

PŁASZCZYZNY WSPÓŁPRACY SPECJALISTÓW MEDYCZNYCH ORAZ INŻYNIERÓW BIOMEDYCZNYCH I BIOCYBERNETYKÓW

COMMON LEVELS OF CO-OPERATION BETWEEN MEDICAL SPECIALISTS,
BIOMEDICAL ENGINEERS, AND BIOCYBERNETICS

Emilia Mikołajewska¹, Dariusz Mikołajewski²

¹ Oddział Kliniczny Paraplegii z Pododdziałem Wybudzeń oraz Oddział Kliniczny Wczesnej Rehabilitacji Neurologicznej
Klinika Rehabilitacji, 10 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SP ZOZ w Bydgoszczy
Kierownik: płk dr Krzysztof Radziszewski

² Katedra Informatyki Stosowanej, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej
Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
Kierownik: prof. dr hab. Włodzisław Duch

STRESZCZENIE

Panuje pogląd, że współpraca personelu medycznego oraz inżynierów jest niedoceniana, a jej istotny pozytywny wpływ na wyniki terapii nie został dostatecznie zbadany.

Cel pracy stanowi próba oceny stanu współpracy pomiędzy specjalistami medycznymi a inżynierami biomedycznymi i biocybernetykami na podstawie przeglądu dotychczas opublikowanej literatury.

Przegląd piśmiennictwa recenzowanych artykułów indeksowanych w głównych bibliograficznych bazach danych został przeprowadzony z użyciem wyspecyfikowanych słów kluczowych oraz jednoznacznych kryteriów uwzględnienia i pominięcia.

Niezbędne są dalsze badania mające określić stan współpracy pomiędzy specjalistami medycznymi a inżynierami biomedycznymi i biocybernetykami, czynniki ją determinujące oraz wskazówki do praktyki klinicznej.

Słowa kluczowe: personel medyczny, inżynier, współpraca interdyscyplinarna, współpraca w ramach zespołu terapeutycznego, kształcenie interdyscyplinarne.

SUMMARY

There is a dominant opinion that the cooperation of medical personnel and engineers is unappreciated and its significant positive influence on the results of therapy has not been sufficiently investigated.

The aim of this paper is an attempt to assess the state of cooperation between medical specialists and biomedical engineers and biocybernetics specialists on the basis of the opinions published up to this point in literature.

A survey of the literature in reviewed articles indexed in the main literature databases was carried out using specific keywords and unambiguous criteria for inclusion and omission.

Further study is necessary which will determine the state of cooperation between medical specialists and biomedical engineers and biocybernetics specialists, the factors which determine it and any guidelines for clinical practice.

Key words: medical personnel, engineer, interdisciplinary cooperation, cooperation in a therapeutic team, interdisciplinary education cooperation, co-operation in the therapeutic team, interprofessional education.

WSTĘP

Mottem do niniejszej pracy są słowa Ferdinanda Sauerbrucha, uważanego za ojca-założyciela inżynierii rehabilitacyjnej: „Odtąd chirurg, fizjolog i specjalista techniczny (protetyk/inżynier) będą pracowali razem”*. Inżynieria rehabilitacyjna (ang. rehabilita-

tion engineering) jest częścią inżynierii biomedycznej (ang. biomedical engineering, BME), zajmującą się wykorzystaniem badań z obszaru biomechaniki (analizy, oceny i modelowania ruchu i chodu człowieka) do opracowania mechanicznych i elektrycznych technik oraz urządzeń wspomagających motoryczne i umysłowe funkcje organizmu (w tym układów człowiek-maszyna). Należą do nich: ortozy, protezy, bioprotezy, funkcjonalna stymulacja elektryczna, opatrunki unieruchamiające, wyciągi, aparaty rehabilitacyjne,

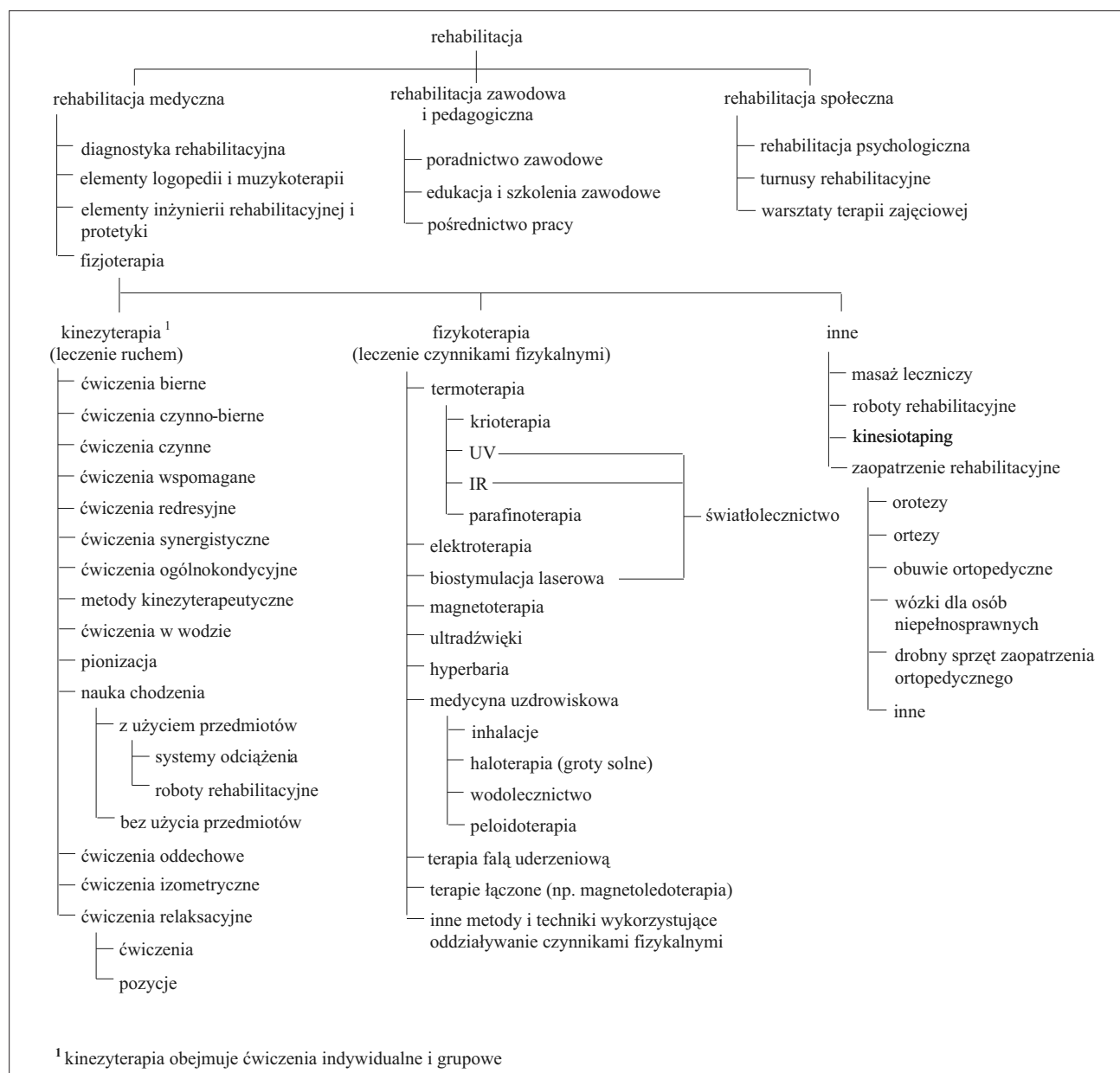
* W oryginale „Henceforth, surgeon, physiologist, and technician (prosthetist/engineer) will have to work together”. Literary Digest, 26 sierpnia 1916, str. 453.

obuwie ortopedyczne, wózki dla osób niepełnosprawnych itp. (rysunek 1). Początki inżynierii rehabilitacyjnej sięgają lat II wojny światowej, niemniej jednak niektórzy naukowcy przytaczają dowody na istnienie jej pierwowzorów już w starożytnym Egipcie. Inżynieria rehabilitacyjna przeżywa dynamiczny rozwój od lat sześćdziesiątych XX wieku, wraz z całą inżynierią biomedyczną [1, 2, 3].

Po II wojnie światowej zaczęła się również dynamicznie rozwijać biocybernetyka, definiowana jako modelowanie pozyskiwania, przetwarzania i wykorzystywania informacji w organizmie człowieka na potrzeby nauk medycznych i biologicznych [5]. Modele biocybernetyczne (m.in. funkcjonowania układu nerwowego) są obecnie uważane za ważny element łączący podstawy teoretyczne z badaniami eksperymentalnymi.

Obecny system kształcenia zakłada odrębne przygotowanie przedstawicieli każdego z zawodów medycznych oraz specjalności inżynierskich wykorzystywanych w szeroko pojętym systemie opieki zdrowotnej, zarówno w zakresie edukacji przeddyplomowej, jak i podyplomowej. Nie ulega wątpliwości, że przy dalszym dynamicznym rozwoju ww. nauk oraz postępującej specjalizacji, zachowanie całkowitej odrębności kształcenia będzie pogłębiać stan obecny. Brak jest rozwiązań w zakresie kształcenia interdyscyplinarnego, zgrzywającego, zapewniającego teoretyczne i praktyczne przygotowanie do współdziałania w ramach terapeutycznych zespołów wielodyscyplinarnych w codziennej praktyce klinicznej.

Tematyka kształcenia interdyscyplinarnego w szeroko pojmowanej opiece zdrowotnej była do tej pory



Rys. 1. Miejsce inżynierii rehabilitacyjnej, zaopatrzenia rehabilitacyjnego oraz różnego rodzaju urządzeń terapeutycznych we współczesnej rehabilitacji (wariant na podstawie [4])

podejmowana w odniesieniu do uzupełniania kompetencji pomiędzy zawodami medycznymi. Kwestie kształcenia interdyscyplinarnego są problemem ogólnosiwiatowym, czego dowodzą zapisy w Raporcie Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) [6]. Geneza takiego podejścia WHO leży przede wszystkim w poszukiwaniu nowych strategii mających na celu zapewnienie wysokiej jakości opieki zdrowotnej przy ograniczonej liczbie specjalistów medycznych oraz ograniczonych zasobach finansowych. Może w tym pomóc nie tylko identyfikacja obecnego stanu oraz możliwych dalszych obszarów współpracy pomiędzy przedstawicielami zawodów medycznych [6], lecz także pełniejsze wykorzystanie możliwości nowoczesnych technologii.

Inżynieria rehabilitacyjna, wykorzystując aktualne osiągnięcia techniczne, wychodzi naprzeciw potrzebom osób niepełnosprawnych, przewlekle chorych i w podeszłym wieku, odgrywając istotną rolę pomocniczą we wszystkich fazach procesu rehabilitacji. Konieczna jest zatem współpraca pomiędzy personelem medycznym a inżynierami rehabilitacyjnymi w następujących fazach:

- projektowania sprzętu,
- badań klinicznych,
- doboru sprzętu,
- całym procesie leczenia i rehabilitacji (szpitalnej, ambulatoryjnej i domowej),
- wniosków dotyczących modernizacji istniejących rozwiązań i opracowania nowych.

Współpraca ta nabiera szczególnego znaczenia w obszarach:

- protezowania kończyn górnych,
- protezowania kończyn dolnych,
- zaopatrzenia ortotycznego tułowia i kończyn,
- pomocy technicznych stosowanych w pionizacji i nauce chodu oraz samodzielnym chodzie,
- doboru wózków dla osób niepełnosprawnych.

Prezentowany temat nie jest nowy – oprócz cytowanych słów Ferdynanda Sauerbrucha pierwsza powszechnie znana i indeksowana we współczesnych bazach bibliograficznych publikacja na ten temat pochodzi z 1946 roku [7].

Celem pracy jest próba oceny stanu współpracy pomiędzy specjalistami medycznymi a inżynierami biomedycznymi i biocybernetykami za pomocą syntezy dotychczas opublikowanej literatury. Punkt wyjścia stanowiła hipoteza, że współpraca ta jest niedoceniana, a jej istotny pozytywny wpływ na wyniki terapii nie został dostatecznie zbadany. W ciągu ostatnich 65 lat, pomimo znacznego postępu naukowego i praktyki klinicznej, niewiele w tym zakresie zrobiono. Hipotezę tę zweryfikowano na podstawie opublikowanych badań z omawianego zakresu oraz dyskusji na temat ich potencjalnego wpływu na praktykę kliniczną w ramach współczesnej i przyszłościowej pediatrycznej rehabilitacji neurologicznej, również na podstawie doświadczeń własnych autorów z badań interdyscyplinarnych z udziałem zarówno personelu medycznego, jak i inżynierskiego.

Przegląd piśmiennictwa

Przegląd piśmiennictwa recenzowanych artykułów indeksowanych w głównych bibliograficznych bazach danych (Pubmed – U.S. National Library of Medicine, PEDro – Physiotherapy Evidence Database, CINAHL, Medline, Scopus, Health Source: Nursing/Academic Edition) został przeprowadzony z użyciem różnorodnych kombinacji wyspecyfikowanych słów kluczowych (*physician, physiotherapist, nurse, engineer, biomedical engineer, biocybernetics, cooperation*) oraz jednoznacznych kryteriów uwzględnienia i pominięcia (tabela 1). Przeprowadzono syntezę reprezentatywnych pozycji literatury, mając na celu omówienie zakresu tematycznego oraz wagi dowodów naukowych w dalszych częściach niniejszej pracy.

WYNIKI

Spośród 58 artykułów zakwalifikowano do przeglądu zaledwie cztery prace przedstawione w tabeli 2, przy czym jedynie dwa pierwsze artykuły powstały w ciągu ostatnich dziesięciu lat. Świadczy to o zde-

Tabela 1. Kryteria pominięcia i uwzględnienia

Kryteria uwzględnienia	Kryteria pominięcia
Język angielski*	Inne języki
Artykuły w czasopismach recenzowanych	Artykuły w czasopismach nierecenzowanych
Wskazanie na specjalistów medycznych lub inżynierów biomedycznych jako grupy docelowej	Artykuły skierowane do szerszego spektrum odbiorców
Artykuły redakcyjne opublikowane w czasopismach recenzowanych, listy do redakcji, rozprawy, abstrakty konferencyjne, streszczenia prac naukowych, książki lub rozdziały w książkach	Artykuły popularnonaukowe

* Publikacji w języku polskim spełniających kryteria uwzględnienia nie stwierdzono.

Tabela 2. Wykaz prac zakwalifikowanych do przeglądu

Nazwa czasopisma	Liczba publikacji	Autorzy
Work	1	Goodman et al. [8]
Advances in Clinical and Experimental Medicine	1	Mikołajewska i Mikołajewski [9]
Indiana State University: Nursing	1	Pharris [7]
Medical Progress Through Technology	1	Effert [10]
Ogółem	4	

cydowanym niedoceniu przez badaczy wagi omawianego tematu. Wszystkie z ww. prac podkreślały potrzebę współpracy pomiędzy specjalistami medycznymi a inżynierami, nie wskazując jednak konkretnych rozwiązań w tym zakresie. Co więcej, dwie z cytowanych prac ([8], [9]) wskazują na istniejące rozbieżności pomiędzy personelem medycznym a inżynierami biomedycznymi, i kładą nacisk na konieczność wypracowania nowych zasad komunikacji oraz zacieśnienia współpracy. Pozwoli to na podwyższenie efektywności terapii w rezultacie synergii wysiłków specjalistów medycznych i inżynierów. Bariery w tym procesie mogą okazać się jednak na przykład odmienne nazewnictwo oraz priorytety badań.

Problematyce kształcenia inżynierów biomedycznych został poświęcony cały numer czasopisma „Bio-Algorithms and Med-Systems” (vol. 7, nr 3) z 2011 roku, w tym bardzo interesujący artykuł prof. Ryszarda Tadeusiewicza na temat wielodyscyplinarności w nauczaniu inżynierii biomedycznej [11]. Wydaje się, że najwyższy czas nadać podobnie wysokie znaczenie kształceniu interdyscyplinarnemu w naukach medycznych, naukach o zdrowiu i naukach o kulturze fizycznej. Przygotowanie odpowiednio wcześniej nie tylko personelu medycznego, lecz także całej strategii płynnego wprowadzania nowoczesnych technologii do codziennej praktyki klinicznej może okazać się krokiem milowym w rozwoju służby zdrowia.

Postęp techniczny a osoby niepełnosprawne, ciężko chore i w podeszłym wieku

Ciągły postęp wymaga zmian związanych m.in. z tymi w technice. Generalnie w większości przypadków są to zmiany korzystne. Niemniej jednak postęp może powodować tzw. disability gap, czyli niekorzystne dla pacjentów zwiększanie przepaści w dostępie do możliwości nowoczesnych urządzeń i innych rozwiązań, na przykład metod terapeutycznych wymagających wykorzystania nowoczesnych technologii. Posiadane deficyty mogą utrudniać lub uniemożliwiać osobom niepełnosprawnym obsługę niektórych urządzeń. Dodatkowo wzrost automatyzacji powoduje większą zależność ludzi od otaczających ich urządzeń. W przypadku osób niepełnosprawnych (lub ciężko chorych czy w podeszłym wieku, wy-

magających podobnych rozwiązań) ta zależność jest jeszcze większa. Niesie to ze sobą ciągłe wyzwanie, aby nowoczesne systemy i urządzenia były dostępne dla osób niepełnosprawnych i to, o ile to możliwe, bez wsparcia dodatkowych osób lub urządzeń dostosowujących. Dotyczy to wszystkich obszarów aktywności osób niepełnosprawnych:

- czynności życia codziennego i samoobsługi,
- transportu i komunikacji (również korzystania z wind, schodów itp.),
- nauki i pracy,
- wypoczynku, hobby i sportu,
- zakupów i usług (bankowych, w urzędach i innych).

Omawiany problem dotyczy nie tylko obszaru sprawności motorycznej czy poznawczej (np. wymaganej sprawności manualnej, możliwości wykorzystania wzroku i innych zmysłów), lecz także kwestii społecznych (rodzina, system opieki zdrowotnej, edukacji, administracji, pracodawcy i współpracownicy) oraz wsparcia instytucjonalnego (regulacje prawne, stosunek do osób niepełnosprawnych instytucji rządowych, samorządowych i fundacji, wsparcie finansowe).

Przy projektowaniu systemów i urządzeń dostosowanych do potrzeb osób niepełnosprawnych lub dedykowanych specjalnie dla nich zderzają się ze sobą dwie pozornie sprzeczne tendencje:

- uniwersalność – czyli dopasowanie (modelu podstawowego/wyjściowego) do jak największej liczby potencjalnych klientów, bez potrzeby adaptacji;
- indywidualizacja – czyli możliwość łatwego dostosowania do indywidualnych potrzeb użytkownika niepełnosprawnego (poprzez regulację lub dokupienie dodatkowych akcesoriów).

Dla przykładu w odniesieniu do wózków inwalidzkich w znormalizowanych typoszeręgach wyróżnia się następujące parametry:

- 1) wysokość, szerokość i głębokość siedziska,
- 2) wysokość oparcia tylnego,
- 3) kąt pochylenia siedziska i kąt pochylenia oparcia,
- 4) całkowita wysokość i długość wózka,
- 5) dla wózków składanych: całkowite wymiary wózka złożonego,

6) dobór materiałów i parametrów elementów:

- układu podparcia ciała (kształty, twardość, faktura, elementy przeciwodleżynowe, komfort),
- układu jezdnio-napędowego (rodzaj napędu, dostosowanie do napędu jedną ręką),
- kół (kształt, waga, opony, opory toczenia),
- ramy (kształt, waga, stabilność),
- innych według potrzeb.

Nie ulega wątpliwości, że tak wyspecyfikowany wózek należy dobrać do charakterystyki użytkownika, którą stanowią:

- rodzaj i rozległość porażenia,
- zdolność wykonywania ruchów,
- zachowana siła mięśni,
- warunki antropometryczne,
- potrzeby pacjenta: charakter pracy, warunki mieszkaniowe, korzystanie z samochodu, podjazdu itp. a nawet uprawianie sportu,
- preferencje pacjenta.

Jednak same ściśle pomiary nie załatwią niczego – konieczne jest doświadczenie w doborze, uwzględnienie zarówno czynników medycznych, jak i pozamedycznych [12–18], szczególnie przy doborze wózka aktywnego. Istotnym obszarem jest wpisanie doboru wózka oraz jego późniejszego wykorzystania nie tylko w biopsychospołeczny model opieki zdrowotnej oraz holistyczny model rehabilitacji zaproponowany przez prof. Wiktora Dege, ale również w terapię zorientowaną na pacjenta (ang. patient-oriented therapy) z uwzględnieniem jego celów i priorytetów, realizowaną wspólnie przez wielodyscyplinarny zespół terapeutyczny.

Należy również pamiętać, że paradygmat medycyny opartej na faktach (ang. Evidence-Based Medicine – EBM) powoduje nacisk na stosowanie w praktyce klinicznej metod, technik, procedur i rozwiązań organizacyjnych sprawdzonych w badaniach naukowych o wysokiej wiarygodności i powtarzalności. Z tego powodu obok medycznych autorytetów klinicznych powinny wyłonić się analogiczne autorytety w dziedzinie nauk inżynierskich mających swój udział w praktyce klinicznej (informatyce medycznej, inżynierii biomedycznej, biocybernetyce i innych). Pozwoli to na efektywne i wiarygodne opracowanie niezbędnych wytycznych klinicznych i procedur.

Badania własne

Interdyscyplinarne zespoły badawcze składające się ze specjalistów medycznych oraz inżynierów nie są spotykane zbyt często. Z tego powodu warto podać pozytywny przykład takiej współpracy: budowa robota chirurgicznego Robin Heart realizowana przez zespół dr. Zbigniewa Nawrata. Interdyscyplinarne badania własne autorów niniejszej pracy obejmują wiele obszarów współpracy personelu medycznego

oraz inżynierów biomedycznych i biocybernetyków. Dotyczą one w szczególności:

- 1) technologii wspomagających (ang. Assistive Technology – AT), tj. urządzeń wspomagających osoby niepełnosprawne, zastępujących im utracone części ciała i/lub funkcje:
 - najprostszymi rozwiązań związanych z typowym zaopatrzeniem ortopedycznym (laski, kule, wózki dla osób niepełnosprawnych);
 - zastosowań informatyki: dostosowanie komputera do potrzeb osób niepełnosprawnych, wykorzystanie interfejsów mózg-komputer (ang. brain-computer interface – BCI) oraz neuroprotezy [19];
 - zastosowań automatyki i robotyki (wózki inteligentne, egzoszkielety) [20, 21, 22];
 - wykorzystania technologii inteligentnego domu (ang. smart home), inteligentnego ubrania (ang. i-wear), oraz zintegrowanego środowiska wspierającego osoby niepełnosprawne, ciężko chore i w podeszłym wieku;
 - rozwiązań przyszłościowych w postaci inteligentnego otoczenia (ang. ambient intelligence – AmI) oraz informatyki afektywnej (ang. affective computing – AC) opartych na Internecie Rzeczy (ang. Internet of Things – IoT);
 - 2) zastosowań informatyki w medycynie, szczególnie w obszarze obiektywizacji wyników rehabilitacji i fizjoterapii w ramach paradygmatu Medycyny Opartej na Faktach (ang. Evidence Based Medicine), również dzięki informatyzacji i automatyzacji diagnostyki funkcjonalnej (zarówno klinimetrii, jak i analizy chodu) [23, 24];
 - 3) biocybernetycznych modeli pnia mózgu – wbrew pozorom mało poznanej część układu nerwowego człowieka;
 - 4) biocybernetycznych modeli zaburzeń świadomości, będących jednym z najpoważniejszych następstw uszkodzeń ośrodkowego układu nerwowego (w rezultacie udarów, uszkodzeń traumatycznych, ale również zatruc czy schorzeń metabolicznych);
 - 5) biocybernetycznych modeli neuroplastyczności układu nerwowego człowieka, przydatnych w celu wyodrębnienia kluczowych mechanizmów odpowiedzialnych za funkcjonalny powrót do zdrowia pacjentów z deficytami neurologicznymi;
 - 6) modelowania poważnych schorzeń o podłożu neurologicznym: autyzmu i ADHD (grant MNiSW N519 5781 38), w celu wyodrębnienia ich możliwych mechanizmów oraz, w miarę możliwości, stworzenia jednolitej teorii w tym zakresie [25].
- Wnioski autorów są poparte również interdyscyplinarnym doświadczeniem dydaktycznym, m.in. autor niniejszej pracy prowadzi przedmioty „Analiza

interfejsu mózg-komputer” oraz „Wstęp do informatyki” na kierunku „Kognitywistyka” na Uniwersytecie Mikołaja Kopernika w Toruniu. Studia z kognitywistyki wypełniają kolejną lukę, przygotowując wszechstronnych, interdyscyplinarnych specjalistów (humanistyczno-medyczno-technicznych) do pracy z pacjentem lub na korzyść zespołów wielodyscyplinarnych. Łączenie trzech ww. obszarów zagadnień, choć wymaga większego wysiłku zarówno ze strony studentów, jak i wykładowców (choćby z powodu bardzo zróżnicowanego obszarowo przygotowania kandydatów na te studia: od absolwentów profili biologiczno-chemicznych aż po informatyków), może się jednak przełożyć na:

- lepszy wgląd w biopsychospołeczny model opieki zdrowotnej oraz terapię holistyczną;
- szerszą wizję możliwości w zakresie terapii i opieki nad pacjentem, w tym w ramach terapeutycznego zespołu wielodyscyplinarnego;
- wiedzę na temat łączenia różnych form terapii i opieki, w tym wykorzystania nowoczesnych rozwiązań technicznych, z uwzględnieniem stanu zdrowia, potrzeb i możliwości pacjenta;
- świadomość wagi relacji pacjent–terapeuta i jej wpływu na efektywność terapii.

DYSKUSJA

Obszary pracy inżyniera biomedycznego, biocybernetyka, lekarza, pielęgniarki, terapeuty zajęciowego oraz fizjoterapeuty nakładają się na siebie. Rzetelne wypełnianie ww. zadań wymaga ciągłego samodoskonalenia zawodowego, również w zakresie sąsiadujących dziedzin (ang. interprofessional education – IPE [26, 27, 28]), dobrego kontaktu z pacjentem oraz poznania jego potrzeb i ograniczeń. Obecne programy studiów nie są w pełni dostosowane do wymogów takiej współpracy. Pozostaje edukacja ustawiczna, która jak żadna inna elastycznie dostosowuje się do potrzeb w tym zakresie. Potrzeby te będą rosły wraz ze wzrostem wykorzystania zaopatrzenia ortopedycznego (zaopatrzenia rehabilitacyjnego, technologii wspomagającej takiej jak egzoszkielety [29] czy neuroprotezy [19]) wśród pacjentów, szczególnie tych w podeszłym wieku. Systematyczne starzenie się społeczeństwa, nie tylko w Polsce, ale we wszystkich krajach rozwiniętych, nie pozostawia co do tego złudzeń. Być może niebawem staniemy w obliczu kolejnej rewolucji w medycynie, tym razem spowodowanej szerszym wdrożeniem telemedycyny i teler rehabilitacji, co jeszcze podniesie znaczenie zawodów technicznych w ramach opieki zdrowotnej.

Przeszkodami w szerszym wdrożeniu proponowanych wzorców współpracy mogą być:

1. Niechęć personelu medycznego do rozszerzenia zespołu wielodyscyplinarnego, szczególnie o przedstawicieli nauk technicznych, reprezentujących być może odrębną kulturę zawodową [30].
2. Dość ściśle zhierarchizowanie zespołów wielodyscyplinarnych – w warunkach polskich zwykle uszeregowanych od lekarzy (uważanych za najwyższych w hierarchii zawodów medycznych), poprzez fizjoterapeutów, terapeutów zajęciowych i psychologów aż po personel pielęgniarski.
3. Postrzeganie współpracy w ramach zespołu i swojej pozycji w zespole poprzez pryzmat prestiżu wykonywanego zawodu – warto zauważyć, że dotychczas zawody techniczne mogły być przez personel medyczny postrzegane na podstawie informatyków medycznych czy techników-ortotyków, natomiast styczność z inżynierami biomedycznymi posiadającymi specjalizacje medyczne (prowadzone w dziedzinie inżynierii medycznej) czy stopnie lub tytuły naukowe (zdobyte m.in. w Instytucie Biocybernetyki i Inżynierii Biomedycznej im. Macieja Nałęcza Polskiej Akademii Nauk w Warszawie) była prawdziwym ewenementem. W tym kontekście wydaje się również, że użycie sformułowania „personel inżynierski” zamiast „personel techniczny” podnosi prestiż inżynierów biomedycznych i biocybernetyków w ramach zespołu wielodyscyplinarnego.

Za najważniejsze czynniki sprzyjające ww. współpracy uważa się edukację ustawiczną po obu stronach, wspólne zajęcia/warsztaty/sympozja już od poziomu studiów licencjackich/inżynierskich oraz doskonalenie programów kształcenia zarówno na poziomie specjalizacji, studiów podyplomowych, jak i kursów.

Nie ulega wątpliwości, że nowoczesna rehabilitacja, szczególnie zorientowana na pacjenta, wymaga współdziałania zespołu wielospecjalistycznego również w zakresie wykorzystania najnowocześniejszych dostępnych rozwiązań technicznych. Oprócz lekarza, terapeuty zajęciowego, pielęgniarki oraz fizjoterapeuty może, w miarę potrzeb, do niego należeć inżynier biomedyczny specjalizujący się w inżynierii rehabilitacyjnej. Ze względu na specyfikę swoich działań może on zdecydowanie poprawić życie pacjenta na codziennym, praktycznym poziomie, podwyższyć jego bezpieczeństwo [31], a także zmniejszyć złożoność zadań innych członków zespołu wielospecjalistycznego. Pomoże to usuwać bariery spowodowane przez otoczenie, a także poprawić lub przywrócić osobie niepełnosprawnej możliwość realizacji funkcji w rodzinie, pracy czy społeczności.

Warto zauważyć, że istnieją co najmniej dwa sposoby efektywnego włączenia inżynierów biomedycznych i biocybernetyków w funkcjonowanie placówek służby zdrowia:

- włączenie ich jako odrębnej komórki w strukturze placówki, na zasadzie zbliżonej do dzisiejszej informatyki medycznej,
- wyłączenie ich poza obręb placówek służby zdrowia, jako samodzielne zakłady, na zasadzie zbliżonej do obecnych zakładów zaopatrzenia ortopedycznego.

Ze względu na narastające nasycenie placówek służby zdrowia nowoczesną techniką trudno jednoznacznie orzec, który z ww. sposobów okaże się efektywniejszy za kilka lat. Należy również stwierdzić, że rozwój techniczny niesie ze sobą wiele zagrożeń, wskutek czego mogą się pojawić zupełnie nowe schorzenia, związane na przykład z uzależnieniem od rzeczywistości wirtualnej czy interfejsów mózg-komputer wykorzystywanych do gier. Schorzenia te, o podłożu neurologicznym, mogą jednak wymagać zupełnie innych metod terapeutycznych od wykorzystywanych obecnie. Warto zatem uważnie obserwować sytuację, by elastycznie się do niej dopasowywać, biorąc pod uwagę zarówno dobro pacjenta, jak i rachunek ekonomiczny.

Wydaje się, że doprecyzowania wymaga również miejsce i rola inżynierów biomedycznych i biocybernetyków w ramach:

- paradygmatu EBM w sytuacji potencjalnego silnego nasycenia medycyny rozwiązaniami technicznymi, na przykład nanomedycznymi, oraz szans i zagrożeń z tym związanych (por. w tym zakresie rolę Agencji Oceny Technologii Medycznych – AOTM);
- modelu HAAT (ang. Human Activity Assistive Technology Model) i rozwiązań mu pokrewnych, służących m.in. lepszemu dopasowaniu rozwiązań technicznych do potrzeb pacjenta;

International Classification of Functioning, Disability and Health (ICF), nadając nowe znaczenie słowom „osoba niepełnosprawna”, szczególnie w konfrontacji z nowoczesną techniką wspierającą funkcje.

WNIOSKI

Niezbędne są dalsze badania mające określić aktualny stan współpracy pomiędzy specjalistami medycznymi a inżynierami biomedycznymi i biocybernetykami, czynniki ją determinujące oraz wskazówki do praktyki klinicznej. Pozwoli to lepiej przygotować zarówno personel medyczny i inżynierski, jak i stra-

tegie wdrażania nowatorskich rozwiązań technicznych w praktyce klinicznej.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Bronzino JD. The Biomedical Engineering Handbook, wyd. 3. CRC Press. Boca Raton 2006.
- [2] Childress DS. Development of rehabilitation engineering over the years: as I see it. *J Reh Res Dev* 2002; 6: 1–10.
- [3] Hobson DA. Reflections on rehabilitation engineering history: Are there lessons to be learned? *J Reh Res Dev* 2002; 6: 17–22.
- [4] Mikołajewska E. Niepełnosprawność i rehabilitacja – wczoraj, dziś, jutro. *Niepełnosprawność i Rehabilitacja* 2010; 4: 102–131.
- [5] Wiener N. Cybernetyka, czyli sterowanie i komunikacja w zwierzęciu i maszynie. PWN, Warszawa 1971.
- [6] Framework for action on interprofessional education and collaborative practice (WHO/HRH/HPN/10.3). World Health Organization, 2010, http://www.who.int/hrh/resources/framework_action/en/index.html [dostęp: 5.08.2012].
- [7] Pharris C. Cooperation between industrial physicians, nurses, and safety engineers. *Ind Nurs* 1946; 5(6): 27–31.
- [8] Goodman G, Landis J, George C et al. Effectiveness of computer ergonomics interventions for an engineering company: a program evaluation. *Work* 2005; 24(1): 53–62.
- [9] Mikołajewska E, Mikołajewski D. Wheelchair development from the perspective of physical therapists and biomedical engineers. *Adv Clin Exp Med* 2010; 19(6): 771–776.
- [10] Effert S. Biomedical engineering in cardiology. *Med Prog Technol* 1982; 9(2–3): 49–55.
- [11] Tadeusiewicz R. Multidisciplinary BME teaching – a Rector’s point of view. *Bio-Algorithms and Med-Systems* 2011; 7(3): 11–20.
- [12] Mikołajewska E. Neurorehabilitacja. Zaopatrzenie ortopedyczne. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2009.
- [13] Mikołajewska E. Właściwy dobór wózka inwalidzkiego aktywnego. *Niepełnosprawność i Rehabilitacja* 2009; 4: 101–107.
- [14] Mikołajewska E. Osoba ciężko chora lub niepełnosprawna w domu. Wydawnictwo Lekarskie PZWL, Warszawa 2008.
- [15] Mikołajewska E. Wózki dla osób niepełnosprawnych. Budowa, akcesoria, dobór i użytkowanie. Margraf, Bydgoszcz 2012.

- [16] Mikołajewska E. Use of wheelchairs among patients after ischemic stroke. *J Health Sci* 2012; 2(2): 41–49.
- [17] Mikołajewska E. The most common problems in wheelchair selection – own observations. *J Health Sci* 2012; (2)1: 89–93.
- [18] Mikołajewska E. Use of orthopedic equipment in post-stroke patients as the element of rehabilitation. *J Health Sci* 2012; 2(3): 15–22.
- [19] Mikołajewska E, Mikołajewski D. Neuroprostheses for increasing disabled patients' mobility and control. *Adv Clin Exp Med* 2012; 21(2): 263–272.
- [20] Mikołajewska E, Mikołajewski D. Wybrane rozwiązania automatyki i robotyki w wózkach dla niepełnosprawnych. *Postępy Rehabilitacji* 2011; 1: 11–18.
- [21] Mikołajewska E, Mikołajewski D. Exoskeletons in neurological diseases – current and potential future applications. *Adv Clin Exp Med* 2011; 20(2): 227–233.
- [22] Mikołajewska E, Mikołajewski D. The movement of a human being in the medical exoskeleton – the anthropomotoric aspects. *Antropomotoryka* 2012; 22(57): 115–121.
- [23] Mikołajewska E, Mikołajewski D. Wybrane zastosowania modeli komputerowych w medycynie. *Ann Acad Med Siles* 2011; 1–2: 78–87.
- [24] Mikołajewska E, Mikołajewski D. Komputeryzacja testów w fizjoterapii. *Fizjoterapia* 2011; 2: 59–68.
- [25] Duch W, Nowak W, Meller J et al. Consciousness and attention in autism spectrum disorders. *Proceedings of Cracow Grid Workshop 2010, Cracow* 2011; 202–211.
- [26] Barrett G, Greenwood R, Ross K. Integrating interprofessional education into 10 health and social care programmes. *J Interprof Care* 2003; 17(3): 293–301.
- [27] Kearney AJ. Facilitating interprofessional education and practice. *Can Nurse* 2008; 104(3): 22–26.
- [28] Illingworth P, Chelvanayagam S. Benefits of interprofessional education in health care. *Br J Nurs* 2007; 16(2): 121–124.
- [29] Tanabe S, Saitoh E, Hirano S et al. Design of the Wearable Power-Assist Locomotor (WPAL) for paraplegic gait reconstruction. *Disabil Rehabil Assist Technol* 2013; 8(1): 84–91.
- [30] Hall P. Interprofessional teamwork: professional cultures as barriers. *J Interprof Care* 2005; Suppl 1: 188–196.
- [31] Mikołajewska E, Mikołajewski D. Bezpieczeństwo pracy z robotami rehabilitacyjnymi. *Bezpieczeństwo Pracy* 2012; 2: 9–11.

Adres do korespondencji:

dr Emilia Mikołajewska
Klinika Rehabilitacji
10 Wojskowy Szpital Kliniczny z Polikliniką SP ZOZ
85-681 Bydgoszcz, ul. Powstańców Warszawy 5
e-mail: e.mikolajewska@wp.pl
www: <http://e.mikolajewska.prv.pl>
tel. 725 889 909