

Jednostronne ortopedyczne stabilizatory zewnętrzne

Danuta Jasińska-Choromańska
Andrzej Potyński

Budowa zewnętrznych stabilizatorów ortopedycznych będących w istocie złożonymi urządzeniami mechatronicznymi, wymaga zastosowania zaawansowanych technik modelowania i symulacji [3,4,5]. Specyfika procesu modelowania, symulacji i konstrukcji tych urządzeń polega na konieczności uwzględniania założeń i postulatów formułowanych na gruncie medycyny i potrzeb klinicznych. Przymiotnik „mechatroniczny” odnosi się do faktu wyposażenia stabilizatorów w elektroniczne układy pomiarowo-analizujące do monitorowania i oceny procesów zrostowych

Leczenie złamań jest niewątpliwie jedną z najstarszych metod leczenia w historii medycyny. Wciąż jednak trwają intensywne badania dotyczące poszukiwań nowych metod leczenia złamań oraz doskonalenia już istniejących. Inspiracją podjęcia tematu prezentowanego w niniejszym artykule były prace zapoczątkowane przez lekarzy Oddziału Chirurgii Urazowo Ortopedycznej Szpitala Czerniakowskiego w Warszawie dotyczące poszukiwań nowej i zarazem nowoczesnej konstrukcji zewnętrznych stabilizatorów ortopedycznych.

Stabilizacja (osteosynteza) zewnętrzna z wykorzystaniem ortopedycznych stabilizatorów zewnętrznych stanowi nowoczesną metodę leczenia złamań kości. Prekursorem tej metody, której geneza sięga połowy XIX wieku, był Jean Francois Malgaine [1, 2, 6]. Do podstawowych zalet tej metody należy zaliczyć:

- możliwość unieruchomienia odłamów poza miejscem złamania czy potencjalnym ogniskiem zakażenia kości,
- łatwość pielęgnacji współistniejącej rany,
- łatwość montażu większości stabilizatorów,
- możliwość wczesnego podjęcia ruchów w stawach uszkodzonej kończyny,
- możliwość uniknięcia wszczepiania metalowych łączników wewnętrznych (np. płytki AO).

Potencjalne wady tej metody leczenia to przede wszystkim prawdopodobna, ale rzadka w praktyce klinicznej, możliwość wystąpienia zakażenia w miejscu wprowadzenia wszczepów (tzw. pin tract infection). Przestrzenna konfiguracja wkrętów kostnych oraz ramy nośnej stabilizatora określają różne typy stabilizatorów zewnętrznych. Według wiedzy autorów brak jest prac analizujących kompleksowy model <<stabilizator zewnętrzny – kość>> z uwzględnieniem nowoczesnych elementów współczesnych konstrukcji, jak np. układ komory dynamizacyjnej. Większość prac na temat stabilizatorów ortopedycznych w zakresie problemów technicznych ogranicza się do analiz wytrzymałościowych. Stosunkowo mało jest prac analizujących zagadnienia

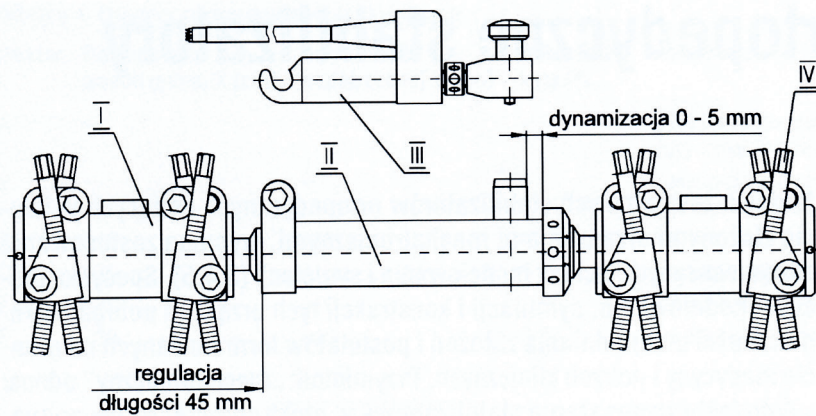
techniczne z punktu widzenia postulatów klinicznych odnoszących się do problemów dynamicznych. W większości prac w modelowaniu układu <<stabilizator zewnętrzny – kość>> pomija się modelowanie tkanek miękkich bądź uwzględnia się ich wpływ w postaci sił zewnętrznych obciążających układ (np. uwzględnia się w ten sposób siły generowane napięciem mięśni). Pomija się też wpływ wkrętów kostnych na funkcjonowanie tkanek mięśniowych. Niniejszy artykuł ma na celu przedstawienie konstrukcji stabilizatorów nowej generacji, uwzględniających postulaty kliniczne i będących złożonymi urządzeniami mechatronicznymi, umożliwiającymi ocenę procesu zrostu kostnego.

Opis konstrukcji

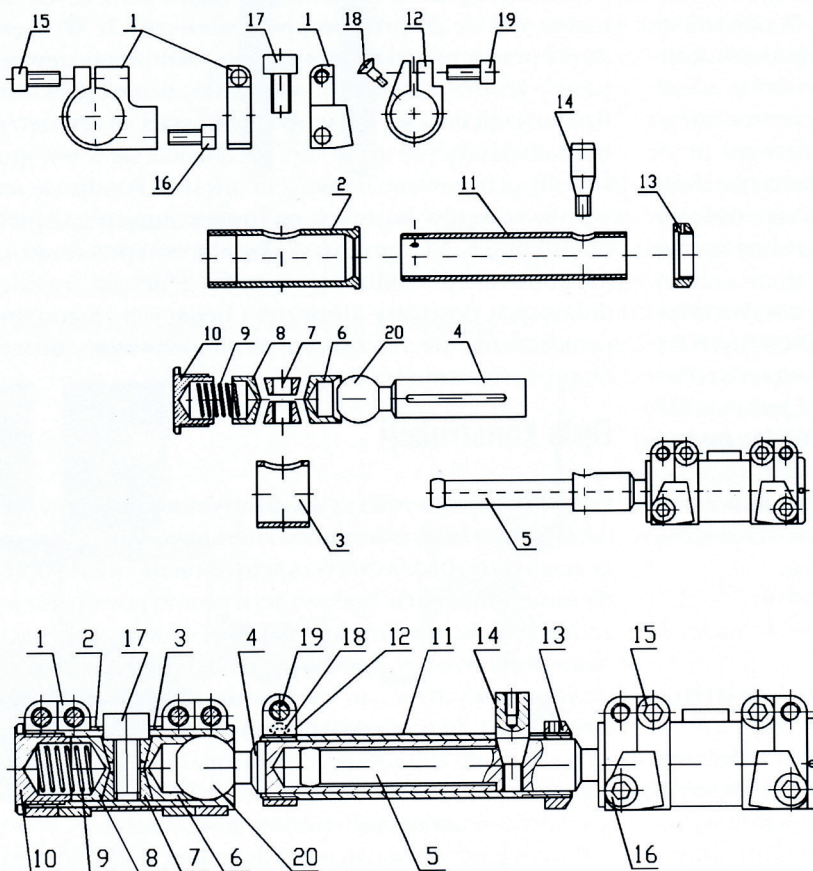
Praca [5], której wyniki są w tym artykule prezentowane, miała bardzo silne ukierunkowanie aplikacyjne. Obok fazy analityczno-badawczej istotnym elementem było opracowanie konstrukcji, budowa serii prototypowej oraz jej aplikacja kliniczna. Projekt odnosił się do konstrukcji stabilizatorów trzonów kości długich oraz leczenia złamań okołostawowych (w tym stawu kolanowego, łokciowego, skokowego). Ze względu na ograniczoną objętość niniejszego artykułu zostanie przedstawiona tylko konstrukcja stabilizatora „Dynastab Mechatronika 2000”, przeznaczonego do leczenia złamań trzonów kości długich.

Budowę nowej konstrukcji dynamicznego stabilizatora zewnętrznego „Dynastab Mechatronika 2000” do leczenia złamań trzonów kości długich przedstawiono na rys. 1 i 2. Stabilizator „Dynastab Mechatronika 2000 – trzon” zbudowany jest z dwóch łączników (I) z obejmami mocującymi wkręty kostne (IV). Pomiedzy łącznikami znajdują się elementy tworzące trzon stabilizatora (II). Umieszczone wewnątrz łączników, blokowane ciernie przeguby kuliste (20), pokazane na rys. 2, umożliwiają ich wychylenie względem osi stabilizatora o 25-30 stopni oraz obrót wokół osi (realizacja postulatu łatwego ustawienia odłamów kostnych). Przeguby kuliste (20) łączą trzon stabilizatora (II) z łącznikami (I), ułatwiają proces nastawiania odłamów. Zablockowanie przegubów w żądanym położeniu następuje po dokręceniu śruby blokady przegubu kulistego (17). Trzon zawiera mechanizm długiego, blokowanego przesuwu liniowego, umożli-

Dr hab. inż. Danuta Jasińska-Choromańska i dr inż. Andrzej Potyński są adiunktami w Instytucie Mikromechaniki i Fotoniki Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej.



Rys. 1. Budowa stabilizatora „Dynastab Mechatronika 2000” – do leczenia złamań trzonów kości długich



Rys. 2. Szczegółowy schemat konstrukcyjny stabilizatora „Dynastab Mechatronika 2000 – trzon”: 1 – obejmę łącznika: prawa (4 sztuki), lewa (4 sztuki), 2 – tuleję łącznika (2 sztuki), 3 – dystans (2 sztuki), 4 – trzpień regulacyjny (1 sztuka), 5 – trzpień dynamizacyjny (1 sztuka), 6 – docisk (2 sztuki), 7 – kliny (2 + 2 sztuki), 8 – opór (2 sztuki), 9 – sprężyna (2 sztuki), 10 – korek (2 sztuki), 11 – tuleję trzonu (1 sztuka), 12 – obejmę trzonu (1 sztuka), 13 – nakrętkę dynamizacyjną (1 sztuka), 14 – zabierak (1 sztuka), 15 – śrubę obejmę łącznika M6 x 22 (8 sztuk), 16 – śrubę mocującą wszcypy kostne M6 x 12 (8 sztuk), 17 – śrubę blokady przegubu kulistego M8 x 18 (2 sztuki), 18 – wkręt ustalający trzonu (1 sztuka), 19 – śrubę obejmę trzonu M6 x 15 (1 sztuka), 20 – przegub kulisty

liwiający regulację jego długości w zakresie 45 mm (realizacja postulatu łatwej repozycji złamania) oraz mechanizm krótkiego przesuwu liniowego, ograniczonego w zakresie od 0 do 5 mm, umożliwiającą dynamizację tworzącego się zrostu kostnego (realizacja postulatu leczenia czynnościowego). Instalowany na czas badań kontrolnych, dotyczących pomiaru siły przenoszonej przez

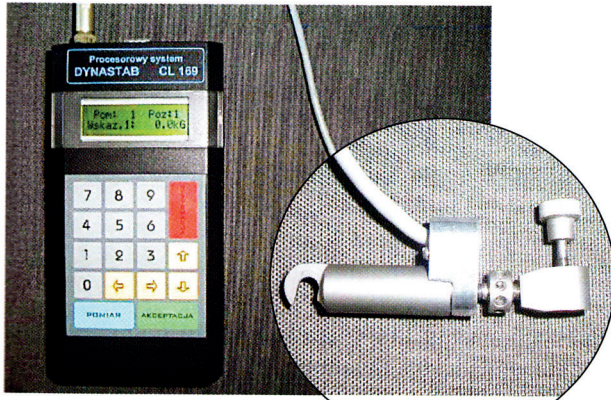
odłamy kostne i ramę stabilizatora, dynamometr (III) umożliwi ocenę sztywności tworzącego się zrostu kostnego. We wcześniejszej wersji stabilizatora tensometry przyklejane były bezpośrednio do ramy nośnej stabilizatora.

Takie rozwiązanie charakteryzowała jednak mała czułość układu pomiarowego oraz relatywnie duże koszty (w przypadku zastosowania dynamometru tensometrycznego układ ten może obsługiwać szereg stabilizatorów). Odpowiednio skonstruowany stabilizator umożliwi powstawanie zmiennych co do wartości i kierunku sił międzyodłamowych, powstających w wyniku obciążania kończyny, spełniając postulat regulowanego zmniejszania sztywności w kierunku osiowym (dynamizacja). W ten sposób skonstruowany stabilizator dynamiczny, realizujący zasadę stabilizacji dynamiczno-osiowej De Bastianiego [1], należy do połączeń półsztywnych (semi rigid fixation). Proces stabilizacji dynamiczno-osiowej jest procesem mechaniczno-biologicznym i został określony terminem „dynamizacji obszaru złamania”. W stabilizatorach dynamiczno-osiowych, do których należy „Dynastab Mechatronika 2000 – trzon”, dynamizacja związana jest z wczesnym podjęciem obciążania kończyny, czyli jej funkcji, co pozytywnie wpływa na wszystkie narządy ruchu kończyny dolnej. W stabilizatorze „Dynastab Mechatronika 2000 – trzon” układ dynamizacji mechanicznej wykorzystuje wzajemny ruch dwóch koncentrycznych elementów rurowych w ramie stabilizatora.

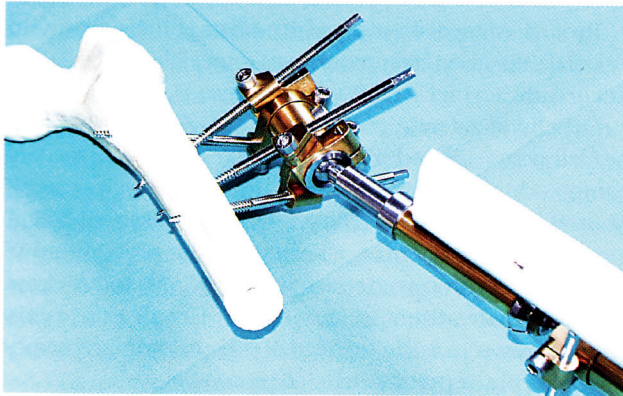
Na rys. 3 pokazano układ pomiarowo-akwizycyjny stabilizatora „Dynastab Mechatronika 2000”, zaś na rys. 4 i 5 – zdjęcia egzemplarzy z serii prototypowej.

Należy zwrócić uwagę na przestrzenną konfigurację wkrętów kostnych (zwiększającą sztywność układu) oraz niezwykle proste instrumentarium. Rys. 4 ilustruje właściwości repozycyjne stabilizatora (realizowane poprzez przegub).

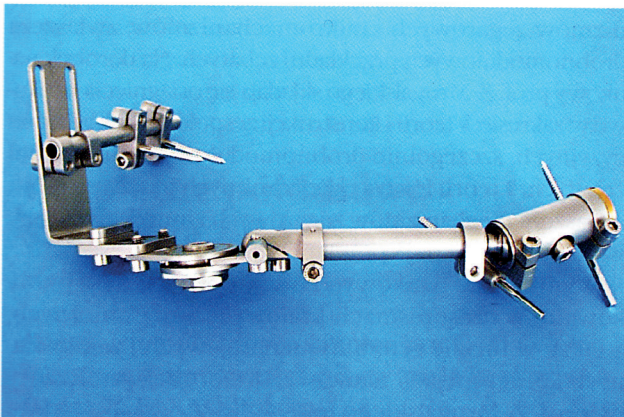
Na rys. 5 przedstawiono stabilizator przeznaczony do leczenia złamań okołostawowych stawu łokciowego. Stabilizator charakteryzuje możliwość łatwej repozycji złamania oraz wyposażenie w przegub odzwierciedlający ruch stawu łokciowego. Konstrukcja umożliwia regula-



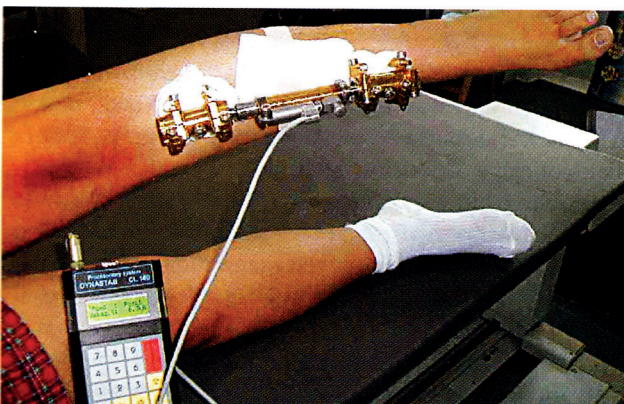
Rys. 3. Układ pomiarowo-akwizycyjny stabilizatora „Dynastab Mechatronika 2000”



Rys. 4. Stabilizator „Dynastab Mechatronika 2000” – właściwości repozycyjne



Rys. 5. Stabilizator „Dynastab Mechatronika 2000” przeznaczony do leczenia złamań okołostawowych (staw łokciowy)



Rys. 6. Pacjentka w trakcie badań stabilizatora „Dynastab Mechatronika 2000 – trzon”

cję zakresu kątownego ruchu w zależności od postępów procesu leczenia. Analogiczna jest konstrukcja do leczenia stawu skokowego [5]. Do konstrukcji elementu odzwierciedlającego ruch stawu kolanowego zastosowano metodę opisaną w [5]. Pewną wadą rozwiązania jest ograniczony do 50 Nm moment przenoszony przez stabilizator. Konstrukcje do leczenia złamań okołostawowych bazują dość silnie na konstrukcji stabilizatora do leczenia trzonów kości długich. Przedstawione w artykule stabilizatory zostały wdrożone klinicznie. Na zakończenie warto wspomnieć o materiałach użytych do budowy stabilizatorów. Wkręty kostne zostały wykonane z tytanu pokrytego warstwą azotku tytanu. Większość elementów zewnętrznych wykonano z tytanu. W żadnym przypadku (ponad 20 instalacji) nie obserwowano odczynów zapalnych, co dowodzi dobrej biogodności materiału.

Podsumowanie

Wyniki otrzymane w badaniach symulacyjnych posłużyły do zaprojektowania i wykonania serii nowych stabilizatorów „Dynastab Mechatronika 2000”. Nowy stabilizator, czerpiący w sferze koncepcji niewątpliwie bardzo dużo z doświadczeń polskiej szkoły osteosyntezy zewnętrznej, w tym przede wszystkim z doświadczeń rodziny stabilizatorów „Dynastab DK” (J. Deszczyński i J. Karpiński), został zainstalowany klinicznie (rys. 6). Stabilizatory „Dynastab Mechatronika 2000” są produkowane w Polsce.

Bibliografia

1. Bastini G., Aldegheri R.: Dynamic Axial Fixation. A Rational Alternative for the External Fixation of Fractures. International Orthopaedics, Springer-Verlag, 1986.
2. Będziński R.: Biomechanika inżynierska. Oficyna Wyd. Politechniki Wrocławskiej, Wrocław, 1997.
3. Deszczyński J., Karpiński J.: Stabilizatory DYNASTAB-DK – możliwości i oczekiwania. Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska, 1994.
4. Jasińska-Choromańska D., Deszczyński J., Karpiński J., Granowski R.: Koncepcja układu pomiarowego w mechatronicznych ortopedycznych stabilizatorach zewnętrznych dla potrzeb monitoringu i predykcji procesu wzrostu kostnego. Mat. Konferencji MWK'99 (Metrologia Wspomagana Komputerowo), Rynia k. Warszawy, 1999. t. 3, s. 311-316,
5. Jasińska-Choromańska D.: Modelowanie i symulacja w projektowaniu jednostronnych zewnętrznych stabilizatorów zewnętrznych. Praca habilitacyjna, Prace naukowe Politechniki Warszawskiej, seria Mechanika, z. 186, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa, 2001.
6. Ramotowski W., Granowski R.: Nowy rodzaj osteosyntezy. Wyniki leczenia. Chirurgia Narządów Ruchu i Ortopedia Polska, 1984.

Streszczenia artykułów naukowych

Jednostronne ortopedyczne stabilizatory zewnętrzne,
Danuta Jasińska-Choromańska, Andrzej Potyński – s. 25
Artykuł przedstawia najnowsze rozwiązania konstrukcyjne jednostronnych stabilizatorów zewnętrznych, opracowanych w Instytucie Mikromechaniki i Fotoniki Wydziału Mechatroniki Politechniki Warszawskiej przy współpracy z drem hab. n. med. J. Deszczyńskim, ordynatorem Oddziału Chirurgii Ortopedyczno-Urazowej Szpitala Bródnowskiego w Warszawie.

The new construction of orthopedic external fixators,
Danuta Jasińska-Choromańska, Andrzej Potyński — p. 25
The paper presents the new construction of orthopedic external fixators for fixing bone. They were designed in Institute of Micromechanics and Photonics Faculty of Mechatronics, Warsaw University of Technology, in cooperation of J. Deszczyński, the ward head of Orthopedic Surgical Department, Bródnowski Hospital in Warsaw.
