

극돌기간 삽입술 후 임플란트 고정끈의 예상력이 요추에 미치는 영향

Influence of Ligature Pretension of Implant on Lumbar Spine after Interspinous Process Surgery

최대경¹, **김윤혁¹, 김경수²

D. K. Choi¹, **Y. H. Kim(yoonhkim@khu.ac.kr)¹, K. Kim²

¹경희대학교 기계공학과, ²경희대학교 응용수학과

Key words : Lumbar Spine, Interspinous Process Implant, implant ligature, Finite Element Analysis, Biomechanics

1. 서론

극돌기간 삽입술은 척추 유합술 후 인접 분절에서 발생하는 퇴행성 질환을 예방하기 위한 수술법으로 최근 소개되었다.^{1,3} 극돌기간 임플란트의 고정끈은 수술분절의 극돌기를 감싸 굽힘 운동을 제한하여 불안정성을 예방하는데 그 목적이 있다. 그러나 극돌기간 임플란트 고정끈의 예상력이 요추에 미치는 영향에 대한 연구는 부족한 실정이다. 본 연구에서는 극돌기간 삽입술 후 극돌기 고정끈의 예상력이 수술분절에 미치는 영향에 대하여 평가하였다.

2. 재료 및 방법

WallisTM(Abbott Laboratories, Bordeaux, France), DiamTM(Medtronic Sofamor Danek, Paris, France), Viking(Sintea Plustek, Assago, Italy), Spear[®](Seohancare, Gyeonggi, Korea) 총 4가지 극돌기 임플란트와 일반적으로 사용되는 척추경 나사못 시스템의 3차원 유한요소 모델을 개발하였다. 양측 관절돌기의 일부와 관절주머니 인대(CL, Capsular ligament), 황색 인대(FL, Flaval ligament)를 제거한 후, 기존 문헌에 제시된 수술 방법에 따라 극돌기간 임플란트와 척추경 나사못 시스템을 검증된 제 3요추-제 4요추 유한요소 모델에 Fig. 1과 같이 각각 삽입하였다.^{1,2}

WallisTM, Viking의 경우 극간 인대(ISL, Interspinous ligament), 극상 인대(SSL, Supraspinous ligament)를 제거하였다. DiamTM, Spear[®]의 경우 측방삽입이 가능하기 때문에 극상 인대를 제거하지 않고, 극간 인대의 50% 절개를 가정하였다. 척추경 나사못 시스템의 경우 추가적으로 인대를 제거하

지 않았다.

제 4 요추의 하단면을 고정한 후 제 3 요추와 제 4 요추간에 400 N의 추적경로하중을 가하였다. 그 후 고정끈을 사용하는 임플란트의 경우 고정끈의 예상력을 0, 100, 200, 300, 400 N까지 변화시키면서 제 3 요추의 상단면에 7.5 Nm의 모멘트를 가하였다. 이 때 요추의 회전각도를 계산하여 각 극돌기간 임플란트의 거동을 분석하고, 극돌기에 발생하는 von-Mises 응력을 분석하였다. 본 연구에서는 상용 유한요소 해석 소프트웨어인 ABAQUS StandardTM ver.6.10(Dassault Sytemes Simulia Corp., Providence, U.S.A.)를 사용하였다.

3. 결과 및 고찰

굽힘-신전 운동 각도는 정상, 척추유합술 모델의 경우 각각 10.7°, 1.0°로 나타났다. 극돌기간 임플란트 삽입 모델의 경우 고정끈의 예상력이 0N에서

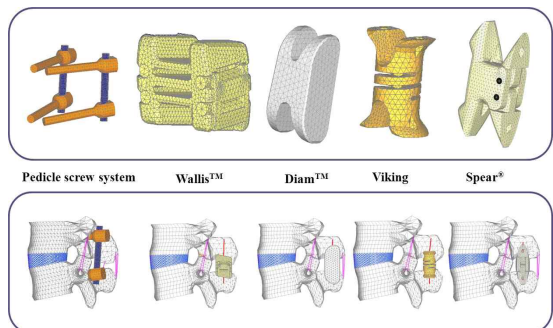


Fig. 1 Developed FE models of the intact L3-L4 functional spinal unit and integrations of a pedicle screw system and four kinds of IPSs into L3-L4 functional spinal unit

400 N으로 증가함에 따라서 Fig. 2에서와 같이 Wallis™, Diam™, Viking, Spear®순으로 각각 5.0°, 5.8°, 5.6°, 4.2°에서 1.2°, 2.3°, 3.3°, 1.1°로 감소하였다. 즉, 극돌기간 임플란트 삽입 시 척추경 나사못 시스템에 비하여 큰 굽힘 운동이 발생하여 수술 분절의 불안정성을 발생 시킬 수 있을 수 있으나, 고정근의 예상력이 증가함에 따라 척추경 나사못 시스템과 비슷한 굽힘 운동을 나타냄으로서 수술 분절의 안정성을 효과적으로 높일 수 있을 것으로 판단된다.

극돌기에 발생하는 최대 von-Mises 응력은 신전 운동 시 발생하였다. 임플란트 고정근의 예상력이 없는 경우 Wallis™, Diam™, Viking, Spear®순으로 56세 사람 뼈의 극한응력(101.0 MPa) 대비 12.2%, 10.1%, 3.5%, 9.6%, 9.7%의 응력이 나타났다. 예상력을 400 N으로 증가시켰을 때 Fig. 2에서와 같이 Wallis™, Diam™, Viking, Spear®순으로 각각 56세 사람 뼈의 극한응력 대비 50%, 22%, 53%, 38%로 나타났다. 27세 사람에 비하여 56세 사람의 경우 극한응력 대비 극돌기에 발생하는 von-Mises 응력이 증가

하였다. 따라서 극돌기간 임플란트를 삽입 후 고정근의 예상력이 증가 할수록 골밀도가 낮은 환자의 경우 정상인에 비하여 임플란트가 뼈를 침강하는 위험성이 증가할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 결론

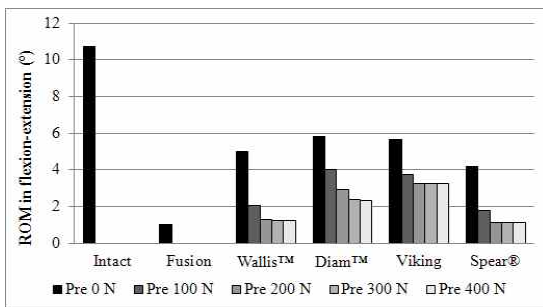
본 연구에서는 다양한 척추 극돌기간 임플란트에 대하여 고정근의 예상력 크기가 요추 분절의 생체역학에 미치는 영향을 분석하였다. 극돌기간 삽입술은 굽힘-신전 시 유합술에 비하여 높은 회전 운동이 나타나 요추부의 불안정성을 유발할 수 있으나, 고정근의 예상력을 증가시킴으로써 수술분절의 안정성을 향상시킬 수 있음을 알 수 있었다. 그러나, 고정근의 예상력이 증가함에 따라서 극돌기에서 발생하는 응력이 항복강도에 도달하지 않았지만, 퇴행성 질환으로 인해 뼈의 강도가 낮아졌을 때 피로골절이나 임플란트의 뼈 침강 위험성이 높아질 것으로 예상된다. 이러한 본 연구의 결과는 향후 척추 극돌기간 임플란트의 생체역학적 특성과 극돌기간 삽입술을 평가하기 위한 기초 자료로 활용 될 수 있을 것으로 생각된다.

후기

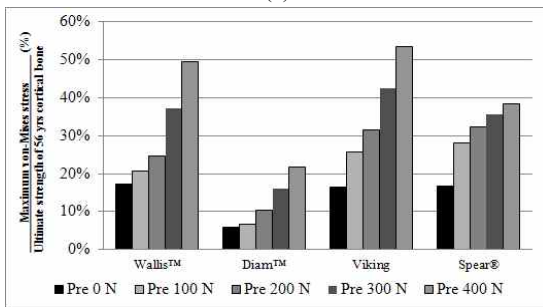
본 연구는 기초기술연구회의 재원으로 2009국가 아젠다 사업(National Agenda Project)의 지원을 받아 수행되었습니다(P-09-JC-LU63-C01).

참고문헌

1. Wilke, H. J., Drumm, J., Haussler, K., Mack, C., Steudel, W. I. and Kettler, A., "Biomechanical effect of different lumbar interspinous implants on flexibility and intradiscal pressure," *Eur. Spine J.*, **17**, 1049-1056, 2008.
2. Kabir, S. M., Gupta, S. R. and Casey, A. T., "Lumbar interspinous spacers: a systematic review of clinical and biomechanical evidence," *Spine*, **35**, 1499-1506, 2010.
3. Kettler, A., Drumm, J., Heuer, F., Haeussler, K., Mack, C., Claes, L. and Wilke, H. J., "Can a modified interspinous spacer prevent instability in axial rotation and lateral bending? A biomechanical in vitro study resulting in a new idea," *Clin. Biomech.*, **23**, 242-247, 2008.



(a)



(b)

Fig. 2 (a) ROMs in flexion-extension movement and (b) ratio of maximum von-Mises stress to ultimate strength of 56 years old cortical bones