

スクリー型ケージによる 腰椎前方固定モデルの生体力学的検討

山口大学 整形外科
二 武 皇 夫・河 合 伸 也
YALE 大学 整形外科
Manohar PANJABI

Multi-directional Stabilizing Potential of BAK Interbody Spinal Fusion System for Anterior Surgery

Department of Orthopaedic Surgery,
Yamaguchi University School of Medicine
Kimio NIBU and Shinya KAWAI
Department of Orthopaedics & Rehabilitation
Yale University School of Medicine
Manohar PANJABI

Key words : laparoscopic surgery (腹腔鏡視下手術), biomechanics (生体力学), anterior lumbar spinal interbody fusion (腰椎前方椎体間固定), instrumentation (インスツルメンテーション)

はじめに

腹腔鏡視下手術の進歩とともに、その脊椎外科領域への応用も試みられている。腰椎前方固定術もこの腹腔鏡視下に行うことにより手術時の侵襲を小さくすることが可能であり、インスツルメンテーションの併用で早期離床が可能である。BAK fusion system はチタニウム製スクリー型ケージで、椎間スペーサーとは異なり、単体での初期固定が可能で、十分小型のインスツルメンテーションであるため、腹腔鏡視下の椎体間固定に応用可能である。

私たちは、鏡視下腰椎前方固定に用いられた際の、BAK fusion system の初期固定性についてヒト新鮮死体標本を用いて生体力学的検討を行った。

方法及び材料

使用したヒト新鮮死体標本は男性2、女性2の4標本である。使用標本は、脊椎疾患の合併がなく、-20℃に冷凍保存されたもので平均年齢は42.8歳(35~51)、すべてL5-S1レベルで

あった。

固定方法は、前方椎体間固定術の手技に則り、髓核摘出の後、8 mm のドリルホールをあけた後、9 mm から12mm までの椎間拡張用プラグを漸次挿入することで椎間高を復旧し、直径15 mm のインプラント2本を挿入した (Fig. 1)。

3次元 flexibility test は3つのLEDマーカーを各椎体に取り付け、Northan Digital社

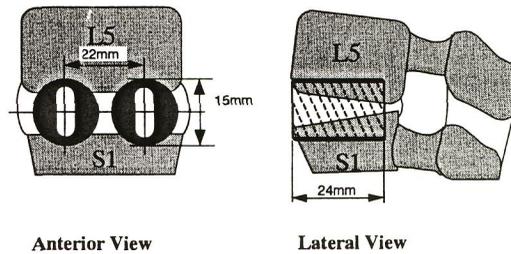


Fig. 1 BAK fusion systemの前後、及び側面像 (Schema)

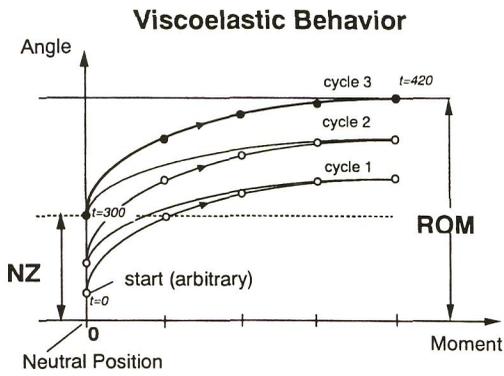


Fig. 2 Viscoelastic behaviorのため2回のPre-conditioningの後, 3回目の脊椎の動きを計測した。Neutral Zone(NZ)とRange of Motion(ROM)を示す。

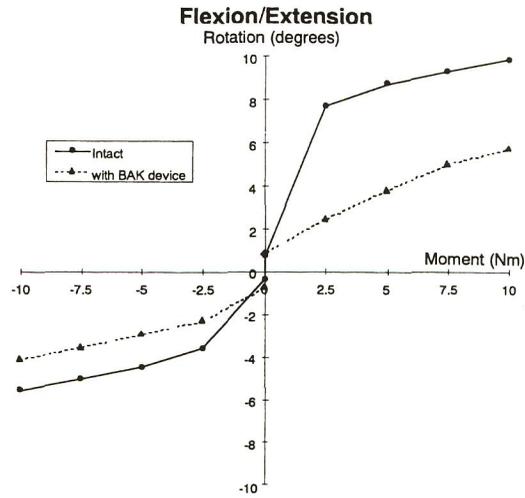


Fig. 3 インプラント挿入前後の各モーメントでの脊椎の角度変位。屈曲, 伸展方向。

製 Optotrack (3-D camera) を用いて椎体間の角度変位を計測した。計測角度の正確性は 0.14° である。腰椎の生理的負荷として10Nmの pure moment と, pre-load として100Nの垂直方向圧縮加重を負荷した。

脊椎の動きについては, viscoelasticityの影響を取り去るため, 各 load step で30秒づつ, 2回の pre-conditioning を行い, 3回目の加重負荷による椎体の運動を計測した(Fig. 2)。生体力学的指標として, laxity を表す neutral zone (NZ) と最大モーメント負荷における range of motion (ROM) を用いた⁴⁾。

統計学的有意検定は ANOVA を用いた ($p < 0.05$)。

結 果

屈曲, 伸展方向のモーメント負荷時の椎体の角度変位を Fig. 3 に示す。屈曲, 伸展では ROM は 10° から -5° で Non-linear に変化する。インプラントにより ROM は 5° から -4° に減少した。負荷0Nmの時の変位である NZ をみると, 伸展では増大している。

軸回旋でも ROM は 1.5° より 0.6° まで減少するが NZ の変化は僅かである (Fig. 4)。

側屈でも Non-linear に変化する, ROM は 6° から 2° に著減している (Fig. 5)。

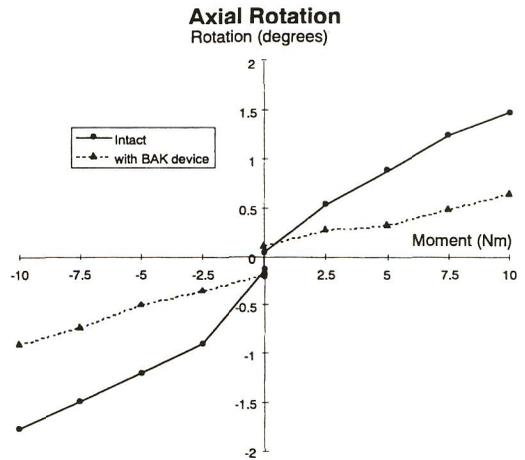


Fig. 4 軸回旋における角度変位。(インプラント挿入前後)

安定性の指標である ROM の平均は, 屈曲で 45.8%, 側屈で 65.3%, 軸回旋で 40.4%, 有意に減少した。しかしながら伸展では ROM は逆に増加しており, インプラントの安定性は伸展を除けば, 獲得されているといえる (Fig. 6)。

NZ は laxity を表し, 外傷や不安定性の指標となるが伸展, 軸回旋でもともに有意に増加し,

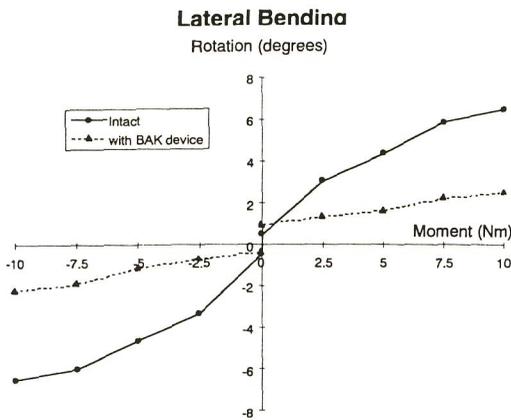


Fig. 5 側屈における角度変位。(インプラント挿入前後)

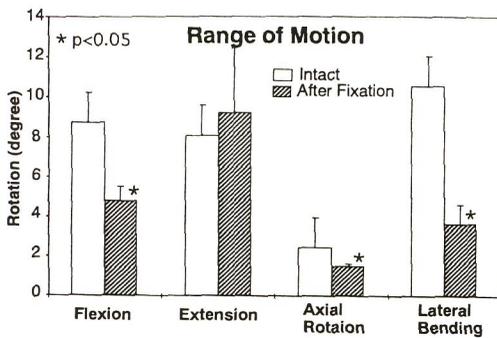


Fig. 6 Range of Motionのインプラント挿入前後の変化。

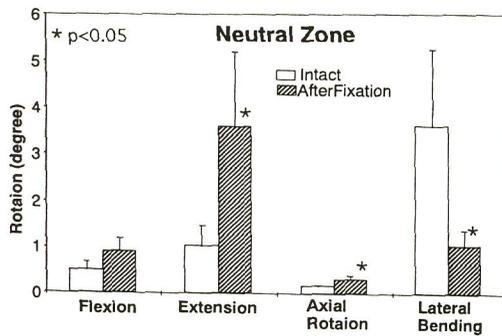


Fig. 7 Neutral Zoneのインプラント挿入前後の変化。

側屈では減少、屈曲では変化を認めなかった (Fig. 7)。特に伸展では255%に増大しており、固定椎間の損傷が強く示唆される。

考 察

腹腔鏡視下手術の進歩により微小侵襲による脊椎固定術が試みられるようになり Zuckerman⁶⁾は1995年に BAK fusion system を用いた腹腔鏡視下 instrumentation 手技を発表している。また Kuslick³⁾は同じく BAK fusion system を用いて一椎間の固定術で92%癒合率を得ている。このように良好な臨床成績が発表されている一方、生体力学については、ヒヒを用いた Wilder⁵⁾のモデルと、Brodke²⁾の後方手術の PLIF モデルがあるだけである。より一層臨床に近い状態を評価するにはヒト死体標本によるモデルでの検討が望ましい。

この BAK system を評価するために、他の前方 instrumentation である、Kaneda-device, Texas Scotch Rite Hosp. system, Z-plate, University plate を使った An¹⁾の calf spine のモデルと比較した (表1)。屈曲と軸回旋では ROM の減少率は劣るものの、側屈では BAK の方が優れていた。また、BAK は伸展で ROM が増加したため、その方向への安定性は得られていない。

伸展方向への ROM の増大であるが、その最も考えられる原因として、インプラントのポジションにより、線維輪の前方部分の損傷は避けられないことが挙げられる。二つのインプラントの内側縁に残る線維輪の幅はわずかに 4 mm であり、強い伸展方向のモーメントには耐えられない。これより、この術式の後療法にお

表1. 固定前後のROMの変化 (%)

	Kaneda, TSRH, Z-plate, Univ.	BAK system
Flexion	72.5(%)	45.8(%)
Extension	53.5	-14
Lateral Bending	35	65.6
Axial Rotation	58	40.4

いては、十分に伸展を制限することに留意する必要がある。

また、矢状面で前方がやや開いた L5-S 椎間板では、円筒状の椎間拡大プラグやインプラントの適合性がよくないことも考えられる。

しかしながら、癒合率を含めて臨床成績が良好なことは、実際の生体では pre-load の存在のため、このモデルでは再現できない安定化要因があることが考えられる。

結 語

1. BAK fusion system は伸展方向を除き、他の前方固定 instrumentation に匹敵する安定性を得られた。
2. 後療法では伸展の制限に留意することが望ましい。
3. 生体では、実験モデルと異なる pre-load の存在が考えられる。

参考文献

1) An HS, Lim T, You J, et. al.: Biomechanical

evaluation of anterior thoracolumbar spinal instrumentation. Spine 1995, 20(18), 1979-89.

2) Brodke DS, Dick J, Zdeblick TA, et. al.: Biomechanical comparison of posterior lumbar interbody fusion including a new threaded titanium cage. ISSLS 1993, p.108, Toronto Canada.

3) Kuslich SD, Dowdle JD, Sherman J.: The BAK interbody fusion system: comparison of anterior and posterior results from a multicenter prospective clinical study. NASS 1995, Washington, D.C.

4) Panjabi MM.: Biomechanical evaluation of spinal fixation devices: Part I. A conceptual framework. Spine 1988, 13:1129-34.

5) Wilder DG, Grobler LJ, Oxland T, et. al.: Mechanical efficacy of the BAK interbody fusion system: simulated pre- and post-operative condition in chagha baboon. ISSLS 1993, p.132, Toronto, Canada.

6) Zucherman JF, Zdeblick TA, Bailey SA, et. al.: Instrumented laporoscopic spinal fusion. Spine 1995, 20(18):2029-35.