

BARTŁOMIEJ MATEJKO, JOANNA GŁADYSZ

## IDEA PROTEZ BIONICZNYCH W NOWOCZESNEJ PROTETYCE

Projekt wykonany w ramach kursu Implanty i Sztuczne Narządy  
w Międzywydziałowej Szkole Inżynierii Biomedycznej AGH

### ABSTRACT

*Over the past decades, a tremendous progress has been made in creating artificial machines and systems. Breakthroughs in this field have been possible through the collaboration of scientists, biologists, computer scientists, engineers and patients. A particularly promising area is the invention of bionic artificial limbs as well as bionic ear and eye prostheses. The connection of the nervous system with a bionic prosthesis enables it to partly fulfill the functions of a real limb. This is an opportunity for a disabled person to live a fairly normal life. The article discusses the progress made in recent years in creating bionic prostheses and presents the requirements of bionic prostheses, their advantages, disadvantages, applied solutions and directions for their further development.*

---

### WPROWADZENIE

Obecna medycyna wiąże się z biotechnologią i szeroko rozumianą bioinżynierią, które stanowią siłę napędową nowych metod leczniczych. Niniejszy artykuł skupia się na szybko rozwijającej się dziedzinie nauki, jaką jest nowoczesna protetyka, która łączy biomechanikę z medycyną. Bionika to badanie procesów sterujących działaniem organizmów żywych. Zdobytą wiedzę wykorzystana jest do projektowania układów fizycznych znajdujących zastosowanie w automatyce, elektronice i mechanice. Szuka ona nowych pomysłów inspirowanych naturą, przydatnych do zbudowania sztucznych maszyn. Obok konstruowania urządzeń roz-

wija się również transplantologia. W latach 2004-2006 doniesiono o transplantacji 24 dłoni na świecie<sup>1</sup>. Większości dokonano we Francji i we Włoszech. Operacja jest podobna do tej, którą przeprowadza się przy ponownym przyłączeniu odciętej kończyny. Powrót zdolności motorycznych obserwuje się po 24 miesiącach rehabilitacji. Konieczne jest jednak przyjmowanie leków immunosupresyjnych zapobiegających odrzuceniu kończyny, a czasami nawet dodatkowe operacje i ponowna hospitalizacja<sup>2</sup>. Alternatywą dla transplantacji są właśnie protezy bioniczne.

Od tysięcy lat ludzie po amputacjach kończyn starali się zastępować je protezami. Protezy kosmetyczne, służące głównie celom estetycznym, wykorzystywane były już w starożytnym Egipcie. W ostatnich dziesięcioleciach nastąpił rozwój w dziedzinie konstruowania protez bionicznych działających w połączeniu z tkanką nerwową osób niepełnosprawnych. Badania nad protezami bionicznymi, które naśladują naturalne funkcjonowanie kończyn, są wciąż w fazie rozwoju. Zdania na temat sukcesu bioniki są podzielone – niejednokrotnie sugeruje się, że przeszczepy biologiczne kończyn z hodowli mają większe szanse powodzenia<sup>3</sup>. Cena najprostszych tego typu protez zaczyna się od kilkudziesięciu tysięcy dolarów, kosztowny jest także serwis, a niestety nie są to urządzenia bezawaryjne. Organizm właściciela zmienia swoje wymiary i właściwości (masa mięśniowa, wzrost itp.), co stanowi dodatkowy problem. Głównym czynnikiem ograniczającym użycie cybernetycznych kończyn jest trudność z przekazywaniem sygnałów pomiędzy własną kończyną a częścią biocybernetyczną; jak pokazują badania, nawet prosty chwyt angażuje duże partie mózgu<sup>4</sup>, a prawidłowe wzorce podnoszenia kształtują się do 8-10. roku życia<sup>5</sup>. Ogólnie rzecz ujmując, protezy te posiadają dużą masę i wymagają znacznego źródła energii. Pracuje się również nad konstrukcją sztucznych mięśni. Do ich budowy wykorzystuje się elektroaktywne polimery, które zginają się, skręcają i prostują pod wpływem impulsów elektrycznych. Ograniczeniem jest jednak potrzeba użycia dużego impulsu stymulującego, dlatego konieczne są dalsze udoskonalenia, aby lepiej zdefiniować ich rolę w nowoczesnej protetyce<sup>6</sup>. Obecnie istniejące systemy biocybernetycznych protez kontrolowane są przez aktywność bioelektryczną mięśni. Po-

<sup>1</sup> P.F. Pasquina, P.R. Bryant, M.E. Huang, T.L. Roberts, V.S. Nelson, K.M. Flood, *Limb Deficiency And Prosthetic Management: Focused Review*, [in:] *Advances in Amputee Care*, "Archives of Physical Medicine and Rehabilitation" 2006, Vol. 87, Issue 3, s. 34-43.

<sup>2</sup> Ibidem.

<sup>3</sup> M. Kruczek. *Pierwszy Polak z bioniczną dłonią*. [Online]. Protokół dostępu: [http://wyborcza.pl/1,75476,56-77333,Pierwszy\\_Polak\\_z\\_bioniczna\\_dlonia.html](http://wyborcza.pl/1,75476,56-77333,Pierwszy_Polak_z_bioniczna_dlonia.html) [10 września 2010].

<sup>4</sup> B.B. Edin, L. Ascari, L. Beccai, S. Roccella, J.-J. Cabibihan, M.C. Carrozza. *Bio-inspired sensorization of a biomechatronic robot hand for the grasp-and-lift task*, "Brain Research Bulletin" 2008. Vol. 75, s. 785-795.

<sup>5</sup> Ibidem.

<sup>6</sup> P.F. Pasquina, P.R. Bryant, M.E. Huang, T.L. Roberts, V.S. Nelson, K.M. Flood, op. cit., s. 34-43.

wierzchnia sensora jest zależna od dobrego kontaktu ze skórą, od minimalizacji wpływu potu i zdolności pacjenta do kontroli pracy swoich mięśni. Kontrola nad ruchami np. otwierania i zamykania dłoni przez mięśnie bicepsa wymaga nauczenia tych mięśni nowej, dodatkowej funkcji. Obecnie pracuje się nad wszczepieniem elektrod do wnętrza mięśni, aby zwiększyć ilość kontrolowanych stopni swobody. Innym potencjalnym źródłem kontroli jest centralny układ nerwowy. Naukowcy z Uniwersytetu w Utah zademonstrowali implantację wzdłużną elektrod do odciętych nerwów i zaobserwowali sygnały eferentne motoryczne i aferentne sensoryczne<sup>7</sup>. Eksperyment potwierdził, że nerwy obwodowe mogą kontrolować bioprotezę. Sugeruje to istnienie sprzężenia zwrotnego między protezą a użytkownikiem. Elektrody umieszcza się w ośrodkach motorycznych w korze mózgowej lub w ich pobliżu. Dzięki sygnałom, które są wysyłane i dekodowane przez te elektrody w procesorze komputera, możliwe jest sterowanie protezą. Urządzenia takie nazywamy *brain-machine interface*<sup>8</sup>.

#### PROTEZA KOŃCZYNY GÓRNEJ

Skonstruowanie funkcjonalnych protez kończyn górnych jest dużym wyzwaniem dla inżynierów i lekarzy ze względu na skomplikowanie oraz precyzję wykonywanych czynności. Ludzką rękę można anatomicznie rozdzielić na 18 części, które są połączone 17 elementami ruchomymi. Posiada ona również 22 stopnie swobody i 23 stopnie ruchliwości. Dawne protezy miały jedynie zastosowanie kosmetyczne – zastępowały amputowaną kończynę. Rozwój techniki i medycyny w ostatnim czasie zaowocował powstaniem opisanych poniżej funkcjonalnych protez kończyn górnych. Do podstawowych wymagań stawianych protezom zalicza się:

- dopasowanie do ciężaru i wymiarów naturalnej ręki,
- łatwą sterowalność zużywającą małą ilość energii,
- brak emisji hałasu podczas używania protezy,
- system sterowania umożliwiający jak najdokładniejsze chwytanie przedmiotu.

Klasyfikacji protez można dokonać na podstawie wysokości amputacji kończyny. Wyróżniamy protezy: ręki i poszczególnych palców, przedramienia, ramienia ze stawem łokciowym. Sterowanie protezami bionicznymi jest realizowane za pomocą trzech głównych metod – pierwszą z nich jest sterowanie elektromechaniczne, w którym ruch poszczególnych palców

<sup>7</sup> Ibidem.

<sup>8</sup> Ibidem.

zasilany jest przy pomocy baterii; sterowanie bioelektryczne (druga metoda) odbywa się poprzez sygnały elektryczne powstające w mięśniach w miejscu amputacji ręki. Trzecią, ciągle badaną metodą jest sterowanie za pomocą fal mózgowych, w ramach którego informacje odbierane z mózgu przekazywane są poprzez np. sieci neuronowe do sterownika, ten zaś interpretuje je i wysyła do protezy<sup>9</sup>.

Pierwszą protezę kończyny górnej zastosowano u amerykańskiego elektryka Jessego Sullivana<sup>10</sup>. Na skutek porażenia prądem stracił on obie ręce, a także mięśnie kierujące ich ruchem. Nie można było zatem zastosować zwykłej elektronicznej protezy, która reaguje na zachodzący w niej wzrost napięcia. Niestety, do obecnej chwili nie można też z powierzchni skóry wykryć impulsu nerwowego, który kierowałby utraconą kończyną. Ominięto więc problem poprzez chirurgiczne skierowanie końcówek nerwów do rejonu klatki piersiowej. Tym samym, próbując poruszać protezą dłoni, pacjent kierował impulsy do innych mięśni, których natężenie mogło już być odczytane przez sygnał EMG. Ku zaskoczeniu badaczy pacjent zaczynał odzyskiwać czucie, ponieważ przeniesione końcówki nerwowe jego ręki znalazły receptory w mięśniach klatki piersiowej. Tak więc pacjent czuł dotyk na protezie ręki, a także odczuwał zmiany temperatury, kształt i fakturę dotykanych przedmiotów<sup>11</sup>.

Do odbierania sygnałów z nerwów i kontrolowania ruchu protezy ręki używa się od niedawna elektrod LIFEs (Longitudinally Implanted Intra Fascicular Electrodes). Elektrody te, tak jak i nerwy, potrafią pełnić funkcję odbioru i przekazywania informacji. Pojedyncza elektroda wykonana jest z przewodów zbudowanych z izolowanej, przewodzącej platyny lub metalu opłaszczonego włóknem Kevlar, osadzonych na poliamidowym podłożu zapewniającym biokompatybilność i elastyczność. Każde włókno posiada 8 rejestrujących punktów<sup>12</sup>.

Innym sposobem wzrostu przekąźnictwa impulsów w protezie jest wspomniane wcześniej przekąźnictwo bioelektryczne. Pierwsza tego typu proteza została wymyślona przez Reinholda Reinera w 1948 roku. Korzysta ona z sygnałów EMG, czyli elektrycznej aktywności mięśni szkieletowych. Ruch dłoni, łokcia czy nadgarstka jest sterowany sygnałem nerwowo-mięśniowym powstałym w nieuszkodzonych partiach mięśni. Występujące w protezie elektrody wychwytyują sygnały z aktonów mięśniowych, a system kontroluje i określa poziom

<sup>9</sup> J. Kardyń. *Protezy kończyn górnych*. [Online]. Protokół dostępu: <http://www.inzynieria-biomedyczna.com.pl/biomechanika/97-protezy-konczyn-gornych.html> [21 września 2010].

<sup>10</sup> *Bioniczny człowiek – spojrzenie w przyszłość*. [Online]. Protokół dostępu: [http://www.eioba.pl/a72549/bioniczny\\_czlowiek\\_spojrzenie\\_w\\_przyszlosc](http://www.eioba.pl/a72549/bioniczny_czlowiek_spojrzenie_w_przyszlosc) [21 września 2010].

<sup>11</sup> Ibidem.

<sup>12</sup> G. Di Pino, E. Guglielmelli, P.M. Rossini, *Neuroplasticity in amputees: Main implications on bidirectional interfacing of cybernetic hand prostheses*, "Progress in Neurobiology" 2009, Vol. 88, s. 114-126.

sygnału dla wyboru funkcji wykonania i/lub nadzoru nad szybkością realizacji. Wybór ten zależy od poziomu sygnału – sygnały sterujące protezą są proporcjonalne do mechanicznych zmian naprężeń włókna mięśniowego. Przetwarzany sygnał, odpowiadający stałemu sygnałowi skurczu, nie posiada stałej wartości – są to tzw. fluktuacje wokół średniej wartości – a w celu uzyskania odpowiedniego poziomu sygnału musi on być obserwowany przez pewien czas, aczkolwiek nie dłużej niż jedną dziesiątą sekundy, w przeciwnym razie nastąpi opóźnienie przyjęcia między skurczem protezy a wykonywaną czynnością. Problemem w przypadku używania tego typu protez jest sposób, w jaki ma być generowany sygnał elektryczny. Różnica między faktycznie generowanym a zamierzonym sygnałem jest nazywana „błędem operatora”. Aby zminimalizować błędy systemu i operatora, określa się zakres poziomu sygnału odpowiadający danemu działaniu. Procedura ta wymaga oszacowania dwóch poziomów sygnałów – minimalnego i maksymalnego – tak aby można było łatwo sterować protezą<sup>13</sup>.

Aby osiągnąć jak najlepszą funkcjonalność protez, dąży się do uzyskania jak największej ich ruchliwości, włączając w to ruchy poszczególnych palców. Haki, przejmujące funkcje palców, są trudne do sterowania. Mogą występować problemy z uchwyceniem rzeczy o nietypowych kształtach, kontrolowaniem siły chwytu, a zadania takie jak nieznaczne unoszenie przedmiotu są prawie niemożliwe do wykonania, dlatego unowocześnia się protezy poprzez stosowanie np. chwytu regulowanego pasywnie. System ten mechanicznie reguluje siłę chwytu w zależności od kształtu i wielkości przedmiotu i pomimo iż każdy palec jest sterowany przez ten sam siłownik, system sprężyn pozwala protezom palców na poruszanie się w różny sposób, co powoduje lepszą chwytliwość oraz mniejszą destrukcyjność.

Dalsze badania nad problemem chwytu doprowadziły do powstania tzw. chwytu regulowanego aktywnie, w którym w miejsce systemu mechanicznego zostały wprowadzone sensory i mikroprocesory. Czujniki ciśnienia umiejscowione są na końcach palców, a czujniki miejsca na aktywatorach, dzięki czemu indywidualny ruch każdego palca jest kontrolowany przez mikroprocesor na podstawie reakcji i sygnałów pochodzących od czujników, co umożliwia łatwiejszą manipulację i precyzyjniejsze ruchy. Najbardziej popularnymi aktywatorami są małe silniki prądu stałego<sup>14</sup>. Używa się także aktywatorów sztucznych mięśni, które imi-

<sup>13</sup> H. Herr, G.P. Whiteley, D. Childress . *Chapter 5: Cyborg Technology – Biomimetic Orthotic and Prosthetic Technology*. [Online]. Available at: <http://biomech.media.mit.edu/publications/HerrSPIETextbook.pdf> [September 21, 2010].

<sup>14</sup> G. Di Pino, E. Guglielmelli, P.M. Rossini, op. cit., s. 114-126.

tują ścięgnię palców<sup>15</sup>. Oprócz kontroli ruchu palców i dłoni aktywatory są także używane do zapewniania sztywności stawów<sup>16</sup>.

Sztuczne mięśnie coraz częściej zastępują napędy elektryczne, pneumatyczne i hydrauliczne stosowane w protezach bionicznych. Umożliwiają one zmniejszenie ciężaru i wymiarów protezy oraz zminimalizowanie energii potrzebnej do ich poruszania i sterowania. Obecnie sztuczne mięśnie wykonane są z biomateriałów pobudzanych elektrycznie, chemicznie, termicznie, magnetycznie, optycznie, pneumatycznie lub hydraulicznie. Istnieje kilka typów produkowanych substytutów mięśni. Poniższy podział uwzględnia materiały, z których zostały one wyprodukowane. Można wyróżnić mięśnie<sup>17</sup>:

- wykonane z nanorurek węglowych wypełnionych elektrolitem,
- wykonane z kurczliwego polimeru, najczęściej z włókna poliakrylonitrylu (PAN),
- polimerowo-żelowe, z elementem kurczliwym zbudowanym z włókna polimerowego wypełnionego płynem żelowym wrażliwym na zmianę pH,
- wykonane z kompozytów polimerowo-metalowych,
- wykorzystujące efekt piezoelektryczny,
- hydrauliczne – wypełnione cieczą,
- pneumatyczne – wypełnione gazem.

Pierwsze mięśnie pneumatyczne PAM (Pneumatic Artificial Muscles) zostały wyprodukowane przez Josepha L. McKibbena w 1950 roku. Wykonano je z elastycznej i pneumatycznej membrany<sup>18</sup>.

Najnowszym osiągnięciem jest wyprodukowanie w 2006 roku przez nanotechnologów z Uniwersytetu Teksasńskiego w Dallas mięśni napędzanych wodorem i alkoholem<sup>19</sup>. Mięśnie te są około 100 razy mocniejsze od naturalnych mięśni, a dzięki zastąpieniu tradycyjnych form zasilania, jakimi są baterie, energią pochodzenia chemicznego możliwa stała się ich długotrwała i intensywna praca. Składają się one z elektrod zawierających katalizator i są zbudowane z nanorurek węglowych. Mogą przetwarzać energię chemiczną na energię elektrycz-

<sup>15</sup> Ibidem.

<sup>16</sup> M. Cook, J. Duncan, M. Gibbons, B. Harvey, G. Nicholson *Mechatronics Case Study: Prosthetic hand*. [Online]. Available at: [http://www.surrey.ac.uk/eng/InfoPoint/online/mechatronics\\_case\\_studies/Prosthetic%20hand%20report.doc](http://www.surrey.ac.uk/eng/InfoPoint/online/mechatronics_case_studies/Prosthetic%20hand%20report.doc) [October 27, 2010].

<sup>17</sup> J. Kardyń, op. cit., s. 4-9.

<sup>18</sup> F. Daerden, D. Lefeber. *Pneumatic Artificial Muscles: actuators for robotics and automation*. [Online]. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.6717&rep=rep1&type=pdf> [November 18, 2010].

<sup>19</sup> *Nano Technologists Demonstrate Artificial Muscles Powered By Highly Energetic Fuels*. [Online]. Available at: <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/03/060317110801.htm> [October 27, 2010].

ną, przechowywać ją i ostatecznie zamieniać na energię mechaniczną. Sztuczne mięśnie najczęściej umieszcza się w protezie w postaci dwóch mięśni działających przeciwnie – jest to tak zwany system BMDS (Bi-Muscular Driving System)<sup>20</sup>.

W 2000 roku naukowcy z Uniwersytetu Hokkaido w Japonii przygotowali protezę, której mechanizm zmienia się w zależności od podnoszonego ciężaru, co pozwala poruszać się palcom szybciej w przypadku operowania lekkim przedmiotem<sup>21</sup>.

Naukowcy z Uniwersytetu w Southampton wynaleźli bioniczną rękę naśladującą ruchy naturalnego organu (każdy palec porusza się niezależnie). Proteza ta waży około 400 g<sup>22</sup>. Problem braku czucia w bionicznej ręce rozwiązali konstruktorzy *Cyberhand*, w której nerwy zostały połączone ze skomplikowanym systemem czujników dotyku i temperatury, motorów, stawów i kontrolerów<sup>23</sup>. W 2008 roku bioniczną rękę amerykańskiej firmy Touch Bionics otrzymał Polak Marcin Kaczmarzyk. Proteza tego typu zapewnia ruch wszystkich pięciu palców oraz ma dwie powłoki imitujące skórę. Można nią podnosić ciężary do 20 kg (na każdy palec po 8 kg)<sup>24</sup>.

#### BIONICZNA PROTEZA KOŃCZYNY DOLNEJ

Firma Bionic Technology by Ossur wprowadziła urządzenie o nazwie *Power Knee* – przeznaczone specjalnie dla sportowców – protezę, która jest kontrolowana przez sztuczną inteligencję wspomagającą naturalne chodzenie i wstawanie. Użytkownik zakłada na nogę but ze specjalną wkładką, która przesyła informacje na temat sposobu chodzenia do protezy i moduluje jej pracę w zależności od potrzeb pacjenta<sup>25</sup>. Była to pierwsza na świecie proteza, która umożliwiała użytkownikowi wchodzenie po schodach<sup>26</sup>. Zalety tej protezy są następujące:

- szybsze chodzenie niezwiększające zmęczenia,
- pomoc podczas chodzenia po stromych wzniesieniach,

<sup>20</sup> T. Sasaki, K. Kawashima, *Remote control of backhoe at construction site with a pneumatic robot system MYPE*, "Automation in Construction", 2008, Vol. 17, s. 907-914.

<sup>21</sup> M.C. Carrozza, G. Cappiello, S. Micera, B.B. Edin, L. Beccai, C. Cipriani, *Design of a cybernetic hand for perception and action*, "Biological Cybernetics" 2006, Vol. 95, s. 629-644.

<sup>22</sup> C.M. Light, P.H. Chappell, *Development of a lightweight and adaptable multiple-axis hand prosthesis*, "Medical Engineering & Physics" 2000, Vol. 22, s. 679-684.

<sup>23</sup> P. Dario, S. Micera, A. Menciassi et al., *CYBERHAND – a consortium project for enhanced control of powered artificial hands based on direct neural interfaces*, [in:] *33rd Neural Prosthesis Workshop*, Bethesda 2002.

<sup>24</sup> M. Kruczek, op. cit.

<sup>25</sup> *Prosthetic knees from Össur*. [Online]. Available at: <http://www.ossur.com> [September 10, 2010].

<sup>26</sup> *Power Knee*. [Online]. Available at: <http://www.victhom.com/en/bionic-prosthesis-orthosis/power-knee.php> [September 21, 2010].

- efektywniejsze wstawanie i siadanie na krześle,
- mniejsze urazy skóry w porównaniu z innymi protezami, naturalny chód i znaczne zmniejszenie częstości występowania bólu pleców.

Kolejnym wynalazkiem firmy Ossur jest inteligentna stopa bioniczna *PROPRIO FOOT*. Jest to elektroniczna stopa protetyczna wykonana z włókna węglowego z silownikiem zasilanym zewnętrzną baterią i kontrolowanym przez mikroprocesory. Użytkownik nie musi nieustannie sterować ustawieniem stopy względem podłoża, gdyż robi to za niego proteza. Zalety stopy widać podczas wspinania się (optymalne rozłożenie ciężaru ciała) i schodzenia (lepsza stabilizacja i ergonomia chodu). Stopa pracuje dobrze również na równym terenie, zapewniając użytkownikowi skoordynowany ruch bez wysiłku. Podczas prostego procesu kalibracji z udziałem 16 kroków urządzenie oblicza i zapamiętuje wzór chodu właściciela<sup>27</sup>.

#### BIONICZNE UCHO

Jedno z najstarszych bionicznych uszu opracowano już w 1969 roku (William House i Jack Urban)<sup>28</sup>. Jest to najbardziej udana proteza dzięki prostej budowie połączeń nerwowych. Model pozwolił uratować słuch ponad 80000 pacjentów. Proteza jest wszczepialnym implantem, przekazującym i interpretującym dźwięk z mikrofonu ukrytego za uchem na impulsy interpretowalne przez mózg<sup>29</sup>. Do wszczepialnych elektronicznych protez słuchu zalicza się implanty ślimakowe, pniowe, implanty ucha środkowego oraz aparaty wszczepialne na przewodnictwo kostne. Składają się one z części wewnętrznej – odbiornika i stymulatora elektrycznego we wspólnej obudowie wraz z wiązką elektrod (implanty ślimakowe lub pniowe) bądź przetwornika elektromechanicznego (implanty ucha środkowego) – oraz z części zewnętrznej, czyli cyfrowego, wielokanałowego procesora mowy. W uszkodzeniach słuchu spowodowanych nieprawidłowym wypełnieniem przestrzeni ucha środkowego (płynem lub tkanką) stosuje się implant balonowy. Jest to zbudowany z membrany o niskiej impedancji akustycznej balon wypełniony powietrzem. Membrana zbudowana jest z takich materiałów jak: homopolimery lub kopolimer izobutylenu, polistyrenu, chlorek winylidenu, politereftalan etylenu, alkohol etylowinyłowy lub akrylonitryl. Giętka membrana może być błoną pojedyn-

<sup>27</sup> G. Toporek. *Inteligentna stopa bioniczna PROPRIO FOOT*. [Online]. Protokół dostępu: <http://www.inzynieria-biomedyczna.com.pl/biomechanika/136-inteligentna-stopa-bioniczna.html> [21 września 2010].

<sup>28</sup> *Bionic humans*. [Online]. Available at: [http://www.copperwiki.org/index.php?title=Bionic\\_humans](http://www.copperwiki.org/index.php?title=Bionic_humans) [October 27, 2010].

<sup>29</sup> *Bioniczny człowiek – spojrzenie w przyszłość*, op. cit.



czą lub wielowarstwową. W drugim przypadku tylko najbardziej zewnętrzna warstwa musi być biozgodna<sup>30</sup>.

Niestety, w przypadku bionicznych protez ucha nadal istnieje szereg kwestii do rozwiązania, takich jak np. problemy ze zrozumieniem słów w głośnym środowisku czy też brak odczuwania przyjemności podczas słuchania muzyki.

#### BIONICZNE OKO

Trwają prace nad konstrukcją protez bionicznych oczu wykorzystujących optoelektroniczne protezy siatkówki. Proteza ta ma za zadanie stymulować komórki zdrowe, osadzone poniżej uszkodzonej warstwy fotoreceptorów. Obecnie bada się implanty zawierające około 60 elektrod, jednak jest to liczba niewystarczająca, aby móc czytać, pisać czy nawet rozpoznawać kształty.

Naukowcy z londyńskiego Moorfields Eye Hospital rozpoczęli ostatnio badania kliniczne nad implantowanym sztucznym okiem połączonym bezprzewodowo z małą, umieszczoną w okularach kamerą. Sztuczne oko *Argus II* jest dziełem amerykańskiej firmy Second Sight. Nowa technologia może przywrócić podstawowy czarno-biały poziom widzenia<sup>31</sup>.

#### ZAKOŃCZENIE

Przyszłość protez bionicznych wydaje się być obiecująca, jednak daleko jeszcze do skonstruowania protezy, która przejęłaby w pełni funkcje prawdziwej kończyny lub narządu. Ponadto, coraz więcej uwagi będzie się również poświęcać problemom etycznym. W nowoczesnej medycynie wcielającej w życie ideę protez bionicznych pojawia się wymóg konsultacji potrzeb pacjentów z inżynierami, biologami i informatykami, aby osiągnąć zamierzony rezultat. Niezbędna jest również współpraca uczelni z sektorem biznesowym, aby pomysły, które powstaną w ośrodkach akademickich, udało się wprowadzić w życie. Niewątpliwie jednak stosowane dziś rozwiązania umożliwiają osobom niepełnosprawnym prowadzenie normalnego życia.

---

<sup>30</sup> A. Mietła, I. Waśniowska. *Implanty ucha środkowego*. [Online]. Protokół dostępu: <http://student.agh.edu.pl/~olcia/biomaterialy/Implanty%2520ucha%2520%259crodkowego.ppt> [18 listopada 2010].

<sup>31</sup> *Jesteśmy bliżej zbudowania sztucznego oka*. [Online]. Protokół dostępu: <http://artykuly.ekologia.pl/Jestesmy-blizej-zbudowania-sztucznego-oka,2520.html> [21 września 2010].

## BIBLIOGRAFIA

1. *Bioniczny człowiek – spojrzenie w przyszłość*. [Online]. Protokół dostępu: [http://www.eioba.pl/a72549/bioniczny\\_czlowiek\\_spojrzenie\\_w\\_przyszlosc](http://www.eioba.pl/a72549/bioniczny_czlowiek_spojrzenie_w_przyszlosc) [21 września 2010].
2. Carrozza M.C., Capiello G., Micera S., Edin B.B., Beccai L., Cipriani C., *Design of a cybernetic hand for perception and action*, "Biological Cybernetics" 2006, Vol. 95.
3. Cook M., Duncan J., Gibbons M., Harvey B., Nicholson G. *Mechatronics Case Study: Prosthetic hand* [Online]. Available at: [http://www.surrey.ac.uk/eng/InfoPoint/online/mechatronics\\_case\\_studies/Prosthetic%20hand%20report.doc](http://www.surrey.ac.uk/eng/InfoPoint/online/mechatronics_case_studies/Prosthetic%20hand%20report.doc) [October 27, 2010].
4. Daerden F., Lefeber D. *Pneumatic Artificial Muscles: actuators for robotics and automation*. Available at: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.89.6717&rep=rep1&type=pdf> [November 18, 2010].
5. Dario P., Micera S., Menciassi A. et al., *CYBERHAND – a consortium project for enhanced control of powered artificial hands based on direct neural interfaces*, [in:] *33rd Neural Prosthesis Workshop*, Bethesda 2002.
6. Di Pino G., Guglielmelli E., Rossini P.M., *Neuroplasticity in amputees: Main implications on bidirectional interfacing of cybernetic hand prostheses*, "Progress in Neurobiology" 2009, Vol. 88.
7. Edin B.B., Ascari L., Beccai L., Roccella S., Cabibihan J.-J., Carrozza M.C., *Bio-inspired sensorization of a biomechatronic robot hand for the grasp-and-lift task*, "Brain Research Bulletin" 2008, Vol. 75.
8. Herr H., Whiteley G.P., Childress D. *Chapter 5: Cyborg Technology – Biomimetic Orthotic and Prosthetic Technology*. [Online]. Available at: <http://biomech.media.mit.edu/publications/HerrSPIETextbook.pdf> [September 21, 2010].
9. *Jesteśmy bliżej zbudowania sztucznego oka*. [Online]. Protokół dostępu: <http://artykuly.ekologia.pl/Jesteśmy-bliżej-zbudowania-sztucznego-oka,2520.html> [21 września 2010].
10. Kardyń J. *Protezy kończyn górnych*. [Online]. Protokół dostępu: <http://www.inzynieria-biomedyczna.com.pl/biomechanika/97-protezy-konczyn-gornych.html> [21 września 2010].
11. Kruczek M. *Pierwszy Polak z bioniczną dłonią*. [Online]. Protokół dostępu: [http://wyborcza.pl/1,75476,5677333,Pierwszy\\_Polak\\_z\\_bioniczna\\_dlonia.html](http://wyborcza.pl/1,75476,5677333,Pierwszy_Polak_z_bioniczna_dlonia.html) [10 września 2010].
12. Light C.M., Chappell P.H., *Development of a lightweight and adaptable multiple-axis hand prosthesis*, "Medical Engineering & Physics" 2000, Vol. 22.
13. Mietła A., Waśniowska I. *Implanty ucha środkowego*. [Online] Protokół dostępu: <http://student.agh.edu.pl/~olcia/biomaterialy/Implanty%2520ucha%2520%259crodkowego.ppt> [18 listopada 2010].
14. *Nano Technologists Demonstrate Artificial Muscles Powered By Highly Energetic Fuels*. [Online]. Available at: <http://www.sciencedaily.com/releases/2006/03/060317110801.htm> [October 27, 2010].
15. Pasquina P.F., Bryant P.R., Huang M.E., Roberts T.L., Nelson V.S., Flood K.M., *Limb Deficiency And Prosthetic Management: Focused Review*, [in:] *Advances in Amputee Care*, "Archives of Physical Medicine and Rehabilitation" 2006, Vol. 87, Issue 3.
16. *Power Knee*. [Online]. Available at: <http://www.victhom.com/en/bionic-prosthesis-orthosis/power-knee.php> [September 21, 2010].
17. *Prosthetic knees from Össur*. [Online] Available at: <http://www.ossur.com> [September 10, 2010].

18. Sasaki T., Kawashima K., *Remote control of backhoe at construction site with a pneumatic robot system MYPE*, "Automation in Construction" 2008, Vol. 17.
19. Toporek G. *Inteligentna stopa bioniczna PROPRIO FOOT*. [Online]. Protokół dostępu: <http://www.inzynieria-biomedyczna.com.pl/biomechanika/136-inteligentna-stopa-bioniczna.html> [21 września 2010].