stanu zdrowia.

Wykorzystuje współczesne technologie, takie jak Bluetooth, Internet, WiFi czy GPRS jednocześnie będąc prostym w obsłudze. Posiada niezbędne certyfikaty, patenty i spełnia wymagania o ochronie danych a wszystkie informacje przesyłane są i przechowywane w zaszyfrowanych, bezpiecznych plikach.

Posiada moduł dla przychodni oraz moduł dla pacjenta:

Umożliwia pacjentom:

- Wykonywanie badań i przesyłanie ich wyników za pomocą telefonu komórkowego,
- Podgląd on-line wyników badań oraz komentarzy lekarza prowadzącego.

Pozwala lekarzom/przychodniom na:

- Bezpieczną elektroniczną archiwizację danych i badań swoich pacjentów,
- Podgląd historii pacjenta on-line,
- Dostęp do trendów badań,
- Korzystanie z prostych narzędzi do analizy badań (EKG),
- Konsultowanie badań z innymi lekarzami,
- Komunikowanie się z pacjentami.

Firma prowadzi sprzedaż urządzeń telemedycznych które mogą współdziałać z systemem, należą do nich:

- SelfCheck ECG – Elektrokardiograf EKG,
- Easy2Check – ciśnieniomierz i glukometr w jednym,
- OxyPro – Pulsoksymetr,
- Spiro Pro – spirometr,
- Waga Selfcheck Scale.

Swoje usługi mediGuard przeznacza głównie dla pacjentów kardiologicznych, z nadciśnieniem tętniczym, z chorobami układu oddechowego oraz dla diabetyków [9].

#### **3.4.4. OSOZ – Ogólnopolski System Ochrony Zdrowia**

Serwis umożliwia prowadzenie dziennika pomiarów najważniejszych parametrów zdrowotnych, takich jak: ciśnienie krwi, masa ciała, wzrost, puls i tętno, temperatura ciała czy poziom cukru. W ramach serwisu istnieje możliwość zdefiniowania harmonogramu prowadzenia pomiarów oraz ustawienia powiadomień przypominających o konieczności wykonania badania. Wyniki pomiarów są dostępne w postaci tabeli oraz wykresu i mogą zostać wydrukowane w celu przedstawienia lekarzowi.

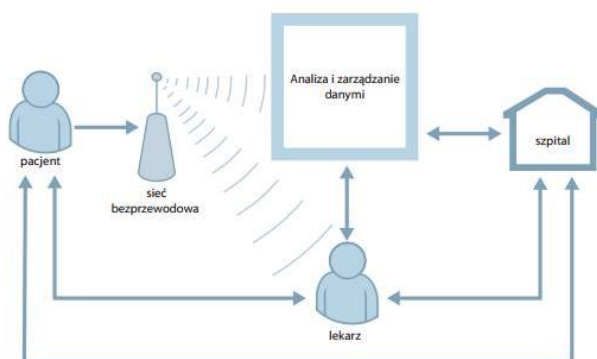
Dodatkowo umożliwia opcje zaplanowania wizyty u lekarza specjalisty, czy np. zamówienia leku, czy sprawdzenia czy jest dostępny w danej aptece[10].

#### **3.4.5. Projekt HealthService24**

W ramach projektu HealthService24 (HS24) opracowano szereg rozwiązań wspomagających codzienną praktykę lekarską oraz poszerzających możliwości osób przewlekle chorych oraz osób, które do normalnego życia potrzebują szczególnych warunków.

Celem projektu było umożliwienie lekarzom i pielęgniarkom monitorowania stanu zdrowia pacjentów cierpiących na choroby chroniczne oraz chorych będących w grupie podwyższonego ryzyka, przebywających w domu po okresie hospitalizacji, bez konieczności odbywania przez nich wielokrotnych wizyt lekarskich. Twórcy tego rozwiązania opracowali innowacyjny system mobilnej opieki zdrowotnej, który umożliwia osobom starszym i przewlekle chorym zachowanie dużej swobody codziennego życia, podnosi jego jakość oraz redukuje koszty ponoszone z tytułu świadczonej nad nimi opieki medycznej. Pacjent będący jednocześnie użytkownikiem systemu HS24 wyposażony jest w czujniki kontrolujące szereg czynności życiowych takich jak ciśnienie krwi, aktywność serca, temperatura ciała czy poziom cukru we krwi, które sterowane są za pomocą palmtopów bądź telefonów komórkowych. Zgromadzone za pomocą tych urządzeń dane przekazywane są siecią bezprzewodową do centrów medycznych lub bezpośrednio do lekarza prowadzącego gdzie następuje ich analiza i ocena. W przypadku pogorszenia stanu zdrowia pacjenta z centrum danych natychmiast wysyłany jest SMS alarmowy bądź do pacjenta wysyłana jest karetka pogotowia. Dzięki temu kontrolę nad stanem zdrowia pacjenta ma nie tylko lekarz, ale również sam chory jak również jego opiekunowie. Schemat funkcjonowania systemu HealthService24 widoczny jest na rysunku poniżej.





**Rys. 3.5. Schemat funkcjonowania systemu HealthService24 [4]**

Próby działania systemu HS24 zostały przeprowadzone w okresie od września 2005 roku do lipca 2006 roku w trzech jednostkach medycznych z udziałem pacjentów posiadających różne problemy zdrowotne. Pilotażem objęte zostały następujące grupy pacjentów:

- w Holandii – kobiety w ciąży,
- w Hiszpanii – pacjenci z przewlekłą obturacyjną chorobą płuc,
- na Cyprze – pacjenci mający problemy z sercem.

Testy te wykazały duże znaczenie tych narzędzi zarówno dla pacjentów, lekarzy jak i całego personelu medycznego. Pokazały m.in., iż pacjenci których stan zdrowia monitorowany był za pomocą systemu HS24 znacznie rzadziej musieli być wzywani do szpitala w przypadkach nagłych. Ponieważ liczba osób przewlekle chorych w Europie ciągle wzrasta, użycie systemu zdalnej opieki medycznej HS24 pozwoli na znaczny wzrost oszczędności w wyniku ograniczenia hospitalizacji osób, które nie wymagają intensywnego nadzoru a także umożliwi kierownictwu szpitali czy innych jednostek medycznych na bardziej efektywne zarządzanie ich zasobami [4].

### **3.4.6. Projekt PERFORM**

WieloczuJNIKOWY system wieloczuJNIKOWY system, służący do ciągłego monitorowania i oceny funkcji motorycznych osób z zaburzeniami motorycznymi osób z zaburzeniami neurodegeneracyjnymi.

Cele medyczne projektu:

a) krótkoterminowe:

- 24h obiektywna ocena stanu pacjenta,
- rozpoznawanie stanu zakończenia działania ostatniej dawki lektarstwa,
- możliwość dostosowania terapii to przebiegu choroby charakterystycznego dla danego pacjenta,

- harmonogram przyjmowania leków,
- harmonogram i kompozycja posiłków,
- rozpoznawanie zmian w reakcji pacjenta na terapię,
- natychmiastowy dostęp do ogólnej informacji o pacjencie,
- szybki dostęp do szczegółowych informacji o pacjencie,
- b) długoterminowe:
  - obiektywna ocena terapii,
  - obserwacja postępów symptomów choroby w czasie,
  - rozpoznawanie zmian/reakcji pacjenta na zmianę ocenę terapii.

Jest to projekt dedykowany dla pacjentów chorych na chorobę Parkinsona i Stwardnienie zanikowe boczne. Te schorzenia charakteryzują się zaburzeniami zdolności ruchowych. Wystąpienia zaburzeń motorycznych oraz w końcowych stadiach pojawienie się paraliżu i niezdolności wykonywania ruchu.

System pobiera informacje o chodzie (z modułu Gait i FOG) oraz o ruchu rąk (z modułu Bradykinesia) sprawdzając czy nie ma w nich zaburzeń. System ma umożliwić zdalne obserwowanie bieżącego stanu pacjentów oraz oceny poprawności i efektywności pacjentów oraz oceny poprawności i efektywności indywidualnie dobranego schematu ich leczenia, a także ewentualnej jego korekty.

## **Podsumowanie**

Potencjalne problemy:

- Czas realizacji pozytywnych wyników finansowych,
- Wyzwania implementacyjne – konieczne ciągłe wsparcie zarządzających, monitorowanie postępów, szkolenia i wsparcie dla uczestników, interoperacyjność,
- Warunki prawne – spójne uregulowania prawne (Polska, UE),
- Dostępność i poziom usług – w oparciu o obecną infrastrukturę (podstawowe usługi telemedycyny, rozszerzenia na nowe obszary e-zdrowia),
- Telemonitoring pacjentów, mimo że wymaga inwestycji daje pozytywny bilans dzięki oszczędnościom dla płatnika oraz poprawieniu usług i ich dywersyfikacji po stronie świadczącego usługi opieki zdrowotnej [6].

Zdalne, aktywne monitorowanie parametrów zdrowia pacjenta w czasie rzeczywistym znacznie podnosi jakość usług medycznych, a tym samym wpływa na komfort i satysfakcję pacjenta. Stała kontrola wpływa na poziom zarządzania chorobą i zwiększa świadomość choroby u pacjenta, co minimalizuje ilość powikłań. Stosowanie bezprzewodowych systemów monitorowania pacjentów polepsza proces implementacji leczenia i skupienie na pacjentach, którzy najbardziej potrzebują opieki zdrowotnej.

## Bibliografia

- [1] Białoń P., Klimasara E.: *Nowe paradygmaty przetwarzania danych w sieciach inteligencji otoczenia dużej skali*. Monitorowanie osób starszych i projekt EDFAS, Praca nr 06300048, Warszawa, grudzień 2008r.
- [2] Borawski M.: Nermend K., *Zastosowanie technologii MEMS w telemedycynie do monitorowania czynności życiowych*. Kolegium Analiz Ekonomicznych nr 25/2012
- [3] Duraj A., Krawczyk A.: *Bezprzewodowe monitorowanie pacjenta – technologie, standardy i zagrożenia*. Przegląd elektrotechniczny nr 12/2009
- [4] Głomb K., Juszczyk G.: *Podnoszenie jakości i efektywności opieki zdrowotnej dzięki rozwiązaniom teleinformatycznym*. Materiały szkoleniowe projektu SIRMA-2-6-07, Warszawa – Tarnów 2007r.
- [5] Grabowski W., Lutyński P.: *Sieci telemedyczne – mrzonka czy najbliższa przyszłość?*. Wiadomości telekomunikacyjne nr 11/2007
- [6] Pioruńska A.: *Telemonitoring pacjentów czyli nowoczesne technologie i dynamiczna komunikacja w zastosowaniu opieki zdrowotnej*. Konferencja i3 – Internet – Infrastruktury – Innowacje, Wrocław, 2 grudnia 2010r.
- [7] <http://telemedycynapolska.pl/klienci-indywidualni/opis-uslugi>, [05.2014]
- [8] <http://www.comarch.pl/e-zdrowie/produkty/telemedycyna/platforma-e-care/> [05.2014]
- [9] <http://www.mediguard.pl/system-telemedyczny.html>, [05.2014]
- [10] <http://www.osoz.pl/osoz/web/osoz-cms>, [05.2014]

#### 4. Programy do wspomagania specjalistki – SOMED

##### Wstęp

Od wielu lat w Polsce obserwuje się intensywne wdrażanie i wykorzystywanie systemów informatycznych w różnego rodzaju firmach i instytucjach. Nowoczesne systemy informatyczne są niezastąpione np. w jednostkach służby zdrowia, ponieważ potrzebna jest tam możliwość gromadzenia i usystematyzowania ogromnych ilości danych. Ta dziedzina wydaje się być szczególnie wymagającą, jeśli chodzi o funkcjonalność systemów informatycznych, gdyż musi umożliwić zarządzanie placówką medyczną we wszystkich aspektach jej działalności.

W związku z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 21 grudnia 2010r. w sprawie rodzajów i zakresu dokumentacji medycznej oraz sposobu jej przetwarzania, a także ustawy o systemie informacji w ochronie zdrowia z dnia 28 kwietnia 2011r. podmioty prowadzące działalność leczniczą od 1 sierpnia 2014r. zobowiązują się do gromadzenia dokumentacji medycznej wyłącznie w postaci elektronicznej.

Równolegle ministerstwo przygotowuje system centralny System Informacji Medycznej (SIM), który został uruchomiony 1 marca 2014r. System ten umożliwia dostęp do informacji o pacjencie, a także jego dokumentacji medycznej przez różne jednostki medyczne. Wszelkie dane dotyczące pacjenta, np. historia choroby pacjenta, wraz z chorobami przewlekłymi, alergie, wyniki badań, przebyte hospitalizacje będą dostępne w jednym miejscu. Dzięki systemowi SIM lekarz w momencie diagnozy będzie dysponował pełną wiedzą zgromadzoną w tym systemie.

W konsekwencji wyżej wymienionych aktów prawnych placówki prowadzące działalność leczniczą zobowiązane są wdrożyć system informatyczny, który będzie gromadził dokumentację medyczną w postaci elektronicznej, bądź tak dostosować obecnie używany system informatyczny aby obsługiwał elektroniczną dokumentację medyczną. Bardzo ważna jest także możliwość komunikacji z systemem SIM. Wdrożenie oprogramowania, dostosowanie go do potrzeb danej przychodni, przeszkolenie personelu, to proces który może potrwać od kilku tygodni do kilku miesięcy. Jednym z dostępnych na rynku medycznym systemów informatycznych jest system KS-SOMED stworzony przez Przedsiębiorstwo Informatyczne Kamssoft. System KS-SOMED umożliwia gromadzenie elektronicznej dokumentacji medycznej, a także w przyszłości komunikację z systemem SIM [4].

---

<sup>1</sup> Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> mgr inż., Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych, Politechnika Lubelska

#### 4.1. Główne zadanie systemu KS-SOMED

Zintegrowany system informatyczny obsługi przychodni KS-SOMED, to system informatyczny nowych możliwości przeznaczony do wspomaganie obsługi średnich i dużych jednostek służby zdrowia. Głównym zadaniem tego systemu jest podnoszenie jakości oraz standardu usług świadczonych przez placówki medyczne. Firmy oferujące systemy medyczne dążą do tego, aby te systemy poprzez ciągłe usprawnianie pracy lekarzy oraz personelu medycznego zapewniały pacjentom komfortową oraz sprawną organizacyjnie obsługę. Duże jednostki służby zdrowia charakteryzuje mnogość oraz różnorodność procedur medycznych, a w związku z tym, potrzebna jest możliwość prowadzenia rozbudowanej dokumentacji ewidencyjnej, statystycznej i sprawozdawczej w jak najbardziej czytelnej i prostej formie. Wdrożenie systemu KS-SOMED pozwala w pełni zautomatyzować te procesy.

System doskonale sprawdza się podczas ogólnej organizacji pracy jednostki medycznej, rejestracji wykonanych zleceń, ewidencji umów zawieranych z płatnikami, dokumentacji transakcji pieniężnych, jak i w rozliczeniach z poszczególnymi Oddziałami Narodowego Funduszu Zdrowia. Może być również wykorzystywany jako niezastąpione narzędzie statystyczne, pozwalające na selekcję i zestawienie danych z określonego zakresu działalności jednostki medycznej. KS-SOMED posiada także podsystemy: kadrowo-płacowy, finansowo-księgowy, magazynowy, środków trwałych, itd. Wszystkie elementy połączone w jeden, zintegrowany i funkcjonalny system, który cechuje łatwość i intuicyjna obsługa [3].

#### 4.2. Budowa systemu

System KS-SOMED oparty jest o okienkowy interfejs użytkownika, który składa się z wielu modułów, a do najważniejszych z nich należą:

- Moduły Lekarskie - **Stomatolog**, **Okulista** oraz **Gabinet**,
- Terminarz,
- Deklaracje,
- Zlecenia,
- Rozliczenia,
- Umowy,
- Medycyna Pracy,
- Zestawienia,
- Kasa,
- Księga Główna,
- Kartoteki.

Zadaniem poszczególnych modułów składowych systemu jest bezpośrednio wspomaganie obsługi rejestracji pacjentów oraz prowadzenia specjalistycznych gabinetów lekarskich [3].



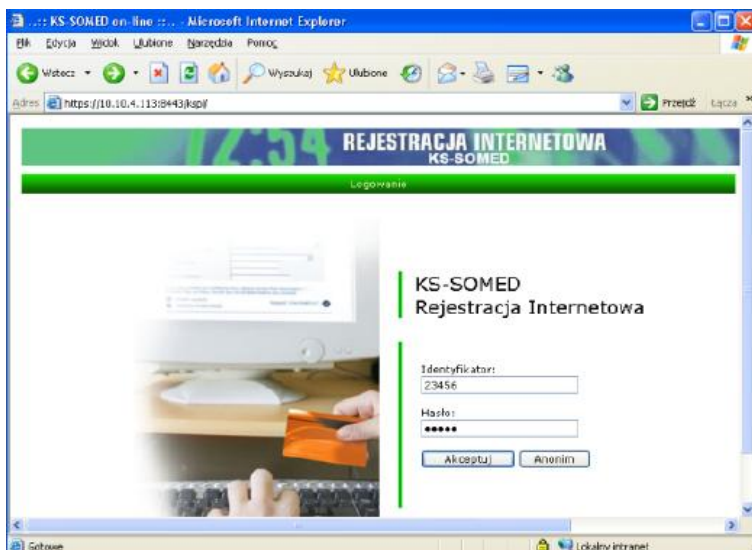
**Rys. 4.1. Panel główny okienkowego interfejsu użytkownika systemu KS-SOMED [3]**

Podstawowe funkcjonalności systemu KS-SOMED to:

- łatwe i intuicyjne gromadzenie elektronicznej dokumentacji medycznej (wymagane od 2014 roku),
- komunikacja z systemem eWUŚ i weryfikacja prawa pacjenta do korzystania ze świadczeń opieki zdrowotnej finansowanych ze środków publicznych,
- kompleksowe rozliczenia kontraktów z NFZ,
- dostęp do baz wiedzy: bazy leków wraz z odpłatnościami, bazy chorób,
- obsługa specjalistycznych placówek medycznych, w tym stomatologii, medycyny pracy, rehabilitacji, pogotowia ratunkowego,
- obsługa placówek niekomercyjnych (umowa z NFZ) i wymiana danych pomiędzy nimi,
- rejestracja pacjentów i terminarz,
- rejestracja świadczeń i wizyt,
- drukowanie recept,
- obsługa drukarek fiskalnych,
- prowadzenie kartoteki medycznej,
- obsługa podwykonawców,
- generowanie księgi głównej przychodni,
- możliwość przygotowania spersonalizowanych formularzy dostępnych w systemie: skierowań, wyników badań, wywiadów, zgodnie z wymogami placówki medycznej,
- ogromne możliwości konfiguracyjne, pozwalające na dostosowanie systemu do indywidualnych potrzeb każdej placówki [2].

#### 4.2.1. Moduł Internetowa Rejestracja Pacjentów

Moduł Internetowa Rejestracja Pacjentów umożliwia pacjentom w szybki i prosty sposób zarezerwować wizytę u dowolnego specjalisty w dogodnym czasie za pomocą panelu logowania dostępnego np. na stronie internetowej placówki. Jednostce medycznej natomiast ułatwia prowadzenie elektronicznego terminarza i organizację przyjęć.



Rys.4.2. Okno: Logowanie do Internetowej Rejestracji Pacjentów [1]

Po prawidłowym zalogowaniu do programu pacjent przenosi się do okna pozwalającego na zaplanowanie wizyty. Wyszukiwanie wolnych terminów dokonywane jest przez:

- wybór lekarza, gabinetu lub specjalności,
- wybór zakresu dat: dzisiaj; tydzień; aktualny tydzień; następny tydzień; miesiąc; aktualny miesiąc; następny miesiąc; I kwartał; II kwartał; III kwartał; IV kwartał; następny rok,
- podanie dokładnego terminu wizyty,
- wybór godziny wizyty,
- dnia tygodnia.

Pacjent może nie tylko rezerwować wizyty u dowolnego lekarza, ale także odwoływać już zarezerwowane wizyty, przeglądać zaplanowane wizyty lub historie wszystkich wizyt. Z kolumny „Status” pacjent może dowiedzieć się czy zarezerwowana wizyta oczekuje jeszcze na przyjęcie przez lekarza, czy wizyta została przyjęta, odrzucona lub już zrealizowana.

The screenshot shows a web browser window titled "KS-SOMED on-line" displaying the "REJESTRACJA INTERNETOWA KS-SOMED" interface. The page header includes the user's ID (23456), name (WESŁY MICHAŁ), IP address (10.10.8.53), and version (2008.02.00.01). Below the header, there are navigation icons and a table of appointments. The table has columns for Lp., Lekarz/Gabinet, Specjalność, Dzień, Od, Do, Status, and Info. The current page shows appointments 1 through 4.

Lp.	Lekarz/Gabinet	Specjalność	Dzień	Od	Do	Status	Info.
1.	IKSIŃSKI JAN	-	Czwartek, 2008-09-25	09:00	09:30	odrzucona	-
2.	IKSIŃSKI JAN	-	Czwartek, 2008-09-25	09:30	10:00	zrealizowana	-
3.	IKSIŃSKI JAN	-	Piątek, 2008-09-26	11:00	11:30	przyjeta	-
4.	IKSIŃSKI JAN	-	Piątek, 2008-09-26	14:00	14:30	oczekuje na przyjęcie	-

Rys. 4.3. Okno: Zaplanowane wizyty [1]

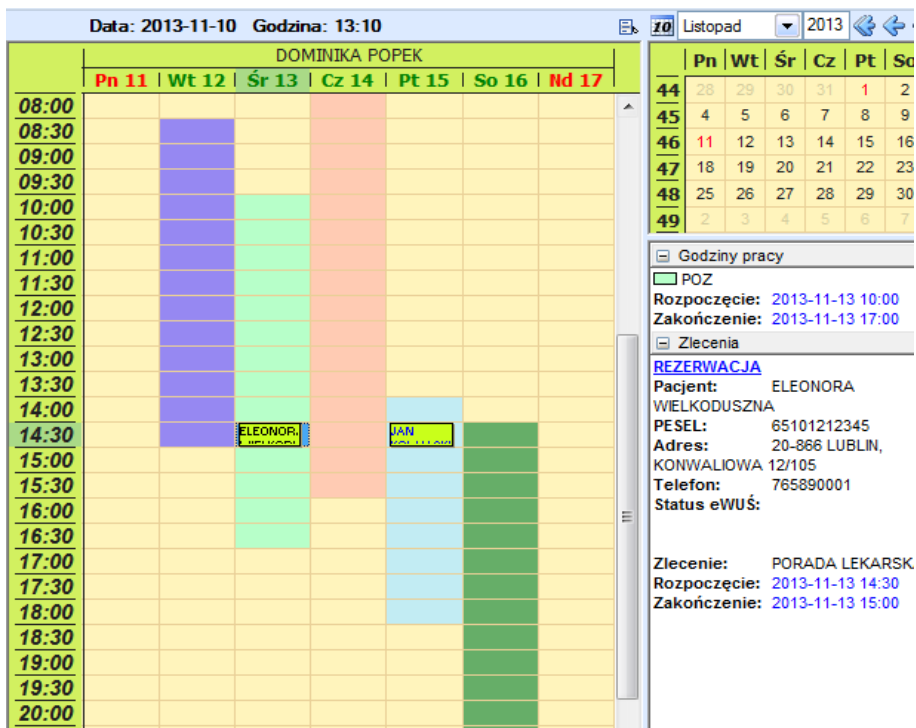
Zarezerwowana przez pacjenta wizyta automatycznie zostaje przenoszona do modułu Terminarz w systemie KS-SOMED, bez konieczności jej powtórnego rejestrowania przez przychodnię. Kiedy podczas wizyty lekarz zleci wykonanie usługi medycznej innej przychodni (podwykonawcy) to Moduł Internetowa Rejestracja Pacjentów umożliwia zarówno lekarzowi, który zlecił wykonanie usługi jak i lekarzowi jednostki zewnętrznej, wykonującej zlecenie sprawdzenie czy dana usługa może zostać wykonana [1].

#### 4.2.2. Moduł Terminarz

Moduł Terminarz jest czytelnym i prostym w obsłudze elektronicznym kalendarzem. Ułatwia planowanie i organizację pracy jednostki służby zdrowia. Umożliwia wykonywanie następujących czynności:

- ustalenie grafików pracy poszczególnych pracowników i gabinetów,
- rezerwowanie wizyt pacjentów w wybranym terminie,
- wyszukiwanie wolnych terminów dla danego pracownika lub gabinetu,
- wyszukiwanie terminów zarejestrowanych wizyt dla wybranego pacjenta,
- wykonywanie zleceń,
- wprowadzenie danych nowego pacjenta, pracownika lub gabinetu,
- sprawdzenie, ile z poprzednio umówionych wizyt nie doszło do skutku i z jakiego powodu,
- tworzenie i wydruk list pacjentów, pracowników, gabinetów, wizyt, terminarza oraz kart pacjentów,
- tworzenie zestawień i statystyk na podstawie danych wprowadzonych w terminarzu [1].



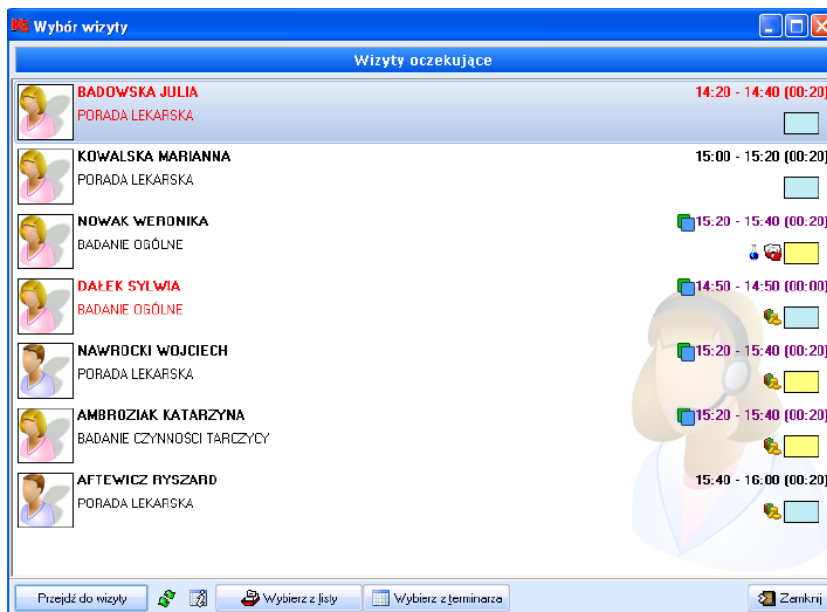


Rys. 4.4. Okno: Terminarz

Moduł Terminarz współpracuje nie tylko z Rejestracją Internetową, ale także z Ogólnopolskim Systemem Ochrony Zdrowia (OSOZ), oraz modułem Poczekalnia. Istotnym usprawnieniem pracy jednostki służby zdrowia jest dostęp do terminarza możliwy z każdego stanowiska w danej jednostce służby zdrowia. Umożliwia to np. rejestracje terminu kolejnej wizyty pacjenta już podczas wizyty aktualnie odbywającej się. Ma to szczególne znaczenie w sytuacjach, gdzie terminarz wizyt zależy ściśle od zaleceń lekarza. Lekarz może również w każdej chwili sprawdzić, ile zarezerwowanych usług zostało jeszcze do wykonania w danym dniu. Dla instalacji wielostanowiskowej systemu KS-SOMED rezerwacja wizyt w terminarzu może odbywać się na kilku stanowiskach równocześnie. Umówione wizyty zapisywane są do bazy, a system automatycznie odświeża wygląd terminarza.

System umożliwia rezerwację wizyt w terminarzu tylko w dniach, które nie zostały zdefiniowane jako dni wolne. Dodatkowym warunkiem zarezerwowania wizyty jest fakt, by termin zawierał się w godzinach pracy danego pracownika lub gabinetu.

Lekarz po zalogowaniu się do programu otwiera tzw. poczekalnię, w której widnieją wszystkie umówione wizyty. Dodatkowo istnieje możliwość wybrania pacjenta z listy wizyt, co przedstawiono na rys. 4.5. [1].



Rys. 4.5. Okno: Wybór wizyty [1]

#### 4.2.2. Moduł Gabinet

Moduł Gabinet zawiera zasadniczą część elektronicznej bazy danych o pacjentach, co umożliwi tworzenie i przechowywanie całej dokumentacji medycznej związanej z procesem ich leczenia.

Podczas wizyty pacjenta w oknie „Wizyty” możliwe jest wykonanie następujących czynności:

- szczegółowe opisanie wizyty pacjenta,
- przeglądanie i modyfikacje danych wprowadzonych w innych modułach,
- wypełnianie i przeglądanie formularzy wywiadów,
- rejestrowanie i interpretacje wyników badań laboratoryjnych,
- wystawianie i drukowanie recept zgodnych z obowiązującymi przepisami,
- drukowanie dawkowania leków,
- wprowadzanie i przeglądanie zdjęć dołączonych do wizyty pacjenta,
- wystawianie i drukowanie zwolnień lekarskich,
- wystawianie i drukowanie skierowań,
- wprowadzenie rozpoznania głównego, w tym dotyczącego zachorowania na chorobę zakaźną,
- prowadzenie wywiadu aktualnego, wywiadu ogólnego, badania przedmiotowego, diagnozy, orzeczenia,
- rejestracja zleceń,
- rejestracja leków stale zażywanych przez pacjenta,

– rejestracja szczepień.

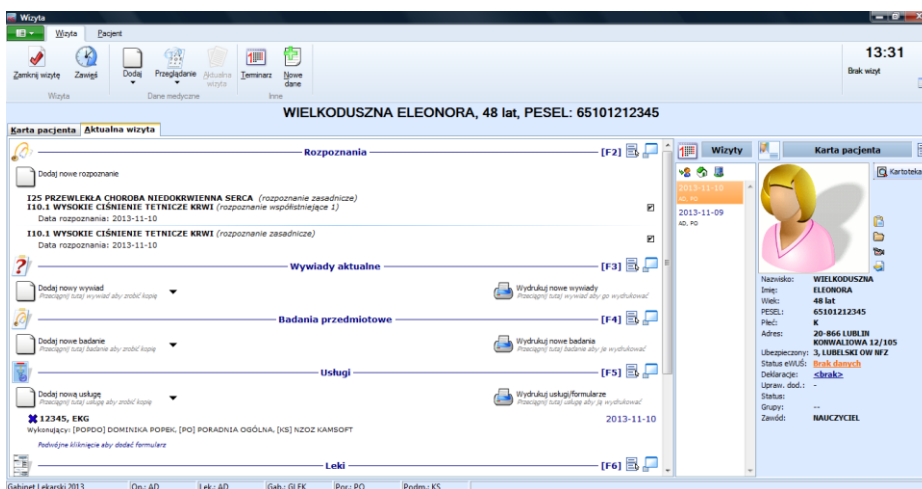
W panelu głównym „Aktualna wizyta” wyświetlana jest bieżąca wizyta pacjenta. Dla pacjenta, dla którego bieżąca wizyta jest pierwszą wizytą w danej jednostce służby zdrowia, w panelu tym wyświetlanych jest siedem podstawowych zakładek:

- „Rozpoznania”.
- „Wywiady aktualne”.
- „Badania przedmiotowe”.
- „Usługi”.
- „Leki”.
- „Skierowania/wyniki badan”.
- „Zwolnienia”.

Dla pacjenta, dla którego jest to kolejna wizyta i podczas jednej z wcześniejszych wizyt:

- w zakładce „Wywiady” został wprowadzony wywiad ogólny,
- w zakładce „Leki zażywane” zostały wprowadzone leki, które stale zażywane są przez pacjenta, wówczas w panelu głównym także są wyświetlane zakładki: „Wywiady” i „Leki zażywane” z wprowadzonymi danymi medycznymi.

Dane medyczne pacjenta do pozostałych zakładek tj. „Wywiady”; „Diagnozy”; „Leki zażywane”; „Szczepienia”; „Zalecenia i uwagi”; „Orzeczenia”; „Zdjęcia”; „Załączniki” oraz „Dokumenty archiwalne”, można wprowadzać korzystając z menu głównego okna „Wizyty”. Poniżej zostaną omówione zakładki „Rozpoznania” i „Usługi” co przybliży sposób obsługi pacjenta przez lekarza za pomocą modułu Gabinet [1].

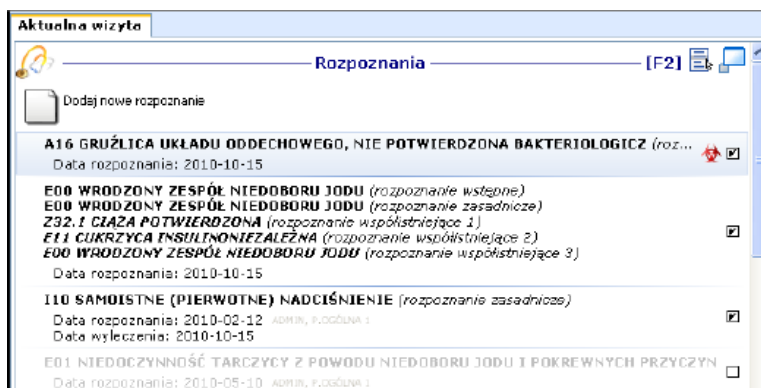


Rys. 4.6. Okno: Wizyta [1]

W zakładce „Rozpoznanie” wyświetlane są wprowadzone:

- rozpoznania wstępne,
- rozpoznania zasadnicze,
- rozpoznania współistniejące 1,
- rozpoznania współistniejące 2,
- rozpoznania współistniejące 3.

Rozpoznanie wprowadzone w poprzednich wizytach pacjenta wyświetlane są jako wyszarzone. Rozpoznanie, które zostały wprowadzone podczas bieżącej wizyty, wyświetlane są w standardowy sposób.

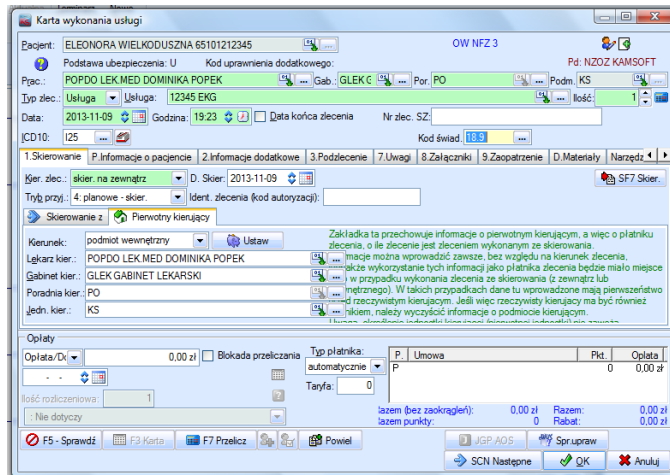


Rys. 4.7. Okno: Panel Aktualna wizyta – zakładka Rozpoznanie [1]

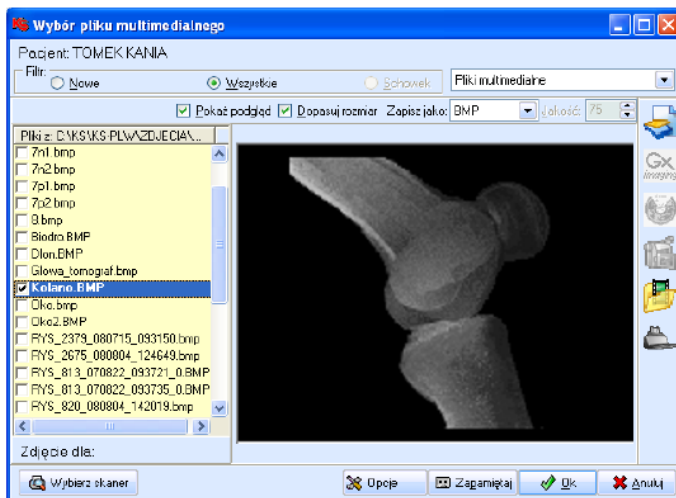
W zakładce „Usługi” lekarz może rejestrować zlecenia na usługi, które mają być wykonane pacjentowi podczas odbywającej się wizyty [1].

Jeżeli do usługi w zleceniu zostało wprowadzone skierowanie z odpowiednim jego rodzajem, wówczas po zatwierdzeniu „Karty wykonania usługi”, zlecenie takie automatycznie zostanie przeniesione do zakładki „Skierowania/wyniki badań”, co usprawnia realizację i organizację usług.

W zakładce „Zdjęcia” rejestrowane są dane graficzne badań przeprowadzanych pacjentowi podczas wizyty, takie jak: zdjęcia rentgenowskie, wyniki badań EKG, obrazy USG, itd. W najnowszej wersji systemu możliwe jest przypisanie tak wykonanych badań do karty pacjenta w postaci plików, które można otworzyć przy pomocy domyślnych programów do przeglądania dostępnych w systemie MS Windows, tj. plików graficznych (np. pdf.), jak i dźwiękowych. Podczas wizyty istnieje możliwość wglądu do wszystkich badań pacjenta, poprzez wybór konkretnego pliku multimedialnego.

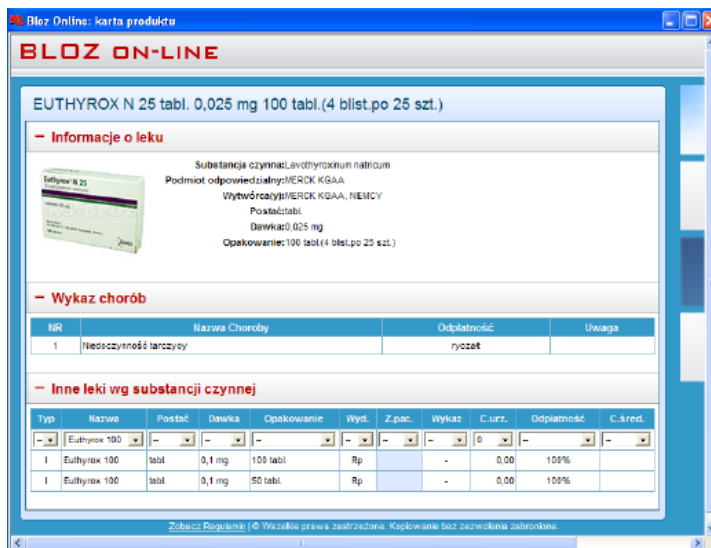


Rys.4.8. Okno: Karta wykonania usługi [1]



Rys. 4.9. Okno wyboru badań pacjenta w postaci plików multimedialnych [1]

Dodatkową usługą integralną z systemem KS-SOMED jest dostęp do bazy leków (Rys. 4.10.). Jeżeli użytkownik posiada login oraz hasło do serwisu BLOZ, wówczas ma dostęp do internetowej aplikacji BLOZ ON-LINE, dzięki której można przeglądać leki, dostępne w bazie. Po zaznaczeniu leku i użyciu przycisku zostanie wyświetlona karta tego leku. Przycisk ten dostępny jest również w oknie „Recepta”.



**Rys. 4.10. Okno: BLOZ Online: karta produktu [1]**

Moduł Gabinet skierowany jest również do lekarzy ginekologów, gdyż istnieje możliwość prowadzenia karty ciąży pacjentki.

W zakładce „Karta ciąży” rejestrowane są szczegółowe dane dotyczące ciąży pacjentki, mające istotny wpływ na przebieg tej ciąży, takie jak data ostatniej miesiączki, długość cyklu, grupa krwi ciężarnej, grupa krwi ojca dziecka, choroby przebyte od czasu ostatniej miesiączki itd.

Zakładka „Karta ciąży” składa się z dwóch sekcji, które zawierają informacje o założonych kartach ciąży oraz pokazują listę wizyt dla konkretnej karty w trakcie trwania ciąży.

Podsumowując wyżej omówione funkcjonalności modułu Gabinet można powiedzieć, że system KS-SOMED pozwala na profesjonalną i kompleksową obsługę pacjentów od wizyt u lekarza rodzinnego, poprzez realizację badań, po wizytę u specjalisty np. ginekologa poprzez min. prowadzenie karty ciąży pacjentki. Za dodatkową opłatą możliwe jest także korzystanie z dodatkowych modułów takich jak: Okulista czy Stomatolog. Pozwala to na prowadzenie gabinetów przez lekarzy specjalizujących się w konkretnej dziedzinie medycyny [1].

**Karta ciąży** EMILIA BALCERZAK

Ostatnia miesiączka: 2007-06-30  
 Nowy termin: Data przeprowadzenia wywiadu: 2007-08-10 Wyczyść dane  
 Ktora ciąża: 2 Tydzień trwania ciąży (w dniu wywiadu): 6 hbd Dzień trwania ciąży (w dniu wywiadu): 0  
 Termin porodu: 2008-04-04  
 czas trwania 6 hbd 3 pozostało 33 hbd 4  
 Zamknięta karta  
 Powód zamkn.: \_\_\_\_\_

Zestawienie grup krwi:  
 Grupa krwi ciężarnej: 0 (Rh+)  
 Grupa krwi ojca: AB (Rh+)  
 Grupa krwi poprz. dziecka: <b.d.>  
  
 Masa ciała: 58  
 Wzrost: 162

Powikłania obecnej ciąży:

Data	Nazwa

Inne choroby:

Data	Nazwa
2007-08-10	CIUKRZYCA POJAWIAJĄCA SIĘ W CIĄŻY

Choroby infekcyjne w ciąży:

Data	Nazwa

Uwagi:

Ocena czynników ryzyka dla przebiegu ciąży:

Liczba ciąż i porodów z uwzględn. sposobu ich zakończenia:

Lp	rodzaj
1	poród sn

F6 Edycja F9 Opcje OK Anuluj

Rys. 4.11. Okno: Karta ciąży [1]

### 4.2.3. Moduł Okulista

Zadaniem modułu Okulista jest wspomaganie pracy gabinetu okulistycznego. Zastosowane w nim rozwiązania umożliwiają pełną rejestrację procesu leczenia pacjenta oraz szybkie uzyskanie dostępu do danych archiwalnych. Moduł umożliwia prowadzenie dla każdego pacjenta indywidualnej kartoteki, zawierającej dane o jego stanie zdrowia: rozpoznania, informacje uzyskane na podstawie przeprowadzonych wywiadów oraz badań przedmiotowych, wykonane usługi, wyniki badań, wystawione zwolnienia lekarskie i recepty, skierowania, zdjęcia, szczepienia [1]. Daje również możliwość realizacji zadań typowych dla gabinetu okulistycznego, takich jak:

- rejestrowanie parametrów oczu pacjenta,
- wystawianie i drukowanie recept okularowych i soczewkowych,
- możliwość wykorzystania bazy soczewek podczas wystawiania recepty,
- możliwość automatycznego generowania zamówień do producentów na soczewki kontaktowe na podstawie dopasowanych soczewek oraz ich wydruk,
- możliwość kopiowania wystawionych recept [2].

**Recepta okularowa - pacjent: KOWALSKA IGA**

Informacje o receptynie:  
 Pacjent: **KOWALSKA IGA**  
 Lekarz: **ALERGOLEK MARIAN**  
 Data wystawienia: **2011-04-04**      Data ostatniego badania: **2011-04-04**

**Wartości**

		Sfera	Cylinder	Oś	Płynna	Baza	VD	Odł. źrenic
Do dali	DP	30	11	10	1	1	12	50
	DL	40	12	10	1	1	12	
Do blizu	DP	30	11	10	1	1		60
	DL	40	12	10	1	1		

0  $\frac{D}{C}$       Przeliczenie na ujemne cylindry

**Rodzaj szkła**      **Informacje dodatkowe**

OK      Anuluj

Rys. 4.12. Okno: Recepta okularowa [1]

Istotną rolę odgrywa „Karta badania okulistycznego”. Za pomocą danych zamieszczonych w jej sekcjach i zakładkach (zakres przedstawia rys. 4.13.) uzyskuje się kompleksową informację o parametrach oka prawego i lewego, które potrzebne są do diagnozy wady wzroku oraz umożliwiają okuliście wystawienie zlecenia do noszenia okularów lub soczewek przez pacjenta [1].

**Karta badania okulistycznego - dodawanie**

Visus  
 1. Okularowy    2. Po cycloplegii    3. W korekcji soczewkami    4. Skiaskopia    5. Refraktometria

	Sph	Cyl	Ax	c.c.i.
V.O.P				
V.O.L				
Sn OP				
Sn OL				

Addycja:  $\frac{D}{C}$       Przeliczenie na ujemne cylindry

**Tonus**      **Gonioskopia**

OP:      OL:      Typ: aplanat  
 OP:      OL:      Typ: puff

**CCT (Pachymetria)**

OP:      Uwagi:  
 OL:      Uwagi:

**A. Keratometria standardowa**    **B. Odległość źrenic**

Oko prawe  
 ↓ V:      D      Ax      Astygmatyzm rogówkowy: brak      w ost:      w ost:  
 ↔ H:      D      Ax      Astygmatyzm soczewkowy: brak      w ost:      w ost:

Oko lewe  
 ↓ V:      D      Ax      Astygmatyzm rogówkowy: brak      w ost:      w ost:  
 ↔ H:      D      Ax      Astygmatyzm soczewkowy: brak      w ost:      w ost:

OK      Anuluj

Rys. 4.13. Okno: Karta badania okulistycznego [1]



#### 4.2.4. Moduł Stomatolog

Moduł Stomatolog służy do gromadzenia pełnej dokumentacji medycznej stanu zdrowia pacjentów, tworzonej przez lekarza stomatologa.

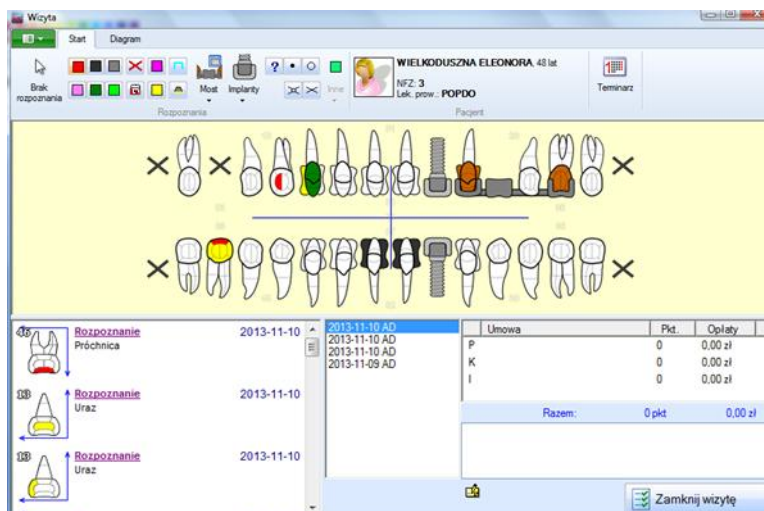
Okno „Wizyty”, będące główną częścią modułu, umożliwia wykonanie następujących czynności:

- rejestrowanie stanu uzębienia pacjenta (zdiagnozowanie rozpoznań dotyczących zarówno zębów, jak i jamy ustnej),
- szczegółowe opisanie wizyty pacjenta oraz jej zobrazowanie na diagramie uzębienia,
- przeglądanie i modyfikacje danych wprowadzonych w innych modułach,
- rejestrowanie wyników badań,
- wypełnianie i przeglądanie formularzy wywiadów stomatologicznych,
- drukowanie diagramu stanu uzębienia,
- wystawianie i drukowanie recept zgodnych z obowiązującymi przepisami,
- drukowanie dawkowania leków,
- wystawianie i drukowanie zwolnień lekarskich,
- wprowadzanie i przeglądanie zdjęć dołączonych do wizyty pacjenta.

Rozpoznania dotyczące zębów mogą być rejestrowane na koronie lub na korzeniu zęba. Zatem aby dodać rozpoznanie należy zaznaczyć powierzchnię na wybranym zębie lub wybrany ząb i z górnego menu wybrać odpowiednie rozpoznanie. Rozpoznania możliwe do wyboru to:

- ząb do ekstrakcji,
- próchnica,
- kamień nazębny,
- osad,
- ząb lakowany,
- wypełnienie,
- schorzenie miazgi,
- ząb leczony endodontycznie,
- abrazja,
- uraz zęba,
- korona,
- przęsło mostu,
- implant,
- proteza,
- brak zęba,
- brak zawiązka,
- ząb zatrzymany,
- ząb niewyrżnięty,
- ząb usunięty,
- inne rozpoznania.

Każde z rozpoznań ma przypisany odpowiedni kolor, bądź oznaczenie, co pokazano na rys. 4.14.



**Rys. 4.14. Okno: Wizyta – widok poziomy**

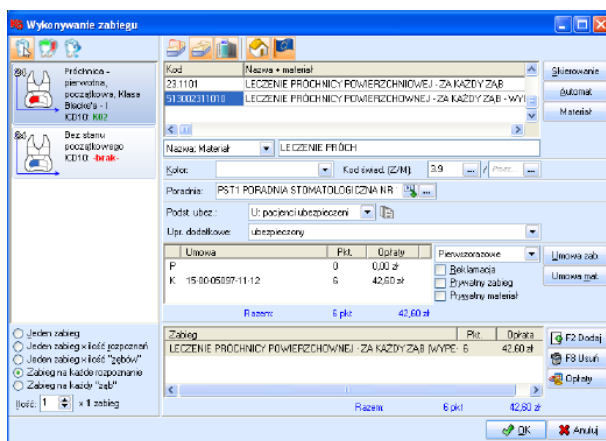
Zakładka Diagram uzębienia zawiera diagram uzębienia pacjenta, który składa się z korony oraz korzenia. Diagram ten służy do:

- prezentacji aktualnego stanu uzębienia pacjenta z uwzględnieniem wprowadzonych wcześniej rozpoznań,
- rejestracji nowych rozpoznań.

Istnieje możliwość wyboru jednego z trzech widoków diagramu uzębienia:

- widok poziomy,
- widok szczękowy,
- widok trójwymiarowy.

W celu zapewnienia prawidłowej rejestracji danych dotyczących uzębienia system wyposażony został w bazę zabiegów wykonywanych w gabinecie stomatologicznym. Dla każdego zabiegu (usługi) należy zdefiniować parametry oraz materiały używane podczas jego wykonywania. Dodatkowo system umożliwia tworzenie zestawów zabiegów oraz definiowanie automatów, co w dużym stopniu wpływa na przyspieszenie rejestracji danych w trakcie wizyty pacjenta. Aby zdefiniować parametry zabiegu, z poziomu menu należy wybrać funkcję „Zabiegi” – wówczas wyświetlone zostaje okno „Wykonywanie zabiegów” (rys.4.15.), w którym, za pomocą filtrowania, należy wybrać zabiegi do przeprowadzenia oraz ustalić parametry tych zabiegów [1].



Rys. 4.15. Okno: Wykonanie zabiegu [1]

## Podsumowanie

System KS-SOMED umożliwia gromadzenie i zarządzanie informacjami o wizytach pacjentów u lekarza rodzinnego jak i u lekarzy różnych specjalności, np. ginekolog, okulista czy stomatolog. Usprawnia pracę placówki poprzez usystematyzowanie danych o przebytych przez pacjenta chorobach, koniecznych badaniach, przyjmowanych lekach oraz zaleceniach zdrowotnych. Umożliwia także pacjentom zdalne umówienie się na wizytę u lekarza rodzinnego lub u specjalisty, co podczas np. choroby czy niesprawności ruchowej zaoszczędza czas spędzony w poczekalniach. Pozwala na prowadzenie specjalistycznych gabinetów lekarskich zajmujących się konkretnymi dziedzinami medycyny, poprzez wsparcie i usystematyzowanie działań potrzebnych do realizacji wizyt. Wprowadza kontrolę nad działaniami przychodni w zakresie pracy lekarzy i personelu medycznego, refundowanych badań pacjentów oraz realizacji umów z NFZ. Dodatkowo komunikacja KS-SOMED z systemem eWUŚ umożliwia weryfikację prawa pacjenta do korzystania ze świadczeń opieki zdrowotnej finansowanych ze środków publicznych.

Integralność systemu KS-SOMED z ogólnopolskim Systemem Informacji Medycznej (SIM) umożliwi w przyszłości pacjentom na kontynuowanie leczenia w dowolnym gabinecie lekarskim, w Polsce. Bez potrzeby gromadzenia dokumentacji medycznej na własną rękę, w celu przedstawienia aktualnego stanu zdrowia. Współdzielenie archiwalnej bazy danych o stanie zdrowia pacjenta może usprawnić podjęcie działań w krytycznych sytuacjach. Podczas nagłych problemów ze zdrowiem, takich jak zasłabnięcie czy wypadek. Umożliwi szybszą pomoc, poprzez zdalny wgląd w kartę zdrowia pacjenta i uzyskanie niezbędnych informacji o nim, takich jak: przewlekła choroba, aktualnie przyjmowane leki, bądź uczulenie na nie, zalecenia zdrowotne lub też pozwoli na ustalenie grupy krwi, co w szczególnych przypadkach może uratować życie.

## **Bibliografia**

- [1] Kamsoft S.A.: *Komputerowy system wspomagania obsługi jednostek służby zdrowia KS-SOMED*. Podręcznik użytkownika. Katowice 2011
- [2] <http://www.medicpartner.pl/portfolio/ks-somed/> [06.2014]
- [3] <http://www.kamsoft.pl/prod/somed/wiecej.htm> [06.2014]
- [4] <http://www.medicpartner.pl/elektroniczna-dokumentacja-medyczna/> [06.2014]

## **5. Projekt informatycznego systemu wspomagającego zarządzanie przychodnią**

### **Wstęp**

Potencjalna przychodnia zajmuje się świadczeniem usług dla osób korzystających z państwowego systemu opieki zdrowotnej (płatnikiem jest Narodowy Fundusz Zdrowia), osób niekorzystających z państwowej opieki zdrowotnej bądź osób nieubezpieczonych oraz obcokrajowców. W dobie informatyzacji i rozwoju Internetu, aby zachować współczesne standardy obsługi klienta i móc konkurować z innymi placówkami, przychodnia powinna być wyposażona w informatyczny system wspomagający jej zarządzanie. Projekt tego systemu jest skierowany do małych i średnich przychodni.

System informatyczny wspomagający zarządzanie przychodnią NZOZ to rozwiązanie usprawniające pracę w obszarach: rejestracji pacjenta, ewidencjonowania i przebiegu wizyty w gabinecie lekarskim, elektronicznego zlecenia badań i konsultacji, prowadzenia elektronicznej kartoteki pacjenta, planowania pracy gabinetów lekarskich, tworzenia i wydruku dokumentacji medycznej.

### **5.1. Wymagania stawiane systemowi**

Informatyczny system wspomaganie przychodni w założeniu:

- posiada modułową strukturę, która umożliwia współpracę pomiędzy poszczególnymi komórkami przychodni;
- jest zgodny z obowiązującymi przepisami;
- jest zgodny ze standardami komunikacyjnymi NFZ (w celu umożliwienia wymiany danych oraz elektronicznych rozliczeń);
- ma możliwość rozwoju wraz ze zmieniającymi się przepisami i potrzebami rynku;
- gwarantuje wysoki poziom bezpieczeństwa danych, w szczególności danych osobowych pacjentów.

### **5.2. Prawne aspekty informatyzacji przychodni**

Aktualnie w polskim prawodawstwie funkcjonuje szereg aktów prawnych poruszających lub stanowiących o informacji i dokumentacji medycznej, ich przetwarzaniu, przekazywaniu, dostępie i ochronie.

---

<sup>1</sup> Koło naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> dr inż., Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych

Są to:

- Ustawa z dnia 18 września 2001 r. o podpisie elektronicznym, definiująca pojęcie podpisu elektronicznego, określająca skutki prawne wprowadzenia go w życie, opisująca urządzenia oraz technologie służące do składania, przechowywania, ochrony i kontroli podpisu.
- Ustawa z dnia 5 lipca 2002 r. o ochronie niektórych usług świadczonych drogą elektroniczną opartych lub polegających na dostępie warunkowym – definiuje ona usługi elektroniczne oraz określa zakazy bezprawnego rozpowszechniania powiązanych z nimi informacji.
- Ustawa z dnia 27 sierpnia 2004 r. o świadczeniach opieki zdrowotnej finansowanych ze środków publicznych, która wskazuje na obowiązek prowadzenia dokumentacji medycznej, przekazywania przez określone podmioty informacji medycznych, kontroli dokumentacji, a także porusza kwestię dostępności danych usług oraz czasu oczekiwania na usługę.
- Ustawa z dnia 17 lutego 2005 r. o informatyzacji działalności podmiotów realizujących zadania publiczne – główną kwestią dotyczącą elektronicznego systemu informacji medycznej w ustawie jest obowiązek przekazywania i wymiany informacji elektronicznej, o ile taka istnieje, pomiędzy poszczególnymi jednostkami administracyjnymi i innymi podmiotami.
- Ustawa z dnia 21 lipca 2006 r. o zmianie ustawy o ogłaszaniu aktów normatywnych i niektórych innych aktów prawnych oraz ustawy o podpisie elektronicznym, wprowadzająca jedynie niewielką poprawkę do wyżej opisanej ustawy.
- Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 21 grudnia 2010 r. w sprawie rodzajów i zakresu dokumentacji medycznej oraz sposobu jej przetwarzania, określające w sposób szczegółowy rodzaje dokumentacji medycznej, możliwości jej przetwarzania, sposoby przekazywania, jej ochronę i kontrolę oraz przypisujące określonym podmiotom obowiązek prowadzenia dokumentacji medycznej w ustalonym zakresie i formie [14].

Powyższe regulacje prawne wraz z kilkoma pozostałymi, niewymienionymi powyżej, tworzą możliwość i podstawę do wprowadzenia w życie Ustawy o systemie informacji w ochronie zdrowia.

Ustawa ta weszła w życie 1 stycznia 2012r., z wyjątkiem zapisów dotyczących prowadzenia przez usługodawców elektronicznej dokumentacji medycznej oraz wymiany tej dokumentacji pomiędzy usługodawcami, które wchodzi w życie z dniem 1 sierpnia 2014 r. Ustawodawca zaznacza, bowiem iż do dnia 31 lipca 2014r. dokumentacja medyczna może być prowadzona w postaci papierowej lub elektronicznej [13]. Jej celem jest stworzenie stabilnego systemu informacji w ochronie zdrowia, charakteryzującego się z jednej strony elastycznym podejściem do organizacji systemu zasobów ochrony zdrowia, z drugiej strony zaś odpornością na zaburzenia w gromadzeniu i archiwizacji danych, spowodowane zmianami systemowymi w ochronie zdrowia [14].

### 5.3. Opis modułów

Zarządzanie przychodnią to pojęcie szerokie. System wspomagający zarządzanie przychodnią powinien przynosić korzyści pracownikom przychodni, lekarzom i pacjentom. Każda z tych grup powinna mieć dostęp do innych funkcji. Pracownik przychodni powinien mieć ułatwione zarządzanie przychodnią od strony formalnej, wprowadzanie danych pacjentów, współpracę z Narodowym Funduszem Zdrowia, ustalanie grafiku pracy lekarzy itp. Lekarz powinien mieć wgląd do historii choroby swoich pacjentów, możliwość wprowadzania w niej zmian i system szybkiego wydruku recept. Natomiast pacjent z chęcią skorzysta z systemu elektronicznej rejestracji, prowadzenia swojego konta, w którym będzie mógł zarządzać swoimi wizytami i skierowaniami. Z tego powodu najlepszym rozwiązaniem wydaje się podział systemu na moduły.

#### 5.3.1. Moduł *Przychodnia*

Jest to najważniejszy moduł, stanowiący interfejs pomiędzy pacjentem i przychodnią. Najważniejszym elementem jest elektroniczna rejestracja. Pacjent, wchodząc na stronę internetową przychodni, wybiera specjalizację i lekarza, a w przeglądarce ukazuje się terminarz wolnych miejsc na wizytę. Opcjonalnie pacjent może założyć własne konto, które ułatwi zarządzanie wizytami, prowadzenie historii choroby. Poprzez konto pacjenta może się z nim kontaktować lekarz, to znaczy ma on możliwość wpisania zaleceń leczenia, dawkowania leków i tym podobne informacje, które ukażą się na stronie internetowej po zalogowaniu przez daną osobę.

#### 5.3.2. Moduł *Przebieg Leczenia*

Jest on skierowany przede wszystkim do lekarzy. W tym miejscu ma on możliwość wglądu do historii choroby pacjenta, wyboru leków, wybrania diagnozy oraz procedur z listy kodów ICD-10 i ICD-9, a następnie szybkiego wydrukowania recept i skierowań, z możliwością zapisania pacjenta od razu na wizytę. Należy dodać, że po wyborze leków, dawkowania i zapisaniu wskazań leczenia, informacje te pojawią się na koncie internetowym pacjenta w module *Przychodnia*.

#### 5.3.3. Moduł *Oddział*

W module *ODDZIAŁ* pracownik przychodni ma dostęp do narzędzi wspomagających generowanie, przesyłanie i archiwizację danych, stworzonych podczas pobytu pacjenta w oddziale. Usprawnione zostało prowadzenie ksiąg (Księga Główna, Oczekujących, Zgonów, Noworodków, Zabiegów [18]), raportów (pielęgniarskich i lekarskich, raportu ruchu chorych [18]), z możliwością wydruku dokumentów. Umożliwia rejestrowanie danych niezbędnych do rozliczeń z Płatnikami. Zawiera gotowe szablony standardowych druków wewnętrznych (Karta Wypisowa, Karta Informacyjna itp.) oraz zewnętrznych (Karta Statystyczna, Karta Zakażenia Szpitalnego, Karta Nowotworowa, Karta Zgłoszenia Choroby Zakaźnej, Karta Zgonu itp. [18]).

#### **5.3.4. Moduł *Analiza i statystyka***

Pracownik przychodni ma tu dostęp do funkcji wspierających tworzenie zestawień wymaganych przez obowiązujące akty prawne i raportów do instytucji zewnętrznych, umożliwiających aktualizację danych pacjenta, weryfikację i raportowanie danych pod kątem kompletności i poprawności dokumentacji, Służy do generowania standardowych raportów statystyczne z oddziałów, na przykład dziennika ruchu chorych, definiowania standardowych zestawień wg procedur medycznych, rozpoznań diagnostycznych oraz niestandardowych wykazów pozwalających na tabelaryczne przedstawianie danych dostępnych w poszczególnych modułach. Pracownik ma możliwość tworzenia raportów zgodnych z potrzebami szpitala, eksportu danych statystycznych do arkuszy kalkulacyjnych. Usprawnia pracę Działu Statystyki Medycznej w zakresie generowania, przeglądu i wydruku Księgi Głównej, Księgi Zgonów, Księgi Noworodków. Umożliwia obsługę druków zewnętrznych (Karta Statystyczna, Karta Leczenia Psychiatrycznego itp.) [4].

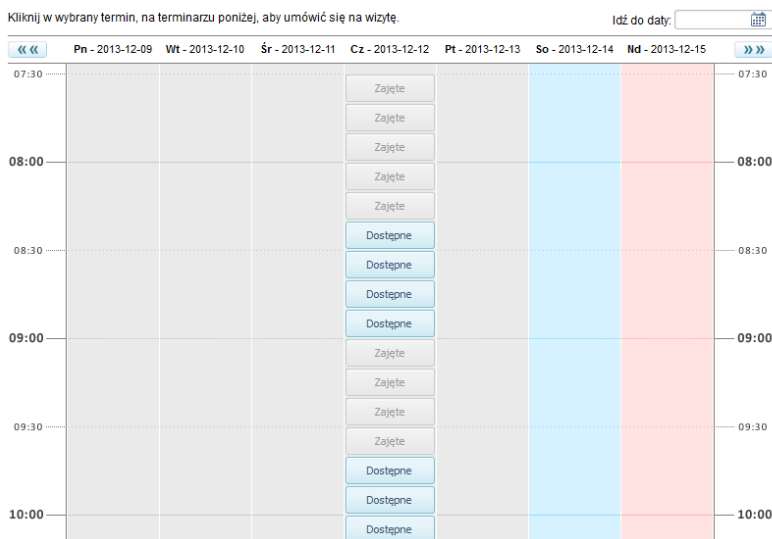
### **5.4. Funkcje**

#### **5.4.1. Funkcje dla pacjenta**

**Elektroniczna rejestracja** – podstawowa funkcjonalność ułatwiająca zadania pracowników przychodni i lekarzom oraz usprawniająca proces leczenia dla samego pacjenta. Po wejściu na stronę internetową pacjent wybiera specjalizację oraz lekarza, następnie na wyświetlonym kalendarzu ustala termin wizyty. Zaletami takiego rozwiązania są:

- Swoboda dla pacjenta w zakresie przeglądania terminarzy wizyt lekarskich, planowania optymalnego dla siebie terminu,
- Brak konieczności wychodzenia z domu, pacjent może zarejestrować się o każdej porze dnia i nocy.
- Zmniejszenie ilości zadań w dziale rejestracji, możliwość zmiany dotychczasowych obowiązków personelu.





Rys. 5.1. System elektronicznej rejestracji w systemie OSOZ [16]

**1 Wybierz rodzaj wizyty/badania**

Por. neurologiczna 85.00 zł

---

**2 Wybierz termin wizyty**

**Listopad 2013**

P	W	S	C	P	S	N
				01	02	03
04	05	06	07	08	09	10
11	12	13	14	15	16	17
18	19	20	21	22	23	24
25	26	27	28	29	30	

**Grudzień 2013**

P	W	S	C	P	S	N
01						
02	03	04	05	06	07	08
09	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

- brak wolnych miejsc
- nieobecność
- wolne miejsca
- wybrany termin

Rys. 5.2. System elektronicznej rejestracji w przychodni Luxmed [15]

**Indywidualne konto internetowe** – nie jest wymagane do rejestracji, jednak jego założenie przynosi wiele ułatwień i możliwości. Znajdzie się tu możliwość uruchomienia przypomnień o nadchodzącej wizycie, możliwość zmiany terminu wizyty, wgląd do swoich danych, historii leczenia i zażywanych leków.

#### 5.4.2. Funkcje dla lekarza

**Historia choroby pacjenta** – prowadzenie elektronicznej historii leczenia, która jest wygodniejsza w użyciu niż tradycyjna; daje ona możliwość wglądu lekarzom w innych placówkach. Jest to funkcja, którą należy wprowadzić w przychodniach do roku 2014.

**Dostęp do bazy danych leków** – wymaga połączenia i zintegrowania z zewnętrzną bazą danych. Dzięki niej lekarz nie musi pamiętać nazwy każdego leku, ani wertować często nieaktualnych atlasów.

**Wydruk recepty** – zautomatyzowane narzędzie, które drukuje receptę zgodną z aktualnie obowiązującym wzorem. Lekarz wybiera jedynie leki i dawkowanie, pozostałe dane są automatycznie wprowadzane przez skrypt.

#### **5.4.3. Funkcje dla pracowników przychodni**

**Zarządzanie wizytami, salami** – pracownik ustala w jednym miejscu godziny przyjęć lekarzy, rezerwuje sale. Dzięki temu nie powstanie konflikt przy rezerwacji sali na przykład przez dwóch innych pracowników.

**Zarządzanie zleceniami** – pracownik rejestruje tu wszystkie zlecenia wykonywane na rzecz pacjenta. Obsługa zlecenia jest kontrolowana począwszy od przyjęcia skierowania na usługę zaczynając, na zamknięciu zlecenia (czyli rozliczenia z płatnikiem) kończąc.

**Zarządzanie rozliczeniami** - funkcja odpowiedzialna za rozliczanie kosztów wykonanych usług z poszczególnymi Oddziałami Narodowego Funduszu Zdrowia - zgodnie z obowiązującymi zasadami finansowania służby zdrowia. System automatycznie generuje wymagane przez Narodowy Fundusz Zdrowia raporty, na podstawie, których przychodnia może uzyskać refundację ponoszonych kosztów leczenia pacjentów.

**Zarządzanie umowami** - na podstawie zarejestrowanych umów z płatnikami – Narodowym Funduszem Zdrowia, zakładami pracy, POZ, ZFRON, innymi jednostkami opieki zdrowotnej, grupami rabatowymi itp. – rozliczane są wszystkie wykonywane usługi [20].

**Zestawienia** - dzięki rozbudowanym możliwościom generowania różnych zestawień (ilości i rodzajów udzielonych świadczeń, zestawień finansowych, kosztowych itp.) funkcja pozwala na szybkie uzyskanie informacji o wynikach działalności jednostki medycznej i innych danych statystycznych.

#### **5.5. Wykorzystane języki programowania i narzędzia**

Znaczna część istniejących obecnie aplikacji internetowych powstała i powstaje z wykorzystaniem języka PHP. Należą do nich systemy zarządzania treścią, systemy forów dyskusyjnych, aplikacje pocztowe oraz klienci baz danych. PHP jest językiem skryptowym działającym po stronie serwera [9]. Na stronie w języku znaczników HTML można osadzić kod źródłowy PHP, który zostanie wykonany ilekroć strona zostanie odwiedzona. Kod PHP jest interpretowany przez serwer WWW i tworzy on treść w formie znaczników HTML lub inną, którą zobaczy odwiedzający [1]. PHP to język programowania przeznaczony dla programistów aplikacji internetowych, pozwalający na szybkie tworzenie dynamicznych serwisów WWW. Oficjalnym rozwinięciem skrótu PHP jest „PHP: Hypertext Preprocessor” (preprocesor hipertekstu). Jest to język

programowania składniowo podobny do C, Perla i Javy [2]. Przy tworzeniu takiej aplikacji internetowej, jaką jest informatyczny system wspomagający zarządzanie pracą przychodni wybór padł właśnie na PHP. Serwis będzie zawierał również bazy danych między innymi pacjentów, wraz z ich historią choroby. Potrzebny jest, zatem system zarządzania bazami danych, czyli w tym wypadku MySQL.

W celu usprawnienia działania całego system będzie wykorzystywał możliwości wybranego frameworku PHP. W programowaniu framework jest szkieletem do budowy aplikacji. Definiuje on strukturę aplikacji oraz ogólny mechanizm jej działania, a także dostarcza zestaw komponentów i bibliotek ogólnego przeznaczenia do wykonywania określonych zadań [10]. Zaletą korzystania z frameworków jest to, że automatycznie i w sposób sprawdzony rozwiązują wiele powtarzalnych problemów systemowych (np. kwestie wydajności, walidacji, obsługi baz danych czy bezpieczeństwa), mają przeważnie silne wsparcie skupionych wokół nich społeczności, ich błędy są w miarę systematycznie naprawiane, a one same ciągle ewoluują [11]. Poza tym wdrożenie takiego rozwiązania jest konieczne, aby w przyszłości nad serwisem mógł pracować zespół osób, bez potrzeby zbędnego analizowania niezrozumiałego kodu źródłowego – struktura aplikacji z wykorzystaniem frameworków jest uniwersalna i standaryzowana.

Elementy dynamiczne, takie jak interaktywny terminarz, rozsuwalne menu, listy lekarzy, obsługiwane będą przez AJAX, technikę tworzenia aplikacji internetowych, w której interakcja użytkownika z serwerem odbywa się bez przeładowywania całego dokumentu, w sposób asynchroniczny. Ma to umożliwiać bardziej dynamiczną interakcję z użytkownikiem niż w tradycyjnym modelu, w którym każde żądanie nowych danych wiąże się z przesłaniem całej strony HTML [12].

### **5.5.1. Obsługa grafiki, drukowanie recept**

W module *Przebieg Leczenia* lekarz powinien mieć możliwość wydruku recepty, zgodnie z obowiązującym wzorem, który określa Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 8 marca 2012 r. w sprawie recept lekarskich [7].

Celem funkcji umożliwiającej lekarzowi wydruk recepty jest zautomatyzowanie tego procesu, aby skrócić czas potrzebny do wypisania recepty, który powinien być przeznaczony do innych zadań. Lekarz podczas wizyty wybiera funkcję druku recepty, wpisuje ręcznie lub wybiera z gotowej bazy leki i dawkowanie, a następnie klika jedynie przycisk druku. Skrypt automatycznie wygeneruje schemat recepty i „dopisze” do niego wybrane leki, a także dane pacjenta, datę wystawienia itp. Należy podkreślić, że jedynymi informacjami, jakie wpisze lekarz, dla maksymalnej wygody powinny być przepisywane leki. Dzięki całemu systemowi, podczas wizyty lekarz wybierze nazwisko i imię aktualnie przyjmowanego pacjenta. Baza danych będzie zawierała resztę niezbędnych danych, takich jak adres i PESEL.

Recepta	
Świadczeniodawca	
Pacjent	Oddział NFZ
	Uprawnienia dodatkowe
PESEL	
Rp	Opłatność
Data wystawienia:	Dane i podpis lekarza
Data realizacji „od dnia”:	
Dane podmiotu drukującego	

**Rys. 5.2. Obowiązujący wzór recepty [8]**

Również pozostałe informacje będą uzupełniane automatycznie. W sekcji *inscriptio*, czyli nagłówek wpisze dane dotyczące zakładu opieki zdrowotnej lub praktyki lekarskiej, w której pacjent jest leczony, a w szczególności nazwę zakładu opieki zdrowotnej, adres, telefon oraz pierwsze 9 cyfr identyfikatora REGON. W tej części znajduje się również unikatowy numer recepty składający się z 20 cyfr, przy czym pierwsze dwie cyfry są wyróżnikiem odpowiedniego oddziału NFZ, cyfry od trzeciej do osiemnastej tworzą unikatowy w ramach oddziału numer, cyfra dziewiętnasta określa rodzaj recepty, a cyfra dwudziesta jest cyfrą kontrolną. W sekcji *nomen aegroti* zostanie automatycznie wpisany kod oddziału NFZ i symbol państwa. Jest tu także rubryka określająca uprawnienia dodatkowe pacjenta z uwagi na przynależność do odpowiedniej grupy pacjentów, jednak te dane powinny być wpisane na początku wizyty, zatem zostaną także uzupełnione automatycznie. Sekcja *nomen medici* zawiera ma własnoręczny podpis i pieczęć lekarza zawierającą dane o lekarzu i poświadczającą jego prawo do wykonywania zawodu. Podpis i pieczęć muszą oczywiście zostać złożone na wydrukowanej receptce osobiście [7, 8].

Rozwiązanie techniczne problemu wydruku recepty wymaga użycia narzędzia, które „w locie” dopisze do schematu recepty dane, które za każdym razem się zmieniają, a zatem umożliwiającego edycję grafiki. Język PHP sam w sobie nie pozwala na tworzenie czy manipulowanie grafiką, służą do tego specjalne biblioteki dostarczające zestaw odpowiednich funkcji. Taką biblioteką graficzną jest GD, służącą do dynamicznej manipulacji obrazami. Dzięki niej można tworzyć obrazy w formatach GIF, JPEG, PNG i BMP [5,6]. Zatem wydrukowana recepta zostanie wygenerowana w formie pliku graficznego w jednym z tych formatów, a następnie automatycznie wydrukowana.

## 5.6. Bezpieczeństwo systemu

Zależnie od rodzaju strony WWW, wśród zagrożeń związanych z jej bezpieczeństwem można wymienić:

- ujawnienie informacji poufnych,
- utrata lub zniszczenie danych,
- modyfikacje danych,
- blokada usługi,
- błędy w oprogramowaniu,
- zaprzeczenie korzystania z usługi.

Szczególnym zagrożeniem w przypadku baz danych przechowujących poufne dane pacjentów jest ryzyko ujawnienia tych informacji. Do przechowywania danych poufnych powinno się wykorzystać maszynę niebędącą serwerem WWW. Z natury rzeczy serwer internetowy jest maszyną ogólnie dostępną, a więc powinno się na nim przechowywać tylko informacje przeznaczone dla wszystkich lub te dane, które dopiero, co zostały przesłane przez użytkowników.

Aby zminimalizować ryzyko ujawnienia poufnych informacji, należy ograniczyć sposoby uzyskiwania do nich dostępu oraz określić grupę osób uprawnionych do ich przeglądania. Wiąże się z tym zaprojektowanie systemu w stosowny sposób, właściwe skonfigurowanie serwera, napisanie odpowiedniego oprogramowania, przetestowanie wszystkich składników systemu, usunięcie niepotrzebnych usług serwera WWW oraz wykorzystanie mechanizmu uwierzytelniania.

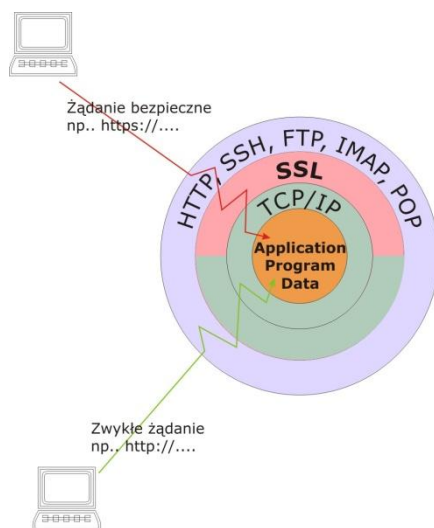
Uwierzytelnianie oznacza konieczność potwierdzenia przez użytkownika swojej tożsamości. Mając dane na temat tożsamości użytkownika zgłaszającego żądanie, system może zdecydować o udzieleniu mu, lub odmowie, dostępu do zasobów. Opracowano wiele metod uwierzytelniania, w praktyce jednak wykorzystuje się tylko dwie z nich: hasło dostępu lub podpis cyfrowy. W celu zabezpieczenia poufnych informacji można je zaszyfrować przed wysłaniem i odszyfrować na komputerze docelowym. Wiele serwerów WWW wykorzystuje w tym celu protokół SSL opracowany przez firmę Netscape. Jest to niezbyt kosztowna i wymagająca niewielkiego nakładu pracy metoda ochrony przesyłanych informacji.

W trakcie nawiązywania połączenia między przeglądarką internetową a serwerem WWW zostają wykonane operacje protokołu uzgadniania, prowadzące do ustalenia sposobu uwierzytelniania i metod szyfrowania.

**Operacja uzgadniania przebiega w kilku etapach:**

- 1) Przeglądarka nawiązuje połączenie z serwerem wykorzystującym SSL i żąda od niego uwierzytelnienia się.
- 2) Serwer przesyła swój certyfikat cyfrowy.
- 3) Serwer może (choć zdarza się to rzadko) zażądać od przeglądarki uwierzytelnienia się.
- 4) Przeglądarka wysyła listę obsługiwanych przez siebie algorytmów szyfrujących i funkcji
- 5) mieszających. Serwer wybiera z podanej listy najbezpieczniejszą metodę, którą jest w stanie obsłużyć.
- 6) Przeglądarka i serwer generują klucze sesji:
  - a) Przeglądarka odczytuje z certyfikatu cyfrowego serwera jego klucz publiczny i szyfruje nim losowo wybraną liczbę.
  - b) Serwer wysyła ciąg losowo wybranych danych w formie tekstu otwartego (chyba, że przeglądarka na żądanie serwera udostępniła swój certyfikat cyfrowy- wówczas serwer wykorzysta zawarty w nim klucz publiczny przeglądarki do zaszyfrowania wysyłanych danych).
  - c) Na podstawie wymienionych danych generowane są klucze sesji będące wynikiem wykonania funkcji mieszających [1].

Dodatkowym mechanizmem zabezpieczeń baz danych może być szyfrowanie. Szyfrowanie może dotyczyć różnych informacji związanych z bazą danych. Najczęściej stosowanym zabiegiem jest szyfrowanie haseł użytkowników. Hasła przechowywane na dysku w postaci jawnej mogą się, bowiem stać dość łatwym łupem włamywaczy penetrujących przestrzeń dyskową. Z podobnych powodów szyfruje się w pierwszej kolejności niektóre obiekty bazy danych takie jak procedury pamiętane, funkcje itp. Ewentualna nieuprawniona ingerencja w ich treść mogłaby, bowiem doprowadzić do uszkodzenia zawartości bazy danych. Ostatnim krokiem w stosowaniu omawianych mechanizmów jest szyfrowanie danych. Może ono dotyczyć szyfrowania zawartości plików, jako całości, bądź też szyfrowanie poszczególnych rekordów.



**Rys. 5.4. Schemat połączenia zwykłego i SSL [17]**

Celem szyfrowania danych jest przede wszystkim zabezpieczenie przed odczytaniem danych przy nieuprawnionym dostępie do fizycznych struktur danych (np. z poziomu systemu operacyjnego lub nawet poza nim, np. kradzież dysku) [1,3].

### **Podsumowanie**

Informatyzacja służby zdrowia jest nieunikniona – regulują ją akty prawne, dzięki którym już od 2014 roku każda przychodnia powinna prowadzić elektroniczną dokumentację pacjenta. W ten sposób możliwa będzie wymiana danych pacjenta, historii choroby, wyników badań, skierowań pomiędzy różnymi placówkami. Pacjent nie będzie musiał sam pamiętać, gdzie znajdują się jego dokumenty, ani przenosić ich z jednego miejsca na drugi.

Coraz więcej przychodni decyduje się na wdrożenie takiego systemu wspomagającego zarządzanie, stąd coraz więcej komercyjnych rozwiązań na rynku. Istnieje bardzo dużo wskazań, co do wprowadzenia systemów informatycznych, a minusów takiego rozwiązania jest niewiele. Wystarczy spojrzeć z perspektywy pacjenta – już sam system elektronicznej rejestracji umożliwia umówienie wizyty w dowolnym terminie o każdej porze, bez wychodzenia z domu, w przeciwieństwie do poprzednich rozwiązań – rejestracji telefonicznej, zazwyczaj czynnej w pewnych godzinach lub rejestracji osobistej.

## Bibliografia

- [1] Welling L., Thomson L.: *PHP i MySQL. Tworzenie stron WWW. Vademecum profesjonalisty*, wyd. 4, Wyd. Helion, Gliwice 2009
- [2] Schwendiman B.: *PHP 4. Kompendium programisty*, Wyd. Helion, Gliwice 2002
- [3] Schiflett Ch.: *PHP. Bezpieczne programowanie*, Wyd. Helion, Gliwice 2006
- [4] <http://medinet.lphost02.com/modul-statystyka-i-analazy/> [03.2015]
- [5] <http://www.php.pl/Wortal/Artykuly/PHP/Biblioteki/Generowanie-grafiki-w-PHP> [03.2015]
- [6] [http://en.wikipedia.org/wiki/GD\\_Graphics\\_Library](http://en.wikipedia.org/wiki/GD_Graphics_Library) [03.2015]
- [7] <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20120000260> [03.2015]
- [8] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Recepta> [03.2015]
- [9] <http://pl1.php.net/manual/en/intro-what-is.php> [03.2015]
- [10] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Framework> [03.2015]
- [11] <http://webhosting.pl/Frameworki.PHP.przeglad.pieciu.najpopularniejszych.narzedzi.dla.programistow.WWW> [03.2015]
- [12] <http://pl.wikipedia.org/wiki/AJAX> [03.2015]
- [13] <http://isap.sejm.gov.pl/Download?id=WDU20111130657&type=2> [03.2015]
- [14] <http://www.h-ph.pl/pdf/hyg-2011/hyg-2011-4-493.pdf> [03.2015]
- [15] <https://www.luxmedlublin.pl/e-rezerwacja/> [03.2015]
- [16] <http://www.osoz.pl/> [03.2015]
- [17] <http://e-handel.mm.com.pl/crypto/ssl0.htm> [03.2015]
- [18] <http://medinet.biz.pl/modul-oddzial/> [03.2015]



## 6. Telemedycyna w ratownictwie medycznym

### Wstęp

Ratownictwo medyczne jest jedną z dziedzin medycyny, w której czas ma kluczowe znaczenie. Szybkość powiadamiania o wypadkach i nagłych zachorowaniach oraz reakcja odpowiednich służb musi być jak najszybsza. Zwiększa to szanse na przeżycie pacjentów, którzy są w sytuacji bezpośredniego zagrożenia życia i zdrowia. Przez ostatnie 30 lat medycyna ratunkowa dzięki nowym rozwiązaniom technicznym, informatycznym oraz telekomunikacyjnym przeżyła ogromny rozkwit. Powstały wyspecjalizowane jednostki takie jak Centra Powiadamiania Ratunkowego czy Szpitalne Oddziały Ratunkowe posiadające najnowocześniejszy sprzęt i wykwalifikowany personel. Również karetki zostały wyposażone w systemy nawigacji satelitarnej, terminale statusowe, czy nowoczesne defibrylatory z możliwością przesyłania zapisu EKG na odległość. Wszystkie te rozwiązania znacząco skracają czas dojazdu do pacjenta oraz przetransportowania go do odpowiednich jednostek szpitala. Wymiana informacji pomiędzy wszystkimi jednostkami współpracującymi w Systemie Państwowego Ratownictwa Medycznego odgrywa kluczowe znaczenie w ratowaniu ludzkiego życia. Dzięki telemedycynie diagnostyka pacjenta w terenie stała się dokładniejsza, szybsza oraz umożliwiła dobre przygotowanie się personelu szpitala na przyjęcie pacjenta w stanie zagrożenia życia.

### 6.1. Komunikacja w systemie ratownictwa medycznego

#### 6.1.1. Definicje pojęć

W rozdziale omówiono rozwiązania funkcjonujące w systemie Państwowego Ratownictwa Medycznego (PRM) jak i oparciu o obecną technologię wykorzystywaną w celu ratowania życia i zdrowia ludzi. W pracy zostały wykorzystane pojęcia używane w systemie Państwowego Ratownictwa Medycznego, pogotowia ratunkowego i innych jednostkach systemu PRM:

**Centrum Powiadamiania Ratunkowego (CPR)** Centrum powiadamiania ratunkowego jest to punkt przyjmowania zgłoszeń kierowanych pod numer 112 lub 999. CPR funkcjonują w Urzędach Wojewódzkich w ramach komórki organizacyjnej zarządzania kryzysowego. Stanowiska przyjmowania zgłoszeń z numerów alarmowych organizuje się w sposób zapewniający współdziałanie z jednostkami systemu, o których mowa w art. 32 ust. 1 z dnia 8 września 2006r. o Państwowym Ratownictwie Medycznym.

---

<sup>1</sup> Koło naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> dr inż., Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych

**Dyspozytor.** Poprzez dyspozytora rozumie się osobę dysponującą siłami i środkami na stanowiskach kierowania Policji, Państwowej Straży Pożarnej i Pogotowia Ratunkowego. Dyspozytor ma za zadanie szybko wysyłać pomoc (ambulanse, śmigłowce ratunkowe) na miejsce zdarzenia, by uratować poszkodowanych. Pomaga również przez telefon świadkom zdarzenia: udziela rad i tłumaczy, jak postępować z chorymi.

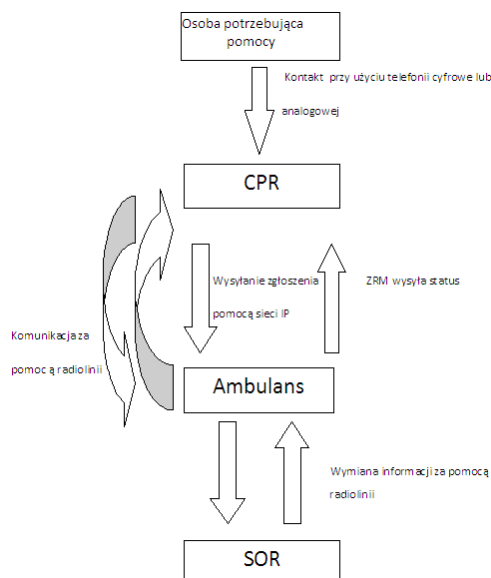
**Mapy cyfrowe (GIS).** Wektorowe mapy umożliwiające wizualne zlokalizowanie zakończenia sieci telekomunikacyjnej stacjonarnej lub ruchomej, z którego jest realizowane zgłoszenie alarmowego [11].

**Szpitalny Oddział Ratunkowy (SOR).** Jednostka organizacyjna szpitala i systemu Państwowego Ratownictwa Medycznego, utworzona w celu udzielania świadczeń opieki zdrowotnej osobie w stanie nagłego zagrożenia zdrowotnego.

**Zespół Ratownictwa Medycznego (ZRM).** Jest to zespół wyjazdowy karetki pogotowia składający się z co najmniej 3 ratowników medycznych w przypadku karetki podstawowej „P”, lub 2 ratowników medycznych oraz lekarza w przypadku karetki specjalistycznej „S”.

### 6.1.2. Algorytm komunikacji w systemie Ratownictwa Medycznego

Ogólny schemat przyjmowania i wymiany informacji opiera się głównie na telefonii komórkowej bądź stacjonarnej, radiostacji nadawczo-odbiorczej oraz technologii IP (rys. 6.1.).



**Rys. 6.1. Schemat wymiany informacji w systemie Ratownictwa Medycznego**  
(źródło: opracowanie własne)

W sytuacji konieczności wezwania pogotowia pacjent, za pomocą telefonu komórkowego lub stacjonarnego dzwoni pod numer 999 lub 112, łącząc się z dyspozytornią. Informuje o zdarzeniu i przekazuje potrzebne informacje takie jak: miejsce zdarzenia, sytuacje (np. wypadek, zawał, nieprzytomna osoba), ilość poszkodowanych. Dane te zostają prowadzone do systemu wspomagania decyzji dyspozytora – SWDD. Następnie dyspozytor za pomocą IT wysyła dane na terminale statusowe oraz pager-y. Zespoły po otrzymaniu zgłoszenia na terminal za pomocą sieci IT wysyłają swój status, czyli „wyjazd z bazy”. W celu bliższych informacji lider zespołu karetki pogotowia za pomocą radiolinii kontaktuje się z dyspozytorem. Po dojeździe na miejsce z terminala wysyłane jest zgłoszenie „u pacjenta”. Po zakończeniu medycznych czynności ratunkowych nadawany jest komunikat przewóz do szpitala. Jeżeli sytuacja tego wymaga to zespół podczas transportu komunikuje się ze szpitalnym oddziałem ratunkowym i dochodzi do wymiany informacji pomiędzy karetką, a SOR-em. Po przekazaniu pacjenta w szpitalu z terminala w karetce wysyłana jest informacja, że zespół jest wolny i wraca do bazy. Po zakończeniu wyjazdu do programu SWDD wprowadzane są dane o pacjencie i na podstawie karty wyjazdowej oraz karty medycznych czynności ratunkowych uzupełniane są wszystkie informacje. Na zakończenie dane są zapisywane na serwerze bazy danych SQL. Tak wygląda obecna wymiana informacji oraz danych w systemie ratownictwa medycznego.

## **6.2. Oprogramowanie wykorzystywane w medycynie ratunkowej**

W medycynie ratunkowej przez CPR, szpitalne oddziały ratunkowe, czy karetki pogotowia wykorzystywanych jest wiele rozwiązań programowych. Wszystkie programy służą do wsparcia zespołów karetek pogotowia i zarządzania kryzysowego. Dzięki nim łatwiejsze jest zbieranie danych o pacjentach, wymiana ich, czy koordynacja służb ratunkowych. Ważną funkcją jest również archiwizacja danych o pacjencie czy zdarzeniu. Większość programów korzysta z map GIS oraz modułów GPS lokalizujących karetki. Skracza to czas dotarcia do pacjenta oraz dokładność lokalizacji poszkodowanego. Najczęściej wykorzystywane programy to SWD Abakus, system digitexRDS, czy SWDD firmy EASY SOFT.

### **6.2.1. System digitexRDS iOpenRDS**

Program digitexRDS został zaprogramowany przez firmę Platan i jest jednym z najbardziej uniwersalnym systemem na rynku. Podstawową zaletą jest możliwość integracji wszystkich dostępnych środków komunikacji takich jak: telefonia stacjonarna, cyfrowa, analogowa, systemy trunkingowe czy terminale statusowe lub GSM. System został w całości oparty na technologii IP, dzięki czemu łatwo go rozbudowywać i dostosowywać do już istniejących systemów telekomunikacji. Zintegrowany serwer telekomunikacyjny umożliwia pracę przy obsłudze kilkuset abonentów. Przystosowany jest do pracy w dużym natężeniu ruchu telekomunikacyjnego.

Podstawowe zalety systemu digitexRDS to:

- Bezproblemowa komunikacja pomiędzy tradycyjnymi środkami komunikacji analogowej i cyfrowej,
- Integracja systemów dyspozytorskich dla rozwiązań mobilnych,
- Integracja praktycznie wszystkich środków łączności dostępnych na rynku,
- Zachowana prawidłowa funkcjonalność w przypadku awarii,
- Obsługa dowolnie dużej ilości linii telefonicznych,
- Szyfrowanie danych przed ingerencją osób trzecich,
- Układanie połączeń przychodzących w kaskadowe kolejki,
- Archiwizacja danych,
- Sekwencyjne przekazywanie połączeń w przypadku nieodbierania na inne numery,
- Odsłuchiwanie wiadomości tekstowych,
- Tworzenie grup i wysyłanie powiadomień o alarmach, sytuacjach kryzysowych oraz innych zdarzeniach,
- Wizualizacja zdjęć i plików wideo przesyłanych na stanowisko dyspozytora z telefonów komórkowych,
- Integracja z systemem SWD Abakus oraz wieloma innymi tego typu.

Każda funkcjonalność programu może być umieszczona na oddzielnym panelu, co ułatwia obsługę wszystkich systemów. Panele te można dowolnie tworzyć, usuwać oraz ustawiać na ekranie, dzięki czemu dyspozytor może idealnie dopasować program pod swoje oczekiwania. Cała komunikacja telefoniczna i radiowa przesyłana jest do zewnętrznego rejestratora rozmów, zaś występujące w systemie zdarzenia rejestrowane są w bazach danych. Rozwiązanie to umożliwia w dowolnych czasie odsłuchania rozmowy czy odtworzenia zdarzenia. Program współpracuje zarówno z komputerem klasy PC z klawiaturą i myszką, jak i z komputerem czy tabletem dotykowym (rys. 6.2).



**Rys. 6.2. Interfejs użytkownika programu digitexRDS [1]**

Konkurencyjny program stworzyła firma NOVETEL. System Open RDS jest już wprowadzony w Rejonowym Pogotowiu Ratunkowym w Sosnowcu. Specyfika programu jest bardzo podobna jak w przypadku digitex RDS. System oparty o przetwarzanie w chmurze (cloudcomputing), pozwala na synchro-nizację pracy systemu paneli dyspozytorskich, automatyczną redundancję funkcjonalności i przejmowania zadań w przypadku awarii elementów systemu (rys. 6.3). Każdy panel potrafi pracować niezależnie od reszty systemu a nawet w przypadku awarii sieci lub jej elementów, zachowując swoją podstawową funkcjonalność. Po usunięciu usterek, całość systemu synchronizuje się i w sposób automatyczny wznowia pracę. Program zawiera również książkę telefoniczną, która ma dwójaki charakter. Globalny – wspólny dla wszystkich oraz lokalny - zawierający wpisy przypisane do konkretnych użytkowników systemu. Format i sposób przechowywania danych książki telefonicznej jest dostosowywany do wymagań klienta. System integruje się z istniejącymi, najbardziej popularnymi rozwiązaniami i produktami (Cisco Unified Communications, Microsoft Exchange, MySQL, PostgreSQL, Oracle Database oraz innymi podobnymi systemami opartymi o LDAP/AD lub SQL). Dzięki temu, dyspozytor nie ma problemów z aktualizacją danych oraz wymianą informacji między używanymi systemami.



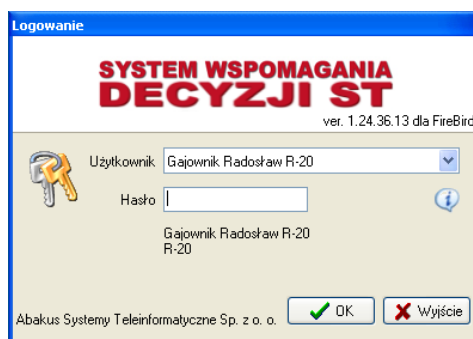
**Rys. 6.3. Interfejs użytkownika programu Open RDS [2]**

Platforma wyposażona jest w system przemienników, pozwalających w dowolny sposób łączyć różne technologie (radiowe, komórkowe, przewodowe) w jedną grupę rozmówców. OpenRDS umożliwia łączenie szeregu baz w jedną grupę, zwiększając wielokrotnie zasięg sieci radiowej w terenie. Może być używany do spinania różnych zdalnych lokalizacji poprzez sieć IP w jedną całość (np. kilkaset baz radiowych usytuowanych w powiatach lub województwach zorganizowanych w jedną sieć IP tworzącą duży wirtualny ogólnopolski system). Pozwala to na używanie nie tylko radiowych środków łączności, ale również innych takich jak GSM, telefony stacjonarne itp. Dzięki temu np. łącząc telefony komórkowe oraz radiotelefony w jedną grupę ratownik bez radiotelefonu jest w stanie komunikować się z innymi poprzez posiadany telefon GSM.

## 6.2.2. Program SWDD

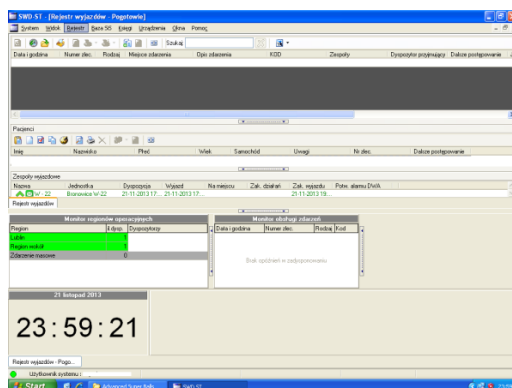
Program SWDD, czyli System Wspomagania Decyzji Dyspozytora jest podstawową jednostką wprowadzania danych. Obecnie wszystkie dyspozytornie medyczne w Polsce jak i cała infrastruktura informatyczna w pogotowich ratunkowych opiera się na wykorzystaniu właśnie tego typu oprogramowania.

W Wojewódzkim Pogotowiu Ratunkowym w Lublinie wykorzystywany jest program SWD Abakus (rys.6.4). Korzystają z niego zarówno dyspozytorzy w CPR jak i zespoły karetek pogotowia. Osoba przyjmująca zgłoszenie wypełnia część danych na temat wyjazdu, po czym wysyła zdarzenie na terminal statusowy, pager oraz telefon komórkowy.



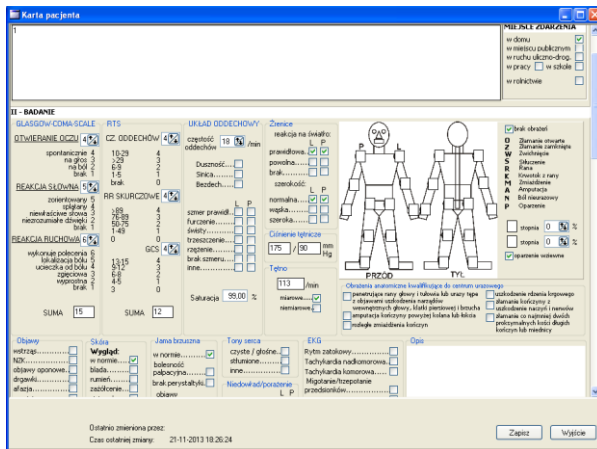
**Rys. 6.4. Ekran logowania SWDD Abakus**  
(źródło - opracowanie własne)

Po uruchomieniu programu w celu zabezpieczenia danych pacjenta oraz bezpieczeństwa systemu program prosi o login i hasło dostępu (rys.6.5). Każdy z pracowników pogotowia w Lublinie ma swoje indywidualne konto i może edytować dane tylko swojego pacjenta. Po zakończeniu wyjazdu lider zespołu karetki pogotowia uruchamia program w celu wypełnienia pozostałych danych.



**Rys. 6.5. Okno główne SWDD Abakus**  
(źródło - opracowanie własne)

Na ekranie głównym programu wyświetlane są wszystkie zdarzenia obecnie realizowane przez ZRM. W celu edytowania, lider musi odnaleźć swój numer wyjazdu, zaznaczyć go, oraz wypełnić wszystkie informacje dotyczące pacjenta, jego stanu zdrowia oraz medycznych czynności ratunkowych, które zostały wykonane na miejscu wezwania. Program zsynchronizowany jest również z terminalami statusów, dzięki czemu zapisuje dokładny czas wysyłania statusów przez zespół, oraz zapisuje go. W systemie dyspozytorskim istnieje również możliwość śledzenia karetki na mapie GIS. Wszystkie dane można zmienić, jednakże program zapisuje również datę i czas modyfikacji oraz osobę, która jej dokonała.



**Rysunek 6.6. SWDD Abakus- karta medycznych czynności ratunkowych**  
(źródło - opracowanie własne)

Ratownik medyczny do programu wprowadza kartę medycznych czynności ratunkowych, w której opisuje stan pacjenta, urazy, wyniki przeprowadzonych badań oraz dalsze postępowanie z pacjentem. Uzupełniane są również dane osobowe pacjenta oraz kody procedur medycznych. Po zakończeniu wpisywania wszystkich niezbędnych informacji system zapisuje dane w bazie danych typu SQL.

### 6.3. Terminale statusowe

Głównym narzędziem pracy do wymiany danych pomiędzy dyspozytor a ZRM jest terminal statusowy. Jest to urządzenie wykorzystujące dwa media transmisji danych: analogową sieć radiową oraz cyfrową sieć radiową GSM (GPRS). Głównymi statusami dostępnymi w urządzeniu są: wolni w bazie, wyjazd z bazy, u pacjenta, przewóz do szpitala, wolni u pacjenta, wolni w szpitalu, powrót do bazy, wolni w bazie, tankowanie, awaria pojazdu oraz błąd w lokalizacji. Terminale mają również inne funkcje wymiany danych pomiędzy dyspozytorem a zespołem wyjazdowym w zależności od urządzenia i zaawansowania technologicznego.

### 6.3.1. Terminal DTS-2001

Terminal Statusów DTS-2001 używa standardowego protokołu transmisji SELECT V, co pozwala m.in. na przesyłanie statusów ze stanowiska kierowania do karetki, a następnie ich retransmisję do dyspozytorni medycznych wyposażonych w radiotelefony przenośne (obsługujące standard SELECT V).



**Rysunek 6.6. Terminal DTS-2001**  
(źródło - opracowanie własne)

DTS-2001 przystosowany jest do montażu w karetce na specjalnym stojaku z kulkową głowicą umożliwiającą swobodne obracanie terminala. Posiada duży wyświetlacz LCD o rozdzielczości 128x64 pikseli. Wszystkie przyciski oraz ekran są podświetlane, dzięki czemu urządzenie świetnie sprawuje się w nocy przy minimalnym oświetleniu. Terminal posiada również funkcję historii, dzięki czemu w dowolnej chwili można wrócić do danych wysłanych z CPR. Terminal wyświetla statusy w trakcie wysyłania oraz te, których wysłanie nie powiodło się. Przed każdym wysłaniem statusu terminal prosi o potwierdzenie wysyłania, dzięki temu eliminowane to przypadkowe nadanie komunikatu.





**Rys. 6.7. Terminal DTS-2001**  
(źródło - opracowanie własne)

W przypadku braku potwierdzenia od stacji bazowej terminal powtarza wysyłanie statusów przez zaprogramowaną ilość razy. Dodatkowo terminal za pomocą wbudowanego radiomodemu pracującego na standardzie MPT 1327 ma możliwość wysyłania wiadomości tekstowych do 240 znaków. Standard MPT 1327 określa protokół wymiany informacji pomiędzy stacjami mobilnymi, a stacją bazową. System MPT 1327 oznacza losowy dostęp do systemu, za pomocą dynamicznej zmiany długości ramki (Dynamic Framelength Slotted ALOHA). Rozwiązuje to problem kolizji równoczesnych zgłoszeń od wielu abonentów systemu. Ramki, które są wysyłane przez stację bazową, zawierają różną liczbę szczelin czasowych. Ramka składająca się z pojedynczej szczeliny czasowej umożliwia już następnej szczelinie chęć zgłoszenia połączenia przez stację ruchomą. Natomiast, gdy liczba szczelin w ramce jest większa niż jeden, wówczas stacje ruchome, które sygnalizują chęć nawiązania połączenia, wybierają losowo wolną szczelinę.

Terminal podłączony jest do urządzenia przyłączeniowego DTU-2001. Radiotelefon, z którym współpracuje terminal musi być wyposażony w złącze „accessory”. Do urządzenia może być podpięta również drukarka, oraz modul pozycjonowania GPS.

Urządzenie przyłączeniowe DTU-2001 wykorzystuje pakietowe transmisje danych, czyli General Packet Radio Service (GPRS). Rozwiązanie to nie zajmuje kanału radiowego, przez co umożliwia ciągły kontakt karetki z dyspozytorem. Prędkość transmisji danych to od 30 do 80 kbit/s. Urządzenie musi być wyposażane w antenę GSM.



**Rys. 6.8. Moduł GPRS [3]**

W zależności od zaprogramowanego priorytetu, moduł część informacji może przesyłać medium cyfrowym (GPRS), a część analogowym. Przykładowe wykorzystanie dwóch mediów transmisyjnych: pozycjonowanie pojazdu, które wymaga częstej synchronizacji samochodu z bazą odbywa się z wykorzystaniem GPRS, natomiast przesyłanie statusów odbywa się w analogowym kanale radiowym.

### 6.3.2. Terminal DTS-3001

Podobnie jak terminal DTS-2001 urządzenie przede wszystkim służy do wymiany danych pomiędzy dyspozytorem, a karetką pogotowia. Jest to jednak urządzenie nowocześniejsze o dużo większych możliwościach. Producent pokusił się o rozbudowę jego funkcjonalności i akcesoria dodatkowe takie jak np. kamera cofania.



**Rys. 6.9. Terminal DTS-3001 [4]**

Urządzenie posiada duży, dotykowy, wyświetlacz LCD od 7" do 12" i rozdzielczości 800x600 pikseli. Możliwa jest również regulacja jasności, oraz kontrastu. W lubelskim pogotowiu ratunkowym wykorzystywanych jest 6 takich terminali o przekątnej ekranu 7". Statusy pozostały takie same jak w terminalu, DTS-2001, lecz oprogramowanie pozwala na kasowanie historii wysłanych

komunikatów, dzięki czemu zespół karetki jadąc do następnego zdarzenia nie ma możliwości o zapomnieniu wysłania potrzebnego komunikatu. Terminal opiera się na systemie Windows XP, co daje mu możliwość instalowania dowolnych aplikacji, przydatnych podczas akcji ratowniczej. Przykładem takich programów są „Crash Recovery System”, czy baza środków chemicznych. Terminal jest również wyposażony w program AutoMapa z automatycznym wyznaczaniem drogi do miejsca zdarzenia. Terminal ma też funkcje pisania krótkich wiadomości tekstowych, co pozwala na przesyłanie informacji do dyspozytora bez użycia radiotelefonu. Dzięki możliwości przyłączenia różnych czujników dyspozytor ma wgląd na stan paliwa, prędkość i aktywność sygnalizacji świetlnej.

#### **6.4 System teletransmisji EKG**

W Polsce rocznie zawał serca przechodzi około 250.000 mieszkańców (źródło: dane statystyczne GUS 2003-2009). Skrócenie czasu transportu do wyspecjalizowanych jednostek szpitalnych posiadających pracownię hemodynamiki zmniejsza ryzyko śmierci tych pacjentów. Karetka pogotowia w razie wątpliwości mają możliwość przesłania 12-odprowadzeniowego EKG do lekarza dyżurującego w pracowni hemodynamiki. W przypadku stwierdzenia zawału serca lider może zdecydować o przewiezieniu pacjenta do szpitala posiadającego pracownię hemodynamiki i kardiologii inwazyjnej pomijając SOR. Jest to bardzo przydatne rozwiązanie w przypadku zespołów pracujących na terenie gdzie pracownie takie są oddalone o wiele kilometrów od rejonu działania. Przykładem jest Kutno gdzie średni dystans pomiędzy karetką, a SOR-em wynosi ok. 50km, a pracownią hemodynamiki o ok. 70 km. W przypadku standardowej procedury od wystąpienia objawów zawału do trafienia do pracowni hemodynamiki mija czas ok. 1 godziny i 40 minut. W przypadku procedury pominięcia SOR-u czas ten skraca się do średnio 47 minut. W sytuacji zaangażowania Lotniczego Pogotowia Ratunkowego czas zmniejsza się do 39 minut. Dzięki możliwości przesyłania EKG pacjentowi radykalnie rosną szansę na przeżycie.

##### **6.4.2. LIFENET**

Jednym z podstawowych urządzeń wykorzystywanych przez zespół karetki pogotowia jest defibrylator. W różnych częściach Polski przez pogotowia ratunkowe używane są defibrylatory różnych firm. Pierwszym z nich jest LifePack 12 (rys.6.10) wyprodukowany przez firmę Medtronic. Jest to urządzenie, w którego skład wchodzi defibrylator, stymulator, kardiowerter oraz kardiomonitor. Posiada również funkcję kaptometru oraz pulsoksymetru.



**Rys. 6.10. Defibrylator LIFEPAK 12**

*(źródło - opracowanie własne)*

Urządzenie może wykonywać EKG (elektrokardiografię) i dzięki systemowi LIFENET, z którym połączony jest defibrylator może przesyłać zapis w dowolne miejsce. System LifeNet opiera się w całości na technologii transmisji danych cyfrowych z wykorzystaniem sieci internetowych. System LIFENET służy bezpośrednio do przesyłania pomiędzy karetką wyjazdową, a SOR-em 12-odprowadzeniowego zapisu EKG. Wykorzystuje się technologię łączności operatorów telefonii komórkowej. Obecnie wykorzystywany jest sygnał w zakresie połączenia z siecią internetową. Dane przesyłane są do centralnego serwera, który następnie po identyfikacji odbiorcy przesyła informacje o wykonanym badaniu do adresata. Wszystkie transmisje odbywają się z wykorzystaniem technologii TCP/IP. Dzięki ciągłej łączności z centralnym serwerem użytkownik szybko otrzymuje dane, oraz ma też dostęp na najnowszej wersji oprogramowania odbiorczego. LIFENET ma również możliwość dowolnej konfiguracji grup użytkowników. Przesłana krzywa EKG odbierana jest przez program odbiorczy i wyświetlana na komputerze klasy PC.



**Rys. 6.11. System LIFENET [6]**

Lekarz ma możliwość przygotowania oddziału i sali zabiegowej do przyjęcia pacjenta z ostrym zespołem wieńcowym bez powtórnych badań i diagnostyki. Redukuje to czas o około 1/3. System LIFENET zapewnia ratownikom medycznym oraz lekarzom niezawodny i szybki dostęp do informacji klinicznych poprzez bezpieczną, opartą na Internecie platformę, co pomaga usprawnić ciągłość opieki nad pacjentem oraz wydajność pracy. Daje również możliwość konsultacji zespołów wyjazdowych z lekarzem specjalistą w przypadkach trudnych. Dzięki temu rozwiązaniu badanie EKG może być wykonywane w domu u pacjenta i w przypadku prawidłowego zapisu oraz konsultacji z lekarzem dyżurnym pacjent może pozostać w domu bez niepotrzebnego obciążania SOR. Obecnie w Polsce 70% karettek Państwowego Ratownictwa Medycznego jest wyposażonych w defibrylator LIFEPAC 12 lub 15 i z powodzeniem wykonuje teletransmisje ratując życie pacjentom [8].

#### **6.4.2. ZOLL Data Relay System**

Drugim z popularnych defibrylatorów jest ZOLL MSeries (rys. 6.12). Podobnie jak w przypadku LIFEPAC 12 defibrylator ma możliwość teletransmisji 12-odprowadzeniowego EKG. Defibrylatory tego typu wykorzystywane są w Lubelskim Państwowym Pogotowiu Ratunkowym. Przewagą tego aparatu od konkurenta jest prostota i intuicyjna obsługa. Teletransmisje mogą również wykonywać inne defibrylatory tej firmy (Paramedica Polska) np. E Series, czy M Series CCT[8].



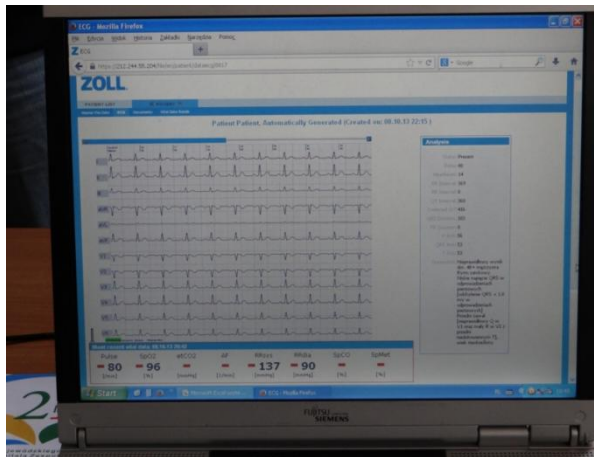
**Rys. 6.12. Defibrylator Zoll m-series**  
(źródło - opracowanie własne)

Opis systemu ZOLL Data Relay (ZDRS):

- możliwość analizowania zarejestrowanych zapisów EKG i parametrów życiowych przed przybyciem pacjenta do specjalistycznego Ośrodka Kardiologii Inwazyjnej,
- skrócenie czasu transportu pacjenta z Oстрыm Zespołem Wieńcowym do pracowni kardiologii inwazyjnej w celu wykonania zabiegu angioplastyki,
- możliwość oceny stanu pacjenta „na odległość”, wsparcia podstawowych zespołów Ratownictwa Medycznego przez lekarza konsultanta/koordynatora,
- optymalizacja procedur medycznych,
- obniżenie kosztów leczenia i transportu chorych oraz ich późniejszej rehabilitacji,
- zmniejszenie umieralności z powodu zawałów serca w regionie.

Główne zalety systemu teletransmisji ZDRS:

- system o wyjątkowo prostej, intuicyjnej obsłudze, chętnie przyjmowanej przez ratowników medycznych,
- wysoka, diagnostyczna jakość zapisów EKG,
- automatyczne, bezzakłóceniewe przesyłanie zapisów EKG wraz z parametrami życiowymi pacjenta,
- natychmiastowe podjęcie decyzji terapeutycznych i ewentualne rozpoczęcie specjalistycznej terapii,
- monitorowanie transportu w przypadku kwalifikacji pacjenta do Oddziału Kardiologii Inwazyjnej,
- możliwość przekierowania transmisji na dedykowane adresy e-mail lub numery fax,
- kontrola dostępu tylko dla uprawnionych użytkowników,
- transmisji i archiwizacji danych (spełnia wymogi Ustawy o Ochronie Danych Osobowych, Dz.U.1997 Nr 133 poz. 883).



**Rys. 6.13. ZOLL Data Relay System [5]**

Technologiczne aspekty systemu ZDRS:

- System umożliwia przesyłanie diagnostycznego zapisu EKG wraz z raportami trendów funkcji życiowych przez standardowy telefon komórkowy (transmisja w systemie DUN – Dial-Up Networking) lub za pośrednictwem komputera kieszonkowego typu Palmtop/ Smartfon.
- Każda transmisja zawiera identyfikator urządzenia nadawczego, zapis EKG z tabelą parametrów życiowych (VitalTrends), jak również wszystkie informacje dotyczące pacjenta, wpisane przez ratownika na miejscu zdarzenia,
- System umożliwia archiwizację i grupowanie przesyłanych danych pod względem miejsca, czasu, zespołu wysyłającego zapis, etc.
- Każda transmisja przesłana do komputera sygnalizowana jest powiadomieniem dźwiękowym,
- Transmisja może być przesyłana do dowolnej ilości dedykowanych odbiorców (dotyczy ZDRS System z Dial-Up),
- Odbiorca transmisji może być wybrany z poziomu defibrylatora,
- Nowy, wcześniej niezdefiniowany odbiorca może być wprowadzony z poziomu urządzenia nadawczego.

## Bibliografia

- [1] <http://www.digitex.pl/produkty/systemdyspozytorskidigitexrds.html> [03.2015]
- [2] <http://nowatel.com/products-openrds> [03.2015]
- [3] <http://www.digitex.pl/produkty/system-komunikacyjny-dts-2000/terminal-gprs.html> [03.2015]
- [4] <http://www.digitex.pl/produkty/system-terminali-dts-3000/terminal-dts-3001.html> [03.2015]
- [5] <http://www.paramedica.pl/wydarzenie.php?id=28> [03.2015]
- [6] <http://laptopy.gadzetomania.pl/2011/05/14/xplora-ix104c5-ekstremalnie-szybki-nieziemsko-wytrzymały> [03.2015]
- [7] Na ratunek, *Teletransmisja danych w relacji zespołów ratownictwa medycznego*. Wydawnictwo Elamed 4/2009, s. 56–57
- [8] Na ratunek *Lifenet system*. Wyd. Elamed 4/2010 s. 26–27
- [9] Orłowski A.: *Radiowe systemy przywoławcze dla dużych obszarów*, nr 4 (216), Instytut Łączności, Branżowy Ośrodek Informacji Naukowej, Technicznej i Ekonomicznej, Warszawa 1983
- [10] Maciejewski R., Zubrzycki J. red.: *Inżynieria biomedyczna wybrane obszary zastosowań*, wydawca Politechnika Lubelska, Lublin 2012
- [11] Werner P.: *Wprowadzenie do systemów informacji geograficznej*, wyd. 2, wydawnictwo Jark, Warszawa, 2004
- [12] Wesołowski K.: *Systemy radiokomunikacji ruchomej*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Poznań, 2006



## 7. Rozwój metod telerehabilitacji we współczesnej medycynie oraz sposoby wirtualnej komunikacji z pacjentem

### 7.1. Założenia telemedycyny oraz historia telerehabilitacji

Telemedycyna jest to najnowsza metoda zapewnienia opieki zdrowotnej poprzez użycie nowoczesnych, interaktywnych technologii i telekomunikacji. Słowo to powstało na skutek połączenia dwóch wyrazów: *tele* wywodzi się z języka greckiego i oznacza "na odległość", *medycyna* – wywodzi się z łaciny i znaczy "sztuka leczenia", także w dosłownym znaczeniu słowo telemedycyna można tłumaczyć, jako sztukę leczenia na odległość. Amerykańskie Stowarzyszenie Telemedycyny (ATA) utworzyło precyzyjną definicja, która mówi, że telemedycyna jest formą wymiany informacji medycznych pomiędzy dwoma stronami, przebiegającą przy wykorzystaniu narzędzi telekomunikacyjnych, której celem jest poprawa stanu zdrowia pacjenta. Definicja, która podkreśla ewolucję narzędzi technologicznych oraz wykorzystanie nowoczesnych sposobów komunikacji, opisuje telemedycynę, jako diagnozę, leczenie, edukację, monitoring oraz wsparcie pacjenta poprzez narzędzia telekomunikacyjne począwszy od telefonu do wideo konferencji odbywanych w czasie rzeczywistym [5].

Pierwszym krajem, w którym rozpoczął się rozwój na gruncie telemedycyny są Stany Zjednoczone. Już w latach 60-tych w USA powstała satelitarna sieć telekomunikacyjna łącząca amerykańskie bazy wojskowe, rozrzucone na wszystkich kontynentach, ze specjalistycznymi ośrodkami medycznymi. Dzięki możliwościom wykorzystania nowoczesnych technologii, amerykańskie wojsko przyczyniło się do rozwoju tej dyscypliny. Kolejnym równie ważnym czynnikiem, było wniesienie dużego wkładu informacji przez NASA. Opieka medyczna astronautów, a także monitorowanie ich stanu zdrowia, musiały odbywać się na odległość. Do dzisiaj wiele inicjatyw telemedycznych sponsorowanych jest przez władze stanowe i rząd federalny [4].

W Polsce inicjatywy rozpowszechnienia telemedycyny skupiają się głównie na opracowywaniu i wdrażaniu systemów do przesyłania sygnałów EKG przez telefon (również przez telefony komórkowe), na wydajnym przesyłaniu zdjęć rentgenowskich, obrazów USG, CT, itd. przez Internet (w celach konsultacji z danym specjalistą), a także na sprawnej organizacji baz danych i niezbędnych systemów kontroli dostępu do tychże banków informacji.

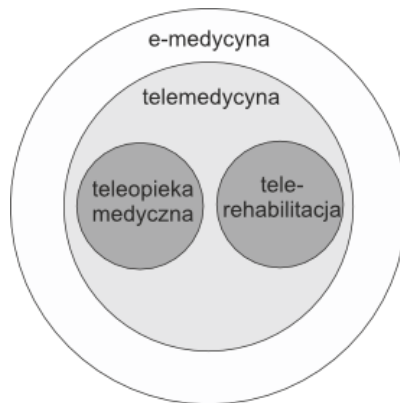
Telerehabilitacja jest częścią telemedycyny zajmującą się rehabilitacją pacjentów w czasie rzeczywistym na odległość. Istnieją różne jej definicje.

---

<sup>1</sup> Koło naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> mgr inż., Instytut Technologicznych Systemów Informacyjnych

Podążając za ustawą o rehabilitacji zawodowej i społecznej, „rehabilitacja osób niepełnosprawnych oznacza zespół działań, w szczególności organizacyjnych, leczniczych, psychologicznych, technicznych, szkoleniowych, edukacyjnych i społecznych zmierzających do osiągnięcia, przy aktywnym udziale tych osób, możliwie najwyższego poziomu ich funkcjonowania, jakości życia i integracji społecznej”. Dlatego też można stwierdzić, że telerehabilitacja oznacza ogół wszystkich wymienionych powyżej działań świadczonych przy pomocy infrastruktury telekomunikacyjnej na odległość. Kolejna definicja określająca znaczenie telerehabilitacji brzmi: „telerehabilitacja to zbiór infrastruktury technologicznej stworzony w celu zwiększenia dostępu do opieki rehabilitacyjnej i wydłużenia jej trwania dla osób niepełnosprawnych, szczególnie przewlekle chorych” lub jeszcze inna „telerehabilitacja to zbiór usług rehabilitacyjnych (konsultacje, diagnozowanie, terapia) świadczonych za pośrednictwem interaktywnych technologii telekomunikacyjnych”.



**Rys. 7.1 Zależności między e-medycyną, telemedycyną i teleopieką medyczną [8]**

Ponieważ telerehabilitacja jest niedawno powstałą gałęzią telemedycyny, jej rozwój dopiero się rozpoczyna, a pomysły jej użycia i praktycznego wykorzystania wciąż powstają. Główne jej zastosowania opierają się na razie na opisach przypadku danego pacjenta, filmach pilotażowych ćwiczeń lub użycia sprzętu do rehabilitacji. Jeżeli chodzi o inne zastosowania telerehabilitacji naukowcy muszą przeprowadzić wiele kontrolowanych eksperymentów i przedstawić dowody dla lekarzy (i podatników), które udowodnią klinicznie skuteczność telerehabilitacji.

Istnieje wiele przyczyn powstawania i rozwoju telerehabilitacji, zarówno w sferze technologicznej jak i medycznej. Dynamiczny i szybki postęp infrastruktury telekomunikacyjnej, jaki zachodzi w ostatnim dziesięcioleciu, umożliwia wzrost możliwości, szybkości i efektywności transferu informacji na dalekie odległości z jednoczesnym spadkiem cen tych usług i infrastruktury, dlatego też stale wzrasta zasięg, który można objąć usługami telerehabilitacyjnymi.

Przeprowadzone badania na temat skuteczności rehabilitacji dowodzą, że aby proces rehabilitacyjny przyniósł zamierzony efekt, muszą być spełnione trzy następujące warunki:

- proces rehabilitacji powinien zacząć się najszybciej jak to możliwe od momentu pojawienia się przyczyny niepełnosprawności,
- proces rehabilitacji dla danego pacjenta powinien być intensywny jak to tylko możliwe,
- proces rehabilitacji powinien trwać, aż do odzyskania możliwych do przywrócenia funkcji.

Biorąc szczególnie pod uwagę ostatni z warunków, należy zauważyć, że kontynuacja procesu rehabilitacji musi być prowadzona w warunkach domowych, gdyż wiele pacjentów choruje przewlekłe. Telerehabilitacja jest, więc efektem pojawienia się nowych pojęć w rehabilitacji medycznej oraz wzrostem możliwości technologicznych, które pomagają postępować zgodnie z nowoczesnym podejściem do rehabilitacji.

Powstałe publikacje związane z tematem telerehabilitacji najczęściej dotyczą:

- zdalnej oceny funkcjonalnej pacjentów,
- telekonsultacji i edukacji,
- zdalnej realizacji programów rehabilitacyjnych,
- zarządzania opieką pacjenta.

Dzięki Internetowi możliwe jest komunikowanie się z ludźmi bez względu na ich zamieszkanie, stan niepełnosprawności, czy inne ograniczenia dotyczące poruszania się w czasie rzeczywistym. Wykorzystuje to właśnie telerehabilitacja, które może umożliwić komunikację fizjoterapeuty z pacjentem, nawet przy znacznej odległości ich przebywania od siebie.

Termin – wirtualna rehabilitacja, odnosi się do wykorzystania elementów wirtualnej rzeczywistości w procesie rehabilitacji. Wirtualna rzeczywistość jest to środowisko stworzone za pomocą rozwiązań informatycznych. To dzięki nim możliwa jest kreacja sztucznego, komputerowego świata. Przy pomocy urządzeń peryferyjnych (np. myszy, klawiatury, platformy balansowej), a także czujników ruchu (np. kamery internetowej), możliwe staje się wchodzenie w interakcję z wirtualnym światem.

Do zastosowań i rozwoju telerehabilitacji stosowane są różnorodne technologie, począwszy od sieci telekomunikacyjnych i Internetu, skończywszy na aplikacjach bezprzewodowych. Wszystko to ma na celu usprawnienie funkcjonowania telerehabilitacji, tak by mogła stać się ona ogólnodostępna i jeszcze bardziej się rozwijać. Poszczególne rodzaje używanych technologii, a także ich charakterystyka zostanie przedstawiona w dalszej części pracy [8].

## **7.2. Technologie wykorzystywane w telerehabilitacji**

### **7.2.1. Plain old telephone service (POTS) z możliwością video-rozmów**

Istnieje kilka typów połączeń używanych w wymianie danych w czasie rzeczywistym. POTS (ang. Plain Old Telephone Service) jest to najstarsza, podstawowa usługa telefoniczna, umożliwiająca analogowy przekaz głosu przez komutowane łącza telefoniczne. Charakteryzuje się tym, że połączenia zestawia się poprzez wybieranie dekadowe (pulsowe) używając przy tym tarczy numerowej (obecnie głównie tonowej z kodowaniem DTMF), a następnie komutowane w centralach telefonicznych. POTS korzysta ze standardowych linii telefonicznych analogowych. W przypadku video-rozmów stosowane są videofony wyposażone w kamerę, wyświetlacz, telefon. Urządzenia te wykorzystują linie telefoniczne dostępne w większości domów, dzięki temu są najłatwiejszym do skonfigurowania systemem. Zaletą tego rodzaju połączenia są niewielkie koszty zakupu zestawu oraz stosunkowo niskie opłaty za połączenia. Niestety standardowe videofony posiadają ekrany o przekątnej od 3,5 do 4,5cm, które mogą stanowić przeszkodę dla osób, które borykają się z problemami widzenia. Problem ten jednak rozwiązują urządzenia, które wykorzystują, jako ekran urządzenia zewnętrzne, np. monitor, telewizor. Dzięki temu korzystanie z video-rozmów i odbieranie materiałów instruktażowych przez pacjentów staje się łatwiejsze. Uzyskiwana w ten sposób rozdzielczość obrazu sprawia, że nie ma kłopotów z błędnym odbiorem przekazywanych danych [11].

### **7.2.2. Video-conferencing**

Wideokonferencje są interaktywną komunikacją multimedialną, która jest realizowana zazwyczaj za pomocą komputerów desktopowych. Polegają one na przesyłaniu z dużą prędkością dźwięku, jak również obrazu w czasie rzeczywistym pomiędzy odległymi lokalizacjami. Osoby, które posiadają odpowiedni sprzęt umożliwiający wykorzystywanie wideokonferencji, mogą między sobą rozmawiać, jednocześnie widząc się nawzajem. Stanowisko uczestnika wideokonferencji musi być odpowiednio wyposażone, tzn. musi posiadać obowiązkowo komputer z łączem telekomunikacyjnym o szybkości min. 128 kb/s, mikrofon, kamerę wideo oraz odpowiednie oprogramowanie, które umożliwi usługę wideokonferencji, (najczęściej jest to komunikator internetowy np. Skype, AQQ).

### **7.2.3. Virtual-reality (wirtualne środowisko 3D)**

Wirtualna rzeczywistość w telerehabilitacji jest jednym z najnowszych dostępnych narzędzi w tym obszarze. Technologia komputerowa, która pozwala nam kreować trójwymiarowe wirtualne środowisko obejmuje zarówno sprzęt jak i oprogramowanie. Obecne zainteresowanie wirtualnymi środowiskami, zarówno pod względem technicznym, jak i naukowym, w dużej mierze jest inspirowane przez pojawienie się oraz powszechną dostępność coraz bardziej wydajnych i niedrogich interaktywnych wyświetlaczy, systemów i technologii graficznych [11].

#### **7.2.4. Motion technology (interaktywna aplikacja)**

Aplikacje interaktywne są to praktycznie wszystkie aplikacje pozwalające użytkownikowi na wejście z nimi w interakcję. Porozumiewanie się z taką aplikacją może odbywać się poprzez wskaźnik (kursor myszki, klawisze), dotyk (zarówno pojedynczy, jak i wielokrotny w ekran monitora, telewizora, na którym wyświetlana jest aplikacja), głos, polecenia głosowe (interpretując komendy głosowe, aplikacja wykonuje określone zadania), gesty, ruchy ciała (użytkownik kontroluje aplikację, poruszając rękami, nogami lub wykorzystując tylko mimikę twarzy). Aplikacje interaktywne są przeciwieństwem aplikacji informacyjnych, które pozwalają użytkownikowi jedynie na przeglądanie prezentowanych treści [11].

#### **7.2.5. Aplikacje internetowe**

Aplikacja internetowa, z angielskiego web application, może być zwana również aplikacją webową, jest to program komputerowy, który pracuje na serwerze i komunikuje się poprzez sieć komputerową z hostem użytkownika komputera. Wykorzystuje się w tym przypadku przeglądarki internetowej użytkownika, będącym tzw. interaktywnym klientem aplikacji internetowej [11].

### **7.3. Monitorowanie czujników umieszczonych na ciele pacjenta**

Składające się na ten system czujniki umieszczane są na ciele pacjenta, bądź będą mogły być instalowane w różnych miejscach w domu chorej osoby, na ubraniach lub nawet wszczepiane do organizmu. Mimo, że pomysł ten budzi pewne kontrowersyjne i kojarzyć się może z ograniczeniem prywatności we własnym mieszkaniu, odnosi bardzo dobre skutki terapeutyczne. W ekstremalnych przypadkach system takiego monitorowania stanu zdrowia i wszelkich zachodzących w nim zmian, może niejednokrotnie uratować choremu życie. Naukowcy, którzy pracują przy tworzeniu projektu twierdzą, że zainstalowany monitoring będzie mógł udostępniać informacje o stanie zdrowia pacjenta na bieżąco. Dodatkowo będzie istniała możliwość odbierania wszelkich zmian w przeprowadzanej terapii (np. rehabilitacji). W związku z tym będzie można wykryć problemy zdrowotne, np. wszelkie upadki, uderzenia, choroby układu krążenia i mięśniowo-szkieletowe, a nawet depresję lub otyłość. Jeśli taki "cyfrowy asystent zdrowia" wykryje nieprawidłowość od razu wysła informację w postaci alarmu. Do tej pory osoby chore mogły korzystać z tzw. przycisku paniki, służących do wezwania pomocy. Nowy system monitoringu będzie mógł być bardziej efektywny i gromadzić informacje 24 godziny na dobę. Planowane użycie takiego systemu sięga nie tylko korzystania z niego osób chorych, ale także ich rodziny, opiekunów oraz służb społecznych, (czyli uczestników wszystkich etapów opieki nad chorą osobą). System ten został opracowany przez interdyscyplinarny badawczy zespół na którego czele stoją naukowcy z Uniwersytetu z Briston oraz z uniwersytetów w Southampton i Reading [6].

### **7.3.1. Technologie dotykowe**

Technologia haptyczna jest to technologia wykorzystująca mechaniczne komunikowanie się z użytkownikami poprzez zmysł dotyku przy użyciu zmieniających się sił, wibracji i ruchów. Cechy haptyczne, tzn. dotykalne obiektów mogą odnosić się, prócz związanych z nimi sił, ruchów bądź wibracji, także do innych ich właściwości materialnych (np. do porowatości). Aktualnie znane są dotykowe interfejsy w symulacji medycznej, które są szczególnie przydatne w robotyce rehabilitacyjnej. Technologia ta jest znaczącą pomocą w wykrywaniu problemów medycznych poprzez dotyk, np. symuluje kontur i sztywność człowieka, a co za tym idzie pomagają w terapii fizjoterapeutycznej i ortopedycznej, a także w protetyce [11].

### **7.3.2. Sztuczna inteligencja**

Sztuczna inteligencja (AI) to dziedzina, która może zmienić całkowicie nasz świat. Dla badaczy jest ona trochę niewdzięczna, bo trudno jest w niej znaleźć proste i ładne rozwiązania, prawa inteligencji na wzór praw fizyki czy chemii. Być może prawa takie wcale nie istnieją, a być może istnieje zależność wiążąca ścisłość wyniku (pewność rozwiązania) z jego złożonością, czyli ilością obliczeń, potrzebną do jego znalezienia. Złożone rozumowanie byłoby wówczas zawsze obciążone dużą niepewnością.

Szeroko rozumiana sztuczna inteligencja oraz jej coraz częstsze wykorzystanie w technice medycznej pozwoliła na rozwój biosensorów i ich upowszechnienie na rynku. Coraz częściej stosuje się niekonwencjonalne sposoby wykorzystywania tych urządzeń, szczególnie w połączeniu z technologiami bezprzewodowymi. Opisany projekt wykorzystania sztucznej inteligencji w medycynie czerpie z idei dostarczania mobilnych usług monitorowania zdrowia pacjentów (mHealth), uwzględniając sygnały biosensoryczne oraz ich parametry. Podejście to, umożliwiło spersonalizowany dobór komponentów urządzenia oraz integrację wybranego zestawu sensorów, dostarczających wszechstronny zakres danych dotyczących zdrowia pacjenta. Ważnym elementem tworzonego rozwiązania jest dostarczenie mechanizmów programowych, umożliwiających integrację biosensorów w rozproszonym środowisku usług diagnostycznych z wykorzystaniem platformy mobilnej [10].

### **7.3.3. Aplikacje bezprzewodowe (Wi-Fi, 3G)**

Dziedzina technologii bezprzewodowej (Wi-Fi i 3G) oferuje liczne możliwości zdalnego świadczenia usług medycznych, w tym rehabilitacyjnych. Dotychczasowe technologie bezprzewodowe zniechęcały użytkowników poprzez niską przepustowość i wysokie koszty eksploatacyjne. Nowa bezprzewodowa technologia szerokopasmowa oraz wykorzystanie technologii komórkowej 3G pozwala na aktywne tworzenie usług telemedycznych, które wcześniej były możliwe tylko przy pomocy połączeń przewodowych. Zaawansowane bezprzewodowe usługi medyczne mogą być dostarczone do obszarów wiejskich i obszarów dotkniętych przez katastrofy [11].

## **7.4. Obszary zastosowań telerehabilitacji**

### **7.4.1. Telerehabilitacja kardiologiczna**

Rehabilitacja kardiologiczna przeprowadzana w warunkach domowych z wykorzystaniem urządzeń telemedycznych dostępna jest w zakresie trwania treningu i rejestruje EKG podczas ćwiczeń rehabilitacyjnych. Zapisy EKG transmitowane są do ośrodka zdalnie nadzorującego proces rehabilitacji w czasie rzeczywistym lub też po zakończeniu ćwiczeń. Rehabilitacja kardiologiczna jest ważnym procesem terapeutycznym, który w istotny sposób korzystnie wpływa na rokowanie pacjentów (przeżycie), jakość życia, powrót do pracy zawodowej, jak również do pełnej aktywności w środowisku rodzinnym. Z dostępnych danych wynika, że w Polsce mniej niż 1% pacjentów z rozpoznaną chorobą wieńcową, po przebytych zawale serca lub po operacjach kardiochirurgicznych jest poddawanych rehabilitacji kardiologicznej. Tak niski odsetek pacjentów biorących w niej udział wynika z wielu przyczyn, do których należą: mała liczba ośrodków rehabilitacji ambulatoryjnej, niepodejmowanie rehabilitacji z powodu ogólnego upośledzenia sprawności, znaczne odległości ośrodków rehabilitacyjnych od miejsc zamieszkania oraz związane z tym koszty dojazdów lub brak czasu na dojazd spowodowany obowiązkami rodzinnymi lub zawodowymi. Z tych powodów dostęp do rehabilitacji mogą poprawić rozwiązania umożliwiające jej przeniesienie do miejsca zamieszkania pacjenta. Sposoby rozwiązań telemedycznych, zapewniają bezpieczeństwo dzięki możliwości monitorowania EKG w trakcie ćwiczeń. Świadczenie telerehabilitacji powinno być brane pod uwagę do wykorzystania w prewencji chorób układu krążenia. Telerehabilitacja w swoim założeniu ma nauczyć pacjenta codziennej aktywności fizycznej w jego naturalnym środowisku, a nie w warunkach ośrodka rehabilitacyjnego. Jest dodatkowym korzystnym czynnikiem, który może spowodować poprawę zachowań prozdrowotnych i stylu życia [3].

### **7.4.2. Telerehabilitacja laryngologiczna**

W Instytucie Fizjologii i Patologii Słuchu początki telekonsultacji w celach rehabilitacyjnych (pacjentów korzystających z systemu implantu ślimakowego) w ramach programu opieki pooperacyjnej miały miejsce w 2005 roku. Ideę tę systematycznie rozwijano w Międzynarodowym Centrum Słuchu i Mowy w Warszawie. Obecnie w Światowym Centrum Słuchu oddane do dyspozycji jest profesjonalne studio, z którego można prowadzić, bądź monitorować zajęcia w kilku miejscach równoległe (rys. 7.2.).



**Rys. 7.2. Telekonsultacje w celach rehabilitacyjnych [1]**

W reprezentowanym przez specjalistów z IFPS rozumieniu zadań i roli telerehabilitacji dominuje przekonanie, że obejmuje ona wykorzystanie wiedzy i doświadczenia specjalistów oraz najnowszych osiągnięć technicznych w celu stałego towarzyszenia pacjentowi w realizacji zadań służących budowaniu lub usprawnianiu umiejętności słuchowych, językowych i komunikacyjnych. Telerehabilitacja to również współdziałanie z rodziną, najbliższym otoczeniem, nauczycielami. Celem, który chce osiągnąć Międzynarodowe Centrum Słuchu i Mowy w Warszawie jest przedstawienie grupy odbiorców, która może korzystać z rehabilitacji słuchu i mowy organizowanej w systemie „tele”, rodzaju i charakteru oferowanych konsultacji oraz porad, placówek uczestniczących w programie pooperacyjnej opieki nad pacjentami implantowanymi oraz naszych spostrzeżeń z dotychczas realizowanych konsultacji. Metoda telerehabilitacji jest skierowana zarówno do dzieci, jak i osób dorosłych, ze stwierdzoną częściową głuchotą, które po badaniach diagnostycznych zostały zakwalifikowane do leczenia z wykorzystaniem systemu implantu ślimakowego [1].



**Rys. 7.3. Ośrodki współpracujące w ramach Krajowej Sieci Teleaudiologii [13]**



## **7.5. Projekty związane z telemedycyną**

### **7.5.1. Projekt CLEAR**

W 2009 roku Unia Europejska rozpoczęła projekt rozwoju systemu dotyczącego e-rehabilitacji (CLEAR), który w 2011 dotarł do Polski. Projekt „CLEAR” – “Clinical Leading Environment for the Assessment and validation of Rehabilitation Protocols for home care” (Wiodące Środowisko Kliniczne do oceny i walidacji protokołów rehabilitacji w zakresie terapii domowej) współfinansowany ze środków Unijnych (ICT PSP CIP) oraz Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego prowadzony jest w oparciu o bazę badawczą i specjalistów Katedry i Kliniki Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Centrum Doskonałości “TeleOrto”, Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego. Celem projektu jest ocena możliwości i efektywności telerehabilitacji w warunkach domowych dla pacjentów z chorobami przewlekłymi, m.in. chorobą zwyrodnieniową stawów (ChZS), przewlekłymi zespołami bólowymi, etc. Pacjenci z chorobami narządu ruchu (ChZS) są leczeni w Klinice Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego z wykorzystaniem platformy telemedycznej przed oraz po zabiegu endoprotezoplastyki stawu biodrowego lub kolanowego. Wdrożenie projektu odbywa się jednocześnie w czterech Europejskich Ośrodkach Klinicznych.

W skład konsorcjum CLEAR wchodzi trzynastu beneficjentów i jeden podwykonawca, pochodzą oni z czterech państw należących do Unii Europejskiej (Włochy, Hiszpania, Holandia i Polska). Celem projektu jest wprowadzenie serwisu telerehabilitacyjnego, który pozwoliłby lekarzom, na projektowanie, rozwijanie i wdrażanie protokołów rehabilitacji domowej oraz teleopieki własnej pacjenta, a także ustalenie pierwszego europejskiego standardu telerehabilitacji domowej, wolno dostępnej za pośrednictwem strony Web. Współczesne formy rehabilitacji przeprowadzanej w warunkach domowych, wypracowane z perspektywy projektu “CLEAR” mają stanowić wiodące podejście metodologiczne do skutecznej implementacji innowacyjnej usługi telerehabilitacyjnej w praktyce klinicznej [2].

### **7.5.2. Badania w Fraunhofer Institute dotyczące telerehabilitacji**

W Instytucie Fraunhofera w Berlinie, rozwijany jest system zaawansowanego (wiele komponentów i funkcjonalności) typu, który składa się z integrującego się specjalnego komputera, czujników ruchu oraz tętna, ciśnienia itp. komunikujących się z internetem i smartfonem. Do ćwiczeń w domu przeznaczony jest mały komputer, tzw. „physio box”, z łączem internetowym, kamerą, mikrofonem. Do zestawu dołączone są czujniki na klatkę piersiową (ciśnienie, puls itp.) oraz czujniki ruchu (jak Kinect). Komputer (physio box) tworzy trójwymiarowy model pacjenta, tak, aby móc analizować jego ruchy i wysyłać już obrobione dane do terapeuty przez internet. W razie potrzeby, terapeuta może połączyć się z pacjentem w celu udzielenia konsultacji. Jest także „edytor ćwiczeń”, w którym terapeuta projektuje sekwencje ćwiczeń wizualizowane przez oprogramowanie z odpowiednim modelem ciała. Istotnym dodatkiem jest łączenie tego systemu ze smartfonami – w taki

sposób, by pacjent mógł ćwiczyć także poza domem, np. w drodze do pracy lub w przerwach w jej trakcie. W tym przypadku główną rolę odgrywa integracja wszystkich czujników z odpowiednim oprogramowaniem. Chcąc osiągnąć maksymalną użyteczność w realnych kontekstach, przeprowadzono szereg mniejszych testów z udziałem pacjentów i terapeutów, a na ten rok planowane są testy we większej skali [7].

### **7.5.3. System H-CAD: aktywne biurko do rehabilitacji kończyny górnej**

Praca nad projektem H-CAD trwała w latach 2003-2005. Projekt ten dotyczył rozwoju systemu telerehabilitacji, tzn. umożliwiał pacjentom dotkniętym stwardnieniem rozsianym, po przebytych zawale lub urazowym uszkodzeniu mózgu wykonywanie rehabilitacji kończyny górnej. Biurko było celowo zaprojektowane, tak, aby umożliwić pacjentowi wykonywanie ćwiczenia w domu, monitorować aktywność pacjenta, oraz do transmitowania monitorowanych danych do szpitala. Istniała również możliwość komunikowania się pacjenta z terapeutą przez telekomunikacyjny system. Celem tego systemu było niezwłoczne poinformowanie użytkownika o konieczności wykonywania określonego zadania, a także umożliwienie terapeutcie zdalnego sprawdzenia, ilości wykonanych prób ćwiczeń przez pacjenta i jak wiele z nich doprowadziły do pomyślnego zakończenia zadania. Biurko zostało zaprojektowane tak, aby umożliwić ruchy kończyny górnej podobne do tych wykonywanych na co dzień. Pilotażowe badanie przeprowadzono w dwóch ośrodków klinicznych: w Instytucie Guttmann (Barcelona, Hiszpania) i UORIN (Trevi, Włochy). Pomimo tego, iż przeprowadzone eksperymenty wykazały, że system ten został dobrze przyjęty przez pacjentów i miał ogólną opinię pozytywną, to pewną przeszkodę stanowiły aspekty etyczne [12].

## **7.6. Kierunki rozwoju telerehabilitacji**

Telerehabilitację obecnie uważa się za nowoczesne rozwiązanie, może być to samodzielne lub uzupełniające wykorzystanie klasycznej fizjoterapii. Takie postępowe podejście może spowodować istotne zmiany w praktyce klinicznej, szczególnie w przypadku rehabilitacji długoterminowej (neurochirurgicznej, ortopedycznej, kardiologicznej, geriatrycznej). Ostatnia dekada przyniosła dynamiczny rozwój telerehabilitacji. Można, więc optymistycznie założyć, że w przeciągu kolejnych lat telerehabilitacja będzie powszechnie stosowana wśród szerszego grona pacjentów.

Starzenie się społeczeństw w krajach rozwiniętych, jak i również niedobór kadr medycznych, ciągły i dynamiczny rozwój informatycznych technologii rehabilitacyjnych może w znacznym stopniu przyczynić się do dalszego rozwoju i praktycznego zastosowania metod telerehabilitacyjnych. Jednym z głównych możliwości telerehabilitacji jest zwiększenie natężenia i czasu trwania programów rehabilitacji. Zalety telerehabilitacji stanowią: zapewnienie wymaganej precyzji i powtarzalność ćwiczeń, a także często niższa cena zarówno dla pacjenta jak i placówki rehabilitacyjnej.



**Rys. 7.4. Dr Wojciech Glinkowski i fizjoterapeutki z Kliniki Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu w warszawskim Szpitalu Klinicznym Dzieciątka Jezus [14]**

Programy do rehabilitacji online pozwalają na odciążenie personelu medycznego, umożliwiając również zbliżoną jakość terapii, ale przy mniejszej liczbie zaangażowanych terapeutów. Wykorzystanie telerehabilitacji z pewnością nie stanie się panaceum na wszystkie niedostatki opieki zdrowotnej. Zawsze pozostaną przypadki, w których obecność terapeuty będzie niezastąpiona i pozostanie jedynym lub znacznie efektywniejszym rozwiązaniem. Przede wszystkim Dotyczy to rehabilitacji neurologicznej, jak i również przypadków, w których istnieje konieczność elastyczności i indywidualizacji w postępowaniu terapeutycznym. Nie we wszystkich płaszczyznach pozostają zbadane kwestie związane z potwierdzeniem efektywności tzw. ćwiczeń powtarzalnych oraz m.in. ich wpływu na wzorce ruchu. Aspekty etyczne, takie jak dehumanizacja medycyny, a także kwestia bezpieczeństwa pacjentów muszą być również wzięte pod uwagę [6].

Możliwość kontaktu z rehabilitantem, czy placówką rehabilitacyjną poprzez Tele-system jest istotna, także dla osób z poważną niepełnosprawnością, np. w przypadku ciężkich pourazowych schorzeniach mózgu, przewlekłych chorobach, tj. po udarze, późny etap stwardnienia rozsianego, itp. W takich przypadkach zdalny kontakt z osobą należącą do personelu medycznego, np. z terapeutą może odgrywać ważną rolę w rozwiązywaniu problemów zdrowotnych. Kontakt pacjent – terapeuta może być również użyteczny do monitorowania ćwiczeń przewidzianych w terapii oraz do oceny postępów.

Telerehabilitacja nigdy nie będzie w stanie zastąpić wiedzy i doświadczenia fizjoterapeutów, jednakże może skutecznie wspierać ich wysiłki oraz częściowo odciążyć i zwiększyć efektywność w sytuacjach, w jakich jest to możliwe. Dlatego też, warto rozpatrzyć możliwości szerszego wykorzystania wymienionych przykładów i rozpocząć przygotowanie personelu medycznego do posługiwania się i wspomagania za pomocą metod telemedycznych [6].

## **7.7. Telerehabilitacja – za i przeciw**

Na temat zalet i wad telerehabilitacji wypowiedziało się grono anonimowych fizjoterapeutów lubelskich, którzy wypełnili odpowiednią ankietę zamieszczoną na stronie [www.prezi.com](http://www.prezi.com), a przeprowadzoną przez Karolinę Zachariasz (Studenckie Koło Naukowe Fizjoterapii). Z ankiety wynikało, że większość fizjoterapeutów nie zna nowoczesnych systemów telerehabilitacji, przypuszczają jednak, że telerehabilitacja w najbliższym czasie będzie jednym z dostępnych rodzajów pracy z pacjentem. Potrzeba jeszcze wielu rzetelnych badań by telerehabilitacja została wprowadzona do kompleksowej terapii. Poniżej zamieszczono szczegółowe wyniki.

### **Zalety:**

- zapewnienie ciągłości rehabilitacji (78%),
- indywidualizacja (78%),
- systematyczność (70%),
- łatwy dostęp (36%),
- bieżąca modyfikacja (73%),
- nadzór rehabilitanta (89%),
- zmniejszenie kosztów rehabilitacji,
- monitorowanie, archiwizacja wyników (62%).

### **Wady:**

- odpowiedni sprzęt (20%),
- konieczność nauki obsługi sprzętu (12%),
- koszty (32%),
- niewiele przeprowadzonych badań (18%),
- brak bezpośredniego kontaktu (46%).

### **Ankietowani zgodni są, że:**

- system telerehabilitacji powinien być łatwy o obsłudze (84%),
- telerehabilitacja byłaby użyteczna w ich pracy (68%),
- zastosowanie telerehabilitacji pozytywnie wpłynęłoby na wydajność oraz skuteczność terapii (64%) [9].

## Bibliografia

- [1] Pankowska A., Solnica J., Skarżyński H.: *Telerehabilitacja – nowa forma pomocy pacjentom korzystającym z systemu implantu ślimakowego w ramach programu opieki pooperacyjnej*. Nowa Audiofonologia 2012, 1(3): PP35-38
- [2] Glinkowski W., Krawczak K., Cabaj D., Walesiak K., Kostrubała A., Górecki A.: *Telerehabilitacja – doświadczenia własne zdobyte podczas realizacji Projektu CLEAR*. Katedra i Klinika Ortopedii i Traumatologii Narządu Ruchu, Centrum Doskonałości “TeleOrto”, Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego
- [3] <http://www.aotm.gov.pl> [02.2015]
- [4] <http://www.en.wikipedia.com> [02.2015]
- [5] <http://www.immdhealth.com/telerehabilitacja> [02.2015]
- [6] <http://www.iss.it/publ/anna/2008/2/442125.pdf> [02.2015]
- [7] <http://www.maxmania.pl> [02.2015]
- [8] <http://www.neuroforma.pl> [02.2015]
- [9] <http://www.prezi.com> [02.2015]
- [10] <http://www.researchgate.net/publication/230558775> [02.2015]
- [11] <http://www.wikidoc.org> [02.2015]
- [12] <http://www.icmcc.org/pdf/2004/h-cad.pdf> [02.2015]
- [13] <http://telefitting.ifps.org.pl/?site=oprojekcie> [02.2015]
- [14] <http://www.telerehabilitacja.eu> [02.2015]

## **8. Telemedyczny, zautomatyzowany system trójwymiarowego pomiaru, analizy, wykrywania, monitorowania i leczenia wad oraz deformacji budowy ciała człowieka**

### **8.1. Czym jest telemedycyna?**

Eksploatacja przestrzeni kosmicznej wraz z programami badań uznaje się za jeden z najpoważniejszych bodźców stymulujących rozwój telemedycyny. Podobnie, eksploracja trudno dostępnych obszarów wymusza rozwijanie i wdrażanie systemów biotelemetrycznych. Monitorowanie sygnałów fizjologicznych na odległość także wpływa na rozwój współczesnej telemedycyny [1].

Zainteresowania tej dziedziny obejmują praktykę i wdrożenia rzeczywistych usług lekarskich na odległość, ale mogą służyć prowadzeniu usług lekarskich w zupełnie nowej, niezależnej niezależną pozycji, czasem nawet bez bezpośredniego zaangażowania, w każdym przypadku (systemy automatycznego wykrywania sygnałów wykraczających poza obręb normy i powiadamiania tylko w takich przypadkach). Rozszerzanie możliwości zastosowań systemów telemedycznych wynika bardzo często z wdrażania wysoko zaawansowanych technologii informatycznych. Światowa Organizacja Zdrowia przyjęła początkowo pojęcie „telematyki medycznej” dla zdalnych działań w ochronie zdrowia. Telematyka medyczna, telemedycyna, telezdrowie to kolejno tworzone określenia różnie definiujące wzajemne relacje między pacjentem a lekarzem, w aspekcie medycznych działań na odległość [2].

Telemedycyna (medycyna na odległość) j to najnowsza forma świadczenia usług medycznych i opieki zdrowotnej łącząca w sobie elementy telekomunikacji, informatyki oraz medycyny. Dzięki wykorzystaniu nowych technologii pozwala ona przełamywać geograficzne bariery, pozwalając na wymianę specjalistycznych informacji przesyłając obrazy statyczne, jak i dynamiczne (przesyłanie najwyższej jakości zdjęć EKG, USG, MRI). Pozwala przeprowadzić diagnozę na odległość. Duże zastosowanie telemedycyna znajduje w środowisku chirurgicznym, które wykorzystuje ją do prowadzenia operacji "na odległość". Nowoczesna technologia, wykorzystująca szybkie procesory i algorytmy do cyfrowego przetwarzania i kompresji sygnałów, umożliwia przesyłanie obrazów o wysokiej rozdzielczości, a także interaktywną transmisję audiowizualną z wyjątkową dokładnością i w czasie rzeczywistym. Systemy wideokomunikacyjne (wideokodery) pracują na ogólnodostępnych cyfrowych liniach transmisyjnych ISDN, w ogólnosięciowej sieci Internet, a także na liniach satelitarnych [3].

---

<sup>1</sup> Koło naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> mgr inż., Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych

## 8.2. Wady i deformacje ciała

Wady postawy stanowią w czasach współczesnych istotny problem zdrowotny naszego społeczeństwa. Gwałtowne zmiany środowiska życia człowieka odbijają się na nim zdecydowanie niekorzystnie. Człowiek w swych mechanizmach obronno-adaptacyjnych nie jest w stanie nadążyć za dynamiką zmian cywilizacji, czego dowodem są masowo dostrzegane zaburzenia postawy.

Fizyczna postawa człowieka jest nawykiem ruchowym kształtującym się na określonym podłożu morfologicznym i funkcjonalnym oraz związanym z codzienną działalnością danego osobnika. Jest wyrazem stanu fizycznego i psychicznego jednostki. Stanowi, więc wskaźnik mechanicznej wydolności zmysłu kinetycznego, równowagi mięśniowej i koordynacji nerwowo-mięśniowej. W ciągu całego życia człowieka postawa ciała ulega zmianom, najwięcej jednak w okresie wzrostu.

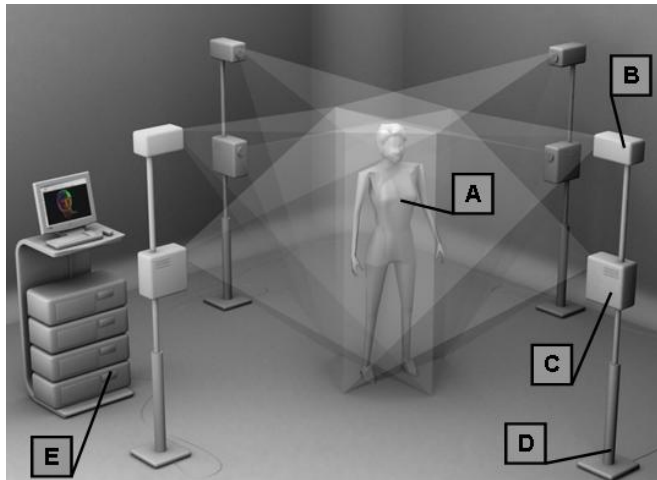
W wieku 7-10 lat, czyli w młodszym wieku szkolnym, występuje pierwszy okres krytyczny dla postawy fizycznej dziecka. Związany jest on ze zmianą trybu życia, z przejściem z dużej swobody ruchu na kilkugodzinne przebywanie w pozycji siedzącej w szkole, często jeszcze w niewłaściwych warunkach. Toteż początek nauki w szkole powoduje zwykle pogorszenie postawy. Jednocześnie okres ten charakteryzuje się ogromną biologiczną potrzebą ruchu, która umiejętnie pokierowana może być najważniejszym stymulatorem rozwoju organizmu [4].

Deformacje powstają na ogół w ostatnim trymestrze ciąży. Przyczyny ucisku można podzielić na matczyne i płodowe. Przyczyny ucisku zależne od organizmu matki to nieprawidłowo mała macica, zbyt mała miednica, wady rozwojowe macicy, ciąża pozamaciczna, ciąża wielopłodowa. Przyczyny ucisku zależne od organizmu płodu to nieprawidłowe ułożenie płodu, małowodzie, ograniczenie ruchliwości płodu (akinesia fetalis), malformacje płodu.

Częsta jest sytuacja, gdy zmiana w środowisku wewnątrzmacicznym wywołuje charakterystyczną sekwencję deformacji organizmu płodu; najważniejszym przykładem takiej sekwencji jest tzw. sekwencja Potter związana z małowodziem [5].

## 8.4. Budowa i zasady działania systemu

System będzie bazował na optycznych bezkontaktowych metodach polowych wykorzystujących cyfrową projekcję rastra. Wynikiem pomiaru są chmury punktów ( $x$ ,  $y$ ,  $z$ , intensywność) reprezentujące powierzchnię obiektu mierzonego. Do pomiaru znaczącej powierzchni ciała człowieka w projekcji zespół wykonawców planuje wykorzystać cztery moduły pomiarowe. Każdy z nich będzie dokonywał pomiaru we wspólnym układzie współrzędnych po przeprowadzeniu procesu kalibracji. Ze względu na wybraną metodę pomiaru należy oświetlić obiekt sekwencją obrazów rastrowych i pobrać je detektorem CCD, aby wyznaczyć kształt powierzchni obiektu z jednego kierunku. Ze względu na optymalne warunki pomiaru planowane jest zastosowanie szarodocieniowego detektora CCD.



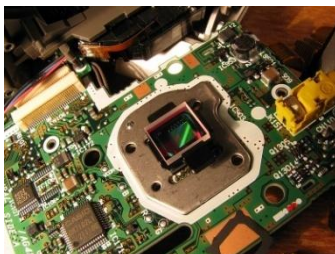
**Rys. 8.1. Wizualizacja czterech systemów kierunkowych do pomiaru ciała człowieka:**  
**A - obiekt pomiarowy w objętości roboczej, B – Detektor CCD,**  
**C – Projektor cyfrowy, D – obudowa i statyw do kierunkowego systemu pomiarowego,**  
**E – komputery PC (jeden komputer obsługuje jeden system kierunkowy)**

System będzie bazował na 3DMADMAC (3D Measurement with Algorithms of Directional Merging And Conversion), czyli kompleksowym systemie skanowania trójwymiarowych obiektów. Opracowane rozwiązanie obejmuje zarówno samo urządzenie jak i oprogramowanie odpowiedzialne za sterowanie i późniejsze przetwarzanie danych. Uniwersalna, modułowa budowa systemu pozwala na jego dowolne konfigurowanie. Dzięki temu można uzyskać różne objętości pomiarowe, dokładności oraz czasy pomiaru dostosowane do konkretnego obiektu. Pomiar bazuje na metodach optycznych, co umożliwia jednoczesną akwizycję tekstury obiektu, którą można nałożyć na uzyskaną siatkę trójkątów reprezentującą geometrię rzeczywistego obiektu.

Proces skanowania przedmiotu składa się z kilku etapów. Na początku obiekt jest ustawiany na stanowisku pomiarowym i projektowane są na niego prążki pochodzące z cyfrowego projektora światła. Struktura tych prążków jest określona w programie sterującym systemem. Moduł pomiarowy zbiera informacje o kształcie obiektu rzeczywistego w postaci sekwencji obrazów. Obiekt jest mierzony w danej chwili z jednego kierunku. W celu uzyskania w pełni trójwymiarowej reprezentacji obiektu musimy wykonać kilka pomiarów z różnych kierunków. Uzyskane chmury punktów z różnych kierunków filtruje się, upraszcza (zbyt duża liczba punktów nie jest wymagana do poprawnego odtworzenia kształtu, a jednocześnie znacznie wydłuża kolejne operacje na chmurze) oraz łączy ze sobą. Proces łączenia chmur jest w dużym stopniu zautomatyzowany. Użytkownik musi jedynie je dopasować. Pozostałą część pracy wykonuje algorytm poprzez iteracyjne dopasowanie chmur. Użytkownik może przerwać proces, gdy uzna wynik dopasowania za satysfakcjonujący. Aby tak przygotowany obiekt mógł zostać



wykorzystany w programie do edycji grafiki 3D chmura punktów musi zostać przekształcona na siatkę trójkątów, czyli poddana triangularyzacji. Cały proces jest całkowicie zautomatyzowany, użytkownik musi jedynie podać parametry wejściowe dla poszczególnych funkcji. Gdy siatka zostanie już wygenerowana użytkownik ma możliwość jej wygładzenia oraz uzupełnienia ewentualnych nieciągłości. Następnie siatka eksportowana jest do jednego z wielu dostępnych formatów plików. Tak przygotowane siatki można wykorzystać do wielu celów, z których najczęstsze to: wizualizacja, medycyna oraz archiwizacja i dokumentacja dzieł sztuki [6].



**Rys. 8.2. Sensor CCD zamontowany w kamerze cyfrowej**

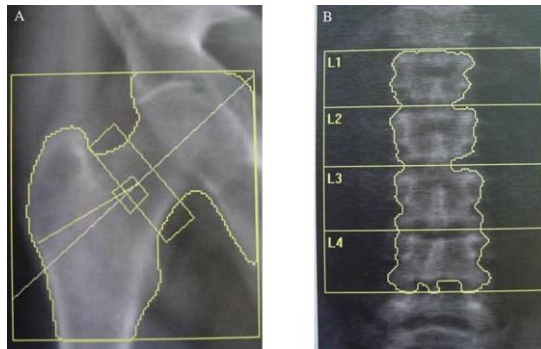
DEXA (dual-energy x-ray absorptiometry) absorpcjometria podwójnej energii promieniowania rentgenowskiego. Obecnie jest dostępnych kilka metod pomiaru gęstości kości. Najczęściej stosowaną techniką jest badanie metodą DEXA. Pozwala na precyzyjne i dokładne zbadanie gęstości kości, zawartości składników mineralnych i wykrycie najmniejszych degenerujących zmian oraz charakteryzuje ryzyko złamania, co pozwala uchronić się przed osteoporozą. W przypadku obniżonej gęstości kości jest wykorzystywana do monitorowania podczas leczenia. Badanie trwa 1–4 minut w czasie, którego mierzona jest gęstość kości biodrowej lub kręgosłupa przy użyciu niskiej dawki promieniowania rentgenowskiego a następnie porównana ze zdrową masą kostną osoby w tym samym wieku. Ryzyko wystąpienia osteoporozy może być ocenione za pomocą metody DEXA znacznie wcześniej i dokładniej niż kiedykolwiek wcześniej [7].

Badanie jest bezpieczne, dawka promieniowania jest 20-krotnie niższa niż przy badaniu rentgenowskim klatki piersiowej. Badanie zaleca się szczególnie pacjentom z wysokimi czynnikami ryzyka osteoporozy:

- kobiety po menopauzie,
- dziedziczna choroba szkieletu, np. krzywica,
- zaburzenia endokrynologiczne i metaboliczne, np. zespół Cushinga, nadczynność tarczycy,
- anoreksja,
- zespół złego wchłaniania,
- mukowiscydoza,
- choroba szpiku kostnego,
- przyjmowanie leków, np. heparyna, kortykosteroidy, metotreksat, tyroksyna.

Do wystąpienia osteoporozy predysponują również:

- bycie kobietą – 6–8 razy częściej chorują na osteoporozę w porównaniu do mężczyzn,
- niedobory wapnia,
- siedzący tryb życia,
- palenie papierosów i nadmierne spożywanie alkoholu,
- choroba w rodzinie,
- niedowaga,
- wczesna menopauza.



**Rys. 8.3. Zdjęcia wykonane podczas densytometrii kostnej**

Systemy kierunkowe będą pracować w innych zakresach spektralnych w celu realizacji jednoczesnych pomiarów kierunkowych. Dodatkowo opracowane i zaimplementowane zostaną algorytmy do przetwarzania danych pomiarowych, tworzenia cyfrowego modelu powierzchni człowieka oraz wyznaczania z niego parametrów anatomicznych do wielu zastosowań. Badania dotyczyć będą dzieci, młodzieży szkolnej, pacjentów poradni chorób kręgosłupa, pacjentów poradni metabolizmu kostnego i osteoporozy.

W części badawczej w zakresie nauk podstawowych badania dotyczyć będą: preparatów anatomicznych w Zakładzie Anatomii Prawidłowej. W zakresie badania budowy i postawy ciała oceniać będziemy jej prawidłowość lub/i odchylenia od normy. Szczególnie ważnym zagadnieniem będzie tu wykrywanie bocznych skrzywień kręgosłupa i innych wad budowy ciała np. wady klatki piersiowej. Będzie to możliwe dzięki nieinwazyjnej detekcji obszarów o parametrach odbiegających od normy. Dla porównania będą stosowane również klasyczne metody oceny postawy. W grupie pacjentów z wykrytymi wadami statyki ciała będziemy śledzić zmiany deformacji (wady postawy).

W trakcie obserwacji w czasie poszukiwać będziemy zależności pomiędzy parametrycznymi wynikami mierzalnych cech charakteryzujących postawę ciała/deformację z zastosowanym sposobem leczenia (zachowawcze/operacyjne) i innymi czynnikami wpływającymi na kształt ciała.

W związku z doniesieniami o związku deformacji kręgosłupa z niską masą kostną zarówno u pacjentów ze skoliozą jak i pacjentów z chorobami metabolicznymi kości w badanej grupie przeprowadzone będą równoległe nieinwazyjne badania ilościowe tkanki kostnej. W przypadkach z obniżonymi wynikami badań ultrasonometrycznych prowadzona będzie dalsza diagnostyka jakościowa i ilościowa układu kostnego.

U wymienionych pacjentów przeprowadzona diagnostyka zostanie rozszerzona o metodę DEXA i ocenę laboratoryjnych markerów metabolizmu kostnego. W grupie pacjentów ze stwierdzonym skrzywieniem kręgosłupa monitorowanie wyników będzie korelowane z wykonywaniem zdjęć rentgenowskich kręgosłupa koniecznych do oceny postępu choroby i kwalifikacji do leczenia. Planowane jest stworzenie stanowiska pomiaru z czterech kierunków w Akademii Medycznej w Warszawie z możliwością przebudowy na cztery systemy kierunkowe do badań w terenie. System wyposażony zostanie w bazę danych umożliwiającą składowanie wyników pomiarów i możliwość pracy zdalnej (z pomiarów w szkołach na terenie województwa Mazowieckiego). W ramach projektu planowany jest pomiar ponad 20 000 osób, z czego część będzie badana systemem stacjonarnym w Akademii Medycznej w Warszawie, a reszta ze wspomaganiami techniki telemedycznej. W trybie pracy telemedycznej będzie możliwość wysłania parametrów anatomicznych oraz pomniejszonego zdjęcia pacjenta w trybie on-line, a kompletne dane pomiarowe będą uzupełniały bazę off-line po powrocie do centrali, lub będą przesyłane za pośrednictwem bezpiecznego połączenia z bazą danych.

Oczekiwane parametry prototypu projektowanego systemu:

- objętość pomiarowa:  $2 \times 1.5 \times 1.5 \text{ m}^3$ ,
- niepewność pomiaru: 0.4mm,
- czas akwizycji danych pomiarowych jednego pacjenta: 0,25 sekundy,
- maksymalna liczba punktów pomiarowych: 4 miliony,
- mobilność systemu: system kierunkowy będzie pakowany do pudła  $2 \times 1 \times 1 \text{ m}^3$  (możliwość transportu samochodem kombi i większym),
- wynik pomiaru: chmura punktów (x, y, z, intensywność),
- wynik analizy: chmura punktów lub siatka trójkątów z teksturą, opracowane i zaimplementowane parametry anatomiczne,
- szacunkowa wydajność pomiaru: dla jednego systemu przenośnego około 1000 osób tygodniowo.

Aktualnie nie istnieją systemy przenośne, które w sposób efektywny realizowałyby pomiar ciała człowieka oraz automatyczną analizę wyników do badań przesiewowych dzieci oraz rehabilitacji i jej monitorowania.

W wyniku realizacji badań stosowanych opracowane zostaną, jako efekt końcowy:

- system pomiaru kształtu bazujący na cyfrowej projekcji rastra (prążków sinusoidalnych i kodów Gray'a),

- automatyczny system kalibracji wielu układów pomiarowych do pomiarów ciała człowieka z wielu kierunków,
- koncepcja wyznaczania i algorytmy automatycznej analizy ciała człowieka celu wyznaczania parametrów anatomicznych,
- koncepcja, metoda i wyznaczanie wad postawy z parametrów anatomicznych,
- koncepcja, metoda i ocena postępów leczenia i rehabilitacji na podstawie zmian parametrów anatomicznych,
- opracowanie i implementacja bazy danych pomiarów umożliwiającej pracę telemedyczną,
- opracowanie i implementacja klienta zdalnego do bazy danych,
- testowe pomiary wybranej grupy dzieci weryfikujące poprawność opracowanej koncepcji pomiaru i analizy w warunkach badań przesiewowych,
- testowe pomiary wybranej grupy pacjentów z chorobami metabolicznymi kości (np. osteoporoza) weryfikujące poprawność opracowanej koncepcji pomiaru i analizy,
- testowe pomiary wybranej grupy pacjentów ze skrzywieniem kręgosłupa weryfikujące poprawność opracowanej koncepcji pomiaru i analizy w odniesieniu do wyników badania rentgenowskiego, które zostało wykonane w ramach porady lekarskiej w poradni chorób kręgosłupa.

W wyniku realizacji badań rozwojowych, jako efekt końcowy projektu opracowane zostaną:

- koncepcja i algorytmy automatycznego pomiaru kształtu powierzchni ciała człowieka,
- koncepcja i metoda automatycznej kalibracji wielu systemów kierunkowych,
- koncepcja wyznaczania i algorytmy automatycznej analizy ciała człowieka celu wyznaczania parametrów anatomicznych,
- koncepcja, metoda i wyznaczanie wad postawy z parametrów anatomicznych,
- koncepcja, metoda i ocena postępów rehabilitacji na podstawie zmian parametrów anatomicznych,
- opracowanie i implementacja bazy danych pomiarów umożliwiającej pracę telemedyczną,
- opracowanie i implementacja klienta zdalnego do bazy danych,
- testowe pomiary wybranej grupy dzieci weryfikujące poprawność opracowanej koncepcji pomiaru i analizy.

Kod Graya, zwany również kodem refleksyjnym, jest dwójkowym kodem bezwagowym niepozycyjnym, który charakteryzuje się tym, że dwa kolejne słowa kodowe różnią się tylko stanem jednego bitu. Jest również kodem cyklicznym, bowiem ostatni i pierwszy wyraz tego kodu także spełniają w/w zasadę. Kodem Graya długości  $n$  jest ciąg wszystkich  $2^n$  różnych ciągów  $n$  cyfr  $\{0,1\}$ , ustawionych tak, że dwa kolejne ciągi cyfr różnią się dokładnie jedną z nich. Używa się go w przetwornikach analogowo-cyfrowych, szczególnie

w systemach gdzie występują po sobie kolejne wartości, np. czujniki położenia/obrotu. Kodów Graya można używać do etykietowania pojedynczych procesorów w sieci będącej hiperkostką [8].

Analizy zgodności przeprowadzonych pomiarów z badaniami klasycznymi i radiologicznymi przeprowadzonymi na wybranych grupach pacjentów z chorobami kręgosłupa i chorobami metabolizmu kostnego weryfikujące poprawność opracowanej koncepcji pomiaru i analizy.

Analizy zgodności przeprowadzonych pomiarów z badaniami klasycznymi na wybranych aparatach anatomicznych weryfikujące poprawność opracowanej koncepcji pomiaru i analizy.

Opracowany system pozwoli na rozpoczęcie wielokierunkowych badań medycznych. Wśród najważniejszych wymieniły należy:

- nieinwazyjne badania przesiewowe dzieci w całej Polsce pod kątem wad statyki ciała, co mieści się w zakresie priorytetów wstępnego ramowego Narodowego Programu Zdrowia na najbliższe lata, ze względu na pogarszającą się sytuację w społeczeństwie polskim pod tym względem,
- badania osób z chorobami metabolicznymi kości pod kątem nieinwazyjnego wykrywania deformacji ciała w ich przebiegu,
- badania nieinwazyjne wspomagające wczesną diagnostykę i monitorowanie postępu leczenia lub/i rehabilitacji skrzywień kręgosłupa,
- badania morfologiczne z możliwością tworzenia trójwymiarowych modeli wspomagających proces dydaktyczny i badania w anatomii prawidłowej [9,10].

#### **8.4. Przebieg badań w ramach systemu**

Badania wad statyki ciała u dzieci objęte są specjalnym zainteresowaniem w ramowym projekcie Narodowego Programu Zdrowia na lata 2006-2015. Problematyka ta stanowi też element interesujący dla starzejącego się społeczeństwa. Projekt ma za zadanie również dostosować metodykę badawczą do dalszego ograniczenia stosowania promieniowania rentgenowskiego w diagnostyce ortopedycznej. W projekcie zespół wykonawców planuje wykorzystać cztery moduły pomiarowe. Każdy z nich będzie dokonywał pomiaru we wspólnym układzie współrzędnych po przeprowadzeniu procesu kalibracji. W metodzie pomiaru należy oświetlić obiekt sekwencją obrazów rastrowych i pobrać je detektorem CCD i wyznacza kształt powierzchni ciała. Optymalne warunki pomiaru będą uzyskane przez zastosowanie szarodcieniowego detektora CCD. Dodatkowo opracowane i zaimplementowane zostaną algorytmy do przetwarzania danych pomiarowych, tworzenia cyfrowego modelu powierzchni ciała człowieka oraz wyznaczania z niego parametrów anatomicznych do wielu zastosowań.

Badania dotyczyć będą osób w różnych grupach wiekowych, w tym dzieci i młodzieży szkolnej, pacjentów poradni chorób kręgosłupa, pacjentów poradni metabolizmu kostnego i osteoporozy. Badania dotyczyć będą również

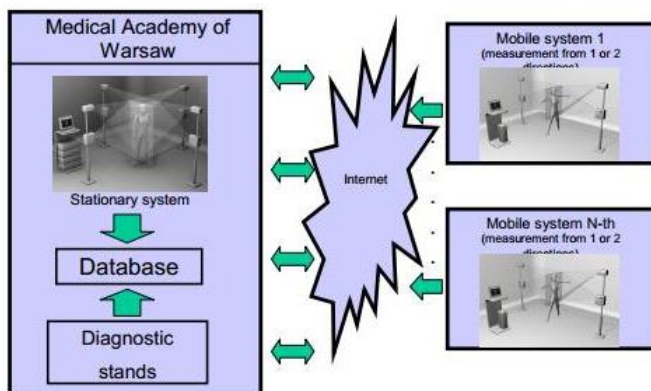
preparatów anatomicznych. W zakresie badania budowy i postawy ciała oceniać będziemy jej prawidłowość lub/i odchylenia od normy. Szczególnie ważnym zagadnieniem będzie tu wykrywanie bocznych skrzywień kręgosłupa i innych wad budowy ciała np. wad klatki piersiowej. Dla porównania będą stosowane również klasyczne metody oceny postawy.

W grupie pacjentów z wykrytymi wadami statyki ciała będziemy śledzić zmiany deformacji w czasie (wady postawy). W trakcie obserwacji poszukiwać będziemy zależności pomiędzy cechami charakteryzującymi postawę ciała/ deformację ze sposobem leczenia i innymi czynnikami wpływającymi na kształt ciała. W badanej grupie przeprowadzone będą równoległe nieinwazyjne badania ilościowe tkanki kostnej, a u pacjentów ze skrzywieniem kręgosłupa podjęta będzie próba skorelowania badania 3D z radiologicznym. Badania będą prowadzone zarówno systemem stacjonarnym, jak i przenośnym.

Zautomatyzowany system telemedyczny będzie służył do badań w odległych placówkach służby zdrowia pod nadzorem specjalistów centrum diagnostycznego. System wyposażony zostanie w bazę danych umożliwiającą składowanie wyników pomiarów.

W ramach projektu planowany jest pomiar ponad 20000 osób, w tym pacjentów, z czego część będzie badana systemem stacjonarnym w Akademii Medycznej w Warszawie, a reszta ze wspomaganiami techniki telemedycznej.

Wykorzystanie wyników pomiarów obejmie też obszar projektowania zaopatrzenia ortopedycznego. Dotychczas opracowane metody nie pozwalały jak dotąd na trójwymiarowe badanie całego ciała, w przypadkach wad statyki ciała, nie były również zautomatyzowane i nie pozwalały na telediagnostykę. Do sprawowania nadzoru zdalnego nad postępem monitorowanej rehabilitacji wykorzystany zostanie system internetowych wideokonferencji rehabilitacyjnych.



Rys. 8.4. Działanie systemu

## Wnioski

Telemedyczny, zautomatyzowany system trójwymiarowego pomiaru, analizy, wykrywania, monitorowania i leczenia wad oraz deformacji budowy ciała człowieka spełnia główne założenia telemedycyny. Z biegiem czasu będzie odgrywał coraz większą rolę o znaczeniu ogólnozdrowotnym i społecznościowym.

Aktualnie nie istnieją systemy przenośne, które w sposób efektywny i zdalny realizowałyby pomiar ciała człowieka oraz automatyczną analizę wyników do badań przesiewowych dzieci oraz monitorowania leczenia i rehabilitacji. Proponowane w projekcie rozwiązanie ze względu na pełną automatyzację procesu pomiaru i obróbki danych nie ma swojego odpowiednika na świecie do zastosowań w telemedycznych badaniach przesiewowych dzieci.

## Bibliografia:

- [1] *Telemedicine: Medicine and Communications* pod redakcją Thorsten M. Buzug, Heinz Handels, Dietrich Holz
- [2] <http://www.teleorto.pl/index.php/pl/telemedycyna> [02.2015]
- [3] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Telemedycyna> [02.2015]
- [4] [http://ares.21sp.lublin.pl/3/inne/wady\\_postawy.htm](http://ares.21sp.lublin.pl/3/inne/wady_postawy.htm) [02.2015]
- [5] Korniszewski L.: *Dziecko z zespołem wad wrodzonych*. Diagnostyka dysmorfologiczna. PZWL 1994
- [6] <http://www.optyczne.pl/98-s%C5%82ownik-CCD.html> [02.2015]
- [7] [http://www.medical-diagnosis.co.uk/pl/static/dexa\\_pl.aspx](http://www.medical-diagnosis.co.uk/pl/static/dexa_pl.aspx) [02.2015]
- [8] *Essentials of Skeletal Radiology*. Terry R. Yochum, Lindsay J. Rowe
- [9] <http://teleposture.eu/pdf/JBiomedOpt14.pdf> [02.2015]
- [10] <http://teleposture.eu/pdf/Analysis%20of%204D%20markerless%20surface%20measurement%20for%20medical%20applications.pdf> [02.2015]
- [11] <http://teleposture.eu/indexf3e6.html?p=intro&l=pl> [02.2015]

## 9. Możliwości wykorzystania chmury danych w telemedycynie

### Wstęp

Wielka chmura obliczeniowa coraz niżej wisi nad naszymi komputerami. Specjaliści od marketingu i komputerowi „guru” uwielbiają używać fantazyjnych nazw dla nowych technologii i utrudniać tym samym zrozumienie użytkownikom, o co naprawdę chodzi. *Cloud computing*, czyli chmura obliczeniowa, to właśnie wzorowy przykład takiego postępowania. Nawet modyfikacje tego określenia (np. Komputer w chmurze) nie pozwalają się domyślić, o co chodzi. Nie zmienia to jednak faktu, że z chmurą obliczeniową mamy do czynienia już teraz, a w najbliższej przyszłości z tej technologii będziemy korzystać niemal nieustannie [21]. Outsourcing danych medycznych zapewne rozpowszechni się po 1 sierpnia 2014 roku, kiedy wejdą w życie przepisy dotyczące elektronicznej dokumentacji medycznej [22]. Dostępny permanentnie, a więc będący wiecznie online rekord medyczny jest jednym z głównych powodów użycia technologii *cloud computing* dla większości uczestników i dostawców rynku ochrony zdrowia. Zgodnie z ostatnią poprawką do regulacji prawnej HIPAA, dostawcy usług chmurowych są obecnie zobowiązani do przestrzegania tego prawa podobnie jak obsługiwani przez nich klienci (szpitale, przychodnie etc). To obejmuje w szczególności gwarancję szyfrowania i bezpiecznego backupu włączając w to weryfikacje odtwarzalności systemu, a także uruchomionej kontroli dostępu opartej na zdefiniowanych uprawnieniach do danych. Poza chmurą spełnienie tych wymagań jest zdecydowanie trudniejsze [23]. Wdrożenie systemu zbudowanego w postaci chmury publicznej jest bardzo proste. Po podpisaniu umowy na dostarczenie systemu otrzymujemy jedynie zestaw danych do logowania się użytkowników. Cały system działa u dostawcy, więc w ośrodku nie przeprowadzamy żadnych modernizacji ani dodatkowych inwestycji. Producent systemu organizuje szkolenie pracowników, po którym całość rozwiązania jest gotowa do pracy. Za wykorzystanie systemu pobierana jest najczęściej opłata abonamentowa [14].

### 9.1. Koncepcja chmury, jako technologii informatycznej

Przetwarzanie w chmurze (cloud computing) to nic innego, jak przetwarzanie naszych danych zdalnie. Oznacza to, że w momencie, w którym korzystamy z chmury, nasz komputer (lub urządzenie mobilne) otrzymuje wyłącznie efekt końcowy dużo bardziej złożonego przetwarzania danych. Chmura była z nami obecna od bardzo dawna, ale dopiero od paru lat zaczęto tak nazywać wszystkie usługi, z którymi łączymy się za pomocą Internetu [6].

---

<sup>1</sup> Koło naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> mgr inż., Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych





**Rys 9.1. Schemat strukturalny chmury [7]**

Historia chmury sięga lat 60. XX wieku, kiedy próbowano zbudować urządzenie, które byłoby zdolne do obsługi kilkuset użytkowników jednocześnie. Jego twórcy zamierzali stworzyć jedną, rozbudowaną maszynę, która dostarczyłaby mocy obliczeniowej wszystkim mieszkańcom jednego miasta, co po pewnych przekształceniach częściowo udało się zrealizować [5].

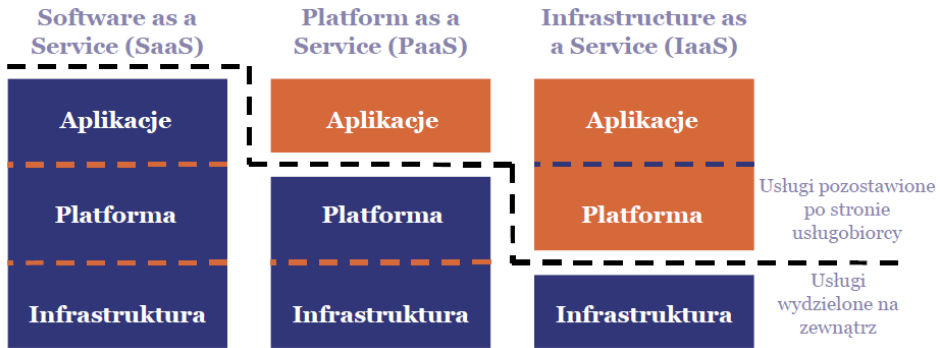
Pod koniec lat 60. XX wieku pojawiła się idea „intergalaktycznej sieci komputerowej”, autorstwa J. C. R. Licklidera. Jego wizja była zbieżna z tym, co dziś nazywamy *cloud computingiem*. Badacz wyobrażał sobie, że wszyscy mieszkańcy kuli ziemskiej mają dostęp do programów i danych z dowolnego miejsca na świecie, dzięki łączeniu się z rozległą siecią. Innym naukowcem, któremu przypisuje się stworzenie idei *cloud computingu* był John McCarthy. Przedstawił on wizję mocy obliczeniowej, która byłaby powszechnie dostępna i świadczona tak, jak usługi biurowe [5].

Z punktu widzenia użytkowników rozwiązanie to ma wiele zalet – nie wymaga inwestowania w sprzęt, instalowania oprogramowania i zakupu licencji, zmniejsza koszty użytkowania aplikacji, zapewnia dostęp do zgromadzonych danych z każdego komputera z dostępem do sieci. Nie dziwi, więc jego rosnąca popularność i coraz większa powszechność. Choć niewiele osób zdaje sobie z tego sprawę, już dziś większość użytkowników Internetu ma z chmurą do czynienia, na co dzień, np. korzystając z Gmail, Google Drive czy popularnych aplikacji do przechowywania zdjęć lub innych danych (np. Picassa). Gwałtownie rozwija się również rynek aplikacji biznesowych dostępnych w chmurze, takich jak np. pakiet Business Productivity Services Suite firmy Microsoft [4].

## 9.2. Model chmury

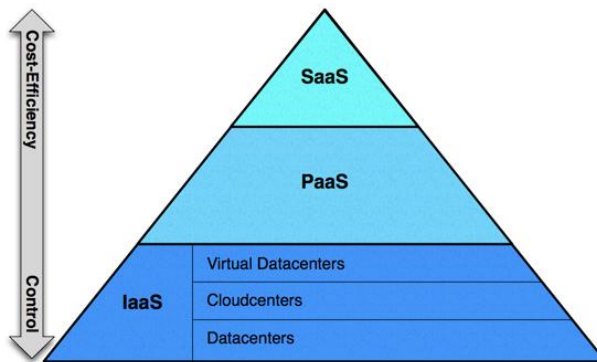
Najpopularniejszy wśród specjalistów teoretyczny model opisu chmury jest określany, jako SPI lub IPS - jest to skrót kilku rodzajów usług, które są uznawane za podstawę wdrożenia chmury: IaaS (*Infrastructure as a Service*), PaaS (*Platform as a Service*), DaaS (*Desktop as a Service*) i SaaS (*Software as a Service*) - tworzony w tej lub odwrotnej kolejności:

- *Usługa IaaS* dostarcza środowiska do przetwarzania i przechowywania danych (serwery, pamięci masowe, zapory sieciowe, mechanizmy równoważenia obciążeń, urządzenia, łącza sieciowe itp.) [2]. Większość dostawców tej usługi dostarcza kompletne platformy przetwarzania dla maszyn wirtualnych użytkowników. Obejmuje to: system operacyjny, pamięć masową, pamięć operacyjną i moc przetwarzania. Przedsiębiorca korzystający z tej usługi płaci tylko za to, z czego korzysta. Oznacza to niewątpliwą korzyść dla budżetu firmy [1];
- *Usługa PaaS* obejmuje infrastrukturę sprzętową, czyli IaaS, oraz oprogramowanie *middleware* zarządzane przez usługodawcę [2]. Dzięki temu w kręgu zainteresowania klienta pozostały już tylko kwestie oprogramowania aplikacyjnego, czyli krótko mówiąc - programy, z których korzystają klienci. Początkowo PaaS miał uwolnić administratorów od myślenia kategoriami pojedynczych serwerów, stopniowo model ten ewoluował do koncepcji „prywatnych chmur”, gdzie wszystkie zasoby – pamięć, moc obliczeniowa, przestrzeń dyskowa, aplikacje – mają postać dynamicznie zmieniających się parametrów, administrowanych bezpośrednio przez klienta. Jeśli dołożymy do tego wirtualne pulpity – *DaaS (Desktop as a Service)*, to otrzymamy skalowalną infrastrukturę, która może zmieniać się z godziny na godzinę. Pozwala to optymalizować wykorzystanie zasobów również w aspekcie ekonomicznym, gdyż płacimy tylko za to, co aktualnie określimy, jako aktywny zasób [3]. Przykładami takich usług mogą być Google App Engine czy Microsoft Windows Azure [1];
- *Usługa SaaS* to najbardziej zaawansowane i skomplikowane rozwiązanie oferowane w modelu *cloud computing*, które polega na zdalnym dostarczaniu aplikacji potrzebnych firmom. W skład systemu SaaS wchodzi warstwy IaaS i PaaS [2]. Oprogramowanie tego typu nie korzysta z zasobów obliczeniowych lokalnych i nie musi być instalowane u użytkownika końcowego. Przedsiębiorca, klient, zakłada konto na jednej, dużej instancji oprogramowania, która pracuje w wirtualizowanej infrastrukturze. Przykładem takich usług mogą być Microsoft Business Productivity Suite, Google Mail czy Salesforce.com [1].



Rys 9.2. Sposób wykorzystania usług dla poszczególnych modeli chmury [12]

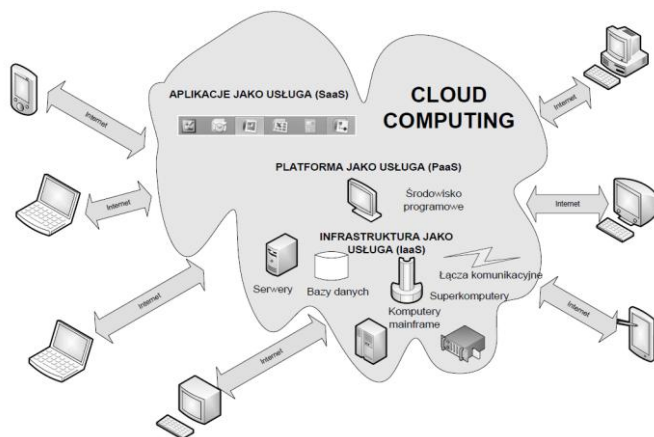
Wymienione modele usług informatycznych — IaaS, PaaS, DaaS, SaaS powstały zanim *cloud computing* zyskał dzisiejszą popularność i były realizowane innymi środkami i na mniejszą skalę [3]. Ten względnie prosty, teoretyczny podział na warstwy systemu *cloud* zaczyna się ostatnio coraz bardziej zacierać. Większość dostawców usług rozszerza bowiem ich zakres, starając się dopasować ofertę do zróżnicowanych potrzeb i wymagań potencjalnych klientów [2].



Rys 9.3. Wizualizacja różnych wariantów usług bardzo wyraźnie pokazuje zależność pomiędzy kosztem wdrożenia danego rozwiązania a zakresem kontroli nad nim [8]

Dostawcy SaaS coraz częściej wspierają użytkowników, którzy chcą tworzyć i uruchamiać własne aplikacje (model PaaS). Natomiast dostawcy IaaS zwiększają liczbę narzędzi oferujących funkcje ułatwiające korzystanie i zarządzanie systemem, a więc wchodzą w obszar definiowany, jako PaaS, a coraz częściej wprowadzają też do oferty niektóre standardowe aplikacje, ewoluując w kierunku usług typu SaaS. W efekcie pojawiło się też nowe określenie "managed IaaS" (zarządzana infrastruktura, jako usługa) [2].

Praktycznymi przykładami tej tendencji mogą być Amazon i Salesforce, a więc firmy będące chyba najbardziej znanymi dostawcami usług IaaS i SaaS. Amazon zaczął ostatnio rozszerzać swoją ofertę o dodatkowe funkcje i usługi, które mają charakter PaaS. Są to np.: RDS do zarządzania bazami danych, funkcje zabezpieczania zdalnego dostępu do aplikacji, wirtualne chmury prywatne umożliwiające separację aplikacji w centrach danych wykorzystujących Amazon Web Services (AWS) oraz narzędzia CloudFormation do zarządzania aplikacjami. Natomiast Salesforce zamierza wprowadzić usługę PaaS opartą na rozwiązaniach przejętych z firmą Heroku i wykorzystującą technologie Ruby on Rails oraz wsparcie dla Java [2].



**Rys 9.4. Model funkcjonalny chmury obliczeniowej [1]**

Z chmurą związany jest też model usługi DaaS (*Data as a service*). Dane przechowywane są zwykle w postaci: *plik + lokalizacja + protokół dostępu* i mogą być oferowane w postaci wirtualnych systemów plików (*filesystem*) lub wirtualnych dysków. Taki wirtualny zasób może być dostępny przez wiele różnych urządzeń (komputer, smartfon, tablet), zaś użytkownik postrzega je tak samo jak lokalny zasób. Jedną z cech „chmury” jest redundantny zapis, dzięki któremu dane stają się teoretycznie „niezniszczalne”. Ale taki efekt dałaby również kilkustopniowa replikacja i bardzo często komercyjne „chmury” są tylko wygodną dla administratora formą takiej replikacji. „Prawdziwa chmura” ma jeszcze inne własności, a mianowicie własną „geografię”, która służy do lokalizowania zasobów w punktach najlepiej dostępnych dla klienta. Przy słabych łączach pomiędzy węzłami „chmury” chodzi rzeczywiście o lokalizację fizycznie bliższą użytkownikowi. Jednak szybkie sieci szkieletowe i dynamiczna konfiguracja połączeń mogą spowodować, że „bliższa” będzie maszyna pracująca na drugiej półkuli niż w sąsiednim mieście. „Odległość” w chmurze jest, bowiem mierzona czasem dostępu [3].

W odniesieniu do danych „chmura” uwalnia nas od problemów związanych z kopiowaniem potrzebnych danych z urządzenia na urządzenie, co bardzo często kończy się problemami z identyfikacją aktualnych kopii i ich synchronizacją. Teoretycznie taką synchronizację zapewnia cała paleta różnych narzędzi informatycznych, ale w praktyce prędzej, czy później dochodzi do „rozjeżdżania się” wersji zlokalizowanych na różnych urządzeniach. Chmura rozwiązuje ten problem definitywnie. Ma ona jednak swoje ograniczenia. Dostęp do dużej liczby obszernych plików, nawet przy bardzo dobrych połączeniach, jest nieporównanie wolniejszy niż do takich samych plików na lokalnym urządzeniu. Jest to też jeden z najbardziej kosztownych sposobów przechowywania danych. Oczywiście dostawcy zachęcają do używania wirtualnych zasobów, dając na początek darmową przestrzeń w chmurach – jest ona jednak relatywnie niewielka, zaś każde jej powiększenie jest kosztochłonne [3].

### 9.3. Obszary zastosowania chmur

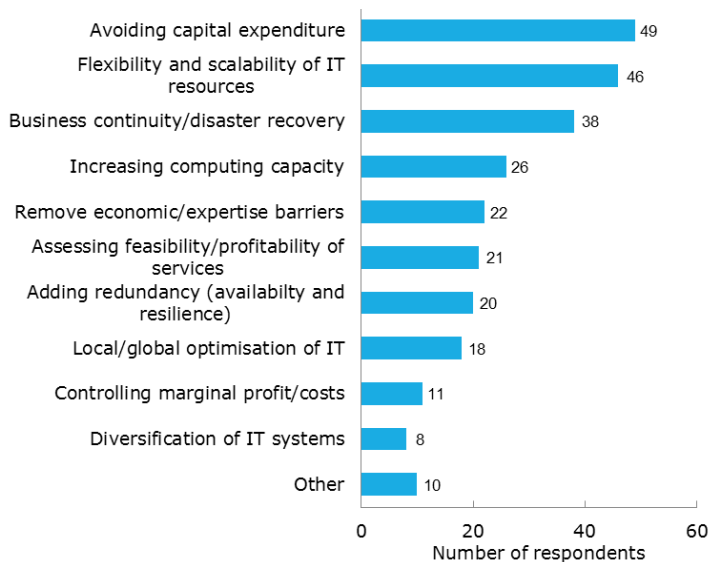
Ankiety pokazują, że większość użytkowników Internetu korzysta z chmury obliczeniowej w formie usług poczty internetowej, a nieco mniej korzysta z aplikacji internetowych do dzielenia się treści. Dla konsumentów głównymi zaletami chmury są wygoda, elastyczność, zmniejszone koszty, łatwość korzystania, możliwość dzielenia się treścią, usprawniony dostęp do informacji i treści internetowych, automatyczne utrzymanie i aktualizowanie oraz potencjalnie większe bezpieczeństwo [9].

**Tab. 9.1. Przykłady korzyści z przetwarzania w chmurze dla konsumentów [10]**

Zgoda	Ogółem	Mężczyźni	Kobiety	18–34	35–54	55+
Naprawdę przydatna byłaby możliwość dostępu do moich plików lub danych z każdego miejsca i urządzenia, nie tylko w domu	37%	38%	35%	46%	35%	29%
Korzystałbym z „chmury” tylko do tworzenia zapasowej kopii plików lub danych przechowywanych już na moim komputerze lub twardym dysku	29%	30%	28%	32%	29%	26%
Oczekiwałbym, że „chmura” zmniejszy moje ogólne koszty przetwarzania	21%	26%	17%	27%	19%	16%

Dla przedsiębiorstw największą zaletą jest uniknięcie wydatków kapitałowych na IT oraz możliwość dostosowywania wielkości zasobów IT; oznacza to mniejsze bariery wejścia, szybsze wprowadzanie nowych produktów na rynek oraz możliwość wsparcia tworzenia innowacyjnych MŚP.

Przedsiębiorstwa mogą również efektywniej ze sobą współpracować dzięki zarządzaniu projektami i usługom współpracy w chmurze. Ponadto przedsiębiorstwa mające innowacyjne pomysły mogą wykorzystać infrastrukturę dostawców chmury do opracowywania różnych aplikacji oraz dostarczania oryginalnych usług i produktów konsumentom, przedsiębiorstwom i administracji [9].



**Rys.9.5. Przyczyny wykorzystywania chmury obliczeniowej przez przedsiębiorstwa [11]**

Te same zalety w postaci zmniejszenia kosztów, z jakich korzystają przedsiębiorstwa, odnoszą się do organów publicznych, ale może ona odnieść korzyści z technologii chmury dzięki poprawie, jakości i innowacji w ramach usług e-administracji, jakie zapewnia obywatelom i przedsiębiorstwom – usług, które mogą zmniejszyć obciążenia administracyjne obywateli i przedsiębiorstw. Istnieją już przykłady administracji publicznej, zarówno na szczeblu lokalnym, jak i krajowym, która przyjęła lub planuje przyjąć usługi oparte na chmurze, a coraz więcej rządów rozwija wszechstronne strategie dotyczące chmur obliczeniowych [9].

#### **9.4. Chmury w medycynie**

Większość placówek opieki zdrowotnej ma wdrożone systemy informatyczne o różnym stopniu rozwoju i zaawansowania. Mają jednak wspólną cechę. Prawie wszystkie podporządkowane są zewnętrznym uwarunkowaniom, tj. rozliczeniom z NFZ [14]. Istnieje szansa na zmianę tego stanu rzeczy, gdyż od 1 sierpnia 2014 r. wszedł w życie obowiązek prowadzenia dokumentacji medycznej w postaci elektronicznej. Zmienia to zasadniczo optykę spojrzenia na

funkcjonalność systemów informatycznych. Powinna, bowiem ogniskować się wokół procesu leczenia pacjenta i wspomagać ten proces. Problemem może być jednak oferta producentów oprogramowania. Obecnie ich systemy bazują na własnych modelach, które niekoniecznie oddają poprawnie procesy zachodzące w placówkach medycznych. Systemy te dopracowywano w czasie różnych wdrożeń, jednak w większości przypadków nie uzyskały do dziś optymalnego kształtu [14].

#### **9.4.1. Konstrukcja system informatycznego w placówce medycznej**

Nowoczesny system informatyczny w placówce medycznej powinien obejmować wszystkie obszary funkcjonalne. Obszary te można podzielić na dwie grupy (podział ten jest używany również przez producentów oprogramowania medycznego) – część „biała” i część „szara” (por. tab.9.2) [14].

Część „biała” obejmuje najczęściej swoim działaniem wszystkie komórki bezpośrednio związane z medycyną (oddziały, poradnie, pracownie, rejestracja, apteka i inne komórki medyczne). Część „szara” związana jest natomiast z administracyjną sferą funkcjonowania placówki medycznej (księgowość, kadry, płace, zaopatrzenie, zarząd, rozliczanie usług itp.) [14].

Dowolność rozwiązań stosowanych przez producentów w poważnym stopniu ogranicza konkurencyjność i prowadzi najczęściej do uzależnienia placówki od jednego dostawcy oprogramowania. Żeby mieć kompleksowy system informatyczny, placówka opieki zdrowotnej musi go de facto kupić od jednego producenta [14].

Jednym z modeli chmury obliczeniowej, który może okazać się szczególnie istotny dla publicznej opieki medycznej jest model „chmur sfederowanych” – sposób zarządzania spójnością i kontrolą dostępu w sytuacji, gdy dwie lub więcej geograficznie rozdzielone chmury współdzielą uwierzytelnianie, pliki, zasoby obliczeniowe, zarządzanie i kontrolę lub dostęp do zasobów pamięci. Takie rozwiązanie może odgrywać szczególnie istotną rolę w zapewnianiu współpracy między różnymi narodowymi usługami chmury obliczeniowej różnych państw członkowskich [9].

Rozwiązania informatyczne, które wymagają niezawodnego, trwałego i wysoce wydajnego zapisu danych np. bazy danych SQL mogą być wdrażane na bazie Oktawave Volume Storage (OVS). W ramach OVS udostępniane są wolumeny dyskowe, które mogą być wykorzystywane przez instancje wirtualne z gwarancją wydajności operacji zapisu i odczytu (IOPS) zgodnie z jednym z trzech wybranych przez klienta standardów Tier-1 (1000 IOPS), Tier-2 (50000 IOPS) oraz Tier-3 (100000 IOPS). Wolumen OVS może być w przeniesiony do innej klasy wydajności, gwarantując odpowiedni poziom operacji zapisu i odczytu danych dla aktualnego obciążenia systemu [16].

Częścią planu informatyzacji placówek medycznych jest również wdrożenie samoobsługowego portalu umożliwiającego chorym rejestrację oraz rezerwację wizyt. W tle pojawia się również perspektywa udostępniania pacjentom wyników

badan i dokumentacji medycznej przez Internet. Dzięki API programistycznemu Oktawave, serwisy internetowe mogą być łatwo integrowane z usługami i aplikacjami medycznymi uruchamianymi w chmurze [17].

**Tab. 9.2. Przykładowy podział funkcjonalny szpitalnego systemu informatycznego [14]**

Przykładowy podział funkcjonalny szpitalnego systemu informatycznego	Przykładowy podział funkcjonalny szpitalnego systemu informatycznego
Część „szara”	Część „biała”
<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ księgowość</li> <li>▶ gospodarka magazynowa i ewidencja środków trwałych</li> <li>▶ kadry i płace</li> <li>▶ zaopatrzenie i zamówienia publiczne</li> <li>▶ system obiegu dokumentów (kancelaria, obieg dokumentów formalnych)</li> <li>▶ archiwum (obsługa archiwizacji dokumentacji medycznej)</li> <li>▶ rozliczenia (przygotowanie danych rozliczeniowych oraz dokumentów niezbędnych do rozliczenia usług)</li> <li>▶ moduły obejmujące szeroko rozumiane mechanizmy wspomagające analitykę, planowanie i zarządzanie</li> <li>▶ nadzór i utrzymanie ruchu obiektu (dział techniczny, komórki techniczne, konserwacja, nadzór, ewidencja urządzeń i wyposażenia)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▶ ruch chorych (przyjęcie, ewidencja pobytu pacjenta na różnych oddziałach, wypis pacjenta)</li> <li>▶ rejestracja</li> <li>▶ poradnia i gabinet (ewidencja zdarzeń medycznych w poradni)</li> <li>▶ oddział (ewidencja zdarzeń medycznych w czasie pobytu pacjenta w oddziale)</li> <li>▶ blok operacyjny (plan operacyjny, opisy zabiegów, rozliczanie znieczuleń)</li> <li>▶ stacja dializ</li> <li>▶ apteka i apteczka oddziałowa (zamówienia i dostawy leków, dystrybucja leków na oddziały, receptariusz szpitalny, zamówienia leków z komórek)</li> <li>▶ dokumentacja medyczna (tworzenie dokumentacji medycznej w różnych komórkach medycznych najczęściej na bazie zdefiniowanych formularzy)</li> <li>▶ laboratorium (rejestracja badań, automatyczne przygotowywanie wyników badań poprzez dane uzyskiwane z urządzeń laboratoryjnych)</li> <li>▶ pracownie diagnostyczne (RTG, USG, EKG itp.)</li> <li>▶ zakład histopatologii</li> <li>▶ żywienie (opracowanie diet, zarządzanie posiłkami)</li> <li>▶ zlecenia (zlecenia z różnych komórek na badania, zlecenia podania leków)</li> <li>▶ centralna sterylizatornia</li> </ul>

#### 9.4.2 Wykorzystanie chmur w służbie zdrowia

Głównym celem wprowadzenia w placówkę medycznych systemu opartego na chmurze obliczeniowej jest zapewnienie wsparcia dla procesu leczenia. Usprawnienie pracy personelu, przyspieszenie przepływu informacji i zapewnienie integralności danych medycznych ma bezpośredni wpływ, na jakość świadczonych usług, dlatego wdrażany system informatyczny powinien obejmować takie aspekty jak [14, 15]:

- zapewnienie personelowi medycznemu łatwego dostępu do historii choroby pacjenta,
- przypominanie o zadaniach,
- wsparcie decyzji w zakresie ordynacji leków.
- zachowanie integralności i wiarygodności dokumentacji,



- stały dostęp do dokumentacji dla osób uprawnionych oraz zabezpieczenie przed dostępem,
- osób nieuprawnionych,
- identyfikację osoby udzielającej świadczeń zdrowotnych i rejestrowanych przez nią zmian,
- udostępnienie, w tym przez eksport w postaci elektronicznej dokumentacji albo części dokumentacji,
- będącej formą dokumentacji określonej w rozporządzeniu, w formacie XML i PDF,
- eksport całości danych w formacie XML, w sposób zapewniający możliwość odtworzenia,
- tej dokumentacji w innym systemie teleinformatycznym,
- wydrukowanie dokumentacji w formach określonych w rozporządzeniu.

Chociaż większość z polskich szpitali ma systemy informatyczne, które rejestrują dane medyczne pacjentów, rzadko zdarza się, aby były zintegrowane z innymi systemami zewnętrznymi. Ich przebudowa musi nastąpić na większości pól. Należy, bowiem wziąć pod uwagę zalecenia Komisji Europejskiej i Europejskiej Agencji Cyfrowej (Komunikat Komisji Do Parlamentu Europejskiego, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów Bruksela z 19 maja 2010 r. KOM (2010) 245 – wersja ostateczna). Agenda zakłada, że do 2015 r. państwa członkowskie UE podejmą działania pilotowe w celu umożliwienia Europejczykom bezpiecznego dostępu przez Internet do swoich danych medycznych oraz osiągnięcie do 2020r. powszechnego dostępu do usług telemedycznych. W 2012r., zgodnie z zaleceniami KE, kraje członkowskie powinny uzgodnić minimalny wspólny zestaw danych pacjenta w celu zapewnienia interoperacyjności rejestrów danych pacjentów, dostępnych w formie elektronicznej lub wymienianych między poszczególnymi państwami członkowskimi [14].

Niektóre nowatorskie rozwiązania wykorzystują strukturę, w której każdy szpital i jednostka służby zdrowia mogłaby posiadać własną chmurę obliczeniową, które były by zdolne wymieniać niektóre dane między sobą. Przykładem mógłby tu być system rejestracji pacjentów do lekarzy specjalistów (wolne terminy, koszt wizyty w przypadku jednostek prywatnych). Przewiduje się, że większa automatyzacja wynikająca z innowacji technologicznych umożliwi określenie, umiejscowienie i dostarczenie usług w chmurze przy minimalnym udziale człowieka, co pozwoli na większą optymalizację centrum danych pod kątem maksymalnego wykorzystania i efektywności energetycznej [9].

#### **9.4.3. Integralność systemów**

Wydaje się, że możliwości wdrażania i integracji usług informatycznych dowolnych podmiotów – administracji publicznej i biznesu – w chmurze obliczeniowej są praktycznie nieograniczone. Spektrum usług w określonym

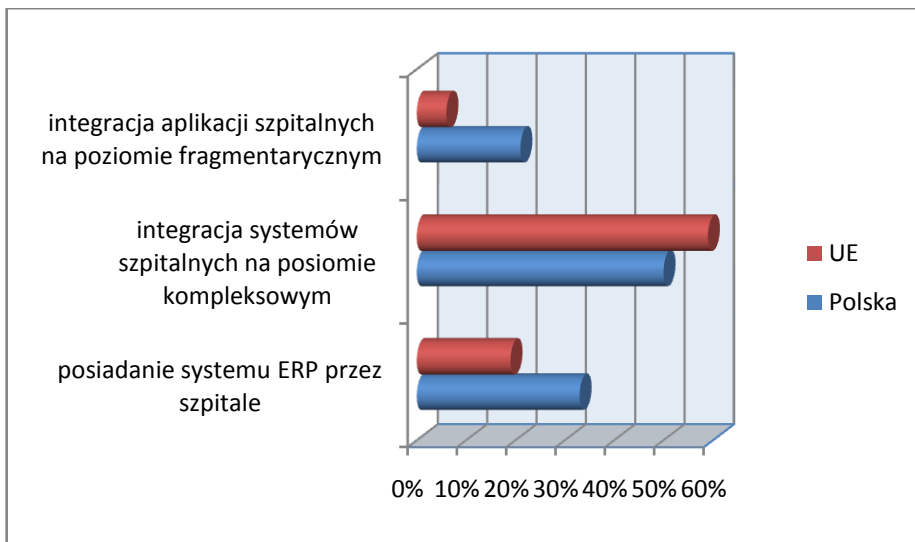
modelu chmury obliczeniowej jest bardzo szerokie. Możliwości te są następstwem rozwoju modeli wirtualizacji zasobów obliczeniowych polegającym na podziale fizycznego serwera (serwerów) na wiele serwerów wirtualnych, tak, że każdy z tych serwerów wirtualnych może pracować, jako normalny serwer jednostkowy z pełnymi zasobami systemowymi i programowymi [19].

Wdrożenie w chmurze obliczeniowej serwerów wirtualnych warunkuje użyteczność pełnego modelu działania chmury. Moc obliczeniowa współczesnych komputerów serwerowych jest na tyle duża, że jeden fizyczny serwer może z powodzeniem obsługiwać kilka serwerów wirtualnych. Integracja usług informatycznych w chmurze obliczeniowej wymaga jednak zaprojektowania odpowiedniego modelu użytkowania całego systemu i dostępu do wymaganych zasobów sprzętowych, sieciowych oraz zwirtualizowanych usług. Wprowadzenie wybranych zasobów do konkretnego modelu chmury obliczeniowej związane jest z określonymi barierami i ograniczeniami. Podjęcie decyzji o wdrożeniu wymaga rozstrzygnięcia [20] problemów związanych z zapewnieniem poziomu bezpieczeństwa danych, wysokiej dostępności usług (porównanie z aplikacjami lokalnymi/ autonomicznymi) oraz prywatności.

Z badań przeprowadzonych przez Deloitte wynika, że 33% badanych polskich szpitali nie ma żadnego systemu ERP, podczas gdy średnia dla tej kategorii w Europie wynosi 19%. W takich krajach, jak Hiszpania, Portugalia, Belgia, Szwecja, ale również Słowacja, Węgry, Słowenia czy Łotwa, ponad 80% szpitali ma zintegrowany system ERP. W Polsce natomiast tylko ok. 54% szpitali, przy średniej europejskiej wynoszącej 65%. Podobne wskaźniki jak Polska osiągnęła Bułgaria. Najgorzej wygląda sytuacja na Litwie, gdzie 50% szpitali nie ma żadnego systemu ERP. Szpitale porównywano również pod względem procentowej liczby aplikacji zintegrowanych z systemem informatycznym szpitala. Wyróżniono następujące klasy integracji [14]:

- kompleksowa (integracja ponad 60% aplikacji),
- częściowa (integracja od 26% do 60% aplikacji),
- fragmentaryczna (integracja od 0% do 25% aplikacji),
- całkowity brak integracji.

Okazuje się, że w przypadku 50% polskich szpitali funkcjonujący tam system informatyczny uznano za kompleksowo integrujący aplikacje szpitalne, co tylko nieznacznie odbiega od średniej europejskiej (59%). Równocześnie Polska ma bardzo wysoki wskaźnik szpitali (21%), w których system informatyczny integruje aplikacje szpitalne na poziomie fragmentarycznym, co znacznie przewyższa średnią europejską (6%) [14].



**Rys 9.6. Poziom integracji zasobów IT w polskich szpitalach na tle średniej europejskiej [14]**

Chociaż większość z polskich szpitali ma systemy informatyczne, które rejestrują dane medyczne pacjentów, rzadko zdarza się, aby były zintegrowane z innymi systemami zewnętrznymi. Ich przebudowa musi nastąpić na większości pól. Należy, bowiem wziąć pod uwagę zalecenia Komisji Europejskiej i Europejskiej Agencji Cyfrowej (Komunikat Komisji Do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów Bruksela z 19 maja 2010 r. KOM (2010) 245 – wersja ostateczna). Agenda zakłada, że do 2015 r. państwa członkowskie UE podejmą działania pilotowe w celu umożliwienia Europejczykom bezpiecznego dostępu przez Internet do swoich danych medycznych oraz osiągnięcie do 2020r. powszechnego dostępu do usług telemedycznych [14].

### 9.5. Bezpieczeństwo danych

Jedną z większych zalet chmur jest ich skalowalność jednak, jeżeli weźmiemy pod uwagę stosowany w nich model rozliczeń, to okaże się, że ta skalowalność w przypadku np. serwisu internetowego niesie ze sobą pewne ryzyko, głównie ze względu na ataki DDoS. To masowe generowanie wywołań mające na celu przeciążenie i w rezultacie czasowe unieruchomienie wybranych serwerów. Gdy dane są przetwarzane tradycyjnie, taki atak w najgorszym razie powoduje zablokowanie serwerów danej firmy, ale gdy chodzi o duże, bardzo wydajne centra danych, w których zasoby są dynamicznie alokowane według potrzeb usługobiorcy, DDoS może być bardzo kosztowny [8]. Z bezpieczeństwem wiąże się też kwestia lokalizacji danych. W tradycyjnym modelu przetwarzania ich właściciel najczęściej

ma nad nimi pełną kontrolę. Wszystkie znajdują się na dyskach komputerów i serwerach firmowych. W przypadku modelu *cloud computing* dane, podobnie jak wykorzystywana aplikacja, znajdują się w chmurze, na której działanie – jeżeli jest to chmura publiczna – nie mamy żadnego wpływu [8].

Przedsiębiorcy, którzy zdecydują się na przetwarzanie danych w chmurze muszą pamiętać, aby odróżnić tzw. zwykłe dane od danych będących danymi osobowymi, gdyż wspomniane szczególne regulacje prawne znajdują również zastosowanie w przypadku przetwarzania danych osobowych w chmurze. Najogólniej rzecz ujmując, dane osobowe będą przetwarzane w sposób legalny, jeśli będą przetwarzane zgodnie z przepisami ustawy z dnia 29 sierpnia 1997r. o ochronie danych osobowych („uodo”). W Polsce, oprócz uodo nie istnieją przepisy, które w sposób odrębny regulują przetwarzanie danych osobowych w chmurze [13,18].

Wbudowane w OCS mechanizmy bezpieczeństwa pozwalają ściśle kontrolować, kto i na jakich warunkach ma dostęp do danych przechowywanych w chmurze. Są to polityki zarządzania tożsamością i dostępem, które pozwalają tworzyć profile użytkowników o różnych uprawnieniach, listy kontroli dostępu (Access Control List) umożliwiające definiowanie uprawnień dostępu na poziomie pojedynczych obiektów oraz zestawy polityk określających uprawnienia do plików w wybranym kontenerze (folderze) systemu OCS [16,17].

## **9.6. Perspektywy oraz bariery**

W ostatnich latach chmura obliczeniowa zyskała na znaczeniu i znalazła się wyżej na liście polityk UE ze względu na swoje bliskie powiązania z celem jednolitego rynku dotyczącym uzyskania silniejszego i bardziej konkurencyjnego wewnętrznego rynku cyfrowego, jak opisano w ambitnej agendzie cyfrowej. Spojrzenie na potencjalne korzyści wynikające z przyjęcia tego modelu przetwarzania danych uzasadnia jego znaczenie, jako narzędzia dla jednolitego rynku, ponieważ może ono przynieść znaczne oszczędności i zwiększyć konkurencyjność usług informatycznych dla organizacji publicznych i prywatnych takich jak szeroko pojęte placówki służby zdrowia. Rozwiązanie to umożliwia również wejście na rynek małym, nowym przedsiębiorstwom bez konieczności poczynienia dużych inwestycji w infrastrukturę informatyczną; dlatego jest to jeden z czynników wspierających innowacyjność i tworzenie miejsc pracy [9].

Chmura stanowi również lepszą alternatywę dla klasycznych usług hostingowych. W chmurze istnieje możliwość uruchamiania wysoce skalowalnych serwisów internetowych zawierających informacje o samej placówce jak i terminarz dyżurów lekarskich. Częścią planu informatyzacji placówek medycznych jest również wdrożenie samoobsługowego portalu umożliwiającego chorym rejestrację oraz rezerwację wizyt. W tle pojawia się

również perspektywa udostępniania pacjentom wyników badań i dokumentacji medycznej przez internet. Dzięki API programistycznemu Oktawave, serwisy internetowe mogą być łatwo integrowane z usługami i aplikacjami medycznymi uruchamianymi w chmurze [16].

Bardzo ważną przekrojową usługą zarówno dla administracji elektronicznej jednostek służby zdrowia, jak i usług biznesowych jest autoryzacja (lub poświadczenie tożsamości) i usługa ta określona została, jako dobrze rokujący aspekt chmury obliczeniowej. Cyfrowy plan działania przewiduje nowelizację dyrektywy o podpisie elektronicznym i transgranicznym uznawaniu elektronicznych dowodów tożsamości, jako czynnik o kluczowym znaczeniu dla jednolitego rynku. Europejski urzędnik wyjaśnił, dlaczego utworzenie wspólnego cyfrowego systemu identyfikacji jest jego zdaniem ważne:

*„Elektroniczny dowód tożsamości stanowi klucz do dalszych rozwiązań w obszarze działań publicznych. Po określeniu tożsamości osoby można podjąć decyzję w zakresie dalszego postępowania. Potrzebny jest wiarygodny mechanizm elektronicznego dowodu tożsamości (...). ponieważ otwarcie usług dla stron trzecich... powoduje zwielokrotnienie zagrożeń związanych z bezpieczeństwem (...) Dlatego musimy opracować technologię, która pozwoli nam uniknąć tego problemu” [9].*

Niestety, nawet tak obiecujące rozwiązania obarczone są pewnymi ograniczeniami. Oczywiście jest, że chmura obliczeniowa zwiększa ilość danych przesyłanych za pośrednictwem Internetu szerokopasmowego, co oznacza, że zapotrzebowanie na takie usługi wzrośnie, a więc może wystąpić problem „wąskiego gardła” w odniesieniu do przesyłu danych, jak wyjaśnia jeden z europejskich urzędników:

*„Jeżeli budujemy te szybkie sieci to robimy to dlatego, że za ich pośrednictwem przesyłane będą dane i nie będą to tylko filmiki z serwisu YouTube, nawet jeżeli stanowią one większą część planowanego przesyłu. Za pośrednictwem tych sieci przesyłane będą również inne dane i w tym celu potrzebna będzie bardzo szybka infrastruktura o niskim wskaźniku opóźnienia, umożliwiająca codzienną pracę z wykorzystaniem chmury obliczeniowej. Rozpoczynając pracę z wykorzystaniem chmury obliczeniowej, nie mogą czekać tylko, dlatego, że sieć jest silnie obciążona. Jeżeli tak będzie, to ludzie nigdy nie zaczną korzystać z tego rozwiązania. Takie problemy opóźniają proces przyjęcia proponowanego rozwiązania. Z drugiej strony, jeżeli usługi chmury obliczeniowej staną się dostępne, ludzie będą chcieli z nich korzystać i będą nimi zainteresowani i będą również płacić za dostęp do szybszej sieci” [9].*

Jak się okazuje, chmura obliczeniowa może mieć również negatywny wpływ na środowisko – wstępny plan wybudowania dużych centrów danych kumuluje się z całością infrastruktury informatycznej, którą dysponują przedsiębiorstwa, rządy i konsumenci. Ponadto, wysoki poziom efektywności energetycznej ogranicza koszty, co powoduje uwolnienie kapitału przeznaczanego na zakup nowych serwerów i centrów danych, prowadząc do tzw. efektu rykoszetu (z możliwością braku redukcji emisji CO<sub>2</sub> w końcowym rozrachunku) [9].

## Podsumowanie

Dzisiejszy rynek globalny rządzi się surowymi prawami konkurencji, na którym firmy, aby osiągnąć sukces muszą wprowadzać innowacyjne rozwiązania i wykorzystywać jak najwięcej ich możliwości. Wymaga to udostępnienia swoim pracownikom, partnerom biznesowym i użytkownikom platformy i narzędzia do współpracy na rzecz promowania innowacji. Infrastruktura *cloud computing* jest platformą nowej generacji, które mogą stanowić ogromną wartość dla przedsiębiorstw każdej wielkości. Jej możliwości mogą pomóc firmom efektywniej wykorzystywać ich sprzętu IT i oprogramowania oraz udostępnia środki umożliwiające rozwój innowacji. *Cloud computing* zwiększa rentowności poprzez poprawę wykorzystania zasobów. Koszty są napędzane przez dostarczenie odpowiednich środki tylko na czas, kiedy te zasoby są potrzebne.

Nie jest tajemnicą, że jednostki ochrony zdrowia są w tyle za większością innych branż pod względem wdrażania nowych technologii. Główną przyczyną tego zjawiska są ograniczenia finansowe, które w szczególności dotyczą placówki zasilane z funduszy publicznych. Szacuje się, że służba zdrowia przeznacza mniej niż 10% swojego budżetu na technologię IT w porównaniu do innych branż, w których wartość ta sięga przeważnie 25% [24]. Aktualnie, wykorzystanie technologii IT w telemedycynie skupiło się głównie wokół systemu archiwizacji i transmisji obrazu (PACS), płatności i wniosków o refundację. Ponadto, co raz większy nacisk kładzie się na uruchomienie elektronicznych kart zdrowia oraz systemu wymian informacji na temat zdrowia pacjenta pomiędzy placówkami, w celu zwiększenia zasięgu i jakości opieki nad pacjentem. Wbrew pozorom, wdrożenie *cloud computingu* jest bardzo kosztownym i czasochłonnym procesem, jednakże, w dobie cyfryzacji również nieuniknionym.

## Bibliografia

- [1] Lipski J.: *Zastosowanie chmury obliczeniowej w przedsiębiorstwie*. Politechnika Lubelska;
- [2] Pawłowicz W.: *IaaS – zalety i wady wieku dojrzenia*. Networld, (11/184), listopad 2011, s. 50-55;
- [3] Radwański A.: *Chmury, chmury, chmury...* Biuletyn EBIB, nr 8 (135) /2012;
- [4] Surowiec R.: *Dane osobowe w chmurach*. Rzeczpospolita 2011;
- [5] Smereczyński M.: *Mit: Cloud computing – nie znam, nie korzystałem*. Puls Biznesu 2013.
- [6] <http://www.chip.pl/artykuly/porady/2013/03/jak-ujarzmic-chmure>, [11.2014]
- [7] <https://ipad-24.pl/469/>, [11.2014]
- [8] <http://pclab.pl/art44389-7.html>, [11.2014]
- [9] Dyrekcja Generalna ds. Polityki Wewnętrznej Unii Europejskiej: *Chmury obliczeniowe. IP/A/IMCO/ST/2011-18*, 2012 r.
- [10] Ipsos OTX MediaCT, *Head in the clouds? Cloud computing and consumers*, Free year-round insights Technology Edition #2, 2011
- [11] ENISA, Catteddu, D. & Hogben, G. (eds.), *An SME perspective on cloud computing- Survey*, 2009
- [12] Gawroński M.: *Prawne bezpieczeństwo danych w chmurze*. Bird & Bird, 2012
- [13] Dudek J.: *Alert prawny 11/2012: Cloud computing a ochrona danych osobowych*. Deloitte Legal, maj 2012
- [14] Naczaj K., Piecuch P.: *Technologie i IT w medycynie*. Wydawnictwo Wiedza i Praktyka sp. z o.o., Warszawa 2012
- [15] <https://www.comarch.pl/e-zdrowie/strategia-i-wizja/> [11.2014]
- [16] <http://www.polskieradio.pl/111/1896/Artykul/816975,Chmura-obliczeniowa-pomoze-szpitalom>, [11.2014]
- [17] <https://kb.oktawave.com/News/NewsItem/View/37/chmura-obliczeniowa-pomoe-placowkom-medycznym-we-wdroeniu-edm>, [11.2014]
- [18] Wieczorek B.: *Przetwarzanie danych genetycznych przy użyciu usług typu „cloud computing”*. Prawo i medycyna, 2011
- [19] Pałka D., Zaskórski W., Zaskórski P.: *Cloud computing jako środowisko integracji usług informatycznych*. Zeszyty Naukowe Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki Nr 9, R. 7, 2013,
- [20] Biesiada D., Cichocki P.: *Windows Azure. Platforma Cloud Computing dla programistów*, APN Promise, Warszawa 2010
- [21] Skalski M.: *Technologia przetwarzania w chmurze – cloud computing*. Komputer Świat nr 13/2011
- [22] Prawo i Medycyna: *Dane medyczne pod kontrolą*. Służba Zdrowia styczeń 2013,
- [23] <http://www.cloud4med.pl/2013/05/09/forbes-pisze-o-chmurze-w-medycynie/>, [11.2014]
- [24] Hitachi Data Systems: *How to Improve Healthcare with Cloud Computing*. Santa Clara, California USA, 2012

## 10. Telemedycyna w chirurgii. Roboty medyczne

### Wstęp

**Telechirurgią** (zdalna chirurgia) nazywamy specyficzną odmianę operacji, wykonywanej przy pomocy robota chirurgicznego, obsługiwanego przez chirurga zdalnie (na odległość). Dziedzina ta jest wyspecjalizowaną formą telemedycyny [15].

W jej zakres wchodzi nauki takie jak chirurgia, informatyka, robotyka jak i telekomunikacja. Telechirurgia różni się od chirurgii zrobotyzowanej tym, że dzięki niej możliwe jest operowanie pacjenta przez lekarza przez odległość (może to być kilka metrów jak i tysiąc kilometrów [2]). Wykonywanie zabiegu chirurgicznego jest bezpośrednim zadaniem robota medycznego, posiadającego wyspecjalizowane narzędzia chirurgiczne. Lekarz za pomocą konsoli steruje pracą oddalonego robota [18]. Konsola zawiera manipulatory, których ruchy przesyłane są za sprawą bezpiecznego połączenia telekomunikacyjnego do maszyny na sali operacyjnej. Urządzenie przetwarza sygnały na precyzyjne ruchy narzędzi chirurgicznych. Lekarz chirurg nieustannie odbiera wizualizację oraz wyniki czujników [14,18].

Telechirurgia jest odkryciem przełomowym, ponieważ pozwala osiągnąć bezpieczne, szybkie i przede wszystkim stabilne połączenie między konsolą lekarza sterującego na robotem na sali operacyjnej. Podczas przeprowadzania tych operacji nie ma mowy o opóźnieniach, dopuszcza się jedynie zwłokę trwająca kilka milisekund pomiędzy ruchem lekarza na konsoli a odpowiedzią robota [3, 18].

**Roboty medyczne** określane są, jako roboty wspomagające procedury medyczne. W skład robotów medycznych wchodzi telemanipulatory, wykorzystujące kontrolę lekarza po jednej stronie i efektora po drugiej stronie. Zadaniem chirurga jest wydanie poleceń do wykonania poprzez manipulację konsoli lub komendą głosową. Zaś zadaniem efektora jest wykonanie zleconych mu czynności. Manipulatory rehabilitacyjne sterowane są np. ruchami głowy, brody, gałki ocznej. Roboty medyczne wykorzystywane są także do rehabilitacji czy obsługi pacjentów, osób niepełnosprawnych, pomagając im w najprostszych, podstawowych czynnościach [23].

---

<sup>1</sup> Koło Naukowe Inżynierii Biomedycznej

<sup>2</sup> Mgr inż. Instytut Technologicznych Systemów Informatycznych



## 10.1. Znaczenie i specyfikacja telechirurgii

### Historia

Pierwsze kroki wykorzystania telekomunikacji w medycynie zostały poczynione w 1964 roku, transmitowano wtedy telewizyjnie operację endarterektomii tętnicy szyjnej ze szpitala metodystów w Houston do Genewy. Sygnał przesyłano za pomocą prywatnej sieci telekomunikacyjnej przy wykorzystaniu pierwszego satelity telekomunikacyjnego „Early Bird” uruchomionego przez NASA [4, 16]. W 1985 roku, zastosowano zmodyfikowanego robota przemysłowego PUMA 560, do precyzyjnego wykonywania stereotaktycznych biopsji mózgu i innych zabiegów neurochirurgicznych. W roku 1991 owy system został wykorzystany do przezcewkowej elektroresekcji stercza [16,5]. Kolejnym robotem zaprojektowanym specjalnie do wykonywania elektroresekcji gruczołu krokowego był system nazwany PROBOT. Na początku lat 90. XX wieku, firma Integrated Surgical Supplies Ltd. z Sacramento w Kalifornii wprowadziła na rynek system ROBODOC, robota operacyjnego zaprojektowanego do wszczepiania endoprotez stawu biodrowego. Robot ten, jako pierwszy robot chirurgiczny został dopuszczony do użycia przez FDA [9]. W tym samym czasie w Niemczech powstał eksperymentalny robot chirurgiczny ARTEMIS. Doświadczenia z tym systemem były bardzo obiecujące, nie wszedł on jednak do produkcji [3, 14].

Prawdziwym przełomem w rozwoju telechirurgii była współpraca NASA i Ames Research Center. Zespół naukowców ze Stanford Research Institute przysłużył się do stworzenia wielofunkcyjnego ramienia chirurgicznego. Znaczny wkład w badania włożyła armia USA, co wiązało się z programem badawczym poświęconym zmniejszeniu śmiertelności wśród żołnierzy na polu walki [6]. Szukano systemu chirurgicznego, który byłby zainstalowany w niestacjonarnej sali operacyjnej, gdzie chirurg oddalony o setki kilometrów byłby w stanie operować rannego żołnierza [16].

Pod koniec lat 90. XX wieku powstało kilka systemów telechirurgicznych takich jak AESOP, ZEUS i najpowszechniejszy – da Vinci, produkcji Intuitive Surgical Systems Inc. z Kalifornii [16].

Pierwsza międzykontynentalna teleoperacja (Operacja Lindbergh) miała miejsce 7 września 2001. Robotem medycznym wykonującym zadania chirurga był ZEUS. 68-letnia pacjentka znajdowała się w Strasburgu i została poddana zabiegowi usunięcia pęcherzyka żółciowego (cholecystektomia) przez francuskiego lekarza, znajdującego się w Nowym Jorku [4]. Dystans między miastami wynosił 6 230 km, dlatego też potrzebne było zastosowanie szybkiego i niezawodnego łącza o minimalnym czasie opóźnienia [18]. Operacja zakończyła się pomyślnie [19]. Koszt przy uwzględnieniu czynników odległościowych wynosił ok. 1mln. \$ [9].

Poniżej przedstawiono najważniejsze daty w historii telechirurgii [16]:

- 1997 Cleveland, USA, przeprowadzono rekonstrukcję jajowodu z wykorzystaniem robota ZEUS,
- maj 1998 - w Lipsku, Niemcy, wszczepiono pierwszy by-pass wieńcowy z użyciem robota da Vinci [6],
- W roku 1999 po raz pierwszy zastosowano (u świni) chirurgię robotową (system ZEUS) do naprawy zwężenia połączenia miedniczkowo-moczowodowego,
- Maj 2000. Frankfurt nad Menem - przeprowadzono pierwszą prostatektomię radykalną z użyciem robota,
- 2001 - prof. Jacques Marescaux przebywający w Nowym Jorku wykonał cholecystektomię przy użyciu systemu ZEUS u pacjentki przebywającej na sali operacyjnej w szpitalu w Strasburgu we Francji,
- W roku 2003 Menon i współpracownicy przeprowadzili pierwszą radykalną cystoprostatektomię z użyciem systemu da Vinci,
- luty 2008 - w Szpitalu Uniwersyteckim w Chicago, USA, wykonano pierwszą robotową rekonstrukcję pęcherza neurogennego u 10-letniej dziewczynki,
- styczeń 2009 - w szpitalu w Livingston w stanie New Jersey, USA, wykonano pierwszy przeszczep nerki z użyciem robota chirurgicznego [16],
- 21 i 22 stycznia 2009 w Katowicach, dr. Zbigniew Nawrat poddał testom kilka prototypów robotów z rodziny Robin Heart poprzez wycięcie pęcherzyka żółciowego i operacji zastawki serca [20],
- 10 grudnia 2010 roku w Fundacji Rozwoju Kardiologii w Zabrze. Za pomocą robota Robin Heart kardiolog, doktor Joanna Śliwka przeprowadziła symulację operacji na sztucznym szkielecie z umieszczonym w klatce piersiowej świńskim sercem.

Przedstawione wyżej przykłady utwierdzają nas w przekonaniu, że teleoperacja może z powodzeniem zastępować tradycyjne zabiegi chirurgii otwartej i laparoskopowej. Staje się ona konkurencyjna poprzez liczne zalety min. krótsza niż w laparoskopii krzywa uczenia, wygodna pozycja operującego chirurga, naturalność i płynność ruchów w siedmiu płaszczyznach, eliminacja drżenia rąk, przestrzenny obraz generowany w konsoli, możliwość dołączenia drugiej konsoli oraz czwartego ramienia robota [18], doskonała trójwymiarowa wizualizacja okolicy operowanej, precyzyjne cięcia i szycie pod kontrolą wzroku, mniejsza utrata krwi, krótsza hospitalizacja, bardzo dobre efekty w zakresie powrotu potencji i trzymania moczu [16].



**Rys. 10.1. Wielkość ran pooperacyjnych po typowym zabiegu (ginekologicznym) wykonywanym metodą tradycyjną oraz po takim samym zabiegu wykonanym przy użyciu robota [18]**

Przykłady specjalizacji, w których telechirurgia znalazła zastosowanie [14, 16]:

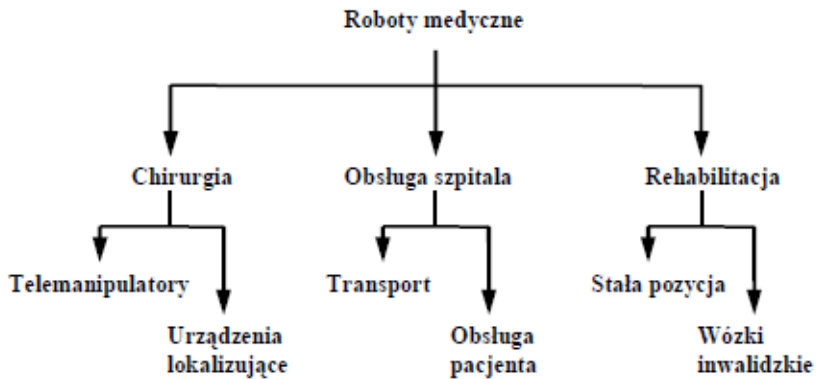
- Chirurgia ogólna i naczyniowa: cholecystektomia, gastrektomia, resekcja jelita grubego, pankreaktektomia, wszczepienie protezy aortalno – udowej,
- Kardiouchirurgia i chirurgia klatki piersiowej: operacje zastawki dwudzielnej, pomostowanie aortalno wieńcowe, leczenie raka płuc,
- Kardiologia i elektrofizjologia,
- Chirurgia głowy i szyi: leczenie raka gardła i tarczycy,
- Chirurgia przewodu pokarmowego,
- Ginekologia: histerektomia, myomektomia,
- Nefrologia: nefrektomia, epinefektomia,
- Urologia: odtwarzanie ciągłości nasieniowodów,
- Transplantologia: pobieranie narządów (głównie nerek),
- Neurochirurgia,
- Ortopedia,
- Chirurgia naczyniowa.

## 10.2. Podział robotów medycznych

Wśród robotów medycznych można wyróżnić kilka grup [24]:

- Roboty chirurgiczne – ich najważniejszą cechą jest zwiększona precyzja oraz powiązane z nią, zmniejszone ryzyko błędu,
- Roboty rehabilitacyjne – ta grupa z kolei ułatwia i wspomaga życie osób niedołącznych, starszych, bądź tych z niewydolnymi narządami poruszania się. Roboty te wykorzystywane są także do rehabilitacji oraz wszelkich związanych z nią zabiegów, takich jak trening, czy też terapia,

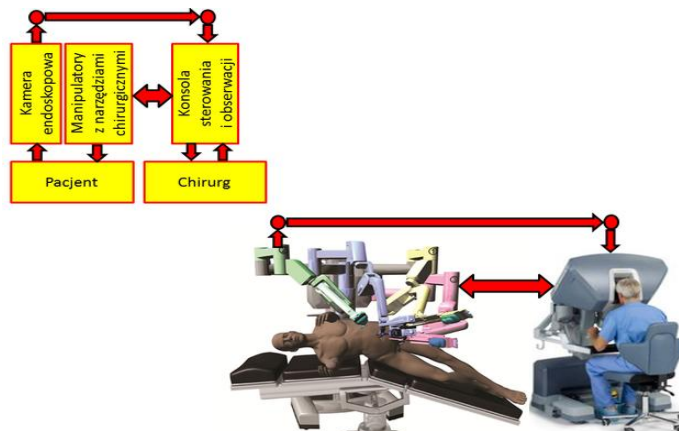
- Bioroboty – jest to grupa robotów stworzonych w celu naśladowania ludzi i zwierząt, którą wykorzystujemy w celach kognitywnych. Mamy tu także do czynienia ze zrobotyzowanymi systemami,
- Roboty zastępujące asystenta w czasie operacji – ich zastosowanie wyróżnia fakt, że chirurg steruje położeniem kamery, która zastępuje tym samym jego oczy podczas operacji,
- Roboty nawigacyjne (bierne) – ich rola polega na precyzyjnym pozycjonowaniu i utrzymywaniu prawidłowego toru stosowanego w czasie operacji narzędzia. Zastosowanie tego rodzaju robotów widać głównie w neurochirurgii,
- Roboty chirurgiczne, nawigacyjne (czynne) – ich rolą z wykonywanie zadań, jako narzędzia wykonawcze, w procesie odwzorowania trajektorii. Są one wykorzystywane w radiochirurgii oraz w neurochirurgii.



**Rys.10.2. Podział robotów medycznych [1]**

### **10.3. Budowa systemu teleoperacyjnego**

Roboty wykorzystywane w medycynie, zdolne do przeprowadzenia teleoperacji to urządzenia typu Master-Slave, gdzie rozdzielona jest część sterownicza (Master), służy do sterowania i kontrolowania systemu oraz część wykonawcza (Slave), która składa się z ramiona robota wraz z narzędziami chirurgicznymi, niezbędnymi do przeprowadzenia zabiegu. Poza robotem chirurgicznym na system teleoperacyjny składają się także inne urządzenia i technologie [2,3].

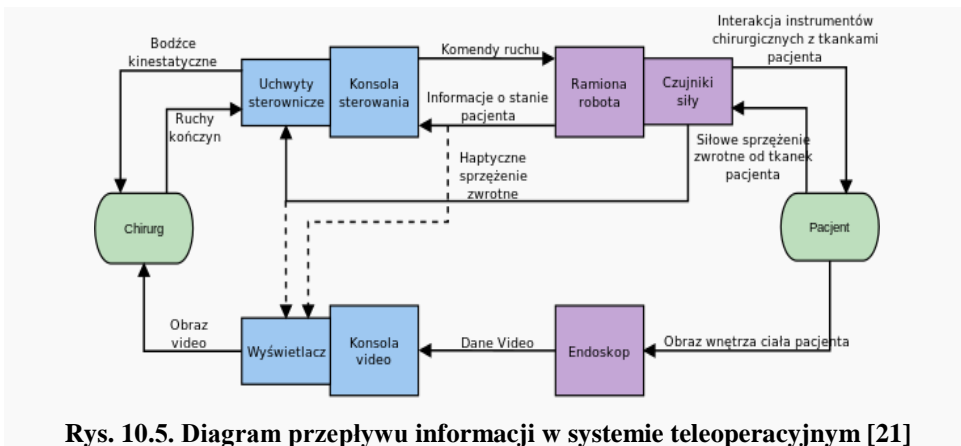


**Rys. 10.3. Schemat robota chirurgicznego i widok jego zasadniczych elementów [18]**

Robot złożony jest najczęściej z czterech kończyn (o 5-7 stopniach swobody, z których jedno kontroluje endoskop zamontowany na ruchomej podstawie, poruszającej się blisko stołu operacyjnego. Narzędzia operacyjne znajdują się w dwóch kończynach, którymi bezpośrednio steruje chirurg [9]. Niezbędnym wyposażeniem robota jest ergonomiczne stanowisko pracy, przy którym siedzi chirurg oraz okular\_wizjera (przypominający lornetkę), wyświetla on wysokiej rozdzielczości trójwymiarowy obraz przesyłany z kamer laparoskopowych robota. Alternatywnie do podglądu sytuacji na sali operacyjnej mogą posłużyć monitory i okulary stereoskopowe (w przypadku obrazowania 3D) [5,18]. Niezbędne jest także połączenie audiowizualne z salą operacyjną. System wizyjny musi dostarczać wysokiej, jakości obraz pochodzący z kamer endoskopowych, dostępny dla całego zespołu znajdującego się po stronie pacjenta oraz kamery dające podgląd działań chirurga, są ułożone w takich pozycjach by dały złudzenie rzeczywistego ustawienia lekarza w trakcie standardowej operacji. Manipulatory, służące do sterowania narzędziami robota, umieszczone poniżej głowy, w linii prostej do kierunku wzroku służą między innymi do zapewnienia widoczności w ciemnym wnętrzu ludzkiego organizmu, podtrzymywania czegoś w pobliżu miejsca wykonywania zabiegu, odsuwania narządów utrudniających widoczność, zaciskania krwawiących naczyń [18]. Końcowe chwytaki robota, zawierają potrzebne narzędzia chirurgiczne (wymienne). Ruchy manipulatorów konsoli zamieniane są przez wysokiej rozdzielczości czujniki na precyzyjne ruchy tych narzędzi [4]. Częścią robota jest również system zabezpieczeń, chroniący przed drganiem rąk (głównie drgania o częstotliwości ok. 6Hz) oraz przed wykonywaniem wszelkich niewywołanych przez chirurga ruchów [14,18]. Funkcjami dodatkowymi steruje się za pomocą pedałów lub za pomocą komend głosowych [9,16,18].



**Rys. 10.4. Schemat robota chirurgicznego i widok jego zasadniczych elementów [18]**



**Rys. 10.5. Diagram przepływu informacji w systemie teleoperacyjnym [21]**

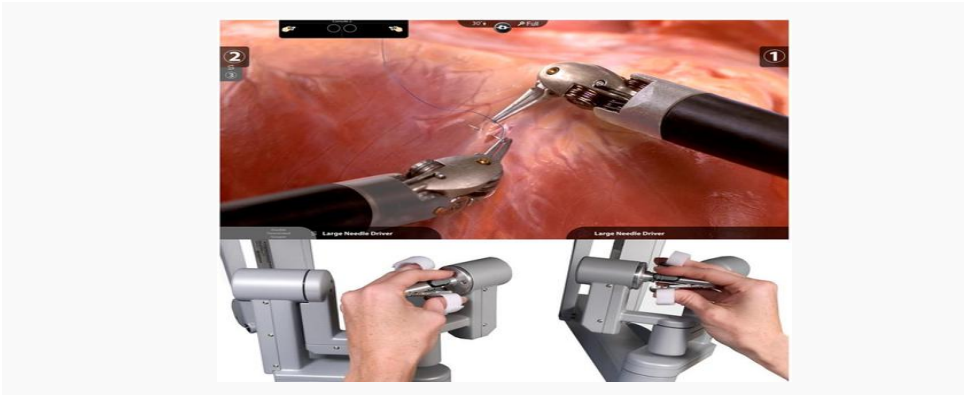
#### 10.4. Połączenie telekomunikacyjne

Niezbędnym elementem systemu teleoperacyjnego jest bezpieczne, niezawodne, szybkie (przynajmniej 10Mb/s) połączenie sieciowe o małym czasie opóźnienia transmisji (poniżej 200ms). Łącze to musi obsługiwać 3 niezależne kanały komunikacji [21]. Opóźnienia w kanałach wymagają odpowiedniej synchronizacji, ze względu na to, że komunikacja w każdym z nich cechuje się innymi czasami transmisji [18].

W teleoperacjach wykorzystuje się sieci LAN lub WAN, zaś ochronę przed nieupoważnionym dostępem zapewnia VPN. Sieci te działają w modelu TCP/IP (model warstwowej struktury protokołów komunikacyjnych), dając możliwość przesyłu danych w formie pojedynczych pakietów. Innym modelem sieci jest UDP/IP, który nie posiada mechanizmów naprawy błędów, oferując zamiast

tego szybki i bezpośredni sposób wysyłania i odbioru informacji. Model ATM/AAL1, który przesyła dane w postaci małych pakietów także jest stosowany, podobnie jednak jak UDP/IP model ten nie posiada odpowiednich systemów zabezpieczeń przed błędami. Niezawodne połączenie sieciowe jest wymagane, ponieważ zarówno robot ZEUS jak i da Vinci zostały tak zaprojektowane, by odrzucać każdy błędny pakiet. Nie mają one też mechanizmów naprawy błędów na poziomie bitów. Jeśli kilka pakietów zostanie straconych w wyniku błędów transmisji, roboty przerywają aktualnie wykonywaną czynność [3, 21].

Osobną rolę odgrywają algorytmy kodowania audio i video, pozwalające na przesyłanie wysokiej, jakości obrazu i dźwięku, nie powodując przy tym nadmiernego obciążenia sieci. Korzystając z formatu MPEG-2 opóźnienie kodowania sygnału video można zmniejszyć do 90 milisekund, zaś używając formatu lepszej, jakości MPEG-4 Level 10 opóźnienie kodowania wynosi 120–180 milisekund [4].



**Rys. 10.6. Schemat robota chirurgicznego i widok jego zasadniczych elementów [18]**

## **10.5. Charakterystyka robota AESOP**

Jak już wcześniej wspomniano dzisiejsze roboty to skomplikowane urządzenia elektroniczne do budowy, których użyto najnowszych rozwiązań z wielu dziedzin. Nieuniknionym staje się fakt, że czy tego chcemy czy nie proces robotyzacji rozgrywa się na naszych oczach. Najnowsze osiągnięcia w dziedzinie robotów medycznych sprawiły, że powstają coraz to nowsze i doskonalsze ich wersje.

Telechirurgia stała się możliwa dzięki wykorzystaniu chirurgii laparoskopowej. AESOP system Robotic jest jednym z najbardziej zaawansowanych robotów chirurgicznych stosowanych do dzisiejszych operacji. Automatyczny Endoskopowy System dla Optymalnego Pozycjonowania – pierwszy mechaniczny asystent chirurga, stosowany w zabiegach laparoskopowych chirurgii sercowo – naczyniowej, urologii, chirurgii ogólnej i ginekologii. Jest to robot wykorzystywany

do minimalnie inwazyjnych operacji umożliwiając chirurgowi większą zręczność, zakres ruchu oraz możliwość docierania do mało dostępnych miejsc [34, 41].

AESOP amerykańskiej firmy Computer Motion to medyczny, zrobotyzowany system endoskopowy służący do trzymania i stabilizacji kamer podczas małoinwazyjnych operacji chirurgicznych. Jedną z jego zalet jest możliwość sterowania głosem. Lekarz prostymi komendami: przód, tył, prawo, lewo kieruje jej poczynaniami [42].

Ezop spełnia funkcję asystenta chirurga. Jest niezwykle przydatny podczas operacji małoinwazyjnych. Podtrzymuje endoskop, potrafi zapamiętać 23 komendy głosowe i obce są mu ludzkie ułomności - zmęczenie i drżenie rąk [34].

Na początku lat 90. XX wieku, dzięki współpracy z NASA, firma Computer Motion rozpoczęła badania nad systemem automatycznego pozycjonowania kamery endoskopowej podczas operacji. Urządzenie miało pozwalać na otrzymywanie obrazu wnętrza ciała pacjenta, umożliwiając przy tym łatwe manewrowanie kamerą, tak by wyeliminować potrzebę uczestnictwa dodatkowego członka zespołu chirurgicznego, którego zadaniem było sterowanie endoskopem [38].

Ezop uczestniczył w kilkuset tysiącach operacji małoinwazyjnych przeprowadzonych w szpitalach na całym świecie. Pierwsze zastosowanie AESOP Robotic System miało miejsce w Sella 1963 przez francuskiego neurochirurga Gerard Guiot. Robota wykorzystano w chirurgii zatok w celu czystego dostania się do przysadki mózgowej [41].

### **10.5.1. Budowa robota AESOP**

Robot AESOP jest wielopoziomowy systemem sterowania laparoskopem. Składa się z kilku modułów. System ten pozwalał na automatyczne pozycjonowanie kamery endoskopowej podczas operacji, umożliwiając otrzymanie obrazu wnętrza ciała pacjenta [42].

**1. Centralny moduł teleoperacji (Master)** – zarządza całym systemem na podstawie komunikatów pochodzących z joysticka, modułu wizyjnego lub modułu rozpoznawania mowy. Generuje on sygnały sterujące ruchem robota, wykorzystując proste i odwrotne zadanie kinematyki. W module tym zaimplementowano algorytm sterowania siłowego. System sterowania na podstawie ciągłej kontroli sił i momentów sił wywieranych na końcówkę laparoskopu chroni pacjenta przed niepożądanym ruchem laparoskopu. W wypadku przekroczenia progów sił działających na końcówkę laparoskopu system powoduje zatrzymanie laparoskopu i jego wycofanie.

**2. Moduł wykonawczy (Slave)** – składa się z robota wyposażonego w czujnik sił i momentów sił. Robot posiada 6 stopni swobody (składa się z 6 ogniów obrotowych). W każdej chwili ruchu robota znane jest jego bezwzględne położenie z dokładnością 0,001mm oraz  $0,01^{\circ}$ . Czujnik umożliwia pomiar przestrzennego rozkładu sił oraz momentów sił w przestrzeni zewnętrznej robota.



**3. Moduł wizyjny** jest modułem pomocniczym, w którym następuje przetwarzanie obrazu z laparoskopu. Zadaniem modułu analizy obrazu wizyjnego jest identyfikacja oraz śledzenie narzędzia chirurgicznego. Moduł wizyjny wykorzystywany jest do automatycznego sterowania ruchem laparoskopu poprzez śledzenie ruchu narzędzia laparoskopowego.

**4. Moduł rozpoznawania mowy** umożliwia sterowanie systemem robotycznym za pomocą komend wypowiedzianych przez chirurga przeprowadzającego operację laparoskopową.

**5. Moduł komunikacyjny** umożliwia komunikację między poszczególnymi modułami, które mogą być uruchamiane na różnych komputerach. Daje to możliwość sterowania laparoskopem, np. do celów diagnostycznych [42].



Rys.10.7. AESOP Robotic System [7]

### 10.5.2. Zasada działania robota AESOP

Dzięki EZOPOWI chirurgom wystarczają coraz mniejsze cięcia – tylko takie, by wprowadzić do wnętrza ciała pacjenta kamerę i narzędzia. AESOP używa rozpoznawania mowy do sterowania ramieniem robota o siedmiu stopniach swobody. To zapewnia bezpośrednią kontrolę endoskopu użyciu prostych wypowiedzianych poleceń głosowych. Ramię zostaje podniesione i przymocowane do stołu. Chirurg posiada zestaw słuchawkowy z mikrofonem połączonym z kontrolerem głównym robota, przez który wydaje komendy głosowe do urządzenia. Położenie ramienia początkowo należy zmienić za pomocą przycisku 3D, do pozycji nad miejscem wykonywania operacji. Uchwyt kołnierza endoskopowego, w którym mieści się endoskop opuszczany jest najczęściej o 3mm w miejsce dolnej granicy. Jest to tak zwane zabezpieczenie, które może być ustawione za pomocą komend głosowych dolna granica „set” i „wyczyść dolną granicę”. Aby kontynuować ramię pozycjonowania musi być umieszczone

w trybie poleceń. Ostry sygnał dźwiękowy można usłyszeć za każdym razem, gdy wydawana przez operatora komenda zostaje spełniona. Gdy interfejs sterowania głosem jest włączony, ramię pozycjonowanie AESOP może manewrować i ustawiać endoskop stopniowo lub w sposób ciągły w odpowiedzi na proste polecenia słowne (w górę, w dół, w lewo, w prawo, w, z). Słowo "Stop" jest używane, aby wyjść z trybu poleceń. Ponadto system wyjdzie z trybu poleceń automatycznie po 15 sekundach, gdy operator zaprzestanie słownych poleceń. Dodatkową zaletą AESOP jest zapamiętywanie komend słownych wraz z ich pozycjami, co umożliwi dokładne odtworzenie użytego wcześniej położenia [41].



**Rys. 10.8. Mocowanie do endoskopu zautomatyzowanego ramienia za pośrednictwem magnetycznego pierścienia [36]**

## **10.6. Zrobotyzowany system chirurgiczny Zeus**

Zrobotyzowany system chirurgiczny ZEUS to zdalnie sterowany robot medyczny wykorzystywany w chirurgii laparoskopowej do zabiegów mało-inwazyjnych. Stworzony został przez amerykańską firmę Computer Motion. Rozwijany był od początku lat 90. XX wieku, zaś dopuszczony na rynek w 2001 roku przez Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków.

Produkcji robota zaprzestano w 2003 roku na skutek połączenia firmy Computer Motion z firmą Intuitive Surgical, producentem konkurencyjnego robota da Vinci. Po przeprowadzeniu fuzji przedsiębiorstw specjaliści z Intuitive Surgical skupili się na rozwoju da Vinci, który wchłonął wybrane komponenty robota ZEUS.

Koncepcja robota medycznego, służącego do przeprowadzania zabiegów laparoskopowych powstała podobnie jak AESOP na początku lat 90. XX wieku. Od początku powstania ZEUS stanowił rozwinięcie AESOPa (AESOP stanowi jedno ramię robota ZEUS). Jednym z głównych celów, jaki przyświecał rozwojowi tego

systemu była chęć stworzenia robota zdolnego do przeprowadzenia teleoperacji w dowolnym miejscu na świecie lub w przestrzeni kosmicznej. Pierwszy prototyp zbudowano w 1995 roku, a testy z użyciem zwierząt odbyły się w 1996 roku. W 1998 roku przeprowadzono zabiegi reanastomozy jajowodów oraz pomostowania aortalno-wieńcowego. W późniejszym czasie testowano wykonywalność oraz możliwości wykorzystania ZEUSA podczas operacji laparoskopowych w dziedzinach chirurgii ogólnej, ginekologii, urologii oraz pediatrii. W 2000 roku robot zdolny był do operowania 28 różnymi narzędziami chirurgicznymi, a w 2001 roku został zatwierdzony na rynek amerykański przez Amerykańską Agencję ds. Żywności i Leków.

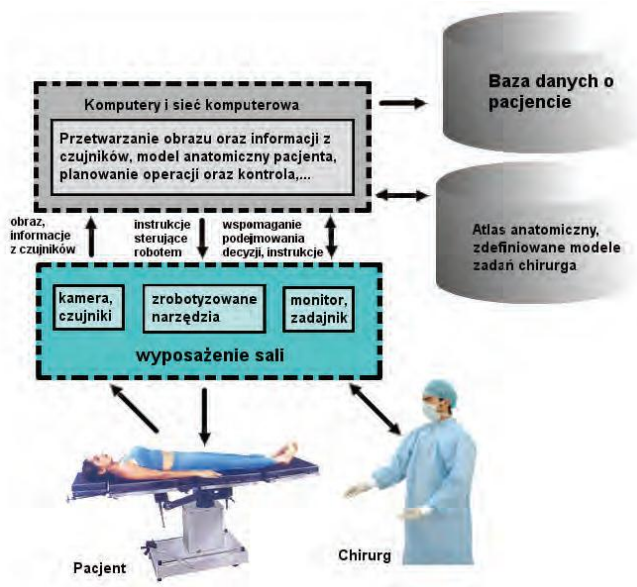
7 marca 2003 roku firma Computer Motion oraz Intuitive Surgical (która produkuje konkurencyjnego dla ZEUSA robota da Vinci) zostały połączone w jedno przedsiębiorstwo, zorientowane na dalszy rozwój robotów medycznych oraz zwiększenie skuteczności tej technologii. Zakończyło to okres sporów prawnych o naruszanie patentów, istniejących pomiędzy tymi firmami. Wkrótce po fuzji Intuitive Surgical zakończyła produkcję robota ZEUS na rzecz rozwoju systemu da Vinci [25].

### **Budowa**

System chirurgiczny ZEUS składa się z dwóch niezależnych podsystemów (tzw. strona pacjenta oraz strona chirurga). Strona chirurga składa się z konsoli sterowania robotem, zaś strona pacjenta zawiera część wykonawczą 2 ramiona, które wykonują ruchy przekazywane poprzez manipulatory konsoli oraz jedno ramię służące do kontroli kamery endoskopowej, sterowane głosowo (AESOP).

Ramiona robota mogą być wyposażone w różnorodne końcówki z narzędziami chirurgicznymi, identycznymi jak w standardowej operacji laparoskopowej. Robot, przymocowany do stołu operacyjnego (każde ramię jest niezależne), kontrolowany jest przez komputer zintegrowany z konsolą, zawierającą monitory (dające obraz z kamer endoskopowych oraz urządzeń kontrolujących stan pacjenta), przed którymi siedzi chirurg. Interfejs sterujący pozwala na wyeliminowanie drżenia rąk chirurga oraz przeskalowanie zakresu ruchu [26]. Dodatkowo posiadają możliwość wykonywania tzw. mikroruchów niemożliwych do wykonania ludzką ręką [28].

Najnowsze wersje ZEUSA wyposażone są także w ergonomiczne uchwyty oraz trójwymiarowy system obrazowania, na który składają się dwie kamery rejestrujące obraz z częstością 30 klatek na sekundę. Obraz jest przesyłany do komputera, skąd po modyfikacji trafia na monitor zawierający dwa filtry polaryzacyjne. Dzięki okularom o analogicznej polaryzacji szkieł, chirurg prawym okiem obserwuje obraz z prawej kamery, a lewym z lewej, co powoduje powstanie wrażenia 3D [26].



**Rys. 10.9. Rola komputera w zrobotyzowanym stanowisku chirurgicznym [12]**

Rola komputera w omawianym (Rys. 10.9.) systemie jest kluczowa i polega na tym, że komputer odbiera, przetwarza, rejestruje i analizuje wszystkie sygnały pojawiające się w systemie – zarówno te pochodzące z wnętrza ciała operowanego pacjenta (obrazy z kamer endoskopowych, czujniki dotyku, siły, momentu obrotowego itp.), sygnały pochodzące od robota (informacje o położeniu i przemieszczeniach poszczególnych części robota i trzymany przez niego narzędzi chirurgicznych), jak i sygnały pochodzące od lekarza manipulującego dżojstikami i innymi elementami sterującymi. Na podstawie tych danych, a także na podstawie ogólnych danych medycznych i szczegółowych danych o konkretnym pacjencie – komputer opracowuje i wysyła szczegółowe instrukcje sterujące robotem, a także pełni rolę doradczą w stosunku do przeprowadzającego operację lekarza [7].

Istotnym elementem zapewniającym skuteczność zabiegu wykonywanego na odległość jest niezawodność linii transmisyjnych, po których są przesyłane informacje i sygnały kontrolne. Potencjalne problemy, które mogą zaistnieć w czasie zdalnie przeprowadzanej operacji, wynikają z opóźnienia czasowego (skończony czas propagacji sygnałów, czas przetwarzania sygnałów oraz możliwe błędy w transmisji cyfrowej). A zatem muszą to być z reguły linie światłowodowe, właściwie bezbłędne. Linii satelitarnych nie stosuje się do tego rodzaju transmisji, ponieważ wprowadzają za duże opóźnienie sygnałów, co wiąże się z opóźnioną reakcją chirurga.. Przyjmuje się, że dopuszczalne opóźnienie powrotnego obrazu TV, dochodzącego z powrotem do operującego chirurga, nie powinno przekraczać 250-300 milisekund (0,25–0,3 sek.) [27].

### **Cechy konsoli sterującej:**

- Pełna dowolność ustawienia.
- Możliwość uruchomienia całego systemu w mniej niż 15 minut.
- Możliwość dostosowania ustawień do preferencji chirurga.
- Nożny pedał sprzęgła umożliwiający łatwe załączanie oraz rozłączanie robota.
- Technologia MicroWrist, zamieniająca ruchy chirurga na precyzyjne ruchy robota, redukujące drżenie rąk.
- Nieograniczone skalowanie ruchu, dostępne poprzez ekran dotykowy lub komendy głosowe.
- Możliwość zapisania do 3 różnych pozycji kamery endoskopowej.
- Dodatkowe złącza do podłączenia głośników lub innych urządzeń.



**Rys. 10.10. Zrobotyzowany system chirurgiczny ZEUS [27]**

### **Dodatkowe cechy robota**

- Precyzja ruchu instrumentów chirurgicznych oraz położenia kamery rzędu 3,5–5 mm.
- Możliwość montażu ponad 40 kompatybilnych narzędzi chirurgicznych od różnych producentów.
- Narzędzia chirurgiczne wielokrotnego użytku, spełniające rygorystyczne wymagania sali operacyjnej oraz mechanizm ich łatwej sterylizacji.
- Możliwość szybkiej i bezproblemowej zmiany narzędzi chirurgicznych, trzymany przez ramiona robota.
- Ramiona robota o sześciu stopniach swobody.
- System zapewniający bezpieczeństwo pacjenta w przypadku awarii lub nagłych, niebezpiecznych ruchów.

## **Zastosowania**

ZEUS zasłynął pierwszy raz w 2001 roku, kiedy przeprowadzono z nim "Operation Lindbergh", będącą kamieniem milowym w zdalnej telerobotyce medycznej. Chirurgzy z Nowego Jorku przeprowadzili udaną operację woreczka żółciowego na 68-letniej kobiecie, przebywającej w szpitalnej sali operacyjnej w oddalonym o 6500 km Strasburgu, we Francji. Od tego czasu przeprowadzono z ZEUSEM wiele udanych operacji, m.in. serca, prostaty, woreczka żółciowego nie tylko w Stanach, ale i w innych krajach [27].

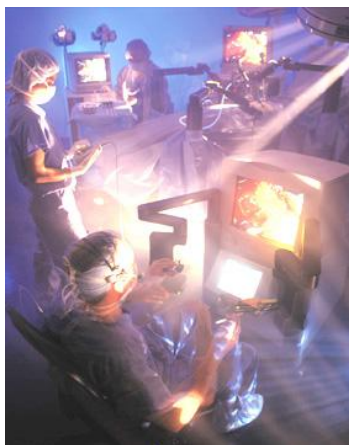
### **10.7. Kardiochirurgia**

ZEUS został zaprojektowany z myślą o przeprowadzaniu operacji kardiochirurgicznych, lecz sprawdził się również w innych dziedzinach chirurgii. W czasie badań nad systemem dowiedziono skuteczności leczenia w następujących zabiegach:

- Pobranie tętnicy piersiowej,
- Pomostowanie aortalno-wieńcowe,
- Wymiana zastawki mitralnej,
- Zamknięcie przetrwałego przewodu tętniczego [11].

Zeus pozwala przeprowadzać operacje kardiochirurgiczne na bijącym sercu bez potrzeby rozcinania klatki piersiowej chorego. Między żebrami wykonywane są jedynie niewielkie nacięcia, przez które wprowadza się mikronarzędzia chirurgiczne i kamerę.

Pierwszą osobą w Polsce, która przeprowadziła zabieg za pomocą robota Zeus jest prof. Andrzej Bochenek z Kliniki Kardiochirurgii Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach [27].



**Rys. 10.11. ZEUS podczas operacji [26]**

## **Chirurgia jamy brzusznej**

W październiku 2001 roku ZEUS otrzymał pierwszy, ograniczony atest Amerykańskiej Agencji ds. Żywności i Leków. Dotyczył on dopuszczenia robota przy zabiegach laparoskopowych jamy brzusznej. Od tego momentu rozpoczęły się badania, mające na celu sprawdzenie skuteczności robota w warunkach klinicznych. Przeprowadzono wiele zabiegów cholecystektomii oraz fundoplikacji Nissena, w wyniku, których dowiedziono, że mimo dłuższego czasu trwania operacji, czas rekonwalescencji pacjentów jest krótszy, zaś prawdopodobieństwo komplikacji niższe [11].

## **Ginekologia**

Poza zabiegiem reanastomozy jajowodów, który przeprowadzono w 1998 roku, jako jedną z pierwszych operacji z użyciem robota ZEUS, wykonano również serię zabiegów zespolenia jajowodów po ich wcześniejszym podwiązaniu. Wszystkie z nich zakończyły się sukcesem bez dalszych komplikacji. Sześć tygodni po operacji badania radiologiczne wykazywały 89% skuteczność metody [11].

## **Urologia**

W trakcie klinicznych badań nad wykorzystaniem ZEUSa wykonano także 10 dysekcji węzłów chłonnych miednicznych u pacjentów z rakiem gruczołu krokowego. Porównanie wyników zabiegów z wykorzystaniem robota z operacjami przeprowadzonymi tradycyjnie wykazało, że obie metody wykazywały się bardzo podobną skutecznością, zaś czas operacji był dłuższy w przypadku korzystania z ZEUSa [11].

## **Ograniczenia Robota ZEUS**

- Dłuższy czas trwania operacji w porównaniu do metod tradycyjnych.
- Duże wymiary robota, powodujące logistyczne problemy na sali operacyjnej.
- Brak sprzężenia zwrotnego od ciała pacjenta. Lekarz musi polegać tylko na obrazie wizualnym.
- Tylko 6 stopni swobody ramion robota.
- Ograniczona jakość obrazu 3D oraz konieczność noszenia specjalnych okularów, co powoduje zmęczenie oczu oraz problemy z precyzyjnym oszacowaniem odległości.
- Nieintuicyjny interfejs sterowania.
- Wysoki koszt. W 2003 roku ZEUS kosztował 975.000 USD.
- Niektóre połączenia zostały zniwelowane po połączeniu firm Computer Motion i Intuitive Surgical, które doprowadziły do powstania robota chirurgicznego – da Vinci [12].



**Rys. 10.12. System chirurgiczny ZEUS [27]**

### **Innowacyjne rozwiązania systemu Da Vinci**

W 1995 roku, wskutek coraz dojrzszych projektów stworzono firmę Intuitive Surgical Devices, która najpierw zakupiła technologię od SRI, a następnie zaczęła zatrudniać doświadczonych specjalistów z dziedziny robotów medycznych między innymi z MIT oraz IBM. W ciągu 3 lat od momentu sformowania zespołu w 1996 roku powstały 3 generacje prototypów, zdolnych do przeprowadzania pierwszych prób na zwierzętach oraz ludziach. W 1999 roku, produkt o nazwie "System Chirurgiczny da Vinci" wszedł na rynek europejski. W pierwszej ofercie publicznej w czerwcu 2000 roku firma Intuitive Surgical osiągnęła zysk w wysokości 46 milionów dolarów, a miesiąc później robot chirurgiczny da Vinci otrzymał pozwolenie od Amerykańskiej Agencji ds. Żywności i Leków na wykorzystanie w chirurgii ogólnej. Kolejne pozwolenia w 2001 roku dotyczyły zabiegów prostatektomii radykalnej oraz toraskopii. W 2000 roku firma Intuitive Surgical została pozwana o naruszenie patentów przez firmę Computer Motion, produkującą konkurencyjnego robota ZEUS. Celem projektu ZEUSA było dostarczenie urządzenia zdolnego do przeprowadzenia operacji laparoskopowych z wyższą od ludzkiej precyzją. Podejście twórców robota da Vinci było inne. Robot miał umożliwić przeprowadzenie tradycyjnej operacji ze wszystkimi zaletami płynącymi z podejścia małoinwazyjnego. Z tego względu początkowo robota ZEUS wykorzystywano w laparoskopii, zaś da Vinci w tradycyjnych zabiegach. Z czasem jednak ZEUS stawał się coraz bardziej podobny do da Vinci pod względem technologicznym. W 2003 roku doszło do połączenia firm Computer Motion oraz Intuitive Surgical, co zakończyło okres prawnej batalii o patenty. Stopniowo zaczęto wycofywać z rynku robota ZEUS, na rzecz jednego rozwiązania – da Vinci [31].



Na całym świecie działa ponad 2000 tego typu urządzeń (stan na styczeń 2013). Najwięcej robotów da Vinci znajduje się w Stanach Zjednoczonych, we Włoszech jest ich 54, w Niemczech 48, w Czechach i w Rumunii po 9. W Polsce pierwszy robot da Vinci zakupiony został w 2010 roku za około 8,6 miliona złotych i obecnie znajduje się w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym we Wrocławiu. Koszt jednego zabiegu wykonanego przy pomocy tego urządzenia waha się między 5 – 24 tysiącami złotych, na razie operacje nie są refundowane przez NFZ [30].

### **Budowa i zasada działania**

System chirurgiczny da Vinci jest urządzeniem typu Master-Slave, gdzie część sterowniczą stanowi konsola z intuicyjnym interfejsem użytkownika (Master), zaś część wykonawczą stanowi robot medyczny o 4 interaktywnych ramionach, posiadających 7stopni swobody [11]. Da Vinci oparty jest na 4 głównych komponentach, do których poza konsolą chirurga oraz robotem właściwym po stronie pacjenta należą również narzędzia chirurgiczne EndoWrist oraz system wizyjny 3D [29].

Konsola sterownicza może być położona w dowolnej odległości od pacjenta o ile pozwalają na to parametry łącza telekomunikacyjnego. Jest ona w pełni przystosowana do przeprowadzania teleoperacji. Chirurg, wykonując zabieg siedzi przy ergonomicznym stanowisku, które złożone jest z systemu wizyjnego oraz narzędzi sterujących. Obraz ciała pacjenta podczas operacji otrzymywany jest poprzez specjalny wizjer (binokular), zdolny do wyświetlania w technologii 3D. Manipulatory konsoli umieszczone są w sposób ergonomiczny, na wysokości rąk lekarza, tak, aby sterowanie robotem przypominało operowanie narzędziami chirurgicznymi [29].

Konsola sterownicza może być położona w dowolnej odległości od pacjenta o ile pozwalają na to parametry łącza telekomunikacyjnego. Jest ona w pełni przystosowana do przeprowadzania teleoperacji. Chirurg, wykonując zabieg siedzi przy ergonomicznym stanowisku, które złożone jest z systemu wizyjnego oraz narzędzi sterujących. Obraz ciała pacjenta podczas operacji otrzymywany jest poprzez specjalny wizjer (binokular), zdolny do wyświetlania w technologii 3D. Manipulatory konsoli umieszczone są w sposób ergonomiczny, na wysokości rąk lekarza, tak, aby sterowanie robotem przypominało operowanie narzędziami chirurgicznymi [29].



**Rys. 10.13. Robot Da Vinci [27]**

Robot da Vinci składa się z 4 ramion robota, mających bezpośredni kontakt z pacjentem. Trzy ramiona wyposażone są w narzędzia chirurgiczne EndoWrist. Dwa z nich reprezentują prawą i lewą rękę chirurga, trzecie stanowi uzupełnienie, pozwalające na zwiększenie wydajności i możliwości robota. Istnieją także wersje o 3 ramionach, z których 2 posiadają narzędzia chirurgiczne. Ostatnie ramię służy do sterowania kamerą endoskopową w ciele pacjenta, eliminując tym samym konieczność obecności na sali operacyjnej dodatkowego asystenta, odpowiedzialnego za trzymanie kamery. Niewielkie rozmiary ramion pozwalają na przeprowadzanie operacji przy minimalnym nacięciu ciała pacjenta (1–2 cm), co minimalizuje ryzyko uszkodzenia tkanek [29].

Chirurg w czasie trwania zabiegu ma do dyspozycji zestaw narzędzi chirurgicznych w opatentowanej technologii EndoWrist. Narzędzia te zostały zaprojektowane, by naśladować zręczność ludzkiej dłoni oraz nadgarstka. Posiadają 7 stopni swobody, potrafią się także zginać pod kątem 90 stopni. Każde z nich posiada specyficzne właściwości, takie jak zaciskanie, zakładanie szwów oraz manipulacja tkankami. Odnaczają się łatwą wymienialnością podczas operacji, dzięki specjalnym dźwigniom przy ramionach robota. Układ wyposażony jest także w system redukcji efektu drżenia rąk oraz kompensacji gwałtownych ruchów chirurga. Narzędzia te sterowane są za pomocą konsoli chirurgicznej – odpowiednie ruchy dłoni, kciuków oraz nadgarstków (z możliwością skalowania zakresu ruchu) zamieniane są na precyzyjne ruchy ramion robota oraz narzędzi chirurgicznych [29].

System wizyjny robota da Vinci wyposażony jest w kamery, dostarczające trójwymiarowy obraz ciała pacjenta o wysokiej jakości oraz sprzęt do jego przetwarzania. Generowany przez endoskopy obraz jest uwydatniany oraz

optymalizowany przy użyciu odpowiednich filtrów, niwelujących wszelkie szумы i zakłócenia. Wrażenie trójwymiarowości zapewniają dwie kamery, z których zsynchronizowane obrazy są na siebie nakładane, a następnie przekazywane do binokularu konsoli sterującej, gdzie prawe oko chirurga postrzega obraz z prawej kamery, zaś lewe odpowiednio z lewej. Przy pomocy konsoli istnieje możliwość zmiany parametrów obrazu takich jak kontrast lub powiększenie [29].



**Rys. 10.14. System Da Vinci [27]**

### **Zastosowanie**

W 2012 roku przeprowadzono na całym świecie ponad 200.000 chirurgii przy pomocy robota [30]. System chirurgiczny da Vinci stosowany jest do przeprowadzania zabiegów małoinwazyjnych, gdzie wymagana jest wysoka precyzja. W wielu dziedzinach chirurgii ceniony jest za krótki okres rekonwalescencji po operacji, mniejszą utratę krwi oraz mniejsze prawdopodobieństwo komplikacji. System Da Vinci jest stosowany w następujących dziedzinach i zabiegach:

- W proktologii: kolektomia, niska przednia resekcja.
- W kardiologii: naprawa zastawki dwudzielnej, rewaskularyzacja wieńcowa.
- W chirurgii ogólnej: znajduje zastosowanie w leczeniu chorób pęcherzyka żółciowego, achalazji przełyku, otyłości.
- W ginekologii: histerektomia, miomektomia, sakrokolpopexia.
- W urologii: prostatektomia, cystektomia, częściowa nefrektomia.
- W onkologii eksperymentalnie bada się możliwości zastosowania robota do wycinania nowotworów wątroby i trzustki[6]. W Polsce sukcesem zakończyło się przeprowadzone kilka miesięcy temu pobranie nerki od żywego dawcy przy użyciu systemu da Vinci [30].

System da Vinci ma możliwość wykonywania zabiegów telechirurgicznych. W marcu 2005 roku doszło do pierwszej prezentacji tej technologii przy użyciu robota firmy Intuitive Surgical. Konsola sterowania zlokalizowana była w laboratoriach Uniwersytetu Cincinnati (w stanie Ohio), a robot właściwy wykonywał działania chirurgiczne w laboratoriach Intuitive Surgical w Sunnyvale (w stanie Kalifornia). Zabieg nefrektomii przeprowadzony był na uśpionej świni, korzystając z niededykowanego połączenia internetowego. Ten sam zabieg powtórzono w kwietniu 2005 roku między Denver a Sunnyvale. Poza pierwszą teleoperacją z użyciem robota da Vinci, była to również pierwsza teleoperacja, w której jednocześnie działania chirurgiczne wykonywało dwóch lekarzy (jedna konsola była zdalna, druga znajdowała się po stronie pacjenta). Z wyników tych eksperymentów skorzystano podczas rozwoju kolejnych wersji systemu da Vinci.

Na początku 2013 roku Amerykańska Agencja ds. Żywności i Leków rozpoczęła badania na temat korzystania z robota da Vinci wśród chirurgów wykonujących zabiegi przy pomocy tego systemu. Stało się to na skutek zwiększonej liczby zgłoszeń na temat problemów podczas przeprowadzania tego typu operacji, których efektem były komplikacje, okaleczenia lub nawet śmierć pacjentów. Raporty składane od początku 2013 roku wskazywały na wiele nieprawidłowości, w tym operację kobiety, która zmarła na skutek przypadkowego przecięcia przez chirurga naczynia krwionośnego podczas zabiegu histerektomii lub zabieg chirurgiczny śledziony z 2007 roku, podczas którego doszło do przebiccia części jelit pacjenta, czego efektem było śmiertelne zakażenie. Chirurg wówczas operujący, pierwszy raz wykonywał zabieg na człowieku przy pomocy da Vinci. Zdarzały się także problemy z samym robotem, takie jak brak możliwości otwarcia chwytaka narzędzi chirurgicznych, które podtrzymywały tkankę podczas chirurgii jelita grubego lub uderzenie w twarz pacjentki przez ramię robota podczas histrektomii. Przypadki te wywołały serię oskarżeń wobec firmy Intuitive Surgical oraz kontrowersje, wokół jakości i skuteczności systemu da Vinci [13].



**Rys.10.15. Ramiona robota [33]**

Kalendarium rozwoju systemu:

- 1999 wejście systemu Da Vinci na rynek.
- 2003 zmniejszenie średnicy instrumentów chirurgicznych (z 8 do 5mm), dodano czwarte ramię robota oraz interfejs odpowiedzialny za jego obsługę, zwiększono liczbę kompatybilnych narzędzi chirurgicznych z 6 do ponad 50.
- 2006 wejście na rynek wersji „S” robota. Zmniejszono czas uruchamiania o połowę, zmniejszono wielkość i wagę ramion robota oraz udoskonalono procedurę ich produkcji i serwisowania, zwiększając jednocześnie zakres ruchu. Wprowadzono system video WXGA o wysokiej jakości obrazu (rozdzielczość 1280x768, jakość zbliżona do 720p), wyświetlacze dotykowe po stronie pacjenta oraz ulepszenia architektury dla większej niezawodności, szybszego, przyszłego rozwoju i odporności na błędy.
- 2009 wejście na rynek da Vinci Si, w którym skupiono się na dopracowaniu platformy oraz zaspokojeniu potrzeb dojrzewającego rynku. Konsola chirurga otrzymała większe możliwości regulacji, poprawy w zakresie ergonomii, a także wyższej rozdzielczości monitory 3D (SXGA) i uproszczony interfejs użytkownika. System wizyjny został wyposażony w wyższej rozdzielczości ekrany dotykowe (WXGA+, 1440x900), a także łatwiejsze ustawienia. Da Vinci zyskał także możliwość operowania jednym robotem za pomocą dwóch konsol sterowniczych [31].

### **System Robin Heart**

Polacy również mają swojego robota chirurga. Komitet Badań Naukowych i Fundacja Rozwoju Kardiologii już w 2000 r. rozpoczęły prace nad stworzeniem pierwszego polskiego robota kardiologicznego. Badania zapoczątkował jeszcze prof. Zbigniew Religa. Po jego śmierci funkcję głównodowodzącego przejął dr Zbigniew Nawrat. Dzięki zaangażowaniu setek osób powstała rodzina robotów Robin Heart, która liczy łącznie 10 modeli

i Flagowy robot - Robin Heart mc2 – to pierwszy na świecie telemanipulator medyczny, który jest w stanie zastąpić trzy osoby – dwóch chirurgów i asystenta kierującego torem wizyjnym. Po raz pierwszy zaistniał medialnie w grudniu 2010r., kiedy to podczas specjalnej prezentacji chirurg z Zabrze, przy użyciu ramion robota, dokonał w Katowicach wycięcia fragmentu tętnicy piersiowej i wszczepienia go do serca. Polska konstrukcja posiada wiele cech wspólnych z amerykańskim Da Vinci – umożliwia generowanie obrazu 3D HD, eliminuje drżenie rąk, a narzędzia dostają się do pacjenta teleskopowo. Robin Heart nie jest natomiast sterowany specjalnymi joystickami jak Da Vinci, ale przyciskami. Jedno ramię polskiego robota-chirurga jest w stanie dźwżyć aż 2 narzędzia, które na dodatek można w dowolnym momencie wyjąć i używać manualnie. „Sterowanie przyciskami sprawia, że ruch narzędzi nie jest limitowany ruchliwością dłoni. Ramiona robotów Da Vinci są poruszane linkami, przez co trzeba je stroić jak fortepiany, a są to dodatkowe koszty i kłopoty. Ramionami naszego robota poruszają specjalne popychacze” wyjaśniał dr Zbigniew Nawrat [36].

### **Budowa i zasada działania**

Robot kardiochirurgiczny jest manipulatorem kopiującym, telemanipulatorem, który składa się z dwóch lub więcej ramion narzędziowych i jednego trzymającego kamerę oraz układu zadawania ruchu wraz z układem sterowania [34]. Układ mechaniczny realizuje czynności manipulacyjne za pomocą siłowników elektrycznych. Końcówka robocza przymocowanego do ramienia narzędzia wypełnia różne zadania (jako chwytak, nożyczki, nóż koagulujący). Struktura kinematyczna manipulatora składa się z ramienia (pozycjonowanie) oraz kiści (orientacja końcówki). Narzędzie wprowadzone jest do ciała pacjenta przez otwór (uzbrojony w specjalną pochewkę – port) o średnicy 5-10mm. Zasadą jest konstrukcja robota, która w sposób mechaniczny zachowuje stały punkt - miejsce przecięcia powłok ciała pacjenta - zachowujący się, jako przegub kulowy. Stałopunktowość robota jest osiągana kinematycznie (da Vinci, Robin Heart), pasywnie (Zeus) lub aktywnie. Nadzór, sterowanie odbywa się głównie w oparciu o obserwację wzrokową za pomocą zadajników ruchu w konsoli sterowniczej operatora. Obrazowanie zabiegu prowadzone jest za pomocą stereowizyjnej (lub 2D) kamery endowizyjnej sterowanej głosem lub dłonią. Funkcjonalność łańcucha kinematycznego telemanipulatora jest realizowana poprzez konstrukcję podwójnego czworoboku przegubowego oraz część napędową kiści robota, którą w modelu Robin Heart 1 stanowi pięć niezależnych serwonapędów z silnikami prądu stałego. Sposób przeniesienia napędu do stopni swobody końcówki roboczej narzędzia może być uzyskany poprzez napęd ciągnowy (da Vinci, Robin Heart 0,1) i popychaczowy (ZEUS), lub mieszany (rozwijana opcja kolejnych modelach Robin Heart). Z praktycznego punktu widzenia musi również umożliwiać jego wymianę i sterylność w czasie operacji [35, 36,43].

Końcówki robocze telemanipulatorów chirurgicznych posiadają trzy stopnie swobody służące do orientacji w przestrzeni, czwarty odpowiada zwykle za otwieranie i zamykanie szczęk. W modelach Robin Heart 1 i 3 narzędzia posiadają piąty stopień swobody, który zwiększa możliwości manewrowe, omijanie przeszkód lub pracę "do tyłu". Ramię robota, wykorzystane do pozycjonowania narzędzi i kamery wideo, posiada o wiele większą dokładność i stabilność niż ręka chirurga. W klasycznej operacji endoskopowej główny operator trzyma w obydwu dłoniach narzędzia laparoskopowe, a asystent trzyma kamerę, od której położenia zależy prezentacja właściwego obrazu pola operacyjnego [43].

Zgodnie z przyjętym planem rozwoju pierwszy wdrożony będzie system sterowania kamerą endoskopową. Efektywniejsze, samodzielne sterowanie kamerą zwiększa komfort operatora i skraca czas operacji. W 2007 roku powstał robot o nazwie Robin Heart Vision. Jest to robot, który może być wykorzystany, jako samodzielne ramię do sterowania położeniem toru endowizyjnego. Opracowany telemanipulator, przeznaczony do pozycjonowania endoskopu w trakcie zabiegów chirurgicznych (możliwość zamocowania endoskopów wielu producentów) posiada następujące parametry:

- ramię o kinematyce sferycznej o 4 stopniach swobody i zakresach przemieszczeń 120°, 160°, 150 mm, oraz 340° odpowiednio;
- rozdzielczość pozycjonowania końcówki ramienia: nie gorsza niż 0,5mm.

Zgodnie z założeniami telemanipulator powinien posiadać minimum trzy stopnie swobody (dwa obrotowe + jeden liniowy), które umożliwiają osiągnięcie dowolnego punktu w przestrzeni roboczej. W ramach prowadzonych prac wprowadzono dodatkowy stopień swobody umożliwiający obrót endoskopu wokół własnej osi [43].



**Rys. 10.16. Polski robot Robin Heart [36]**

## **Zastosowanie**

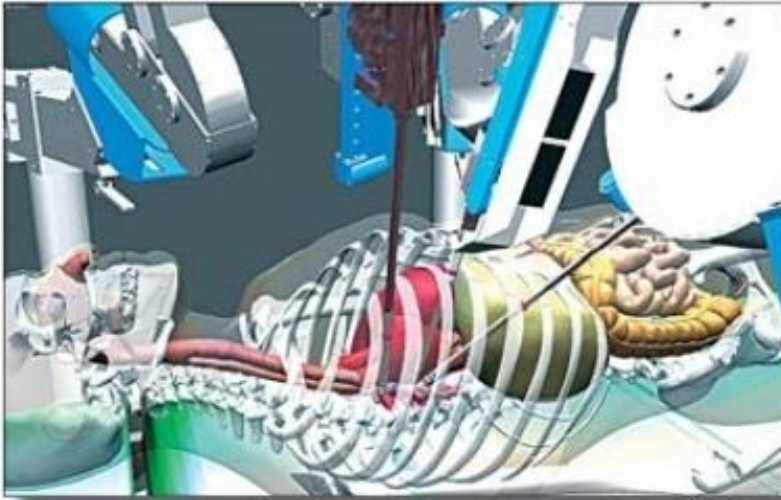
W styczniu 2014 poddano testom wszystkie posiadane roboty w eksperymencie na zwierzętach. Operację przeprowadzono na świniaach w Centrum Medycyny Doświadczalnej Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach przy udziale znakomitych kardiochirurgów (Romuald Cichoń, Joanna Śliwka, Grzegorz Religa, Michał Zembala). W czasie eksperymentu wykonano z powodzeniem zadania chirurgiczne w przestrzeni brzucha: operację wycięcia pęcherzyka żółciowego oraz w przestrzeni klatki piersiowej i serca: elementy naprawy zastawek serca (ta operacja z krążeniem pozaustrojowym). Na późniejszy termin przesunięto natomiast planowaną operację wszczepienia by-passów. W ostatniej fazie eksperymentu sprawdzono skuteczność mechatronicznych narzędzi Robin Heart Uni System, które można montować na ramieniu robota (sterowanie z konsoli) lub trzymać w dłoni (sterowanie manualne) [35, 36, 43].

Demonstracja teleoperacji przy użyciu, skonstruowanego w Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii, robota Robin Heart otworzyła konferencję poświęconą robotom medycznym. Przeprowadzony zdalnie zabieg polegał na elektrokoagulacji serca świńskiego. Serce oraz robot Robin Heart Vision, z zamocowanym na ramieniu odpowiednim narzędziem (nóż termiczny), umieszczone zostały w Centrum Medycyny Doświadczalnej SUM w Katowicach. Konsola sterująca Robin Heart Shell znajdowała się w siedzibie Fundacji Rozwoju Kardiochirurgii w Zabrze [36].

Eksperyment był pierwszym i najważniejszym punktem programu konferencji poświęconej robotom medycznym.

Niestety, przyszłość pierwszego polskiego robota chirurga jest niepewna. Póki co, istnieje tylko jeden egzemplarz mc2, który nie wykonał jeszcze żadnej operacji na żywym pacjencie. Powód? Brakuje inwestorów. Dr Nawrat szuka ich od 5 lat, ale nikt nie jest w stanie wyłożyć ok. 40 mln zł na wdrożenie robotów Robin Heart do polskich szpitali. Gdyby Robin Heart przerwał monopol amerykańskiego hegemonu, wzrosłaby dostępność robotów i w efekcie zyskaliby pacjenci. Skoro, co roku wykonuje się niemal 5 mln operacji małoinwazyjnych, a roboty chirurgiczne mogą podjąć się ponad 70% z nich, to na pewno wystarczyłoby pracy dla każdego [43].





**Rys. 10.17. Symulacja operacji za pomocą robota Robin Heart [43]**

### **Wady i zalety telechirurgii**

W dobie dynamicznego rozwoju chirurgii mało inwazyjnej coraz większe zainteresowanie robotami wydaje się nieuniknione. Ogromną zaletą telechirurgii jest możliwość operowania pacjentów przy pomocy specjalistycznych robotów, co pozwala na zachowanie bez porównania większej precyzji. Innym jej atutem jest opcja przeprowadzania skomplikowanych operacji na odległość bez bezpośredniej obecności operatora. Niesie to za sobą wielkie korzyści dla pacjentów, którzy po krótszej rekonwalescencji będą mogli wracać do swojej poprzedniej aktywności. Operacje, które wcześniej wydawały się nie do wykonania endoskopowo, z użyciem robota udaje się przeprowadzić w ten sposób. Zwiększona precyzja, lepsze uwidocznienie operowanego miejsca, mniej powikłań pooperacyjnych – to tylko najważniejsze korzyści płynące z rozwoju robotyki medycznej.

Dodatkowo:

- umożliwia prowadzenie operacji w sposób małoinwazyjny,
- skraca czas hospitalizacji bezpośrednio po zabiegu,
- zmniejsza liczbę powikłań pooperacyjnych,
- ramiona robota zatrzymują się natychmiast, kiedy chirurg odsunie głowę od monitora,
- chirurg obserwuje pole operacyjne w trzywymiarowym obrazie o wysokiej rozdzielczości,
- obserwowany obraz można dużo powiększyć,
- możliwość przeprowadzenia operacji chirurgicznych na bijącym sercu,
- szeroki obszar innych zastosowań [22].

### **Przyczyny ograniczonego stosowania**

Zdalne operacje nie są obecnie technologią powszechnie wykorzystywaną w szpitalach ze względu na wysokie koszty, złożoność i wielkość systemów teleoperacyjnych. Nadal pozostają one w sferze badań i testów prowadzonych przez ośrodki naukowe i koncerty medyczne. Mimo prowadzenia operacji na odległość, na sali operacyjnej w dalszym ciągu konieczna jest obecność anestezjologa oraz chirurga zapasowego, który jest w stanie przejąć zadania niezakończone przez robota z powodu usterek lub kłopotów z komunikacją [3].

Na koszt technologii zdalnych operacji składają się [16,21] :

- Koszt robota medycznego. da Vinci Si – 1,3 miliona \$. Dodatkowo koszty corocznego serwisu, które wynoszą 135 tys.\$ przy umowie na minimum 5lat.
- Koszt połączenia telekomunikacyjnego.
- Koszt infrastruktury (routery, kodery/dekodery, przełączniki sieciowe, peryferia komputerowe, monitory, urządzenia przechowujące dane) oraz urządzeń medycznych.
- Koszt szkolenia personelu [21].

Teleoperacje to przyszłość. Roboty coraz częściej pojawiają się w kardiochirurgii, chirurgii plastycznej czy neurochirurgii. Lekarze ogromne nadzieje pokładają w neurorobotce Minerva, który dzięki sterotaktycznej sondzie umożliwi superprecyzyjne operacje pod kontrolą komputera. Inną, równie piękną melodią przyszłości, są nanoboty, które odpowiednio zaprogramowane będą krążyć w organizmie i na bieżąco naprawiać zmiany patologiczne w naszych komórkach [36].

Dzięki zastosowaniu robotów medycznych, możliwe jest wykonywanie zabiegów, o których kilkanaście lat temu chirurdzy nawet nie marzyli. I choć nie są i nie będą stanie zastąpić rąk chirurga, to bez wątpienia przyszłość należy właśnie do takich urządzeń [39].

Zapewne w niedalekiej przyszłości roboty będą bardziej wszechstronne, a przez to będą dużo większym wsparciem dla laparoskopii, endoskopii, a także dla chirurgii otwartej. Konfiguracja systemu będzie elastyczna i uniwersalna. Z tego powodu komponenty systemu będą wykorzystywane w wielu dyscyplinach, a dostosowanie poziomu cenowego przyspieszy proces rozpowszechniania robotów nie tylko w krajach uprzemysłowionych [43].

## Bibliografia

- [1] Ówkiła A.: *Chirurgia przez dziurkę od klucza, czyli roboty w salach operacyjnych*. Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Chełmie, Instytut Nauk Technicznych, Chełm 2010
- [2] da Silva V., McGregor T., Rayman R., Luke P.: *Telesurgery: Future or Fiction*. [w]: Seung Hyuk Baik: "Robot Surgery". InTech, 2010.
- [3] Haidegger T., Benyó Z: *Extreme Telesurgery*. [w]: Seung Hyuk Baik: "Robot Surgery". InTech, 2010
- [4] Holt D, Zaidi A, Abramson J., Somogy R.: *Telesurgery: Advances And Trends*. University of Toronto Medical Journal. 82 (1)
- [5] Lanfranco A.R. et al.: *Robotic Surgery A Current Perspective*. Ann Surg, 2004;239, p. 14-21,
- [6] Mack M.J.: *Minimally Invasive and Robotic Surgery*. JAMA 2001;285: p. 568-572.
- [7] Tadeusiewicz R.: *Laboratorium Biocybernetyki*. Akademia Górniczo-Hutnicza, Krakow 2011
- [8] Vimal K., Narula MD, W. Scott Melvin MD: *Robotic Surgical Systems, Zeus System*. [w]: Vipul R., Patel MD: "Robotic Urologic Surgery". Springer, 2007
- [9] *A World First in Telesurgery*. The Surgical Act Crosses the Atlantic Press Conference "OPERATION LINDBERGH" 19.09.2001
- [10] Holt D, Zaidi A, Abramson J., Somogy R. . *Telesurgery: Advances And Trends*. University of Toronto Medical Journal. 82 (1)
- [11] Marescaux J., Rubino F.: *The ZEUS robotic system: experimental and clinical applications*. „Surgical Clinics of North America”
- [12] Podśędkowski L.: *Roboty medyczne – budowa i zastosowanie*.
- [13] *Surgical robot da Vinci scrutinized by FDA after deaths, other surgical nightmares*. Daily News
- [14] [www.intuitivesurgical.com](http://www.intuitivesurgical.com) [11.2014]
- [15] <http://www.gazetalekarska.pl> [11.2014]
- [16] <http://www.przeglad-urologiczny.pl/artykul.php?2181> [11.2014]
- [17] [http://nt.interia.pl/gadzety/news-roboty-w-sluzbie-chirurgii,nId,695147?utm\\_source=paste&utm\\_medium=paste&utm\\_campaign=chrom](http://nt.interia.pl/gadzety/news-roboty-w-sluzbie-chirurgii,nId,695147?utm_source=paste&utm_medium=paste&utm_campaign=chrom) [11.2014]
- [18] <http://ryszardtadeusiewicz.natemat.pl/79839,czwororeki-uzdrowiciel-wciaz-przegrywa-z-jednorekim-bandyta> [11.2014]
- [19] <http://wiadomosci.wp.pl/kat,1354,title,Operacja-przez-ocean,wid,201276,wiadomosc.html?ticaid=111a51> [11.2014]
- [20] <http://robinheart.pl/> [11.2014]
- [21] <http://pl.wikipedia.org/wiki/Teleoperacja> [11.2014]
- [22] <http://student.agh.edu.pl/~fraugi/Telechirurgia.pdf> [11.2014]
- [23] <http://robinheart.pl/index.php/pl/o-robotach> [11.2014]

- [24] [http://pl.wikipedia.org/wiki/Robot\\_medyczny](http://pl.wikipedia.org/wiki/Robot_medyczny) [11.2014]
- [25] <http://www.hoise.com> [11.2014]
- [26] <http://spinoff.nasa.gov> [11.2014]
- [27] <http://www.asimo.pl/modele/zeus> [11.2014]
- [28] <http://www.davincisurgery.com/da-vinci-surgery> [11.2014]
- [29] [http://www.chirurgiarobotowa.pl/Robot\\_Da\\_Vinci](http://www.chirurgiarobotowa.pl/Robot_Da_Vinci) [11.2014]
- [30] <http://medtube.pl> [11.2014]
- [31] *The Slow Rise of the Robot Surgeon*. MIT Technology Review
- [32] <http://technologie.gazeta.pl> [11.2014]
- [33] <http://www.robotsurgery.ie> [11.2014]
- [34] <http://student.agh.edu.pl/~fraugi/Telechirurgia.pdf> [11.2014]
- [35] <http://robinheart.pl/index.php/pl/aktualnosci/2-newsy> [11.2014]
- [36] <http://nt.interia.pl/gazety/news-roboty-w-sluzbie-chirurgii,nld,695147>  
[11.2014]
- [37] <http://www.przegląd-rolologiczny.pl/artukul.php?2128> [11.2014]
- [38] <http://www.rynekzdrowia.pl/Aparatura-i-wyposazenie/Roboty-medyczne-naprawde-nie-sa-juz-bajka-dlatego-trzeba-z-nich-korzystac,117538,5.html> [11.2014]
- [39] <http://sztuczna.friko.pl/index.php?go=3> [11.2014]
- [40] <http://spinoff.nasa.gov/spinoff2000/hm1.htm> [11.2014]
- [41] <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1586176/> [11.2014]
- [42] <http://www.termedia.pl/Artykul-oryginalny-Sterowanie-laparoskopem-z-zastosowaniem-systemu-robotycznego-na-modelu-fantomowym,42,5869,1,0.html> [11.2014]
- [43] [http://www.robotyka.com/fundacja\\_wiadomosc.php/wiadomosc.15](http://www.robotyka.com/fundacja_wiadomosc.php/wiadomosc.15)  
[11.2014]