

*Jakubowski Julian, Ciupik Lechosław,
Madziarz Dariusz, Mstowski Janusz¹*

Komputerowa wizualizacja - od schorzenia do modelu procedury operacyjnej -

***Streszczenie.** W artykule przedstawiono rozważania, analizę i doświadczenia własne f-my LfC w zakresie wykorzystania zaawansowanych technik komputerowego wspomaganie w zakresie modelowania i wizualizacji elementów systemu DERO. Oceniono przydatność wybranych technik komputerowych w zakresie praktycznej realizacji systemu szkoleniowego DERO-Didactic. Pokazano sposób podejścia od analizy schorzenia aż do wirtualnego modelu procedury operacyjnej.*

Wprowadzenie

Jednym z podstawowych czynników determinujących prawidłowe i optymalne wykorzystanie nowych rozwiązań technicznych implantów i narzędzi jest przygotowanie odpowiednich materiałów w sposób jednoznaczny opisujących przeznaczenie, działanie i metodykę instrumentacji. Ogromna złożoność problematyki związanej z technicznym wspomaganie operacyjnego leczenia kręgosłupa wymaga opracowania odpowiedniego algorytmu działania. Punktem wyjściowym jest zawsze typ schorzenia (deformacyjne, urazowe, kręgozmyki, onkologiczne i inne), z którym wiąże się analiza anatomiczno-funkcjonalna, badania biomechaniczne i biotolerancji, opracowanie modelu zestawu korekcyjno-stabilizującego, aż do badań klinicznych. Zakres w tym obszarze zaprezentowany został w kilku wcześniejszych pracach (m.in. 2,8,9,10).

Złożoność anatomii układu kostnego człowieka, zwłaszcza kręgosłupa o skomplikowanej i zmiennej w zależności od wieku i płci pacjenta geometrii przestrzennej, konieczność dopasowania do niej implantów z określoną geometrią, potrzeba wykonania określonych procedur operacyjnych w ograniczonym polu operacyjnym z uwzględnieniem złożonej fizjologii powodują konieczność oceny przedoperacyjnej planowanej procedury. Nie może wystąpić kolizja narzędzi, a zastosowany zestaw implantów musi pozwalać na wykonanie założonego sposobu korekcji.

Zastosowanie obecnych systemów techniczno-medycznych do wspomaganie leczenia wymaga zapewnienia wysokiego bezpieczeństwa dla pacjenta (biotolerancja, geometria dostosowana do anatomii, mała ingerencja operacyjna itp.) i lekarza - ergonomiczne instrumentarium, komfort posiadania możliwości zmian śródoperacyjnych itp.

¹ Julian *Jakubowski*, Lechosław F. *Ciupik*, Dariusz *Madziarz*, Janusz *Mstowski*. LfC Sp. z o.o. Zielona Góra, Prezes: Lechosław F. *Ciupik*.

Z pomocą w rozwiązywaniu powyższych problemów przyszły nowe technologie komputerowej wizualizacji. Doskonałymi narzędziami, umożliwiającymi realizację powyższego celu, są specjalistyczne programy typu CAD. Pozwalają one - dzięki możliwością komputera - zaprezentować wyrób w postaci modelu cyfrowego, dokonać zmian w jego geometrii i ocenić przydatność w układzie rzeczywistym. Jest to klasyczne zagadnienie realizujące „projektowanie i konstruowanie wirtualne”.

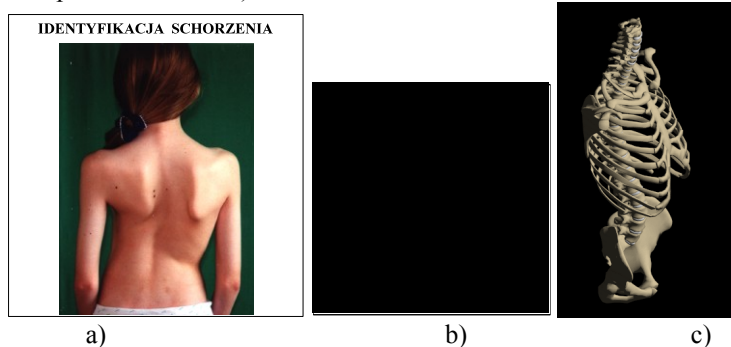
Technika modelowania i wizualizacji

Rozpatrzmy klasyczny przykład podejścia do modelowania procedury operacyjnej. Na rysunku 1 przedstawiono: a) schorze-

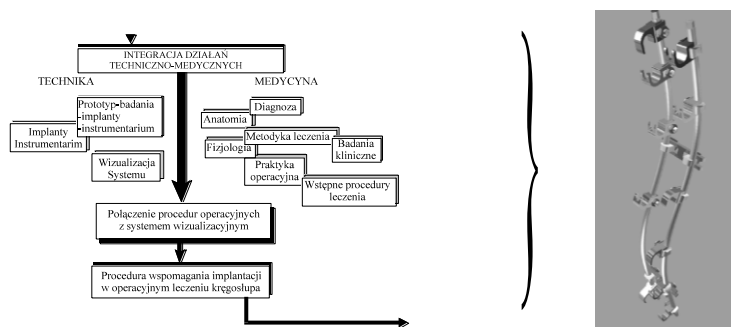
nie, c) model przestrzenny (komputerowy) kręgosłupa prawidłowego i b) czarna skrzynkę, czyli jaka zastosować procedurę aby z układu a uzyskać układ c.

Istotą całego problemu jest odpowiednie usystematyzowane rozwiązanie zawartości „czarnej skrzynki”. Na tym etapie nie można przewidzieć wszystkich możliwych problemów, dlatego konieczna jest pomoc ze strony lekarzy, którzy uczestnicząc czynnie w rozwiązywaniu problemu dostarczają bazę wiedzy w rodzaju „systemu ekspertowego”, konieczną do jak najbardziej zamodelowania procedury operacyjnej - rys.2.

W zakresie modelowania geometrycznego kręgosłupa wykorzystano własne dane, dane z fantomów oraz doniesienia z licznych prac [1,4,5,7,9,12].



Rys. 1. Schemat klasycznego podejścia do wizualizacji procedury operacyjnej.



Rys. 2. Przykład działań zawartych w „czarnej skrzynce” i wstępne rozwiązanie.

Firma IfC będąca producentem Uniwersalnego systemu DERO, pozostając w ciągłym kontakcie ze środowiskiem medycznym już od kilku lat przygotowuje gotowe rozwiązania omawianego problemu. Skupiając w zespole biomechaników zapoznanych dobrze z techniką komputerową a szczególnie z szeroko stosowanymi we współczesnym konstruowaniu części maszyn programami CAD podjęto decyzję o budowie kompleksowego systemu szkoleniowego pod nazwą DERO-DIDACTIC System (DDS). Jednym z elementów tego systemu jest komputerowa wizualizacja procedur operacyjnych wykonana w przestrzeni wirtualnej komputera.

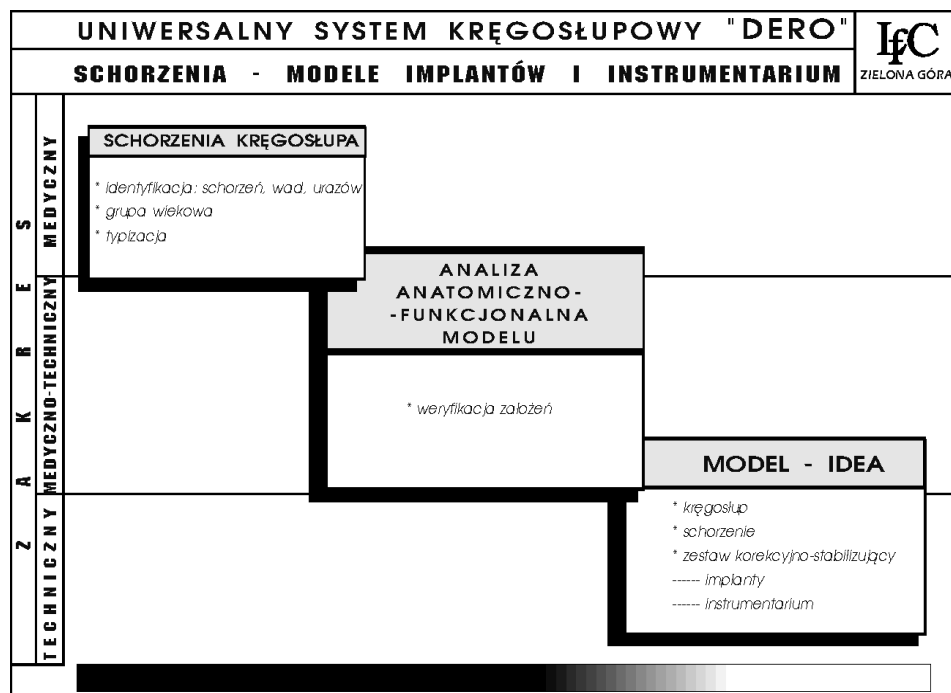
Cały proces wizualizacji podzielony został na etapy, z których każdy musiał być zrealizowany do uzyskania końcowe-

go efektu jakim jest ocena przez lekarzy ortopedów przygotowanych modelowych procedur (rys.3.):

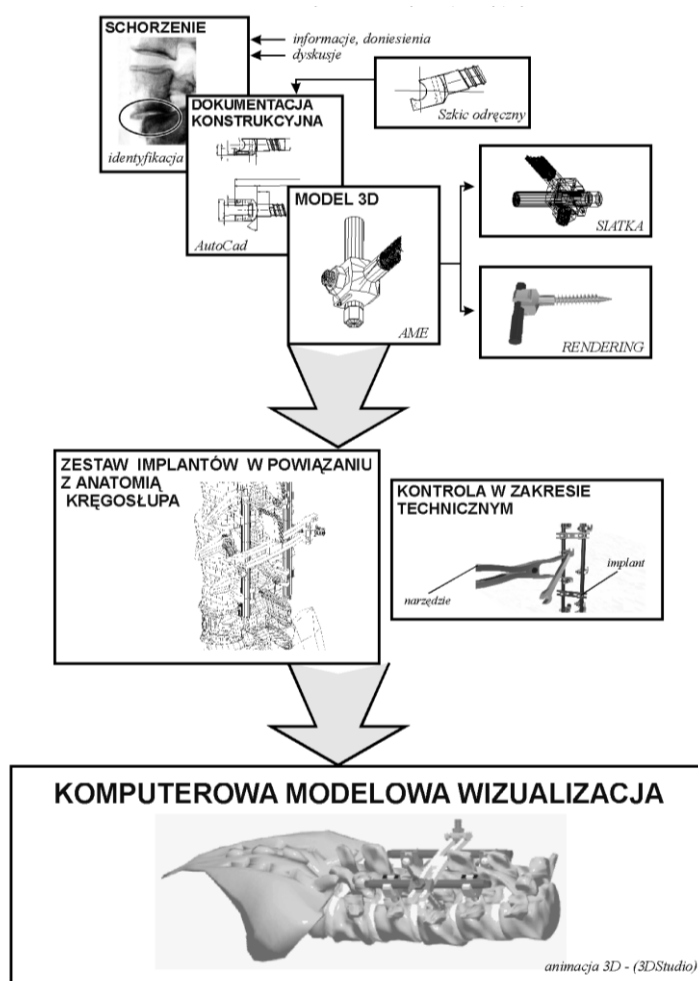
A. Analiza schorzenia

B. Plan realizacji systemu wizualizacji:

1. komputerowy model przestrzenny kręgosłupa i kręgosłupa
2. komputerowe modele przestrzenne implantów systemu DERO
3. komputerowe modele przestrzenne instrumentarium systemu DERO
4. połączenie w przestrzeni komputera implantów i instrumentarium - ocena współpracy
5. połączenie elementów kręgosłupa z implantami oraz instrumentarium
6. opracowanie procedur operacyjnych - wynik konsultacji z lekarzami
7. wykonanie animacji.



Rys.3. Zakres czynności od analizy schorzenia do modelu [14,15].



Rys. 4. Działania wspomagane komputerem prowadzące do rozwiązania problemu sformułowanego w „czarnej skrzynce” [14].

Całość prac związanych z przygotowaniem systemu DERO-Didactic można podzielić na dwa etapy:

etap opracowania procedur technicznych stanowiący realizację zasady projektowania wirtualnego, w którego zakres wchodzi wszelkie czynności poczynając od pierwszych informacji medycznych o schorzeniu i konieczności zaistnienia

określonego instrumentarium, poprzez szkice odręczne, komputerowe modelowanie, aż do opracowania pełnego modelu cyfrowego. Jest to czas, w którym wyrób istnieje tylko w pamięci komputera. Zaletą tego etapu jest fakt, że w każdym momencie można dowolnie modyfikować model, czyniąc to postępowanie niezwykle ekonomicznym nie narażając producenta na

straty. Po zaakceptowaniu przez środowisko medyczne zestawów implantów opracowywana jest wspólnie procedura operacyjna ich stosowania. Efektem końcowym tego etapu jest animacja komputerowa przedstawiająca procedurę użytkownika projektowanego elementu lub całego układu. w tym etapie podstawowymi narzędziami pracy są: komputer wraz z oprogramowaniem (AutoCAD, 3D-Studio). Takie podejście pozwala na ocenę projektu wtedy, gdy on fizycznie jeszcze nie istnieje; można sprawdzić, czy spełnia on podstawowe założenia techniczno-medyczne. Dawniej zadanie to realizowane było poprzez budowę makiet, prototypów, co wiązało się ze znacznym wzrostem nakładów czasu i kosztów. Technika komputerowa radykalnie zmieniła to podejście. Przygotowanie modelu cyfrowego jest pierwszym krokiem w procesie wizualizacji. Kolejnym jest zdefiniowanie materiałów oraz warunków zewnętrznych: oświetlenia, atmosfery, itp. w wyniku powstaje obraz rastrowy projektowanego produktu. Podstawowym narzędziem pracy na tym etapie jest system CAD wraz z dodatkowymi modułami: AME, VisualLink, oraz 3D-Studio. 3D-Studio jest pakietem służącym do przygotowywania prezentacji. Program jest bardzo elastyczny; posiada szeroki zestaw narzędzi do tworzenia interesujących obrazów statycznych i dynamicznych.

Etap opracowania procedur techniczno-medycznych będący wspólną pracą operatora systemów komputerowych oraz lekarza - specjalisty. Polega na zarejestrowaniu na taśmie video przebiegu rzeczywistej operacji z wykorzystaniem opracowanych wcześniej procedur. Następnym krokiem jest połączenie charakterystycznych fragmentów filmu video

z opracowanymi animacjami. Do tego celu wykorzystujemy współczesne techniki multimedialne. Grafika może zostać nałożona na istniejący obraz zarejestrowany kamerą video dzięki temu, że komputer otrzymuje kanał wyjściowy dla sygnału wizyjnego.

Efektem końcowym tego etapu jest film instruktażowy oraz szereg materiałów pomocniczych dla lekarzy: animacje komputerowe, zeszyty ćwiczeniowe itp.

Wnioski

Zastosowanie technik komputerowego modelowania już na etapie wstępnym pozwala przeprowadzić analizę zależności wymiarowych implantów i narzędzi w „fikcyjnym” polu operacyjnym.

Nadrzędnym celem tego typu działań jest symulowanie współpracy projektowanych wszczepów chirurgicznych z układem kostnym człowieka. Przy zastosowaniu metod komputerowej symulacji rzeczywistości (virtual reality) tworzone są geometryczne modele elementów systemu DERO układu implant-kręgosłup. z powstałej bazy modeli implantów można składać układy do leczenia poszczególnych schorzeń i na modelu kręgosłupa symulować przebieg operacji. Wyciągając wnioski z wyników symulacji komputerowych powstał szeroko pojęty system dydaktyczny „DERO Didactic System”. Częścią składową tego systemu jest prezentacja procedur operacyjnych, które obrazują poprawne użycie implantów i narzędzi przy leczeniu kręgosłupa. Całość zagadnień z tym związanych można przyporządkować do *wirtualnej wizualizacji technik leczenia kręgosłupa*.

Inną metodą prezentacji stosowaną w systemie wizualizacyjnym DERO jest prezentacja całych zestawów (np. do stabilizacji krótkoodcinkowej - DisCom,

DERO) bez pokazania procedury operacyjnej, (8, 10).

Piśmiennictwo

1. **Będziński R.:** *Budowa modeli fizycznych modeli kręgosłupa lędźwiowego*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 1994.
2. **Ciupik L.,** *Historia powstania i rozwoju Systemu Kręgosłupowego DERO*, [w:] Uniwersalny System korekcyjno-stabilizacyjny DERO do operacyjnego leczenia kręgosłupa, Z.1., wyd. LfC Zielona Góra, 1995.
3. **Ciupik L., D. Zarzycki, J. Doniec, Jan Cyganiuk, Dariusz Madziarz** „DisCom” - *nowoczesne instrumentarium do przedniej korekcji i stabilizacji kręgosłupa piersiowo-lędźwiowego*, [w:] Uniwersalny System korekcyjno-stabilizacyjny DERO do operacyjnego leczenia kręgosłupa, Z.1., wyd. LfC Zielona Góra, 1995.
4. **Dietrich M., Zagrajek T.,** *Problemy modelowania w biomechanice kręgosłupa człowieka*. Praca zbiorowa pod red. K. Bącala pt. Biomechanika kręgosłupa, Zielona Góra 1988.
5. **Dietrich M., Kurowski P., Walczak Z., Zagrajek T.,** *Modelowanie kręgosłupa człowieka*. Mat. VII Krajowej Konferencji Naukowo-Szkoleniowej, Kraków 1987.
6. **Katalog: DERO - Uniwersalny system korekcyjno-stabilizacyjny do operacyjnego leczenia kręgosłupa.**
7. **Lavaste F., Skalii W., Robin S., Roy R., Mazel Ch.,:** *Three-dimensional geometrical and mechanical modelling of the lumbar spine*, J. Biomechanics (1992), 10: 1153-1164.
8. **Madziarz D.,** *Multimedialna wizualizacja procedur operacyjnych kręgosłupa z animacją 3D*. Praca dyplomowa, LfC, 1995.
9. **Mstowski J., L. Ciupik,** *Badania biomechaniczne implantów kręgosłupowych*, [w:] Mechanika w Medycynie, Rzeszów, 1993.
10. **Materiały** instruktażowo-szkoleniowe: System Dydaktyczny DERO Didactic System, opr. LfC, 95.
11. **Skwarcz A., P. Majcher,** *instrumentarium „DERO” w leczeniu zniekształceń, chorób i urazów kręgosłupa*, [w:] Mechanika w Medycynie, Rzeszów, 1993.
12. **Zagrajek T.:** *Modelowanie biomechaniczne układu kręgosłupa człowieka metodą elementów skończonych*, Prace naukowe - Mechanika z. 140, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1990.
13. **Zarzycki D.,** *Uniwersalny system korekcyjno-stabilizacyjny kręgosłupa „DERO”*, [w:] Uniwersalny System korekcyjno-stabilizacyjny DERO do operacyjnego leczenia kręgosłupa, Z.1., wyd. LfC Zielona Góra, 1995.
14. **Ciupik L., J. Jakubowski i inni,** *Doświadczenia f-my LfC w stosowaniu CAD do modelowania i wizualizacji korekcji i stabilizacji kręgosłupa*. AWF, Monografie Nr 30 Poznań 1996.
15. **Ciupik L., J. Jakubowski i inni;** *Komputerowa wizualizacja w korekcji i stabilizacji kręgosłupa implantami DERO*. Mechanika w Medycynie, Rzeszów 1996.
16. **Awłasiwicz T., K. Kędzior, G. Krzemiński,** *Metoda elementów skończonych w badaniach zestawu stabilizującego segment kręgosłupa* [w:] System DERO rozwój technik operacyjnego leczenia kręgosłupa. red. D. Zarzycki, L. Ciupik, 2-Symposium P.G. DERO, Zakopane, czerwiec 1997, LfC Zielona Góra, 1997.