MODELOWANIE INŻYNIERSKIE ISSN 1896-771X
38, s. 45-50, Gliwice 2009

BADANIA EKSPERYMENTALNE SPOSOBÓW MOCOWANIA ŚRUB STABILIZACJI KRĘGOSŁUPA

MAREK GZIK, WOJCIECH WOLAŃSKI, DAGMARA TEJSZERSKA

Katedra Mechaniki Stosowanej, Politechnika Śląska
e-mail: marek.gzik@polsl.pl, wojciech.wolanski@polsl.pl, dagmara.tejszerska@polsl.pl

Streszczenie. W pracy przeprowadzono badania eksperymentalne wpływu sposobów mocowania śrub implantów kręgosłupa na stabilność ich osadzenia. Badania zostały zrealizowane na preparatach zwierzęcych oraz anatomicznych preparatach kręgosłupa człowieka z wykorzystaniem maszyny wytrzymałościowej MTS Insight. Śruby zamocowane zostały w różnych miejscach trzonu kręgowego, podobnie jak ma to miejsce w przypadkach przedniej, tylnej i bocznej stabilizacji w celu porównania jakości metody według kryteriów wytrzymałościowych.

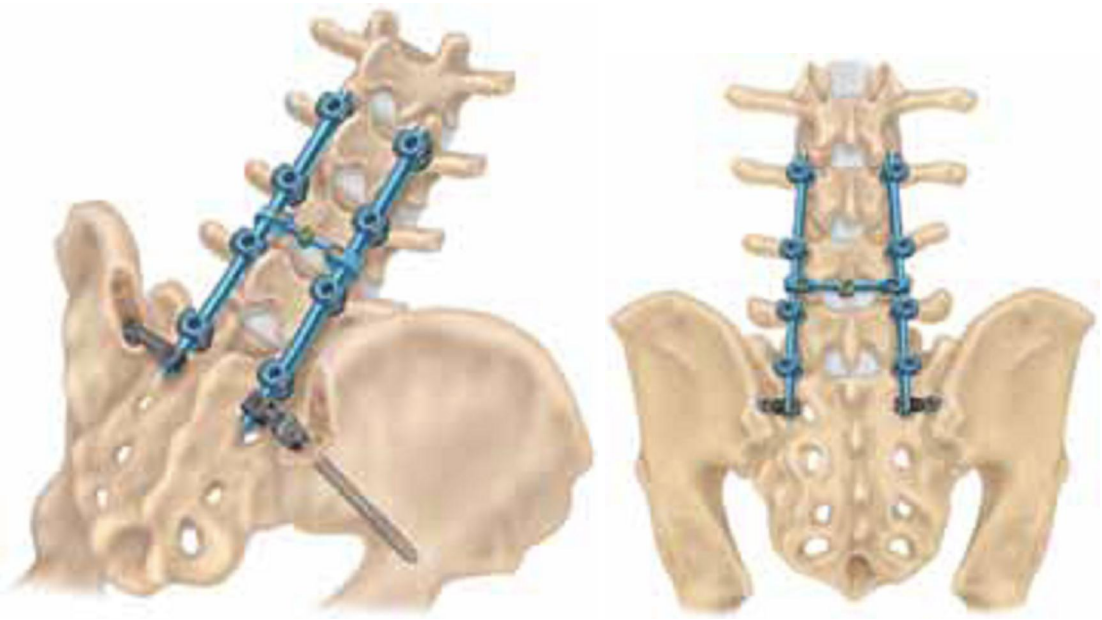
1. WSTĘP

Schorzenia oraz urazy kręgosłupa człowieka w wielu przypadkach związane są z postępem cywilizacyjnym. Opracowania statystyczne wskazują na wzrost liczby osób poddawanych zabiegom neurochirurgicznym i ortopedycznym w obszarze kręgosłupa, przede wszystkim odcinka lędźwiowego oraz szyjnego [2]. Najczęstszym sposobem leczenia jest stabilizacja segmentów uszkodzonych, ograniczająca ruchomość przedkrzyżowej części kręgosłupa. W odcinku szyjnym stabilizacji najczęściej dokonuje się z podejścia przedniego przy wykorzystaniu czopów i płytek stabilizujących utwierdzonych za pomocą śrub przytwierdzonych do trzonu kręgu (rys.1).

a) b) c)

Rys 1. Stabilizacja odcinka szyjnego kręgosłupa człowieka: a) płytki As-C-P firmy LfC, b) zdjęcia RTG po stabilizacji odcinka szyjnego widok z boku, c) widok z przodu [7]

W przypadku odcinka lędźwiowego stabilizacji częściej dokonuje się z podejścia tylnego za pomocą śrub transpedikularnych (wprowadzanych przez szypułę łuku kręgowego) oraz prętów kształtowanych odpowiednio do krzywizny unieruchamianego odcinka (rys.2).



Rys 2. Stabilizacja odcinka lędźwiowego kręgosłupa człowieka [3]

Powodzenie leczenia przy zastosowaniu stabilizacji zależy od stanu fizycznego kości. Wraz z wiekiem mechaniczne właściwości kości ulegają pogorszeniu. Człowiek w cyklu rozwoju najlepsze parametry wytrzymałościowe kości uzyskuje w przedziale wieku od 20 do 40 lat. W przypadku osób młodszych, do 40. roku życia, większość przypadków wymagających leczenia operacyjnego kręgosłupa jest związanych z odniesionymi urazami w wypadkach, najczęściej drogowych. Osoby starsze poddawane są stabilizacji kręgosłupa w większości wymaganej na skutek zmian chorobowych. Wiele osób poddawanych zabiegowi unieruchomienia segmentów ruchowych to osoby z zaawansowaną osteoporozą lub chorobą nowotworową w obszarze kręgosłupa. W tych przypadkach istotne są możliwości alternatywne wprowadzenia śrub implantów, tak aby uzyskać mechanicznie poprawną, o wystarczającej wytrzymałości, stabilizację kręgosłupa, szczególnie w aspekcie funkcjonalności [1, 6]. Budowa kości kręgu dzieli się na część korową i gąbczastą. Z punktu widzenia mechanicznego najlepszą stabilizacje dla wprowadzanych śrub daje dwustronne umieszczenie ich w „korówce”, w sposób, jaki przedstawione na rys. 3.

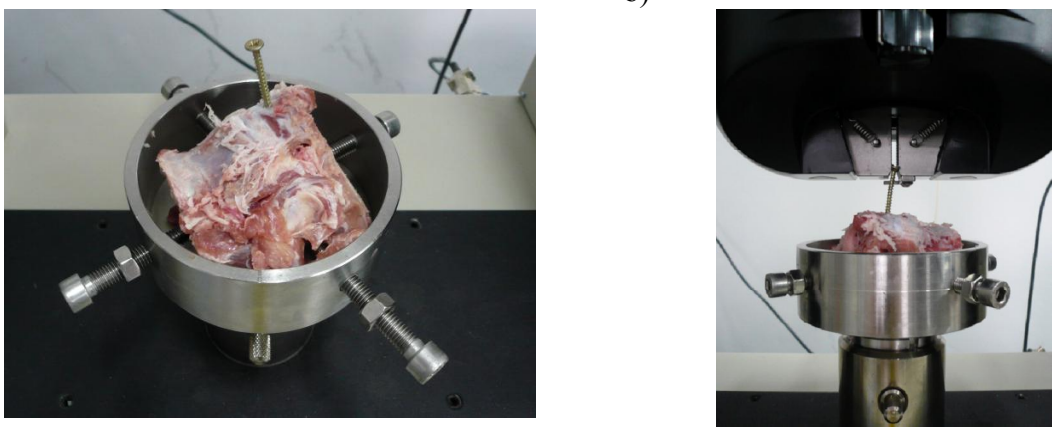
Rys 3. Najlepsze mocowanie śruby w trzonie kręgu

W pracy podjęto się próby oceny osadzenia w różnych miejscach kręgu śrub stabilizacji na podstawie porównania sił „wyrywających”. Badania przeprowadzono jako quasi–statyczne na preparatach kręgosłupów świńskich oraz anatomicznych ludzkich.

2. BADANIE MOCOWANIA ŚRUB NA PREPARATACH ZWIERZĘCYCH

Badania wytrzymałości mocowania śrub polegały na „wyrywaniu” śrub stabilizujących z preparatu za pomocą specjalnych szczęk pneumatycznych (rys. 4b). W celu porównania wartości uzyskanych sił w zależności od rozmieszczenia śruby o długości 40 mm i średnicy 3mm wkręcano w różnych miejscach kręgu na głębokość 10 mm. W pierwszym etapie przygotowywano segment czynnościowy (dwa sąsiadujące kręgi wraz z nienaruszonym dyskiem międzykręgowym), który osadzono w uchwycie mocującym, po czym umieszczono w nim śrubę. Całość zamocowywano w maszynie wytrzymałościowej (rys. 4a). Preparaty przed badaniem przechowywane były w temperaturze –20ºC.

a) b)



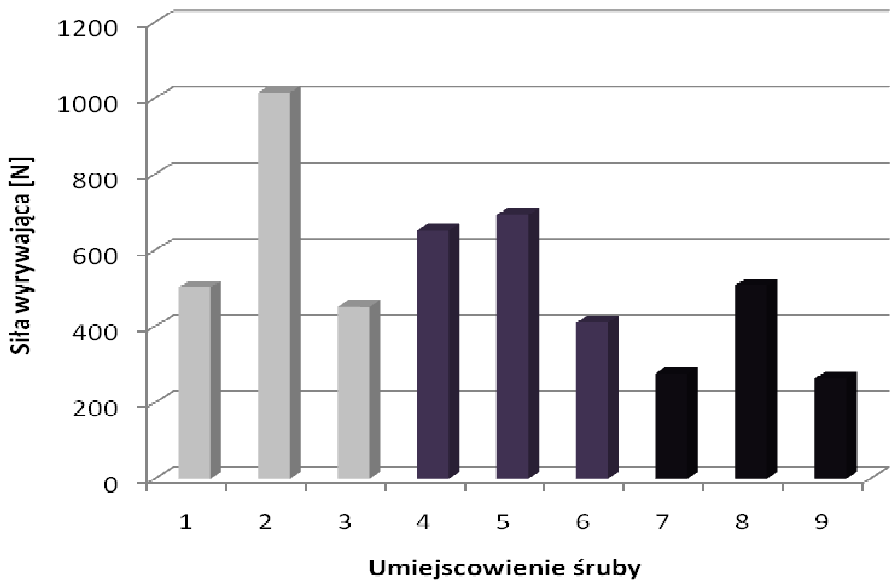
Rys.4. a) Segment kręgosłupa lędźwiowego świńskiego wraz z śrubą stabilizującą w uchwycie mocującym, b) preparat osadzony w maszynie wytrzymałościowej

Tabela 1. Zestawienie wartości sił uzyskanych podczas wyrwania śrub z kręgów

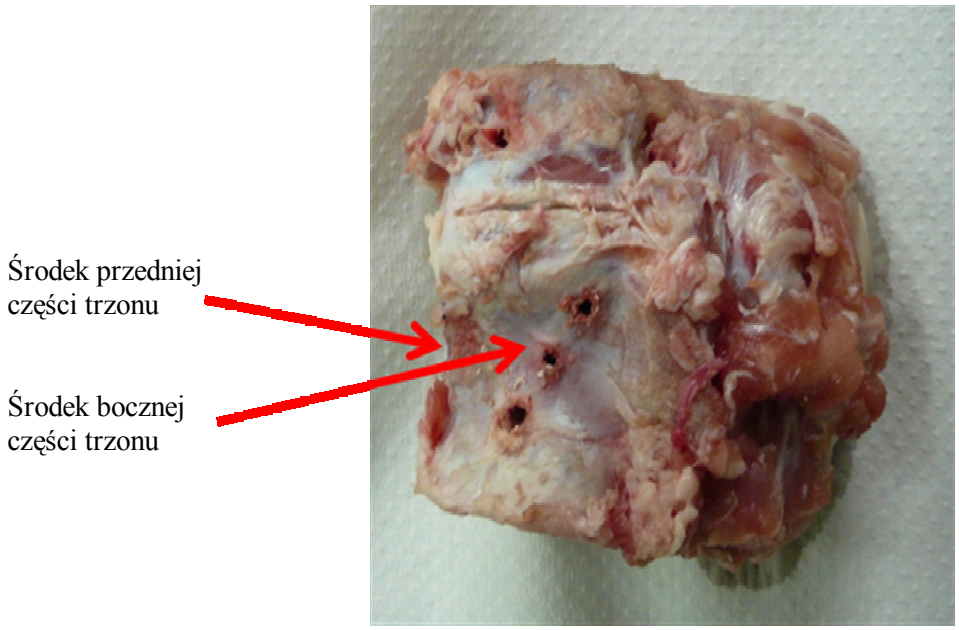
Miejsce		**Siła wyrywająca [N]**					
		Kręg 1	**Kręg 2**	**Kręg 3**	**Kręg 4**	**Kręg 5**	**Średnia**
Przód trzonu	**1. Góra**	521	632	440	417	-	502,5
	2. Środek	1039	1228	1334	460	-	1015,5
	3. Dół	352	462	391,5	360	692,5	451,5
Bok trzonu	**4. Góra**	653	570,5	597,8	545,5	898	653
	5. Środek	773	757	516,5	548,5	870,5	693
	6. Dół	453	395	258	466	481	410
Wyrostki stawowe	**7. Góra**	241	288	222	354,5	-	276
	8. Środek	475	849	358	352	-	508
	9. Dół	257,5	574,5	57,5	163	-	263

Uzyskane wyniki z badań doświadczalnych zestawiono w tabeli 1. W celu uwidocznienia różnic na rys. 5 pokazano wartości średnie sił wyrywających śruby z kręgów w zależności od

umiejscowienia. Natomiast na rys. 6 zostały zaznaczone miejsca kręgu o największej wytrzymałości na „wyrywanie” śrub.



Rys.5. Wykres średnich wartości sił uzyskanych podczas wyrywania śrub z kręgów



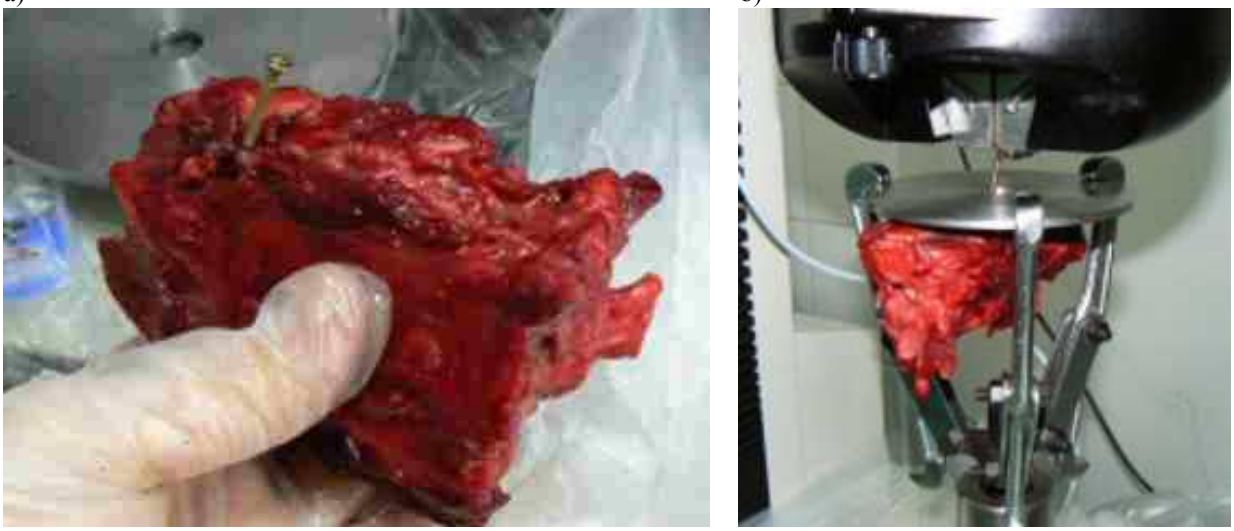
Rys.6. Miejsca kręgu o największej wytrzymałości na „wyrywanie” śrub

3. BADANIA MOCOWANIA ŚRUB NA PREPARATACH LUDZKICH

Badania wytrzymałości mocowania śrub polegały na „wyrywaniu” śrub stabilizujących z kręgów odcinka szyjnego kręgosłupa ludzkiego. Śruby o długości 40 mm i średnicy 3 mm wkręcano w kolejne kręgi na głębokość 10 mm, a następnie umieszczono je w odpowiednio przygotowanych do tego szczękach (rys.7b). Próbie poddawano cały odcinek (w przeciwieństwie do badań kręgosłupa świńskiego, gdzie badania prowadzono na segmencie czynnościowym). Podczas pierwszej próby śruby wkręcano w przednią

powierzchnię trzonów kręgów w płaszczyźnie środkowej strzałkowej, prostopadle do powierzchni kręgu. W drugiej próbie śruby umieszczano w prawym boku preparatu. Siły, jakie uzyskano w badaniach, zestawiono w tabeli 2.

a) b)



Rys. 7. a) Fragment kręgosłupa szyjnego wraz z śrubą stabilizującą, b) preparat po zamocowaniu w maszynie wytrzymałościowej

Tabela 2. Zestawienie sił uzyskanych podczas prób

Miejsce		**Siła wyrywająca [N]**				
		Kręg C3	**Kręg C4**	**Kręg C5**	**Kręg C6**	**Średnia**
Przód trzonu	**1. Środek**	-	141	157	175	157,6
Bok trzonu	**2. Środek**	62	112	111	147	108
Średnia		62	126,5	134	161	-

5. WNIOSKI

Przedstawione w publikacji badania mają charakter eksperymentalny. Inspiracją do podjęcia badań była współpraca z neurochirurgami, którzy w swej praktyce klinicznej często spotykają się z problemem wykonania stabilizacji i wprowadzenia śrub pod różnymi kątami i w różne części trzonu kręgowego.

Przeprowadzone badania doświadczalne pozwoliły określić miejsca mocowania śrub stabilizacji w trzonie kręgu o najlepszej wytrzymałości na wyrywanie. Jak wykazano w badaniach, najlepsze warunki osadzenia uzyskuje się w środku przedniej części trzonu kręgu, ponieważ otrzymywano w nich największe wartości sił potrzebnych do wyrwania śruby, zarówno w przypadku preparatów zwierzęcych, jak i ludzkich.

Jednakże do dokładniejszej analizy należałoby przeprowadzić badania na większej liczbie preparatów, by wyniki tego typu doświadczeń mogły posłużyć do udoskonalenia metod leczenia kręgosłupa opartych na śrubach stabilizujących.

LITERATURA

1. Gzik M.: Biomechanika kręgosłupa człowieka. Gliwice: Wyd. Pol. Śl., 2007.
2. Kiwerski J., Kowalski M., Krasuski M., Szymanik W.: Schorzenia i urazy kręgosłupa. Warszawa : PZWL, 2001.
3. Laufer S.,Bowe J., Schwartz D., Ondra S.: Materiały szkoleniowe firmy Medtronic, 2006.
4. Lehman R. A., Dmitriev A. E., Helgeson M. D.: Salvage of C2 pedicle and pars screws using the intralaminar techniqu. SPINE 2008, Vol. 33, No. 9, p. 960–965.
5. Linhardt O., Lüring C., Matussek J., Hamberger C.: Stability of anterior vertebral body screws after kyphoplasty augmentatio. "International Orthopaedic" 2006, Vol. 30, p. 366–370,
6. Twomey L., Taylor J., Furnss.: Age changes in the bone density and structure of the lumbar vertebral column. "Journal of Anatomy" 1983, Vol.136, p. 15 - 25.
7. www.lfc.com.pl/pl/produkty/kregoslup_szyjny/a_s_c_p/

EXPERIMENTAL RESEARCHES OF FIXATION METHODS OF STABILIZING SPINE SCREWS

Summary. Experimental research of implant screws fixation cases in human spine are presented in this paper. The researches were carried out with use of strength machine MTS Insight. Screws were fixed in different vertebral body places according to anterior, posterior and lateral stabilization. It was done in order to determine correlations between way of screw fixation and quality of stabilization according to strength criterions.