

# 23

## WYMIANA WIEDZY, JAKO CZYNNIK WSPOMAGAJĄCY PROCES PROJEKTOWANIA ERGONOMICZNYCH NARZĘDZI MEDYCZNYCH

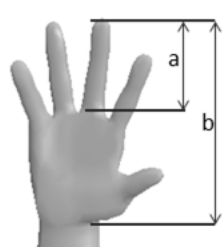
### 23.1 WPROWADZENIE

Narzędzia medyczne są specyficzną grupą produktów, która ma na celu wspomaganie pracy specjalistów branży medycznej w procesach opieki i leczenia pacjenta. Szczególnym przykładem narzędzi medycznych są instrumenty chirurgiczne. Często postrzegane są, jako niezbędne do przywrócenia zdrowia bądź ratowania życia, rzadziej jako źródło problemów zdrowotnych ze strony układu mięśniowo-szkieletowego osób nimi pracujących [7]. Jak w przypadku wszystkich ręcznych narzędzi pracy, instrumenty chirurgiczne wymuszają siłę mięśniową niezbędną do utrzymania oraz oddziaływania narzędziem, napięcie mięśniowe, pozycję rąk (ułożenie nadgarstka, palców, łokci, ramię). Sposób trzymania oraz manipulowania bezpośrednio przekłada się na komfort pracy, oraz możliwe niekorzystne skutki zdrowotne wynikające np. z poczucia zmęczenia mięśni. Kształt, rozmiar, ciężar oraz funkcjonalność stają się czynnikami determinującymi ergonomię narzędzi medycznych. Biorąc pod uwagę, że narzędzia te są wynikiem długotrwałych procesów projektowo-konstrukcyjnych realizowanych w multi dyscyplinarnych zespołach, ważnym aspektem staje się problem wymiany wiedzy pomiędzy uczestnikami tych procesów. Specyfika oraz wysoki stopień wiedzy eksperckiej z różnych dziedzin nauki niezbędnych do wytworzenia gotowego produktu, jakim jest narzędzie medyczne stają się podstawą decydującą o ergonomii tego typu produktów. Narzędzie medyczne jest efektem pracy specjalistów inżynierów oraz lekarzy, mających swój wkład w końcowy efekt. Zdarza się jednak, że pojawiają się sytuacje problemowe ujawniające się w trakcie użytkowania narzędzi chirurgicznych w specyficznych warunkach pracy, które nie są ujawniane bądź nie są przekazywane producentowi, przez co produkty nie mogą ulec udoskonaleniu. Niniejsza praca ma na celu zwrócenie uwagi na konieczność sprzężenia zwrotnego pomiędzy użytkownikiem końcowym narzędzi, jakim jest lekarz – chirurg i pielęgniarka instrumentariuszka oraz producentem (projektantem i konstruktorem). Przedstawione zostaną również przykładowe skutki zaburzonego procesu wymiany wiedzy na etapie projektowania ujawnione w czasie użytkowania gotowego produktu.

## 23.2 ERGONOMIA NARZĘDZI MEDYCZNYCH

Ergonomia w obecnych czasach wydaje się być pojęciem modnym i często rozumianym bardzo intuicyjnie. W literaturze znaleźć można definicję pojęcia wspólnie przytaczającą, że istotą tej nauki jest dostosowanie maszyn, urządzeń, narzędzi itp. do cech fizycznych i psychicznych człowieka [3]. Odnosząc się do tej definicji, należy zwrócić uwagę, że poczucie komfortu fizycznego i psychicznego jest subiektywne, więc nie ma możliwości skonstruowania produktu, który zadowoliliby wszystkich. Możliwe jest natomiast uwzględnienie cech antropometrycznych o największej rozpiętości, aby jak największa grupa użytkowników mogła użytkować produkt z zachowaniem zasad bezpieczeństwa oraz pozwalających ograniczyć pozycje wymuszone. Rozpiętość cech antropometrycznych, do których narzędzia powinny być dopasowane jest bardzo duża, a są one podstawą określania cech konstrukcyjnych produktów dotyczących wielkości, kształtu, umiejscowienia przycisków funkcyjnych itp. Pomimo panującej równości wobec traktowania kobiet i mężczyzn, w zakresie projektowania produktów z zachowaniem cech użyteczności i funkcjonalności niezbędne staje się uwzględnienie płci. Aby produkt mógł nosić znamiona ergonomiczności powinien być dostosowany do fizjonomii oraz typu somatycznego człowieka. Dla zobrazowania zakresu różnic miar ciała człowieka, w tab. 23.1 zamieszczono wybrane wymiary dłoni mężczyzny (a – długość dłoni od nadgarstka do końca środkowego palca, b – długość środkowego palca) dla reprezentantów 5, 50 i 95 centyla.

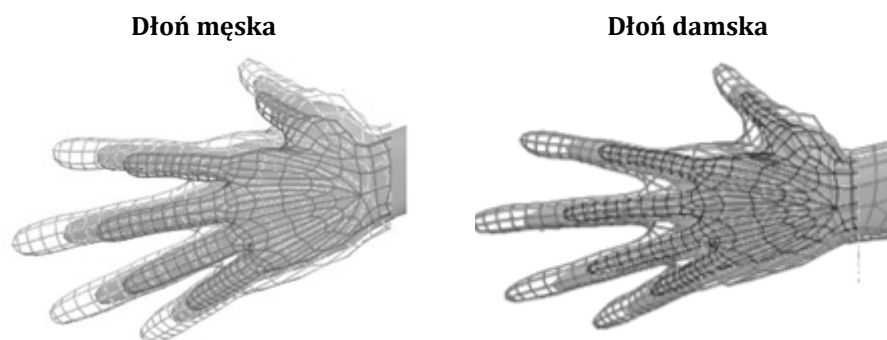
Tab. 23.1 Wybrane wymiary dłoni mężczyzny na przykładzie 5-50-95 centyla



Wymiar	5 C	50 C	95 C
<b>a</b>	10,0 [cm]	11,1 [cm]	12,3 [cm]
<b>b</b>	18,1 [cm]	19,6 [cm]	21,0 [cm]

Źródło: [2]

Dodatkowo, na rys. 23.1 przedstawiono różnice w wymiarach i budowie dłoni mężczyzny i kobiet w zakresie 5, 50 i 95 centyla.



Rys. 23.1 Różnice pomiędzy cechami antropometrycznymi dłoni męskiej i damskiej dla 5-50-95 centyla

Źródło: opracowanie własne

W literaturze znaleźć można ogólne zasady projektowania ergonomicznego, których zastosowanie ma na celu opracowanie produktów zaspokajających potrzeby fizyczne i psychiczne użytkownika. Projektowanie ergonomiczne opiera się na [5]:

- zasadzie prostego użytkownika (użytkowanie powinno być możliwe bez względu na doświadczenie, wiedzę, umiejętności językowe);
- zasadzie wygodnego użytkownika bez zbędnego wysiłku (produkty powinny być użytkowane w sposób skuteczny, wygodny, przy minimum wysiłku);
- zasadzie zachowania odpowiednich wymiarów i przestrzeni (wymiary ciała i mobilność użytkownika nie powinny mieć znaczenia);
- zasadzie uwzględniania wydolności umysłowej;
- zasadzie zapewnienia odpowiedniego środowiska użytkownika;
- zasadzie czytelności informacji (informacje o produkcie powinny być przekazywane w sposób łatwy, wyraźny i czytelny);
- zasadzie tolerancji dla błędów użytkownika (należy uwzględnić możliwość niepożądanych działań użytkownika);
- zasadzie zachowania hierarchii celów ergonomicznych (bezpieczeństwo, komfort użytkownika).

Są to ogólne wytyczne, które mogą stanowić punkt wyjścia w zakresie prac nad narzędziami medycznymi. Jednak specyfika miejsca oraz cel użytkowania tych narzędzi są czynnikami, które odgrywają kluczową rolę w określaniu cech konstrukcyjnych. Mówiąc o ergonomii narzędzi medycznych (rys. 23.2) bardzo istotna jest ich funkcjonalność w odniesieniu do użytkownika w ograniczonej przestrzeni (polu operacyjnym), ograniczonym czasie i częstotliwości przy równoczesnym zachowaniu szeregu funkcji wymuszonych przez warunki sterylne. Ergonomiczność rozumiana jest tutaj również w aspekcie zachowania komfortu psychicznego bazującego na niezawodności oraz jakości.



**Rys. 23.2 Czynniki wpływające na zaspokojenie potrzeb komfortu fizycznego i psychicznego w odniesieniu do ergonomii narzędzi medycznych**

Źródło: opracowanie własne

Dokładna znajomość kryteriów ograniczających użytkownika narzędzi oraz specyfiki ludzkiego ciała, na które oddziałują narzędzia jest niezbędną wiedzą będącą podstawą procesu projektowo – konstrukcyjnego gotowego wyrobu. Z punktu widzenia dostępnych na rynku narzędzi chirurgicznych istnieje duża różnorodność rozwiązań, które mogą mieć wpływ na subiektywne uczucie komfortu użytkownika. Jedną z charaktery-

stycznych cech, widocznych gołym okiem jest wielorakość uchwytów ręcznych instrumentów chirurgicznych. Znane są narzędzia z uchwytami: pierścieniowymi, pistoletowymi, kleszczowymi i osiowymi, ale istnieją również inne podziały [6]. Producenci narzędzi proponują różne kombinacje uchwytów. Niektóre z nich wyposażone są w dodatkowe rowki na palce i/lub haki podtrzymujące mały palec, co pozwala na lepsze rozłożenie siły nacisku. Przykładowe możliwości uchwytów ręcznych instrumentów stosowanych w chirurgii małoinwazyjnej przedstawia rys. 23.3.



**Rys. 23.3** Przykłady różnorodności dostępnych uchwytów narzędzi chirurgicznych

Źródło: [4]

Z przedstawionego przykładu wynika, że świadomość producentów w odniesieniu do rozwoju narzędzi medycznych uwzględniającego potrzeby użytkowników jest coraz większa. Wiedza przekazana przez chirurgów współpracujących z jednostkami badawczymi oraz producentami w połączeniu z doświadczeniem projektantów i konstruktorów przyczyniły się do powstania nowych lub ulepszonych rozwiązań. Jednak analiza literatury na temat realizowanych badań w odniesieniu do ergonomii narzędzi medycznych poparte obserwacjami własnymi wykazują, że ciągle pojawiają się sytuacje problemowe. Najczęściej uwaga skupia się na cechach konstrukcyjnych takich jak rozmiar (uchwyty są zbyt małe), kształt (uchwyty zbyt sztywne, zbyt ostre itp.) [6], ale także awaryjność. Rzadziej podejmowana jest tematyka funkcjonalności czy złożoności budowy narzędzi, które pośrednio przekładają się na zaspokajanie potrzeb psychicznych na sali operacyjnej. Zachowanie takich funkcji jak niezawodność, trwałość, prostota obsługi, dostęp do informacji o narzędziach mogą wpłynąć na ograniczenie poziomu stresu bezpośrednio w trakcie realizacji procedur medycznych.

### 23.3 BŁĘDY PROJEKTOWO-KONSTRUKCYJNE NARZĘDZI CHIRURGICZNYCH

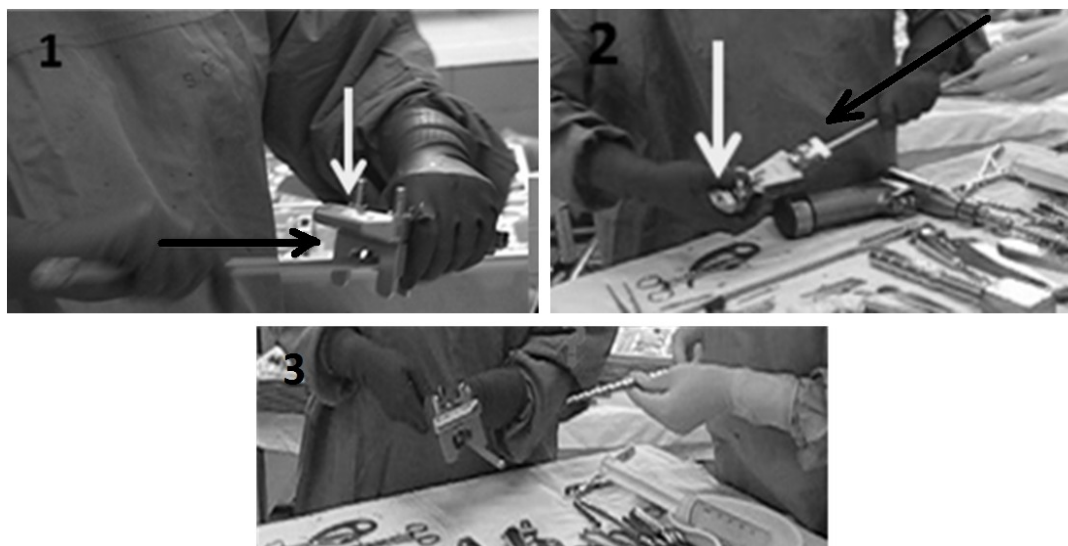
Aby zilustrować problemy wynikające z zaburzonego procesu wymiany wiedzy pomiędzy uczestnikami cyklu życia narzędzi medycznych, przedstawione zostaną przykłady niekorzystnych sytuacji zaistniałych w trakcie realizacji zabiegów chirurgicznych z zakresu wymiany stawu kolanowego oraz stawu biodrowego.

Mając na uwadze zidentyfikowanych uczestników cyklu życia narzędzi medycznych, tj. projektanta, konstruktora, dystrybutora oraz użytkownika końcowego w postaci lekarza chirurga oraz pozostałego personelu medycznego zauważyć można, że grupa docelowa użytkowników jest obszerna i zróżnicowana pod wieloma względami. Ponadto jest rozproszona terytorialnie. Skutkuje to wypracowaniem wielu różnych metod pracy w obrębie realizacji technik operacyjnych bazujących na zestawach narzędzi pochodzących od jednego producenta. Wspólnym mianownikiem jest ujednolicony i sformalizowany sposób postępowania – technika operacyjna.

W toku badań własnych autorki, opartych na obserwacjach bezpośrednich zabiegu endoprotezoplastyki stawu biodrowego oraz stawu kolanowego popartych wywiadami swobodnymi z operatorami oraz pielęgniarkami instrumentariuszkami zauważono kilka przykładów niedogodności ujawniających się w trakcie zabiegu operacyjnego.

### 23.3.1 Niejednoznaczny sposób montażu składowych instrumentarium

Jednym z kroków postępowania w procedurze endoprotezoplastyki stawu kolanowego jest przygotowanie kości piszczelowej. Zestaw instrumentarium zawarty jest w kilku skrzynkach, z których należy wybrać odpowiednie elementy i zmontować je bezpośrednio w trakcie trwania zabiegu. Obserwacje ujawniły, że pomimo znajomości zawartości zestawu pielęgniarki instrumentariuszki miały kłopot z samym montażem instrumentarium. Kwestią problemową była wielorakość możliwości montażu elementu. Poszczególne części nie są opisane w sposób wystarczający i dają się ułożyć względem siebie z dwóch różnych stron (rys. 23.4). Całość czynności realizowana jest bezpośrednio przy stole operacyjnym a pielęgniarki nie mają pewności czy robią to w sposób prawidłowy. Rys. 23.4 przedstawia opisaną sytuację problemową.



**Rys. 23.4 Kompletacja instrumentarium  
w zabiegu endoprotezoplastyki stawu kolanowego**

**1 i 2 Alternatywność montażu**

**3 Niejednoznaczność złożenia**

Źródło: opracowanie własne

Analiza zaistniałej sytuacji wywołała potrzebę identyfikacji jej przyczyn oraz skutków. W wyniku rozmów przeprowadzonych z pielęgniarkami odpowiedzialnymi za pro-

ces przygotowania instrumentarium do zabiegu stwierdzono, iż powodami zaobserwowanego zdarzenia są:

- złożoność narzędzi,
- możliwość montażu elementów w sposób nieprawidłowy,
- niewystarczający opis elementów składowych narzędzi,
- częsta wymiana narzędzi chirurgicznych wynikająca ze sposobów finansowania jednostek służby zdrowia,
- brak warunków umożliwiających trening w zakresie obsługi instrumentarium,
- brak dostępu do zasobów wiedzy bezpośrednio w miejscu realizacji czynności.

Przedstawione przyczyny generują skutki ergonomiczne w postaci:

- stresu będącego wynikiem presji otoczenia (np. oczekiwanie chirurga na narzędzie,
- wydłużonego czasu realizacji zabiegu, co przekłada się na dłuższy czas ekspozycji na warunki szkodliwe panujące w sali operacyjnej (np. wymuszona pozycja chirurga asystenta, który utrzymuje haki chirurgiczne podczas odsłaniania tkanki);
- wydłużonego czasu pozostawiania pacjenta w stanie narkozy.

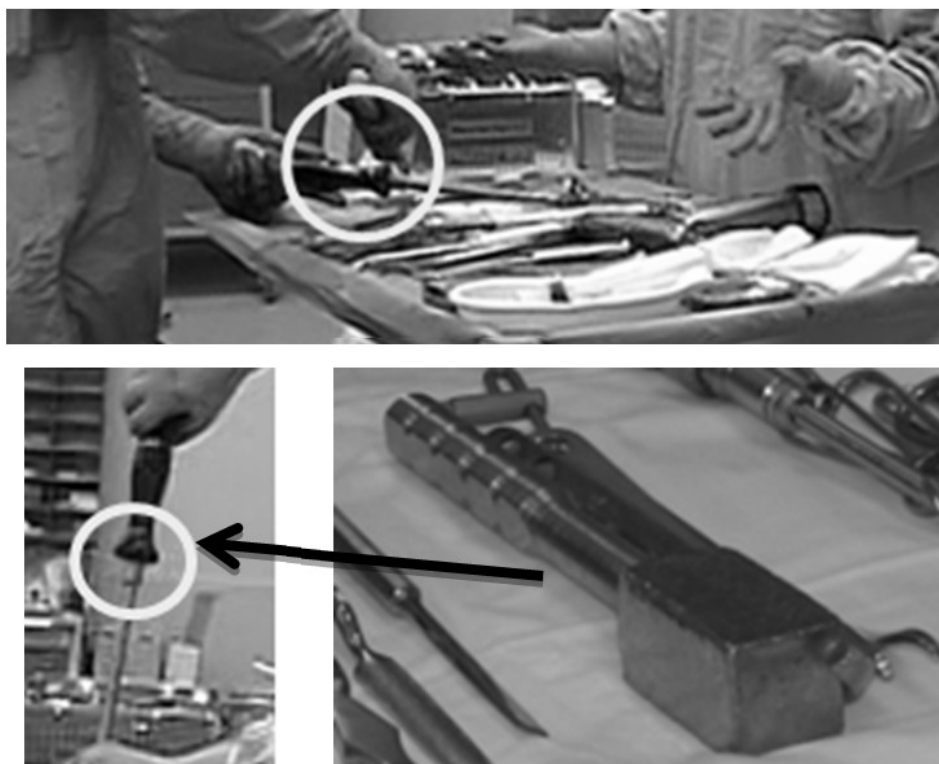
Niektóre z przyczyn (złożoność i wielorakość montażu) są bezpośrednio powiązane z procesem projektowo-konstrukcyjnym. Przekazanie doświadczeń i opis występujących zdarzeń, ich częstotliwość a także sugestie i uwagi od użytkowników do producenta umożliwiłyby unikanie tego typu błędów w przyszłości oraz pozwoliłyby na ewentualne działania korygujące. Zastosowanie zasad systemu zapobiegania nieumyślnym błędom (Poka Yoke) mogłoby stanowić rozwiązanie zaistniałego problemu. Punktem wyjścia jest jednak wiedza o samym fakcie występowania zdarzeń niepożądanych, a zaburzony proces wymiany pomiędzy uczestnikami cyklu życia narzędzi medycznych ogranicza pozyskanie tej wiedzy.

### 23.3.2 Zaburzona funkcjonalność uchwytu wbijaka

Jednym z etapów wymiany stawu biodrowego jest dokonanie dopasowania wkładki zastępującej panewkę stawu biodrowego. W czasie tego kroku następuje wbicie próbnej muszli panewki na określoną głębokość implantacji. Po dokonaniu przymiaru próbnik jest wybijany, a w przygotowane miejsce instaluje się implant o odpowiedniej wielkości. Jeden z producentów, wraz z zestawem narzędzi do implantacji dostarcza wbijak, który swoją budową utrudnia wykonanie tego etapu zabiegu. Na rys. 23.5 pokazano rękojeść wbijaka, która jest zbyt mała, aby za pomocą uderzenia młotkiem chirurgicznym dokonać wybicia próbnika. Dodatkowym aspektem utrudniającym realizację tego etapu zabiegu jest mocno ograniczone pole operacyjne. Problem z wybiciem generuje ryzyko uszkodzenia pobliskich tkanek pacjenta oraz ryzyko uderzenia się operatora lub asystenta młotkiem. Bezpośrednio wpływa również na subiektywne odczuwanie stresu, a przy okazji powoduje konieczność przyjmowania nieprzewidzianych pozycji wymuszonych w celu usunięcia próbnika.

Obserwacja tego zdarzenia była podstawą wywiadu z chirurgiem operatorem, którego problem dotyczył. Na pytanie czy informacja o zaistniałej sytuacji oraz uwagi dotyczące budowy narzędzia zostanie przekazana do producenta otrzymano odpowiedź ne-

gatywną, z zastrzeżeniem, że jeżeli przedstawiciel producenta narzędzi oraz chirurg spotkają się przy okazji seminarium naukowego lub innego branżowego spotkania, wtedy zdarzenie w sposób nieformalny zostanie zgłoszone.



**Rys. 23. 5 Zbyt mała rękojeść wbijaka próbnika muszli panewki stosowanego w zabiegu endoprotezoplastyki stawu biodrowego**

Źródło: opracowanie własne

Na tej podstawie można wnioskować, że kluczowe z punktu widzenia funkcjonalności cechy produktu są zaprojektowane w sposób niewystarczający, a wiedza na ten temat pozostaje u użytkownika końcowego. Dodatkowo można również zauważyć, że brak jest jasno określonych sposobów komunikacji, tj. kanałów i form wymiany wiedzy pomiędzy tymi uczestnikami cyklu życia narzędzi chirurgicznych, a także narzędzi, które tą wymianę wiedzy mogłyby wspomóc.

## **PODSUMOWANIE**

Analiza dostępnych na rynku narzędzi chirurgicznych, przegląd ich specyfikacji i cech wizualnych pozwoliły stwierdzić, że istnieje szeroki wachlarz rozwiązań, z których chirurdzy mogą skorzystać. Niektóre z nich noszą znamiona produktów ergonomicznych, czyli takich, które zaprojektowano z myślą o wygodzie użytkownika końcowego przy jednoczesnym zachowaniu pierwotnej funkcji. Wielu producentów narzędzi powołuje się na współpracę z lekarzami na etapie tworzenia nowych produktów. Należy jednak pamiętać, że są to tylko reprezentanci danej grupy zawodowej i ich opinie często są subiektywne. Do zespołów badawczych powołuje się chirurgów i innych lekarzy specjalistów, zapominając przy tym, że w roli użytkownika może być również pielęgniarka instrumentariuszka czy pracownik działu sterylizacji. Na etapie projektowania narzędzi,

niezbędna jest wymiana wiedzy pomiędzy projektantem – inżynierem a użytkownikiem końcowym – lekarzem chirurgiem. Opracowanie cech konstrukcyjnych narzędzi chirurgicznych musi bazować na doświadczeniach i praktyce w pracy z ludzkim ciałem w specyficznych warunkach, jakimi charakteryzuje się sala operacyjna. Narzędzia chirurgiczne powstają w wyniku współpracy zespołów multi dyscyplinarnych, lecz brak jest jasno sformułowanych sposobów i form komunikacji pomiędzy specjalistami różnych dziedzin naukowych. Często współpraca ta kończy się na etapie produkcji nowego narzędzia, bez sprzężenia zwrotnego w trakcie jego użytkowania. Jedyną formą kontaktu są reklamacje produktu. Nie dotyczą one jednak kwestii komfortu użytkownika wynikającego z kształtu czy dostosowania narzędzia pod względem budowy i konstrukcji do ograniczonego pola operacyjnego. Dotychczasowe badania autorki pozwalają wysnuć stwierdzenie, że pojedynczy użytkownicy narzędzi (lekarze i pielęgniarki) uważają, że nie mają żadnego wpływu na możliwość rozwoju narzędzi w aspekcie kryteriów ergonomiczności (tj. kształtu, rozmiaru, funkcjonalności itp.). Taki sposób myślenia może powodować blokadę innowacyjności produktów medycznych wynikających bezpośrednio z potrzeb. Równocześnie producenci tracą cenne źródło przewagi konkurencyjnej, jakim jest potencjalny klient.

Istnieją, zatem przesłanki pozwalające przypuszczać, że wypracowanie standardów wymiany wiedzy pomiędzy ekspertami różnych dziedzin, oparte na dzieleniu się wiedzą tkwiącą w ich umysłach a popartą latami doświadczeń może przyczynić się do wspomagania procesu projektowania innowacyjnych, ergonomicznych narzędzi medycznych. Należałoby się skupić na opracowaniu narzędzia ułatwiającego kontakt przeciętnego użytkownika z twórcą (rozumianym, jako producent) narzędzi medycznych. Narzędzie to musi być skonstruowane w taki sposób, aby pozwalało pozyskać jak najwięcej wartościowej wiedzy użytkownika, istotnej z punktu widzenia projektowania i nadawania cech konstrukcyjnych produktom medycznym. Odpowiednio zorganizowana forma współpracy może dawać korzyści dla wszystkich uczestników cyklu życia narzędzi medycznych. Ergonomiczne narzędzie chirurgiczne dla producenta będzie źródłem zysków, a dla użytkownika końcowego narzędziem pracy, zapewniającym dbałość o jego stan zdrowia, którego nie powinno przeliczać się na efekt ekonomiczny.

## PODZIĘKOWANIA

Artykuł jest wynikiem badań realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zrządzania Politechniki Śląskiej, i powstał w ramach pracy statutowej oznaczonej symbolem 13/030/BKM15/0021 nt. Wykorzystanie wiedzy w kształtowaniu cech użytkowych innowacyjnych produktów w obszarze ochrony zdrowia.

## LITERATURA

- 1 *3D Static Strength Prediction Program. User Manual.* The University of Michigan Center for Ergonomics, 2011.
- 2 „Atlas miar człowieka. Dane do projektowania i oceny ergonomicznej.” Warszawa: Centralny Instytut Ochrony Pracy, 2001.



- 3 J. Bralczyk (red.) „Słownik 100 tysięcy potrzebnych słów.” Warszawa: PWN, 2005.
- 4 „Innomed, Inc.” Pobrano z: [www.innomed.net](http://www.innomed.net).” Dostęp: [12.03.2016].
- 5 J. Jabłoński. (red.) *Ergonomia produktu. Ergonomiczne zasady projektowania produktów*. Poznań: Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, 2006.
- 6 M. Patkin. „A Check-List for Handle Design.” Pobrano z: <http://ergonomics.uq.edu.au/eaol/handle.pdf>, 2001. [Dostęp: 25.05.2016].
- 7 Li. Zheng, W. Guohui, T. Juan, S. Xulong, L. Hao, Z. Shaihong. „Building a framework for ergonomic research on laparoscopic instrument handles.” *International Journal of Surgery*, no 30, 2016, s.74-82.

### WYMIANA WIEDZY, JAKO CZYNNIK WSPOMAGAJĄCY PROCES PROJEKTOWANIA ERGONOMICZNYCH NARZĘDZI MEDYCZNYCH

**Streszczenie:** Opracowanie ma na celu zwrócenie uwagi na konieczność sprzężenia zwrotnego pomiędzy użytkownikiem a projektantem narzędzi medycznych. W artykule wskazano pozytywne konsekwencje wymiany wiedzy w zakresie ergonomii narzędzi chirurgicznych oraz negatywne skutki braku wymiany wiedzy na etapie użytkowania gotowych produktów. Przeprowadzone badania własne w postaci obserwacji i wywiadów pozwoliły wnioskować o istnieniu potrzeby rozpoznania możliwości dostępnych kanałów i form komunikacji w celu wspomaganie procesów projektowo-konstrukcyjnych narzędzi medycznych.

**Słowa kluczowe:** narzędzia medyczne, narzędzia chirurgiczne, ergonomia narzędzi

### KNOWLEDGE EXCHANGE AS FACTOR SUPPORTING DESIGN PROCESS OF ERGONOMIC MEDICAL TOOLS

**Abstract:** This paper aims to draw attention to the need for a feedback between the end user and the designer of medical tools. The article shows the positive consequences of the knowledge exchange in the field of ergonomics of surgical instruments and the negative effects of the lack of knowledge exchange on the using of final tools. Own researches was realized in the form of observations and interviews. Research allowed the conclusion that there is the need of identification the possibilities of available channels and forms of communication in order to support the processes of design and construction of medical tools.

**Key words:** medical tools, surgical instruments, ergonomic tools

Dr inż. Katarzyna MLECZKO  
Politechnika Śląska  
Wydział Organizacji i Zarządzania  
Instytut Inżynierii Produkcji  
ul. Roosevelta 26, 41-800 Zabrze  
e-mail: Katarzyna.Mleczo@polsl.pl

Data przesłania artykułu do Redakcji: 01.07.2016  
Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 11.07.2016