

E. Reichle^{1,2} · M. Morlock¹ · K. Sellenschloh¹ · C. Eggers²

¹Arbeitsbereich Biomechanik, TU Hamburg-Harburg

²Chirurgisch Traumatologische Klinik, Allgemeines Krankenhaus St. Georg, Hamburg

Zur Definition der Pedikelfehllage

Primärstabilität und Lockerungsverhalten von Pedikelschrauben in Abhängigkeit von ihrer Lage: spongiöse Verankerung, kortikale Verankerung, Perforation und Fehllage

Zusammenfassung

Völlig fehlplatzierte Pedikelschrauben können zu Stabilitätsverlusten und zum Versagen der Montage führen. Es existieren keine internationalen Studien zum Stabilitätsverhalten von Pedikelschrauben, die nicht rein spongiös gelagert sind und den Pedikel nur gering (≤ 4 mm) überschreiten. Da neurologische Komplikationen nur bei Schrauben beschrieben werden, die die mediale Pedikelschraube um >4 mm überschreiten, hat diese Fragestellung eine große Bedeutung bei der Definition der Pedikelfehllage: 68 Pedikelschrauben wurden in humanen lumbalen Wirbelpräparaten 1000 sinusoidalen senkrechten Belastungszyklen mit einer Amplitude von 160 N ausgesetzt und der Schraubenweg am Anfang und Ende der Versuchsreihe gemessen. Die Schrauben wurden in 4 Gruppen entsprechend ihrer Lage im Pedikel unterteilt. Wir haben zwischen den 4 Gruppen keine signifikanten Unterschiede im Lockerungsverhalten festgestellt. Die beiden Gruppen Kortikaliskontakt und Fehllage wiesen im Vergleich zu den beiden anderen Gruppen ein tendenziell besseres Ergebnis auf, welches jedoch nicht signifikant war.

Schlüsselwörter

Pedikelschraube · Dorsale Spondylodese · Schraubenlockerung · Fehllage

Bei der dorsalen Spondylodese im thorakolumbalen Bereich treten unterschiedlichste Kräfte auf, von denen die kraniokaudalen Zug- und Druckkräfte mit Abstand die größte Rolle spielen. Bei einer Vielzahl von Laborversuchen zur Bestimmung der Verankerungsfestigkeit von Pedikelschrauben wurden jedoch vielfach axiale Auszugversuche unternommen (Tabelle 1).

Keine der von uns gefundenen Veröffentlichungen hat die Verankerungsfestigkeit und das Lockerungsverhalten von Pedikelschrauben untersucht, welche keine streng intrapedikuläre Lage aufweisen. Obgleich bekannt ist, dass grob fehlplatzierte Schrauben im klinischen Alltag zu Stabilitätsverlusten bis zum völligen Versagen der

Spondylodese führen können, bestehen keine objektivierten Erkenntnisse darüber, wie sich die Stabilität von Pedikelschrauben darstellt, die lediglich gering fehlplatziert sind, also lediglich eine Kortikalis perforieren. Die Beantwortung dieser Frage stellt bei der zunehmenden Relevanz der exakten Definition einer Pedikelfehllage eine wesentliche Rolle. Dies umso mehr, als in keiner bisherigen Studie neurologische Ausfälle bei Kortikalisperforationen <4 mm beschrieben wurden.

Dr. E. Reichle
Chirurgisch Traumatologische Klinik,
Allgemeines Krankenhaus St. Georg,
Lohmühlstraße 5, 20099 Hamburg
E-Mail: BEReichle@t-online.de

Tabelle 1
Laborversuche zur Stabilität von Pedikelschrauben

Autoren	Jahr	Versuchsanlage	Kraft [N]	Lockerung [mm]
George DC	1991	Auszug, Aufbereitung Schraube		
Daftari TK	1994	Auszug, Aufbereitung Schraube		
Bühler	1998	Auszug, Drehmoment, BMD		
Zindrick MR	1986	Auszug, Einbringtiefe		
Krag MH	1989	Auszug, Einbringtiefe		
Kwok	1996	Auszug, Implantatvergleich		
Law M	1993	Zyklisch kraniokaudal kraftgesteuert	400	4,93–8,12
Rusch R	2000	Zyklisch kraniokaudal kraftgesteuert	160	0,52–16,26
Wittenberg RH	1991	Zyklisch kraniokaudal weggesteuert	217	2
Wittenberg RH	1993	Zyklisch transversal		
Zdeblick TA	1993	Zyklisch über Hebelarm	300	
Myers BS	1996	Zyklisch über Hebelarm		Versagen

E. Reichle · M. Morlock · K. Sellenschloh
C. Eggers

Defining pedicle screw malposition. Primary stability and loosening characteristics of pedicle screws in relation to their position: trabecular position, cortical contact, perforation, malposition

Abstract

Totally misplaced pedicle screws will lead to major stability problems. There are no publications about the stability behavior of screws, which have no pure trabecular position and perforate the pedicle slightly. Since neurological problems are only described with screws perforating the pedicle medially by at least 4 mm, this question has great relevance concerning the definition of pedicular malposition. Sixty-eight pedicle screws were tested in human cadaveric lumbar spines. Their vertical path was measured at the beginning and end of 1000 sinusoidal cycles with a force amplitude of 160 N. They were divided into four groups according to their screw position as mentioned in the title. We found no significant differences in primary stability or loosening between the groups. The cortical contact and perforation groups had slightly better results, which were not significant in comparison to the other two groups.

Keywords

Pedicle screw · Dorsal spondylodesis ·
Screw loosening · Malposition

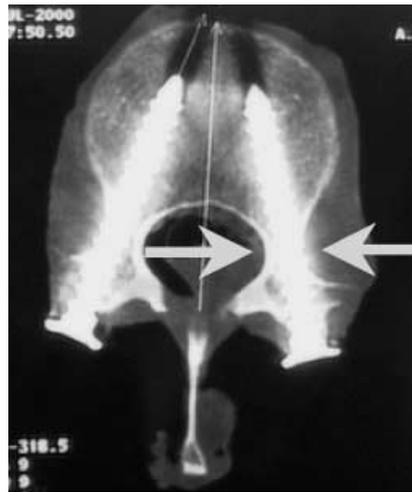


Abb.1 ▲ Perforation



Abb.2 ▲ Fehllage

Studienziel

Folgende Frage sollte mit der vorliegenden Studie beantwortet werden: Welche Auswirkung hat der Lagetyp einer Pedikelschraube auf ihre Primärstabilität:

- spongiöse Lage,
- Kortikaliskontakt,
- Kortikalisperforation,
- Fehllage.

Zur Definition der Serien s. folgender Abschnitt.

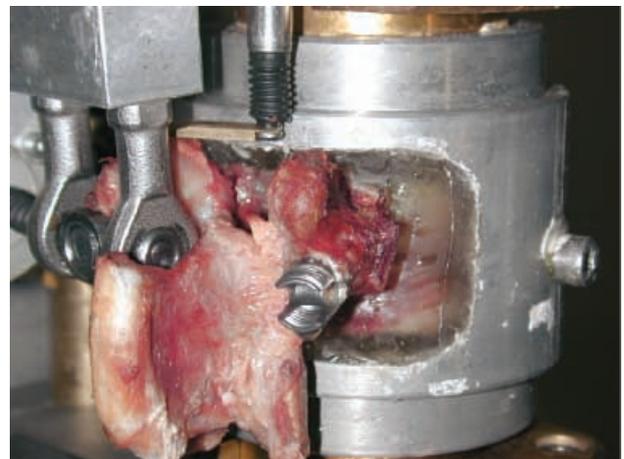


Abb.3 ► Wirbelkörper in Kunstharz eingegossen und in Prüfmaschine eingespannt



Abb.4 ► MTS 858 mit eingespanntem Präparat

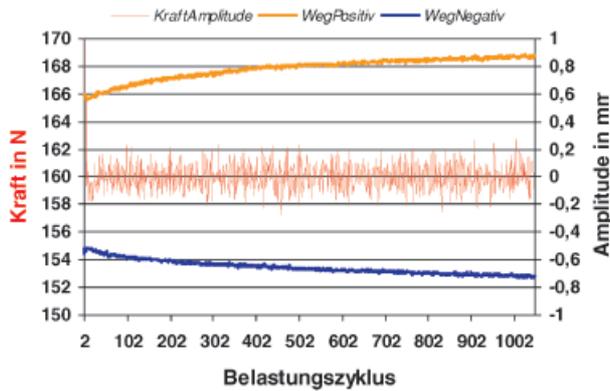


Abb. 5 ◀ Typische aufbereitete Messkurve einer Pedikelschraube

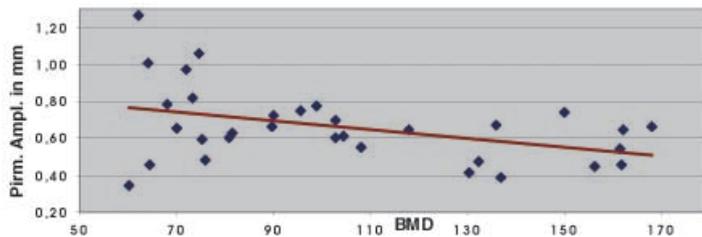


Abb. 6 ▲ Primärstabilität zu BMD ($R=-0,4; p<0,005$)

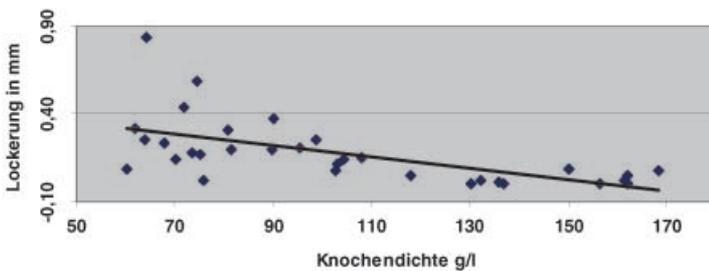


Abb. 7 ▲ Lockerungsverhalten zu BMD ($R=-0,61; p<0,005$)

Material und Methode

Aus einer Studie zu Navigationsverfahren an der Wirbelsäule konnten 68 Pedikelschrauben (MIAMI/MOSS 6/50 mm) zur Stabilitätsprüfung verwendet werden. Diese waren in humane lumbale Wirbelsäulenpräparate eingebracht worden, welche zuvor mittels CT untersucht und bei welchen die Knochendichte im CT bestimmt worden war. Ausgeschlossen wurden Präparate mit einer Knochendichte unter 60 g/l sowie Präparate mit erkennbaren Frakturen oder Osteolysen. Nach Einbringung der Schrauben wurde ein erneutes CT durchgeführt und die Schraubenlage bestimmt. Dabei wurde zwischen folgenden Lagertypen unterschieden:

- spongiöse Lage: Die Schraube erreicht keine Pedikelkortikalis.

- Kortikaliskontakt: Die Schraube fasst mindestens eine Pedikelkortikalis, perforiert jedoch nicht.
- Perforation: Die Schraube überschreitet eine Pedikelkortikalis und

erreicht gleichzeitig die Gegenkortikalis oder überschreitet auch diese (Abb. 1).

- Fehllage: Die Schraube überschreitet eine Pedikelkortikalis, erreicht aber nicht die Gegenseite (Abb. 2).

Superiore und inferiore Perforationen des Pedikels wurden nicht beobachtet, insoweit musste dazu keine Unterscheidung eingeführt werden. Nachfolgend wurden die Präparate in einzelne Wirbelkörper disseziert und von jeglichen Weichteilen befreit. Dabei wurde die im CT durchgeführte Lagebeurteilung bezüglich der Kortikalisperforation direkt am Präparat überprüft. Zur Stabilitätsprüfung wurden die einzelnen Wirbelkörper unter Verwendung von Technovit-Kunstharz in eigens angefertigte Aufnahmebehälter eingegossen (Abb. 3), welche ihrerseits in der Materialprüfmaschine MTS 858 auf einem in den X/Y-Achsen frei beweglichen Tisch eingespannt wurden (Abb. 4).

Die Schrauben wurden nun einer zyklischen senkrechten Belastung von ± 80 N für insgesamt 1100 Zyklen ausgesetzt. Gemessen wurden der Schraubenweg, der Wirbelweg und die tatsächlich eingeleitete Kraft. Bezüglich der Verankerungsfestigkeit wurden folgende Definitionen verwendet:

Primärstabilität. Mittlere Wegamplitude der Zyklen 40–50 gemessen bei ± 75 N.

Lockerung. Differenz der Mittleren Wegamplituden der Zyklen 1040–1050 gemessen bei ± 75 N minus Primärstabilität.

Alle Messdaten wurden automatisch aus dem Prüfsystem in eine Daten-



Abb. 8 ▶ Freie Schwinglänge der Schraube

Rheuma-Preis ausgeschrieben

Zur Förderung von wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiet der Rheumatologie ist der von der Tropon GmbH übernommene Bruno Schuler-Preis ausgeschrieben. Dieser Preis, der mit 5.000 Euro dotiert ist, wird 2002 an Forscher des deutschsprachigen Raumes verliehen. Mit diesem Preis können gegebenenfalls auch mehrere Personen zugleich für eine gemeinsame wissenschaftliche Arbeit ausgezeichnet werden. Es können sich experimentelle und klinische Forscher bewerben, die eine grundlegende epidemiologische, klinische oder experimentelle Arbeit auf dem Gebiet der Rheumatologie vorlegen. Der Gesamtumfang der Arbeit soll nicht mehr als 50 Seiten betragen. Die Arbeit darf nicht vor dem 30. März 2000 publiziert sein; sie ist in deutscher oder englischer Sprache in 7facher Ausfertigung vorzulegen. Die Arbeit soll nicht für andere Preise eingereicht worden sein. Einsendungen für den Bruno Schuler-Preis werden bis zum 28. April 2002 an die Schriftführerin der Deutschen Gesellschaft für Rheumatologie erbeten.

Prof. Dr. med. Erika Gromnica-Ihle
Rheumaklinik Berlin-Buch
Karower Straße 11
13125 Berlin

Die Verleihung des Bruno-Schuler-Preises findet anlässlich des 31. Kongresses der Deutschen Gesellschaft für Rheumatologie am 19. September 2002 in Berlin durch den Präsidenten der Gesellschaft, Prof. Dr. med. G. R. Burmester, statt.

Tabelle 2

Primärstabilität zu Lagetyp, keine signifikanten Unterschiede

Lage	BMD	Anzahl	Minimale Amplitude	Mittelwert	Maximale Amplitude
Fehllage	107	9	0,44	0,78	1,61
Perforation	107	18	0,42	0,65	1,21
Kortikaler Kontakt	96	33	0,17	0,65	1,60
Spongiös	99	8	0,54	0,70	0,87

Tabelle 3

Lockerung zu Lagetyp; keine signifikanten Unterschiede

Lage	BMD	Anzahl	Minimale Lockerung	Mittelwert	Maximale Lockerung
Fehllage	107	9	0,00	0,25	1,14
Perforation	107	18	0,00	0,16	0,71
Kortikaler Kontakt	96	33	0,00	0,17	0,97
Spongiös	99	8	0,01	0,22	0,55

bank übernommen und dort ausgewertet. Die statistischen Berechnungen erfolgten mit SPSS.

Ergebnisse

Eine typische aufbereitete Messkurve stellte sich wie folgt dar (Abb. 5).

Wie zu erwarten, fand sich eine signifikante Beziehung zwischen der Knochendichte auf der einen Seite und der Primärstabilität und dem Lockerungsverhalten auf der anderen Seite (Abb. 6,7).

Folgende Messgrößen hatten keinen Einfluss auf die Stabilität:

- Pedikelweite,
- Pedikelhöhe,
- Wirbelsäulensegment und
- die freie Schwinglänge der Schraube (Abb. 8).

Auch die Schraubenlage hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Primärstabilität und das Lockerungsverhalten, wie den Tabellen 2 und 3 entnommen werden kann. Hier fanden sich lediglich tendenziell bessere Werte für die Schrauben der Gruppen 2 und 3 (Kortikaliskontakt und Perforation).

Somit muss festgestellt werden, dass die seitliche Perforation der Pedikelkortikalis durch die Pedikelschraube per se offensichtlich keine Stabilitätsnachteile mit sich bringt. Erst die Perforation einer seitlichen Pedikelkortikalis unter gleichzeitiger Auslassung der gegenüberliegenden Kortikalis bringt einen tendenziellen Stabilitätsnachteil.

Fazit für die Praxis

68 Pedikelschrauben unterschiedlicher Lage im Bezug auf die Pedikelkortikalis wurden einem senkrechten zyklischen Belastungstest von 160 N über 1000 Zyklen unterzogen. Dabei stellte sich eine signifikante Korrelation zwischen der Knochendichte der Wirbelkörper und der Verankerungsfestigkeit der Schrauben heraus. Alle anderen gemessenen Parameter (Pedikelhöhe, Pedikelweite, Schwinglänge und Lagetyp) hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Primärstabilität und das Lockerungsverhalten. Somit erscheint es erforderlich, den Begriff der Pedikelfehllage, welcher bislang mit der Kortikalisperforation einer Schraube gleichgesetzt wurde, zu überdenken.