



Lechosław Ciupik¹, Jerzy Hakalo², Daniel Zarzycki³

¹ Instytut BioMedycznej Inżynierii – LfC (IBME-LfC), Zielona Góra

² MEDUNSA, Medical University of Southern Africa, Polokwane Campus, South Africa

³ Katedra i Klinika Ortopedii i Rehabilitacji, Collegium Medicum Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków-Zakopane

Jednoczesne odbarczenie przestrzeni międzytrzonowej poprzez rotację czopa prostokątnego ze stabilizacją w zmodyfikowanej metodzie R-PLIF

*Simultaneous decompression of the intervertebral space
by rectangular cage rotation with the stabilization in modified
R-PLIF method*

Słowa kluczowe: odbarczenie, stabilizacja międzytrzonowa, PLIF, rotacyjny czop międzytrzonowy, dystrakcja rotacyjna

Key words: decompression, interbody stabilization, posterior lumbar interbody fusion, PLIF, rotational interbody cage, rotational distraction

STRESZCZENIE

Wstęp. Metoda tylnego lędźwiowego zespolenia międzytrzonowego (PLIF) jest efektywnym sposobem stabilizacji i uzyskania międzytrzonowego zrostu kostnego. Pierwotnie w metodzie tej stosowano przeszczepy kostne, które są skutecznie zastępowane przez tytanowe lub inne niemetalowe czopy międzytrzonowe. Czopy te efektywniej przenoszą obciążenie, umożliwiają zrost kostny, zapewniają dobrą, wczesną stabilizację.

Materiał i metody. W celu wyeliminowania niedogodności dotychczas stosowanych czopów zaprojektowano nowe czopy rotacyjne R-PLIF (prostopadłościennne i beczkowate). Do procedury wszczepiania wprowadzono obrót czopa usytuowanego międzytrzonowo powodując dystrakcję przestrzeni międzykręgowej z jednoczesnym zakotwiczeniem czopa, co w efekcie daje odbarczenie elementów nerwowych oraz stabilizację operowanego segmentu. Oparcie dostosowanego anatomicznie czopa rotacyjnego na nieuszkodzonej chirurgicznie płytce granicznej trzonu zwiększa zdolność nośną stabilizacji i zapobiega osiadaniu. Odpowiednio dobrane wymiary i profil powierzchni nowych czopów ułatwia i skraca czas wykonania stabilizacji międzytrzonowej przy zachowaniu bezpieczeństwa elementów nerwowych. Zmniejszono konstrukcyjnie możliwość retropulsji czopów poprzez zastosowanie specjalnych zaczepów w postaci tak zwanych „zębów rekina”. Czopy prostopadłościennne R-PLIF zapewniają uzyskanie „równoległej” dystrakcji przestrzeni

międzykręgowej, natomiast czopy „beczkowate” są lepiej dopasowane do anatomii przestrzeni międzykręgowej i dają dodatkowo możliwość „odtworzenia” lordozy kręgosłupa.

Wnioski. Nowa technika dwufunkcyjna jednoczesnego odbarczenia, dystrakcji przez rotację i stabilizacji z wykorzystaniem czopów rotacyjnych pozwala na łatwiejsze, bezpieczniejsze i mniej obciążające pacjenta oraz bardziej efektywne wykonanie lędźwiowego zespolenia międzytrzonowego z dostępu tylnego. Czopy rotacyjne prostopadłościennne i beczkowate wykorzystywane w wersji tytanowej lub polimerowo-węglowej typu PEEK, stanowią postęp w metodzie R-PLIF, są bezpieczniejsze w instalowaniu, mniej inwazyjne, bardziej przyjazne chirurgowi, skracają czas zabiegu operacyjnego, umożliwiają dogodny zrost kostny.

ABSTRACT

Background. Posterior Lumbar Interbody Fusion (PLIF) is an effective method for decompression and interbody fusion. Primarily in PLIF bone grafts were used, but lately were introduced allograft cages. Those cages allow more effective load bearing and give good early stabilization with bone joining.

Material and methods. New lumbar rectangular rotational cages was presented in order to eliminate inconvenients of present used cylindrical cages. The rotation of the rectangular cage causes distraction of the interbody space with decompression of neural elements and stabilization of an operated segment simultaneously. An anatomically matched cage is resting on intact and resistant endplates which is making the large load bearing surface. Properly well-chosen dimensions and smooth shapes of new cages facilitate to making procedure and shorten the time of operation with the security of neural elements. Possibility of the retropulsion to spinal canal is diminished by applied special attachments so called “shark teeth”. The new rectangular cages R-PLIF give a “parallel” distraction of an interbody space, whereas barrellshape cages give a possibility to recreate the lumbar lordosis.

Results. New rotational cages allow the more effective performing of decompression and stabilization in R-PLIF procedure. Rotational cages are more safe for patients and friendly for surgeon, easy in implantation, shorten time of operation and decrease the treatment costs.

WPROWADZENIE

Bóle krzyża są często spotykanym schorzeniem wieku dorosłego i są najczęstszą przyczyną niezdolności do pracy w wieku produkcyjnym [1,2]. Około 4% populacji wymaga leczenia operacyjnego [4], a ustabilizowanie kręgosłupa jest najczęściej wykonywaną procedurą operacyjną w odcinku lędźwiowym [3,4,5].

Tylne lędźwiowe usztywnienie międzytrzonowe (Posterior Lumbar Interbody Fusion - PLIF) zyskuje coraz większe uznanie dzięki łatwości implantacji i zmniejszonej inwazyjności, przy lepszej efektywności leczenia. Stosowane jest wszędzie tam, gdzie wymagane jest od-

barczenie elementów nerwowych kanału kręgowego i kanałów korzeniowych, w dyskopatiach, itp. dysfunkcjach. Następuje to dzięki odtworzeniu fizjologicznej wysokości międzykręgowej i lordozy lędźwiowej. Z założenia stabilizacja metodą PLIF umożliwia także uzyskanie wzrostu kostnego międzytrzonowego.

Przy odtwarzaniu i utrzymaniu wysokości przestrzeni międzykręgowej, co jest jednym z głównych zadań spondylodezy międzytrzonowej, zwiększa się także pojemność kanału kręgowego i kanałów korzeniowych [6]. Dystrakcja przestrzeni zwiększa również stabilność segmentu poprzez napięcie więzadeł

kręgosłupa i pierścienia włóknistego tarczy międzykręgowej [7].

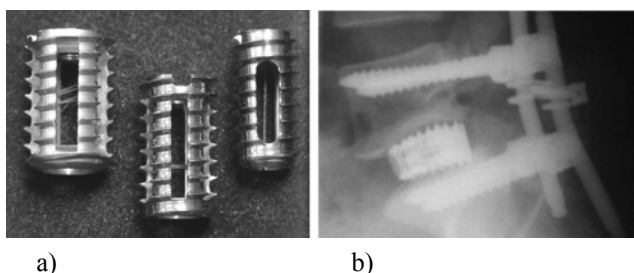
Tylne lędźwiowe usztywnienie międzytrzonowe zostało wprowadzone po raz pierwszy przez Clowarda w latach 50-tych ubiegłego wieku [8]. Zaproponował on całkowite usunięcie tarczy międzykręgowej z usztywnieniem międzytrzonowym przy pomocy przeszczepów kostnych dwukorowych pobranych z talerza kości biodrowej.

Bagby [9], Ray [10], Brantigan [11] zmodyfikowali tylne lędźwiowe usztywnienie międzytrzonowe wprowadzając czopy metalowe. W 1988 roku Steffee i Sitkowski [12] wprowadzili dodatkową stabilizację transpedikularną. W Polsce cylindryczne, gwintowane czopy DERO zostały opracowane przez Ciupika, Zarzyckiego i Bołoczko i wprowadzone do praktyki klinicznej w 1995/96 roku [13,15], ryc.1.

Niezwykle doniosłą rolę pełnią również czopy w leczeniu kręgozmyków, a zwłaszcza dużych ześlizgów. Cloward, a później Ciupik i Zarzycki [8,14,15,16] wykazali, że w procedurze leczenia ześlizgu, po dystrakcji/odbarczeniu i repozycji ześlizgu konieczne jest biomechaniczne zablokowanie strefy ześlizgu.

Wykazano, że oprócz zastosowania tylnego układu transpedikularnego, repozycyjno-stabilizującego ważne jest zablokowanie przestrzeni ześlizgu czopami [15] (ryc.1). Szczególnie istotne jest zabezpieczenie strefy ześlizgu przed tak zwanym „wtórnym ześlizgiem” [14], który w większości przypadków jest następstwem obluźniania śrub transpedikularnych zamocowanych w kręgach, mikroruchów i obciążeń wynikających z czynności życiowych pacjenta w okresie pooperacyjnym. W konsekwencji mikroruchy i „naturalna” dążność układu do ponownego (wtórnego) ześlizgu utrudnia powstanie pożądanego dla procesu leczenia zrostu kostnego.

Panuje ogólne przekonanie, że zastosowanie czopów międzytrzonowych ma zapewniać dobrą wczesną stabilizację [17]. Redukcja w płaszczyźnie międzytrzonowej w tym w płaszczyźnie ześlizgu mikroruchów związanych z przemieszczaniem ścinającym przyspiesza uzyskanie zrostu kostnego. Czopy międzytrzonowe poprawiają biomechaniczną zdolność przenoszenia osiowego obciążenia i umożliwiają korygowanie istniejącej deformacji kręgosłupa [18,19,20].



Ryc.1. Cylindryczny gwintowany czop międzytrzonowy DERO (wersja 1995): a) widok ogólny czopów cylindrycznych z okienkami do przerostów kostnych; b) RTG stabilizacji międzytrzonowej i transpedikularnej L5-S1

Fig.1. Cylindrical threaded fusion cages DERO (1995): a) general view of DERO cages with open windows for bone overgrowth; b) X-ray picture of L5-S1 interbody fusion and transpedicular fixation.

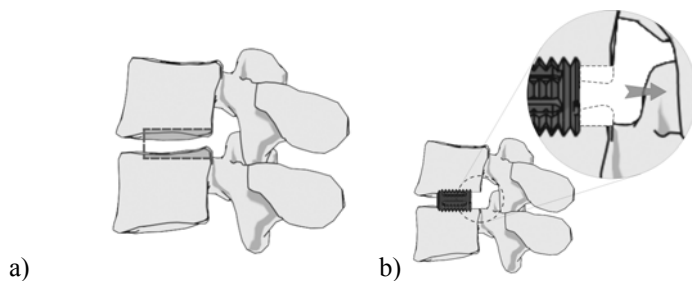
Mimo wielu publikacji dotyczących stabilizacji międzytrzonowej, ciągle brakuje jednoznacznej odpowiedzi, jaki wpływ ma konstrukcja i sposób chirurgicznego wszczepiania czopa na stabilizację oraz wzrost kostny, oraz w jaki sposób wyeliminować śródoperacyjne niedogodności, ograniczyć ewentualne powikłania, a tym samym, w jaki sposób obniżyć obciążenie pacjenta i poprawić efektywność leczenia.

PLIF Z CZOPAMI CYLINDRYCZNYMI

Analiza piśmiennictwa [21,22,23,24, 25,26] oraz własne wieloletnie doświadczenia autorów częściowo przedstawione w [13÷15] pozwalają na ogólne stwierdzenie, że zasadniczą zaletą stabilizacji międzytrzonowej przy stosowaniu najpowszechniej używanych w praktyce operacyjnej gwintowanych czopów cylindrycznych (ryc. 1) polegała na mocnym, bo gwintowym osadzeniu czopa w kości sąsiednich trzonów.

Natomiast istnieją następujące słabości stabilizacji czopami cylindrycznymi:

1. brak anatomicznego dostosowania kształtu czopa do dwuwklęsłego kształtu przestrzeni międzytrzonowej [27,28],
2. wymagają dodatkowo dystrykcji poprzedzającej sytuowanie czopa z koniecznością użycia dodatkowego instrumentarium dystrykcyjnego,
3. nie dają odtworzenia fizjologicznego, lordotycznego rozwarcia przestrzeni międzytrzonowej zwłaszcza w zakresie L4-L5, L5-S1 [29,30],
4. nie zapobiegają pooperacyjnemu osiadaniu wynikającemu z obniżenia zdolności do przenoszenia obciążenia przez płytki graniczne trzonów z powodu małego kontaktu czopa z płytkami granicznymi spowodowane frezowaniem gniazda pod czop [17,29,30,31],
5. możliwość retropulsji czopa do kanału kręgowego głównie z powodu chirurgicznego zniszczenia tylnego brzegu trzonu i blaszek granicznych w wyniku frezowania gniazda pod czop; ryc.2,



Ryc.2. Przygotowanie gniazda pod czop cylindryczny: zniszczone frezowaniem tylne krawędzie trzonów oraz płytki graniczne (*oznaczone przerywaną kreską*) powodują łatwe wnikanie czopa w trzony: osiadanie, a nawet i retropulsję czopa do kanału (*kierunek zaznaczony strzałką*)

Fig.2. Removed rear margins of bodies as well as cuted endplate by milling (marked by the dashed line) promote penetration of a cage into vertebral bodies (subsidence) and its retropulsion from interbody space

6. osłabienie rozległą facetektomią/foraminotomią/pedikulotomią stabilności tylnej kolumny kręgosłupa (patrz także ryc. 11a), wymuszając stosowanie dodatkowej stabilizacji, np. transpedikularnej [15-39], (ryc. 2).

PLIF Z CZOPAMI PROSTOPADŁOŚCIENNYMI

W latach 90-tych do praktyki chirurgicznej wprowadzono czopy prostopadłościennie (metalowe, węglowe) kształtem lepiej dostosowane do geometrii przestrzeni międzykręgowej [17,31,32].

Zalety czopów prostopadłościennych w stosunku do walcowych są następujące:

- a) lepsze anatomiczne dopasowanie kształtu czopa do wymogów stabilizacji [11,38],
- b) ograniczenie działań chirurgicznych destabilizujących tylną kolumnę kręgosłupa w wyniku wykorzystania zmniejszonego dostępu [39],
- c) chirurgicznie bezpieczniejsze i krótsze implantowanie [11,38,39].

Wadami dotychczas stosowanych czopów prostopadłościennych są:

- a) możliwość retropulsji do kanału kręgowego; ryc.B,
- b) zmniejszenie stabilności operowanego segmentu spowodowane zmniejszeniem napięcia pierścienia włknistego i więzadeł kręgosłupa,
- c) możliwość uszkodzenia tylnych kręwdzi sąsiednich trzonów,
- d) konieczność dokonywania dodatkowej dystrykcji przed osadzeniem,
- e) brak możliwości odtworzenia lordozy lędźwiowej lub konieczność dokonywania nadmiarowej dystrykcji wynikającej z „lordotycznego” czopa.



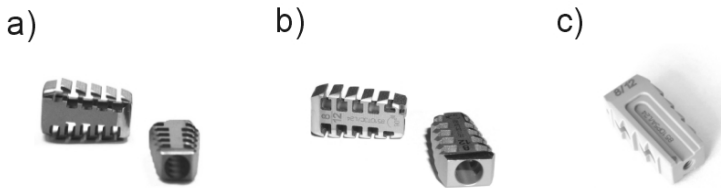
Ryc.3. Retropulsja czopa o przekroju prostokątnym osadzonego w przestrzeń międzytrzonową po uprzednim przygotowaniu łoża frezowaniem i dłutowaniem

Fig.3. Clinical examples of rectangular cage retropulsion

CZOPY ROTACYJNE (PROSTOKĄTNE) W METODZIE R-PLIF

Biorąc pod uwagę słabości dotychczas używanych czopów i stosowanych procedur typu PLIF zespół chirurgów i bioinżynierów, utworzony między innymi z autorów niniejszego opracowania, zaproponował nowe typy czopów międzytrzonowych o przekroju prostokątnym, ryc.4.

Nowością procedury operacyjnej przy implantowaniu czopów jest ich wprowadzenie w przestrzeń międzytrzonową i obrót o 90 stopni w stosunku do płaszczyzny wprowadzania. Daje to tak ważną dla odbarczenia dodatkową dystrykcję przestrzeni z jednoczesnym anatomicznym dopasowaniem czopa do kształtu powierzchni trzonów kręgowych i pewnym utwierdzeniem.



Ryc.4. Czopy „prostokątne” dające dystrakcję przez rotację według zmodyfikowanej metody R-PLIF: a) czopy prostopadłościennne, b) „prostokątne” o „lordotycznym” zarysie powierzchni nośnej („beczkowate”), c) czop „beczkowaty” z materiału PEEK

Fig.4. New design of rotational DERO cages: Lumbar Spacer-Rotational Rectangular (a) and Lumbar Spacer-Rotational Barellshape (b), Lumbar Spacer-Rotational Rectangular of PEEK material(c)

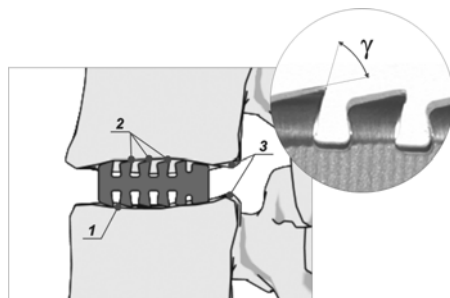
W przypadku czopa prostopadłościennego jest to prosta („równoległa”) dystrakcja (wynikająca z różnicy długości boków), a w przypadku czopów beczkowatych-klinowych uzyskuje się dodatkowo dopasowanie do kształtu nośnej powierzchni międzytrzonowej i lordotyczne jej rozwarcie, ważne dla zachowania prawidłowej krzywizny kręgosłupa. Czopy prostopadłościennne dostosowane są głównie do okolicy przejścia piersiowo-lędźwiowego i górnego odcinka lędźwiowego, gdzie płytki graniczne traktuje się jako prawie równoległe. Natomiast czopy „beczkowate” są dostosowane do dolnego odcinka lędźwiowego, gdzie przestrzenie międzytrzonowe rozwarne są lordotycznie ku przodowi.

W porównaniu z dotychczas stosowanymi czopami cylindrycznymi i innymi kształtowymi, proponowane nowe rozwiązanie konstrukcyjne czopów prostopadłościennych i beczkowatych oraz wprowadzone usprawnienie procedury ich implantowania (dystrakcja rotacyjna) charakteryzują następujące zalety [16]:

a) możliwość dobrania rodzaju czopa rotacyjnego do kształtu przestrzeni międzykręgowej i potrzeb rekon-

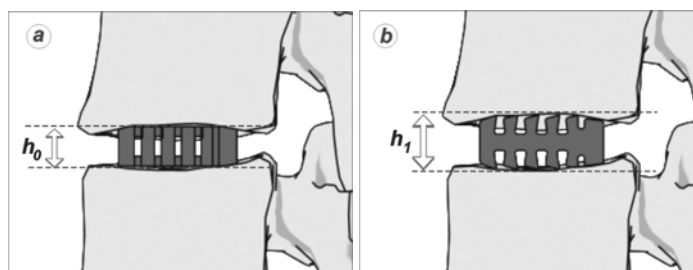
strukcyjnych krzywizny kręgosłupa; ryc.4,

- b) zdolność do lepszego przenoszenia większego obciążenia z powodu lepszego dopasowania anatomicznego,
- c) uniknięcie w procedurze przygotowawczej niszczenia frezowaniem łoża, w tym zniszczenia blaszki granicznej ważnej dla stabilizacji tylnej krawędzi trzonu,
- d) ograniczenie możliwości retropulsji czopa z powodu nienaruszenia struktury trzonów oraz zaopatrzenie konstrukcyjne powierzchni nośnej czopa rotacyjnego w zaczepy w postaci „zębów rekina”; ryc. 5,
- e) eliminacja konieczności nadmierowej dystrakcji przestrzeni, która jest potrzebna przy osadzaniu czopów zbieżnych,
- f) dystrakcja przestrzeni międzytrzonowej (o 1,5-2,5 mm) uzyskiwana obrotem czopa o 90° daje możliwość odbarczenie elementów nerwowych (ryc.5) i pewniejszą stabilizację,
- g) rozwarcie lordotyczne przestrzeni międzytrzonowej z jednoczesnym zabezpieczeniem czopa przed retropulsją,



Ryc.5. Anatomiczne dopasowanie prostokątnego czopa do „wkłęsłego” kształtu blaszek granicznych przestrzeni międzytrzonowej (1) przy zachowaniu „mocnej struktury” tylnych krawędzi trzonów (3). Zastosowanie zukosowań o kącie γ w postaci „zębów rekina” (2) dobrze utwierdza czop i ogranicza niebezpieczeństwo jego retropulsji

Fig.5. Anatomically matching of the rectangular cage to concave shape of interbody space (1) with preservation of rear margins of bodies. An application of γ angled chamferings (“shark teeth”) which limit the cage retropulsion danger



Ryc.6. Dystrakcja przestrzeni przy użyciu czopów rotacyjnych w metodzie R-PLIF.

- a – czop po „płaskim” usytuowaniu do przestrzeni międzytrzonowej (h_0),
- b – podwyższenie przestrzeni międzytrzonowej do h_1 poprzez dystrakcję rotacyjną czopa o 90 stopni

Fig. 6. The mechanism of interbody space distraction by using rotational cages in R-PLIF method: a – cage after the “flat” inserted to the interbody space (h_0), b - distraction of interbody space (increasing to h_1) after 90° clockwise turn

PROCEDURA I NARZĘDZIA DO IMPLANTACJI CZOPÓW ROTACYJNYCH

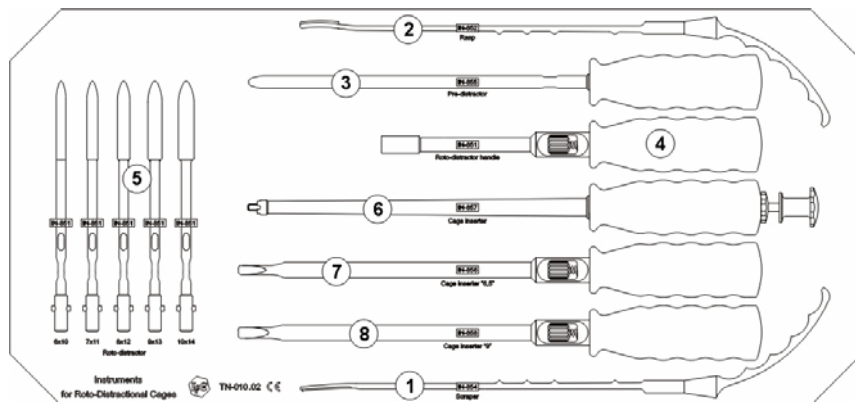
Implantację czopów rotacyjnych dokonuje się po odsłonięciu operowanego segmentu z dostępu tylnego. Wielkość otwarcia kanału kręgowego uzależniona jest od rodzaju schorzenia.

Po wykonaniu niezbędnego zakresu otwarcia w miejscu planowanego wprowadzenia czopa przeprowadza się jedno lub obustronne nacięcie pierścienia włóknistego krążka międzykręgowego wielkości odpowiadającej szerokości czopa. Usuwa się jądro miazdżyste, a następnie skrobakiem tkankę chrzęstną płytek granicznych, dokonuje się

dekortykacji płytek granicznych za pomocą specjalnego zdzieraka; ryc. 7.

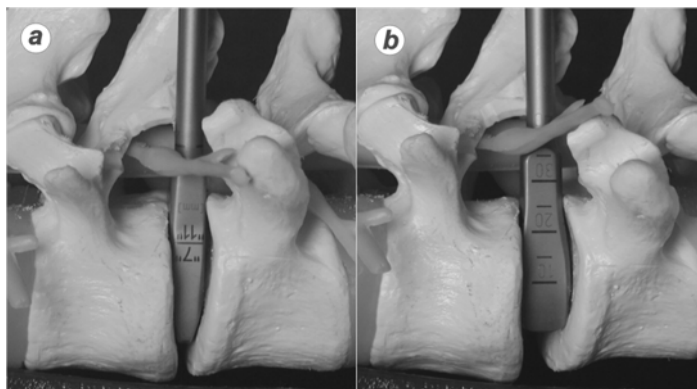
Jeśli przestrzeń międzykręgową jest zwężona należy dokonać wielostopniowej wstępnej dystrykcji przestrzeni przy

pomocy specjalnie do tego przygotowanych rozpieraczy, (ryc.8), których rozmiary są odpowiednie do rozmiarów czopów.



Ryc.7. Narzędzia chirurgiczne do przygotowania łoża i wszczepiania czopa rotacyjnego: 1-skrobak, 2-zdzierak, 3-rozpieracz wstępny, 4-uchwyt do rozpieraczy, 5-rozpieracze, 6-wprowadzacz czopów tytanowych, 7, 8 wprowadzacz czopów polimerowo-węglowych (PEEK)

Fig. 7. Tools for implantation of rotational cages: 1-scraper, 2-rasp, 3-predistractor, 4 - roto-distractor handle, 5-distractors, 6- cage inserter (cage Ti6Al4V), 7, 8-cage inserter (cage PEEK)



Ryc.8. Dystrykcja przez rotację rozpieraczem wprowadzonym międzytrzonowo „na płasko” (a) i po odbarczeniu „rotacyjnym” przez obrót o 90° w prawo rozpieraczem z naniesioną skalą do oceny głębokości wprowadzenia (b)

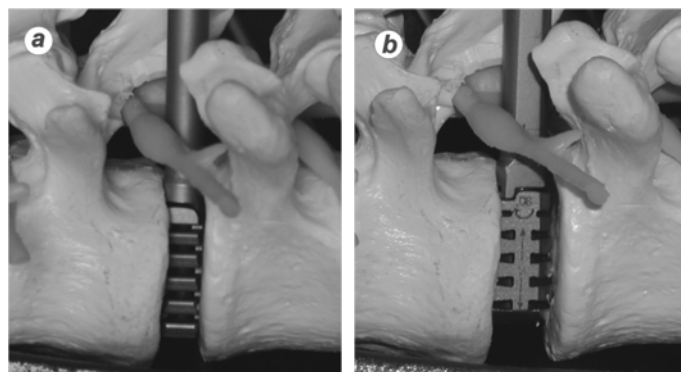
Fig. 8. Distraction through rotation by "flat" inserted distractor (a) and after decompression by clockwise 90° rotation with distraction (cage length measurement on the distractor)

Dystrakcja następuje stopniowo i rozpoczyna się po włożeniu najmniejszego wymiaru rozpieracza derotacyjnego wprowadzanego w przestrzeń międzytrzonową i jego obrót w prawo o 90° . Rozpieranie kończy się, gdy osiągnięta zostanie wysokość przestrzeni międzytrzonowej odpowiadająca naturalnej. Uwzględnić należy również to, że czop posiada odpowiednio większe rozmiary w porównaniu do odpowiadającego mu rozpieracza, ponieważ zapewnia to lepsze utwierdzenie czopa w przestrzeni międzytrzonowej. Dystrakcja obustronna powinna odbywać się naprzemiennie stosując rozpieracze o stopniowo wzrastającym rozmiarze. Rozpieracze posiadają oznaczenia odpowiadające wielkości czopa oraz skalę do oceny głębokości jego wprowadzania. Służą one także jako przymiary do dobrania odpowiedniej wielkości czopa.

Po ustaleniu wielkości czopa wypełnia się go przeszczepami kostnymi najlepiej autogennymi. Czop umieszcza się „płasko” w przestrzeni międzytrzonowej

na głębokość około 5 mm poza tylne brzegi trzonów korzystając z przymiaru na wprowadzaczach.

Przy stabilizacji symetrycznej, dwupoziomowej, czopy osadza się zbieżnie, dbając o to by ich usytuowanie było jak najbliżej zewnętrznej krawędzi trzonów. Takie sytuowanie daje możliwość wykorzystania w derotacji i po obrocie blaszki granicznej o największej wytrzymałości nośnej. Możliwe duże rozstawienie czopów podwyższa także biomechaniczną stabilność układu. Zbyt bliskie osi usytuowanie czopów lub zbyt duża zbieżność ich osi może doprowadzić do zetknięcia się końców czopów w części przedniej kręgosłupa i uniemożliwić derotację. Rotację dystrykcyjną czopów należy dokonywać po kolei lub jednocześnie, kontrolując by obrót jednego czopa nie powodował obluzowania i przesunięcia drugiego czopa; ryc.9.

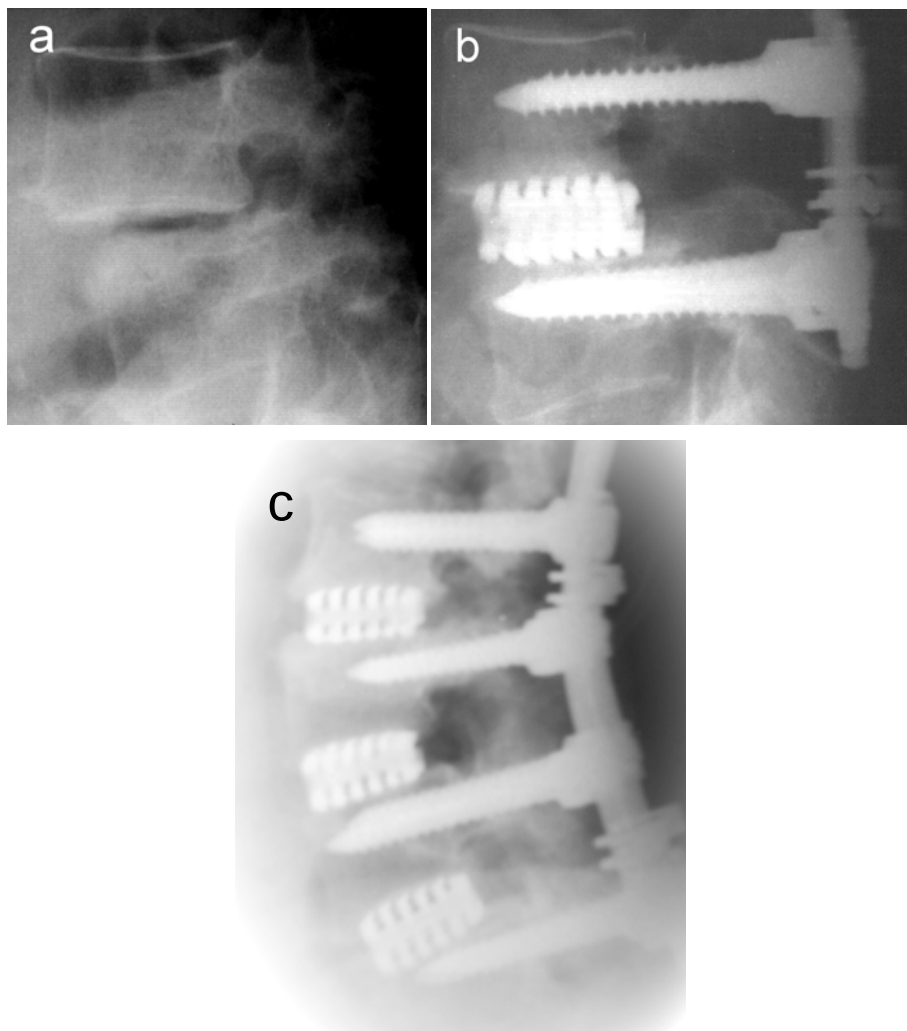


Ryc.9. Dystrakcja przestrzeni międzytrzonowej poprzez obrót czopa z jednoczesną stabilizacją: (a) „płasko” wprowadzony czop w przestrzeń międzytrzonową, (b) usytuowanie końcowe (stabilizacja) po wykonaniu dystrykcji rotacyjnej

Fig.9. Phases of making „decompression” by rotational distraction and stabilization. (a) “flat” inserting of a cage in interbody space, (b) the final arrangement (stabilization) after clockwise 90° turn of a cage; distraction through rotation (marks of the cage insertion depth are visible on the inserter)

W zależności od jakości tkanki kostnej, wielkości odbarczenia, stopnia destabilizacji kręgosłupa i zakresu ingerencji chirurga oraz innych uwarunkowań biomechanicznych, stabilizację między-

trzonową powinno się uzupełnić o dodatkową stabilizację tylną transpedikularną lub inną uwzględniającą potrzeby biomechaniczne wynikające z dysfunkcji kręgosłupa (ryc.10).



Ryc.10. Spondylolisteza L4-L5 (a) po częściowej repozycji z dystrakcją przez rotację czopów „prostokątnych”, ustabilizowana dodatkowym układem śrub transpedikularnych

Fig.10. L4-L5 spondylolisthesis (a), and after operation with interbody (rotational cage) and transpedicular stabilization (b)

DYSKUSJA

Istotą tylnego lędźwiowego zespolenia międzytrzonowego jest przywrócenie proporcji anatomicznych przestrzeni międzytrzonowej i uzyskanie zrostu kostnego międzytrzonowego z uprzednim odbarczeniem worka oponowego i korzeni rdzeniowych z usunięciem elementów je uciskających. Niezbędnym elementem w tylnym lędźwiowym zespoleniu międzytrzonowym jest dystrakcja i pewna stabilizacja operowanego segmentu. Stabilność operowanego segmentu uzyskuje się poprzez wzrost napięcia więzadeł kręgosłupa i pierścienia włóknistego tarczy międzykręgowej wynikającego z dystrakcji przestrzeni międzytrzonowej. Dystrakcja przestrzeni międzytrzonowej daje również efekt odbarczający i stabilizujący.

Od czasu wprowadzenia czopów międzytrzonowych do tylnego lędźwiowego usztywnienia międzytrzonowego (PLIF) podlegają one ciągłym zmianom i udoskonaleniu.

Dotychczas stosowana procedura wszczepiania czopów cylindrycznych wymagała rozległej ingerencji chirurgicznej np. frezowania łoża, co uszkadza płytki graniczne trzonów. Oparcie czopa o tkankę gąbczastą trzonu oraz na niewielkich fragmentach płytek granicznych nie pozwalało na przenoszenia większych obciążeń [40]. W czasie leczenia powodowało to wnikanie czopa w sąsiednie trzony i w konsekwencji zwężenie przestrzeni międzytrzonowej, prowadziło do poważnego osiadania (subsidence). Sprawia to także utratę efektu obarczającego i stabilizującego, zakłóca jednocześnie zrost kostny i sprzyja retropulsji czopa do kanału kręgowego [2]. W celu odciążenia słabszych struktur kostnych i uniknięcia powikłań, szcze-

gólnie w przypadkach związanych z osteoporozą zalecane jest zastosowanie dodatkowej stabilizacji, na przykład tylnej transpedikularnej [16, 2, 28,33,34,35].

Czopy prostopadłościennie lepiej dopasowane anatomicznie do kształtu przestrzeni międzytrzonowej stwarzają lepsze własności biomechaniczne. Wprowadzenie wyżej zaproponowanej procedury i idei zachowania płytek granicznych trzonów zwiększa nośną powierzchnię oporową zmniejszając jednocześnie jednostkowe obciążenia. Podwyższa to zdolność przenoszenia większych obciążeń i zmniejsza ryzyko osiadania czopów w sąsiednich trzonach [2, 28].

Czopy rotacyjne „prostokątne” zachowują wszystkie zalety biomechaniczne czopów prostopadłościennych. Dodatkowo dają możliwość jednoczesnej dystrakcji wysokości przestrzeni międzykręgowej i stabilizacji operowanego segmentu.

Istotnym elementem leczenia jest również odtworzenie fizjologicznego rozwarcia przestrzeni międzykręgowej i zachowanie lordozy lędźwiowej. Opóźnia to rozwój zmian degeneracyjnych. Aby to zapewnić stosuje się odpowiednie czopy „anatomiczne”, beczkowate-klinowe. Ponieważ ocena kliniczna zastosowania czopów klinowych o kącie 4° nie wykazuje istotnej różnicy w stosunku do zastosowania czopów prostopadłościennych [36], zaproponowano czopy rotacyjne, beczkowate o kącie rozwarcia około 8° zapewniające większy efekt „lordotyzujący”.

Dotychczas stosowane czopy cylindryczne i prostopadłościennie wymagały niejednokrotnie zastosowania dodatkowego instrumentarium dystrykcyjnego. Natomiast nowe czopy rotacyjne o przekroju prostokątnym w zmodyfikowanej metodzie R-PLIF zapewniają ostateczną

dystrakcję w wyniku ich obrotu i nie wymagają zastosowania dodatkowych narzędzi dystrykcyjnych.

Uszkodzenie tylnej krawędzi trzonów podczas frezowania łoża dla czopów cylindrycznych nie tylko sprzyja niekorzystnemu zjawisku osiadania, ale zwiększa prawdopodobieństwo wycofania się czopa do kanału kręgowego (retropulsji). Zastosowanie czopów prostopadłościennych przy zachowaniu tylnej ich krawędzi, zmusza do dokonywania podczas instalacji czopa tzw. dystrykcji „nadmiarowej”. Niemniej po zainstalowaniu czopów w przestrzeni międzytrzonowej i zaniku dystrykcji nadmiarowej może nastąpić zmniejszenie stabilności segmentu. To może sprzyjać retropulsji czopa do kanału kręgowego. W czopach rotacyjnych nowego typu zmniejszono możliwość retropulsji poprzez zastosowanie tzw. „zębów rekina” oraz mocnego wkleinowania w przestrzeni międzytrzonowej po wykonaniu „obrotu dystrykcyjnego”. Ponadto czop rotacyjny beczkowaty ze względu na kształt powoduje „anatomiczne zaklinowanie się”, przez co poważnie ogranicza ryzyko retropulsji.

Procedura implantowania zaproponowanych czopów rotacyjnych jest mniej inwazyjna i czasochłonna oraz bezpieczniejsza, ponieważ wykorzystywany jest minimalny dostęp do kanału kręgowego. W większości przypadków obrót czopa zapewnia wystarczającą dystrykcję przestrzeni międzytrzonowej i stabilizację segmentu oraz zapewnia dobre utwierdzenie samego czopa.

WNIOSKI

1. Nowa dwufunkcyjna metoda R-PLIF jednoczesnego odbarczenia (dekompresji) i stabilizacji, z użyciem

czopów rotacyjnych prostopadłościennych i „beczkowatych” oraz opracowana procedura implantowania stanowi dalszy postęp w tylnym lędźwiowym zespłaniu międzytrzonowym.

2. Wstępne wyniki zastosowania metody potwierdziły założenia i zalety wynikające z jej zastosowania. Stwierdzono, w zestawieniu z dotychczas stosowanymi stabilizacjami PLIF, następujące zalety:
 - zmniejszenie obciążenia pacjenta,
 - usprawnienie procedury operacyjnej i skrócenie czasu operacji,
 - większa pewność stabilizacji i obniżenie efektu osiadania,
 - obniżenie ryzyka komplikacji śród – i pooperacyjnych,
 - niższe koszty leczenia operacyjnego, etc.
3. Metoda R-PLIF posiada wszelkie cechy predysponujące ją do szerokiego upowszechniania w praktyce klinicznej.

Piśmiennictwo

- [1] Deyo RA, Tsui-Wu YJ.: Descriptive epidemiology of low-back pain and its related medical care in the United States. *Spine* 1987;12:264-68.
- [2] Shvartzman L et al.: Cost-effectiveness analysis of extended conservative therapy versus surgical intervention in the management of herniated lumbar intervertebral disc. *Spine* 1992;17:176-182.
- [3] Waddell G. A new clinical model for treatment of low back pain. *Spine* 1980;5:117-25.
- [4] Katz JN. Lumbar spinal fusion – surgical rates, costs, and complications. *Spine* 1995;20:78S-83S.

- [5] Davis H. Increasing rates of cervical and lumbar spine surgery in the US, 1979-1990. *Spine* 1994;19:1117-24.
- [6] Chen D, Fay LA, Lok J et al.: Increasing neuroforaminal volume by interbody fusion in the reduction of foraminal stenosis. *Spine* 1995;20:74-79.
- [7] Hasegawa K, Ikeda M, Washio T, Hara T.: An experimental study of porcine lumbar segmental stiffness by the distraction-compression principle using a threaded interbody cage. *J Spinal Disord* 2000;13(3):247:52.
- [8] Cloward RB.: The treatment of ruptures lumbar intervertebral discs by vertebral body fusion: indications, operative technique, after care. *J Neurosurg* 1953;10:154-168.
- [9] Bagby GW.: Arthrodesis by the distraction-compression method using a stainless steel implant. *Orthopedics* 1988;11:931-934.
- [10] Ray CD.: Threaded titanium cages for lumbar interbody fusions. *Spine* 1997;22:667-680.
- [11] Brantigan JW., Steffee AD, Geiger JM.: A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion: Mechanical testing. *Spine* 1991;16:277-282.
- [12] Steffee AD, Sitkowski DJ.: Posterior lumbar interbody fusion and plates. *Clin Orthop* 1988;227:99-102.
- [13] Zarzycki D., Bakalarek B., Jasiewicz B.: Wyniki leczenia operacyjnego kręgozmyków z zastosowaniem stabilizacji transpedikularnej. W zb. System DERO: rozwój technik operacyjnego leczenia kręgosłupa. Zielona Góra, 1997, s. 241-246.
- [14] Ciupik L, Zarzycki D, Bakalarek B, Jakubowski J.: Mechanizm repozycji dużych ześlizgów. Biomechaniczne uwarunkowania. Instrumentarium i przykłady kliniczne. W zb. System DERO: rozwój techniki operacyjnej leczenia kręgosłupa. Zielona Góra, 1997, s.231-239.
- [15] Ciupik L, Zarzycki D, Bołoczko S.: Czopy międzytrzonowe w leczeniu niestabilności kręgosłupa lędźwiowego; nowa procedura i instrumentarium DERO. W zb. System DERO: rozwój techniki operacyjnej leczenia kręgosłupa. Zielona Góra, 1997, s. 231-239.
- [16] Ciupik L, Hakało J, Zarzycki D, Radek A, Powchowicz P.: Postęp w stabilizacji PLIF. Nowy czop rotacyjny: prostopadłościenny i beczkowaty. *Biuletyn nr 11 Polskiej Grupy DERO ISSN 1643-1251*, 11/2002.
- [17] Kettler A, Wilke HJ, Dietl R et al.: Stabilizing effect of posterior lumbar interbody fusion cages before and after cyclic loading. *Neurosurg Focus* 1999;7(6).
- [18] Rapoff AJ, Ghanayem AJ, Zdeblick TA.: Biomechanical comparison of posterior lumbar interbody fusion cages. *Spine* 1996;22:2375-2379.
- [19] Ray CD.: Threaded fusion cages for lumbar interbody fusions: an economic comparison with 360° fusions. *Spine* 1997;22:681-685.
- [20] Weiner BK, Frazer RD.: Spine update lumbar interbody cages. *Spine* 1998;23:634-640.
- [21] Hitchton PW, Goel V, Rogge T et al.: Spinal stability with anterior or posterior Ray threaded fusion cages. *J Neurosurg* 2000;93(1Suppl):102-8.
- [22] A, Baramki HG, Zeidman S, Steffen T.: Segmental stability and compressive strength of posterior lumbar interbody fusion implants. *Spine* 2000;25(15):1899-907.
- [23] Hasegawa K, Ikeda M, Washio T, Hara T.: An experimental study of porcine lumbar segmental stiffness by the distraction-compression principle using a threaded interbody cage. *J Spinal Disord* 2000;13(3):247:52.
- [24] Cagli S, Crawford NR, Sonntag VK, Dickman CA.: Biomechanics of grade I degenerative lumbar spondylolisthesis. Part 2: Treatment with threaded interbody cages/dowels and pedicle screws. *J Neurosurg* 2001;94:51-60.

- [25] Kettler A, Wilke HJ, Dietl R et al.: Stabilizing effect of posterior lumbar interbody fusion cages before and after cyclic loading. *Neurosurg Focus* 1999;7(6).
- [26] Ray CD.: Threaded fusion cages for lumbar interbody fusions: an economic comparison with 360° fusions. *Spine* 1997;22:681-685.
- [27] Benzel EC.: *Biomechanics of spine stabilisation*. New York, McGraw-Hill, 1995.
- [28] Nibu K, Panjabi MM, Oxland T et al.: Multidirectional stabilization potential of BAK interbody spinal fusion system for anterior surgery. *J Spinal Disord* 1997;10:357-62.
- [29] Ferrara LA, Benzel EC.: Biomechanics of interbody fusion. *Techniques in Neurosurgery* 2001;7(2):100-9.
- [30] Benzel EC, Ferrara LA, Baldwin MG.: Multidirectional stabilizing potential of back interbody spinal fusion system for anterior surgery. *J Spinal Disord* 1998;11:454-5.
- [31] Brantigan JW., Steffee AD.: A carbon fiber implant to aid interbody lumbar fusion: Two years clinical results in the first 26 patients. *Spine* 1993;18:2106-2117.
- [32] Olivier MD, Cahill DW, Hajjar MV.: Posterior lumbar interbody fusion. *Techniques in Neurosurgery* 2001;7(2):127-39.
- [33] Inaoka M, Tada K, Yonenobu K.: Problem of posterior lumbar interbody fusion (PLIF) for the rheumatoid spondylitis of the lumbar spine. *Arch Orthop Trauma Surg* 2002 Mar;122(2):73-9.
- [34] Pitzen T, Matthis D, Staudel W.: The effect of posterior instrumentation following PLIF with BAK cages is most pronounced in weak bone. *Acta Neurochir (Wien)* 2002 Feb;144(2):121-8.
- [35] Hitchon PW, Goel V, Rogge T et al.: Spinal stability with anterior or posterior Ray threaded fusion cages. *J Neurosurg* 2000 Jul; 93(1 Suppl):102-8.
- [36] Dietrich O, Perlick L, Schmitt O, Kraft CN.: Radiographic spinal profile changes induced by cage design after posterior lumbar interbody fusion preliminary report of a study with wedged implants. *Spine* 2001 Jun 15;26(12):E274-80.