

Journal of Korean Society of Spine Surgery



Comparison of Mechanical Property of Conventional Rods versus Growing Rods for Pediatric Early Onset Scoliosis

Jin-Young Kim, M.D., Eun-Su Moon, M.D., Hyon-Su Chong, M.D., Seung-Joo Lee, M.D., Hak-Sun Kim, M.D.

J Korean Soc Spine Surg 2010 Dec;17(4):177-183.

Originally published online December 31, 2010;

doi: 10.4184/jkss.2010.17.4.177

Korean Society of Spine Surgery

Department of Orthopaedic Surgery, Ewha Womans University College of Medicine

#911-1 Mok-dong, Yangcheon-gu, Seoul, 158-710, Korea Tel: 82-2-2646-6808 Fax: 82-2-2646-6804

©Copyright 2010 Korean Society of Spine Surgery

pISSN 2093-4378 eISSN 2093-4386

The online version of this article, along with updated information and services, is
located on the World Wide Web at:

<http://www.krspine.org/DOIx.php?id=10.4184/jkss.2010.17.4.177>

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Comparison of Mechanical Property of Conventional Rods versus Growing Rods for Pediatric Early Onset Scoliosis

Jin-Young Kim, M.D., Eun-Su Moon, M.D., Hyon-Su Chong, M.D., Seung-Joo Lee, M.D., Hak-Sun Kim, M.D.
Department of Orthopedic Surgery, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Study Design: This is a mechanical study.

Objectives: We wanted to investigate the mechanical properties of newly developed dual growing rods for obtaining approval for their clinical application.

Summary of the Literature Review: The current expandable spinal implant system appears effective for controlling progressive early onset scoliosis, and it allows for spinal growth and improving lung development.

Materials and Methods: We investigate the yield load and ultimate load during compression, tension and torsion of the growing rods and the conventional rods assembly using UHMWPE blocks, and the diameter of the rods was 6.0 mm and they expanded 5cm long. We also performed a fatigue test with growing rods, and the diameter of which was 6.0 mm and it expanded 2.5cm long. The guideline for the American Society for Testing Materials was followed during the entire mechanical test. With the growing rods and conventional rods, we tested for each mechanical property 7 times with the new rods and blocks.

Results: The yield load of the growing rods and conventional rods were 845.2 ± 18.2 (N) and 812.9 ± 29.9 (N), respectively, and the ultimate load of the growing rods and conventional rods were 961.9 ± 31.1 (N) and 914.9 ± 25.6 (N), respectively, when compression force was applied. The yield load and ultimate load of the growing rods were statistically higher than those of the conventional rods ($p < 0.05$). The ultimate load of the growing rods and conventional rods were 3281.7 ± 41.5 (N) and 3678.5 ± 447.9 (N), respectively when tension force was applied. The ultimate load was similar for both types of rods ($p > 0.05$). The yield loads of the growing rods and conventional rods were 11.56 ± 0.59 (Nm) and 12.46 ± 0.71 (Nm), respectively, the ultimate loads of the growing rods and conventional rods were 16.97 ± 0.94 (Nm) and 17.42 ± 2.66 (Nm) during the torsion, respectively. The yield load and ultimate load of the growing rods were statistically lower than that of the conventional rods ($p < 0.05$).

Conclusions: The newly developed growing rods have a higher yield load and ultimate load under compression, a similar ultimate load under tension and a lower yield load and ultimate load under torsion. The differences of the yield load and ultimate load under torsion were minimal, and so the growing rods and conventional rods have similar mechanical properties.

Key Words: Early onset scoliosis, Growing rod, Mechanical study

서론

척추가 성장이 완료되지 않은 어린 소아에서 발생한 진행성 고도 척추 측만증은 환자 자신에게도 심각한 문제가 발생할 뿐만 아니라 이를 치료하는 의사와도 고민을 하지 않을 수 없다.^{1,2)} 어린 소아에서 발생한 척추 측만증의 치료에 있어서 전통적인 치료 방법으로는 캐스트, 보조기 치료와 이 둘을 동시에 사용하는 방법이 있다.³⁾ 할로 견인(Halo traction)도 사용할 수 있지만 이는 수술과 동시에 사용될 때에 도움이 될 수 있다. 그러나 아주 어린 나이에 척추의 변형이 진행되는 경우 이러한 보존적 방법은 변형의 정도를 조절하기에는 어려움이 많고, 흉곽의 성장과 폐기능의 발달을 방해할 가능성과 더불어 욱창(pressure sore)

Received: December 1, 2009

Revised: December 16, 2010

Accepted: December 16, 2010

Published Online: December 31, 2010

Corresponding author: Hak Sun Kim, M.D.

Department of Orthopaedic Surgery, Gangnam Severance Hospital, 712

Eunju-ro, Gangnam-gu, Seoul 135-720, Korea

TEL: 82-2-2019-3411, **FAX:** 82-2-573-5393

E-mail: HAKSUNKIM@yuhs.ac

"This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited."

본 연구는 연세 대학교 의과대학-일반교수 연구비(과제 번호: 6-2010-0039)의 지원 하에 진행 되었습니다.

과 같은 피부 문제를 일으킬 가능성이 많다.⁴⁾ 따라서 보존적인 치료에 반응하지 않고 만곡의 정도가 계속 진행하여 50도 이상으로 진행되면 수술을 시행해야 한다.⁵⁾ 수술적 방법으로 원위상 유합술(circumferential fusion)은 변형의 진행을 조절하는 데에는 효과적이지만 척추가 더 자랄 수 있는 성장 잠재력을 잃게 되어 결국에는 폐기능 저하와 복부장기 성장의 문제를 야기할 소지가 많다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 척추를 유합하지 않는 척추 기기 고정술이 소개 되었다.^{6,7)} 그 뒤에 Luque Trolley 라 불리는 척추를 유합하지 않는 Luque 기기고정술이 소개 되었다.⁸⁾ 이후 수술 기법이 발전하여 외국에서는 성장형 금속봉이 소개되어 이를 이용한 다양한 기기가 선보이고 있는 상태이다. 그러나, 우리나라에는 여러 가지 이유로 이의 보급이 활발하지 않은 상황이며, 현재까지 국내에서 개발된 기기는 저자들이 알기에는 없는 것으로 알고 있다. 이에 저자들은 국내에서 사용 가능한 성장형 금속봉을 개발하게 되었다.

본 논문에서는 저자들이 개발한 성장형 금속봉을 어린 나이에 발생한 척추 측만증 환자에게 기존에 사용 가능하였던 일반적인 금속봉과 역학적 강도를 비교함으로써 동일한 역학적 특성을 가지고 있는지를 파악하여 향후 저자들이 개발한 성장형 금속봉이 실제 환자의 수술에서 적용 가능한 것인지를 알아 보고자 하였다.

연구 대상 및 방법

저자들이 새로이 개발한 성장형 금속봉의 재질은 titanium alloy이며 직경은 6mm이고 구성은 크게 세개의 부분으로 구성되어 있다. 가장 원위부 부분은 일반적인 금속봉으로써 요추부의 만곡에 따라 구부릴 수 있는 부분이며, 가장 근위부 부분은 성장형 금속봉으로써 흉요추부의 만곡에 따라 구부린 후 척추경 나사못에 부착하게 되며 이후 성장형 원통 안에서 톱니의 조작에 따라 길이 성장이 이루어지는 부분이고, 중간 부분은 성장형 원통으로써 근위부와 원위부 금속봉을 서로 연결하고 이후 내부의 톱니를 조작함으로써 근위부의 성장형 금속봉이 점차 근위부로 이동을 가능하게 하여 길이 성장을 이루어지게 하는 부분이며, 성장형 금속봉의 이동을 가능하게 하는 톱니 부위가 기존의 다른 성장형 금속봉 기기들과 비교하였을 때 비교적 작은 크기로 부피가 작아 특히 체구가 작은 소아의 요추 후방에 기기를 삽입하는데 있어서 유리하다는 특징이 있다.

본 실험에서 저자들은 일반적인 금속봉과 새로 개발한 성장형 금속봉의 역학적인 특성의 비교를 위하여 국제 인정 기준의 역학적 검사(The American Society for Testing Materials = ASTM F1717-04)에 따라 성장형 금속봉과 일반 금속봉 각각에 대하여 정적 시험 (static test)과 피로 시험(fatigue test)을 시행하였다.

ASTM 규격에 따라 제작된 초고분자량 폴리에틸렌 블록(Ultra-High Molecular Weight Polyethylene block = UHMWPE)을 근위부와 원위부에 위치시키고 각각 2개의 척추경 나사못(GS mono screw, $\Phi 5.5 \times 30\text{mm}$)를 삽입한 다음 성장형 금속봉과 일반적인 금속봉을 척추경 나사못의 양쪽으로 연결하고 20N·m의 토크(torque)로 조여 자유도(degree of freedom)을 제거하고 역학 시험기계 (MTS 858 Bionix, MTS system Corp., MN, USA) 장착하여 실험을 진행하였다(Fig. 1, 2, 3). 역학 시험 동안 ASTM 규격에 따라 온도는 섭씨 25°C를 유지하였으며 습도는 30%로 유지 하였다.

피로 시험에서는 ASTM 규격에 따라 근위부와 원위부에 삽입된 척추경 나사의 거리를 75mm로 하였으며, 연장이 가능한 성장형 금속봉의 연결부위는 40mm를 사용하였고 성장형 금속봉을 10mm 연장 후 10mm는 연결부위에 중첩되게 한 후 정적 시험 중 압박의 항복하중(yield load)를 먼저 측정 하였으며, 확인된 압박 시 항복하중의 25%, 50%의 강도로 5Hz 주기의 힘을 가하여 5,000,000 회 반복하여 시료의 상태를 확인하였다.

정적 시험에서는 실제 임상에서 사용시 두 척추경 나사의 거리가 75mm보다는 길 것으로 생각되어 피로 시험과는 달리 두 척추경 나사의 거리를 150mm로 연장하고, 성장형 금속봉의 연결부위는 80mm를 사용하였으며, 성장형 금속봉을

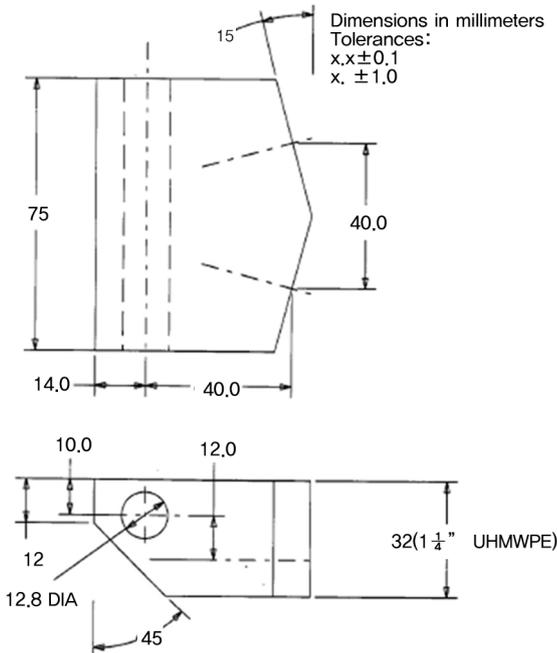


Fig.1. This picture show the standard dimension of test block follows the standards of The American Society for Testing Materials (ASTM) F1717-04.

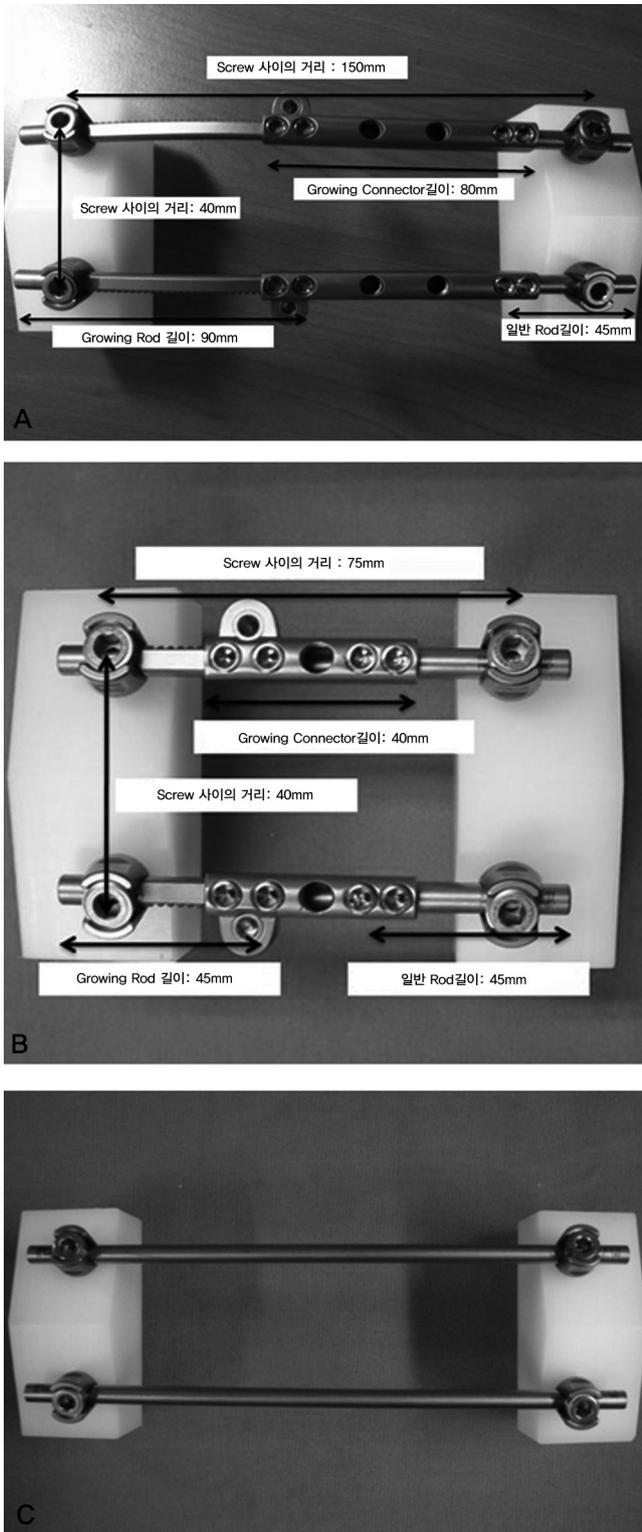


Fig. 2. These pictures show the basic assembly of the growing rods for static test (A), the growing rods for fatigue test (B) and the conventional rods for static test (C) with UHMWPE(Ultra-High Molecular Weight Polyethylene) blocks through the mechanical testing and this setup follows the standards of The American Society for Testing Materials (ASTM) F1717-04.

45mm 연장한 후 25mm는 연결부위에서 증첩되게 한 후 압박 (compression), 신전(tension) 및 염전(torsion)의 항복하중, 최종하중(ultimate load)를 조사하였다. 압박은 최대 25mm/min의 속도로 가하였고 이 때 압력 변위 곡선(load displacement curve)을 기록하였다. 신전에서든 마찬가지로 최대 25mm/min의 속도로 신전을 시켰으며 이 때에도 신전 변위 곡선(load displacement curve)을 기록하였다. 염전을 시행할 때는 최대 60° /min의 각속도로 휘어지는 힘을 가하였고 이 때 축성 압박과 신전력은 작용하지 않도록 유지하면서 실험을 진행하였다 (Fig. 4).

피로 시험과 정적 시험에서 사용된 일반 금속봉의 재질은 titanium alloy이며 직경은 6mm로 성장형 금속봉과 동일한 직경의 금속봉을 사용하였고 금속봉의 길이는 초고분자량 폴리에틸렌 블록에 장착 후 성장형 금속봉과의 길이가 동일하게 하였다. 나머지 자세한 순서와 장비의 조절은 F1717-04 기준에 따라 시행하였다. 역학적 시험은 각각 7회를 시행하였으며 각기 다른 금속봉과 초고분자량 폴리에틸렌 블록으로 실시하여 그 평균과 표준편차를 구하여 결과를 비교하였다.

통계 처리 과정은 SPSS(Statistical Package for Social Science, ver 12.0, Chicago, USA)를 사용하였고 군간의 비교에 있어 최종 하중은 모수 검정 방법인 two sample t-test를 사용하였으며 항복하중은 비모수 검정 방법인 Wilcoxon rank sum test를 이용하였고 유의 수준 5%로 통계적 검정을 하였다.

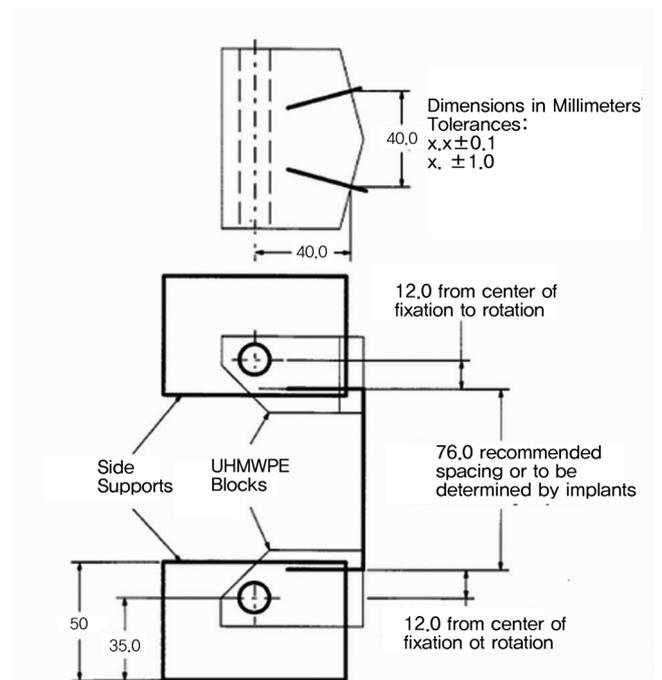


Fig. 3. These pictures show the bilateral construct test setup for screws and rods.

결과

1. 압박

시험 결과 항복하중은 일반형 금속봉에서 $812.9 \pm 29.9(N)$, 성장형 금속봉에서 $845.2 \pm 18.2(N)$ 였으며 이는 일반형 금속봉에 비해 성장형 금속봉에서 3.97% 높게 측정되었다(fig. 5). 최종하중에서도 일반형 금속봉에서는 $914.9 \pm 25.6(N)$, 성장형 금속봉에서는 $961.9 \pm 31.1(N)$ 로 성장형 금속봉에서 5.14% 높게 측정되었다. 통계 분석 결과에서 압박에 대한 항복하중은 성장형 금속봉이 일반형 금속봉에 비해 통계적으로 의미 있게 높았고 (p -value = 0.011), 최종하중도 성장형 금속봉이 일반형 금속봉에 비해 통계적으로 의미 있게 높은 값을 보였다(p -value = 0.009).

2. 신전

시험 결과에서 최종하중은 일반형 3678.5±447.9(N), 성장형 3281.7±41.5(N)이었으며 이는 성장형에 비해 일반형이 12.1% 높게 측정되었다(fig. 6). 하지만 통계 분석 결과 신전에 대한 최종하중은 성장형 금속봉과 일반형 금속봉 사이에 통계적으로 의미 있는 차이를 보이지 않았다 (p -value = 0.209).

3. 염전

시험 결과에서 항복하중은 일반형이 $12.46 \pm 0.71(Nm)$, 성장형이 $11.56 \pm 0.59(Nm)$ 였으며 이는 성장형에 비해 일반형에서 7.8% 높게 측정되었다(fig 7). 최종하중에서도 일반형이 $17.42 \pm 2.66(Nm)$, 성장형이 $16.97 \pm 0.94(Nm)$ 이었으며 이는 성장형에 비해 일반형에서 2.7% 높게 측정되었다. 통계 분석 결과 염전에 대한 항복하중은 성장형 금속봉에 비해 일반형 금속봉에서 통계적으로 의미 있게 높았고(p -value = 0.017), 최종하중도 성장형 금속봉에 비해 일반형 금속봉에서 통계적으로 의미 있게 높은 값을 보였다(p -value = 0.011).

4. 피로 시험

정적 시험을 먼저 시행 후 확인된 압박 시 항복하중의 25%, 50%의 강도로 시험을 진행한 결과 25%에서는 기기의 손상이 없었으나, 50%에서는 금속봉의 균열이 관찰 되었다.



Fig. 4. These pictures show the test results of growing rods construct during the extension test (A), the compression test (B), and the torsion test(C).

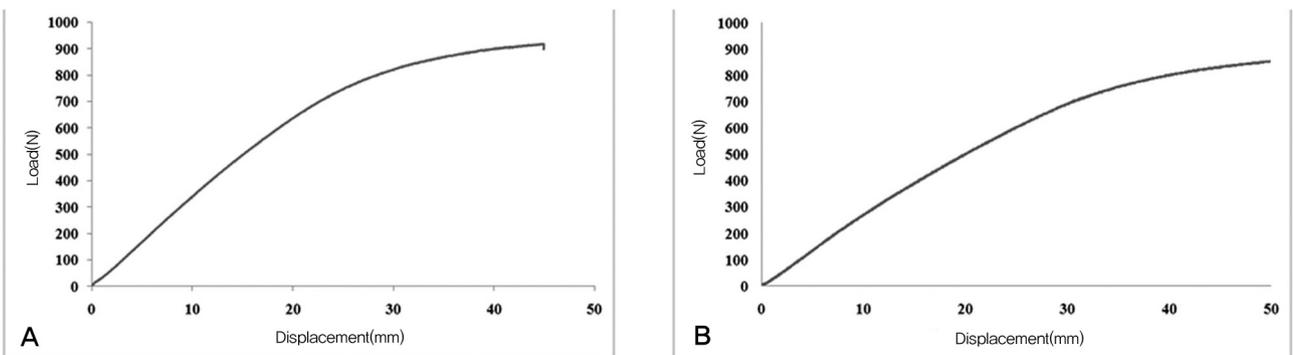


Fig. 5. These diagrams show load – displacement curve of the growing rods (A) and the conventional rods (B) during compression test.

고찰

성장이 많이 남아 있는 어린 소아에서 발생한 척추 측만증에서 비수술적인 방법으로 만곡의 진행을 막지 못하고 50도 이상의 만곡이 있는 경우에 수술적인 치료법을 사용하게 된다.^{5,9} 수술적 방법은 크게 척추를 유합하는 경우와 유합하지 않는 경우로 나눌 수 있다. 유합술을 시행함에 있어 척추의 성장 잠재력이 남은 환아에게 후방척추만을 유합할 때 발생하는 크랭크 샤프트 현상(crank shaft phenomenon)^{10,11}을 방지하기 위하여, 원주상 척추 유합술을 시행할 수 있으나 결과적으로는 척추와 흉곽의 성장도 함께 막는 단점이 있다.

이러한 단점을 해결하기 위하여 유합을 하지 않는 여러 가지 수술 방법이 소개되었다. Harrington 에 의해 척추의 유합시키지 않으면서 척추에 기기를 고정하는 방법이 소개되었고⁶, Moe 등의 피하 금속봉 테크닉, Marchetti 등에 의한 말단 유합(end fusion) 개념이 등장하면서 근위부와 원위부의 금속봉과 척추경 나사가 연결되는 부위에 안정성이 증가 되었다.¹²

그 후에 추궁하 강선결박술(sublaminar wiring) 기법을 이용한 Luque Trolley라 불리는 척추를 유합하지 않는 Luque 기기 고정술이 소개 되었다⁷. 그러나 이 수술 방법은 골막하 박리(subperiosteal dissection)를 하기 때문에 예상하지 않았던 척추 자연유합이 발생하였다.^{8,13,14}

이후 수술 기법이 발전하여 현재 소아에서 조기 발현된 척추 측만증에 대해 성장형 금속봉과 vertically expandable prosthetic titanium rib (VEPTR)¹⁵ 등 다양한 기기가 소개되었으며 외국에서는 이를 이용한 수술이 다양하게 임상적으로 적용되고 있다. 특히 VEPTR는 주로 흉과 부족 증후군이 발생한 측만증 환자에게 사용하고 있고 흉곽의 기형을 직접적으로 교정할 수 있으며 기기를 삽입하여도 척추의 유합이 일어나지 않는 장점은 있으나 기기의 부피가 상대적으로 크며 시상면상의 불균형은 교정할 수 없고 흉곽의 강직을 초래하게 된다는 단점을 가지고 있다. 반면 성장형 금속봉은 VEPTR와 동일하게 척추와 흉곽의 성장을 유지 할 수 있다는 본래의 기능과 함께 관상면과 시상면의 불균형을 함께 교정 할 수 있으며 흉곽의 강직을 초래하지 않는다는 장점이 있으나 경우에 따라 척추의 자연 유합이 발생하기도 하고 금속봉의 파손이 발생할 수 있다는 단점이 있다.

하지만, 우리나라에는 여러 가지 이유로 이의 보급이 활발하지 않은 상황이며, 특히 국내에서 현재 임상에 사용할 수 있는 성장형 금속봉이 없어 저자들은 국내 실정에 맞는 성장형 금속봉을 개발하게 되었다.

본 실험에서 저자들은 피로 시험과 함께 정적 시험을 시행하였다. 피로 시험은 ASTM 규격에 맞추어 진행하였으며 정적 시험을 먼저 시행하여 확인한 항복 하중의 25%로 진행한 피로 강도 시험에서는 기기의 파손이 없었으나 50%로 시행한 시험에서

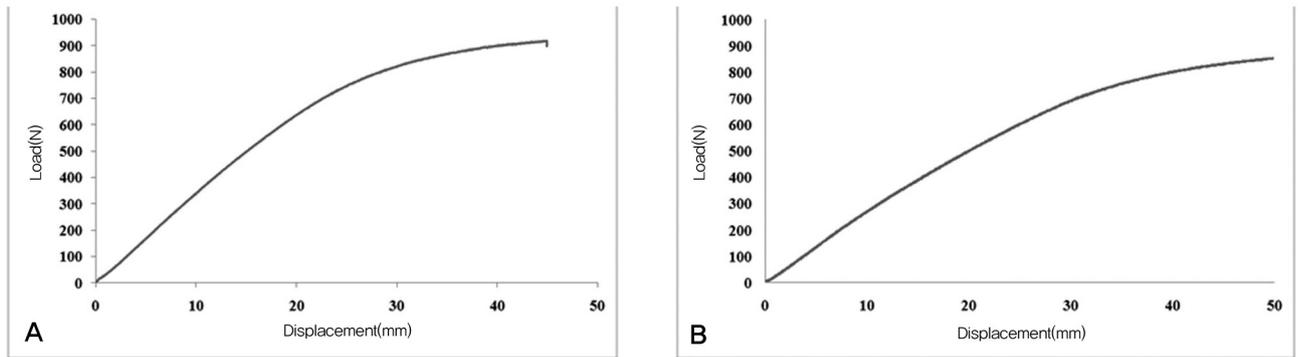


Fig. 6. These diagrams show load – displacement curve of the growing rods (A) and the conventional rods (B) during extension test.

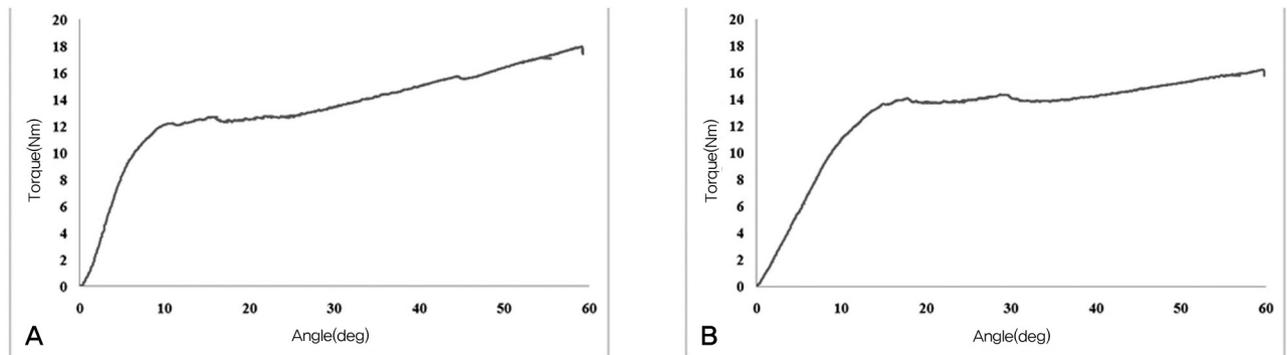


Fig. 7. These diagrams show torque – angular curve of the growing rods (A) and the conventional rods (B) during torsion test.

는 기기의 파손이 관찰 되었고 이는 ASTM 기준의 척추 삽입용 금속봉의 기준을 충족하는 결과이었다.

정적 시험에서는 금속봉의 길이를 피로 시험에서 시행한 것보다 두배로 연장하여 시행하였는데, 이러한 긴 길이는 금속봉에 가해지는 하중이 길이가 짧은 ASTM 규격보다는 크게 작용한다는 것과 실제 임상에서 성장형 금속봉을 사용할 경우 ASTM 시험 규격보다는 긴 길이의 금속봉을 사용하게 되는데 일반형 금속봉과의 역학적 특성을 비교한데 있어서 좀더 임상에서 사용하게 될 환경과 유사한 상황에서 비교하기 위해서였다. 정적 시험 결과는 압박에서는 일반형 금속봉보다 우위를, 신전에서는 같은 정도의 강도를 보였다. 염전에서는 일반형 금속봉보다 낮은 강도를 보였다. 하지만 차이가 적어서 성장형 금속봉이 일반형 금속봉과 비교하여 역학적 성질의 측면에서는 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

그러나 본 연구는 역학적 성질만을 시험하기 위한 모형화된 실험이라는 한계점을 가지고 있다. 역학적인 강도의 측정에서 초고분자량 폴리에틸렌 블록에 척추경 나사를 고정하였기 때문에 실제 척추와 척추경 나사못 사이의 관계를 정확하게 반영하지 못해 실제로 환자에게 적용하기 위해서는 척추골과 척추경 나사못의 관계를 알 수 있는 시험이 필요하고 실제 수술을 할 때는 금속봉을 구부리게 되는데 이렇게 굽어진 정도에 따라 성장형 금속봉이 일반 금속봉과 비교하여 역학적 강도에 있어 통계학적으로 의미 있는 차이가 있을 지에 대하여서도 추가적인 시험이 필요할 것이다. 그러므로 본 연구와 같은 결과를 환자의 치료에 적용해 나가기 위해서는 추가적인 역학적인 성질의 검사가 필요할 것이고, 동물을 이용한 실험이나 연구용 시신을 이용한 역학적인 실험이 진행되어야 할 것으로 판단된다.

결론

저자들이 새로 개발한 성장형 금속봉은 피로 시험에서 척추 삽입용 금속봉으로서의 기준을 충족하였으며 실제 임상 사용과 유사한 환경에서 시행한 정적 시험결과에서도 기존의 일반형 금속봉과 비교하였을 때 유사한 역학적 강도를 확인하였다.

REFERENCES

1. Branthwaite MA. Cardiorespiratory consequences of unfused idiopathic scoliosis. *Br J Dis Chest*. 1986;80:360-9.
2. Campbell RM, Smith MD, Mayes TC, et al. The characteristics of thoracic insufficiency syndrome associated with fused ribs and congenital scoliosis. *J Bone Joint Surg Am*. 2003;85:399-408.
3. Mehta M, Morel G, Zorab P, Siezler D. *The Non-Operative Treatment of Infantile Idiopathic Scoliosis*. London, Academic Press: 1979.
4. Kennedy JD, Robertson CF, Olinsky A, Dickens DR, Phelan PD. Pulmonary restrictive effect of bracing in mild idiopathic scoliosis. *Thorax*. 1987;42:959-61.
5. Klemme WR, Denis F, Winter RB, Lonstein JW, Koop SE. Spinal instrumentation without fusion for progressive scoliosis in young children. *J Pediatr Orthop*. 1997;17:734-42.
6. Harrington PR. *Treatment of scoliosis. Correction and internal fixation by spine instrumentation*. *J Bone Joint Surg Am*. 1962;44:591-610.
7. Moe JH, Kharrat K, Winter RB, Cummine JL. Harrington instrumentation without fusion plus external orthotic support for the treatment of difficult curvature problems in young children. *Clin Orthop Relat Res*. 1984;185:35-45.
8. Sengupta D, Freeman B, Grevitt M, et al. Long term follow-up of Luque trolley growing-rod construct in the surgical treatment of early onset idiopathic scoliosis. *Scoliosis Research Society Annual Meeting*. Seattle. 2002.
9. Tello C, Bersusky E, Francheri A, et al. Severe infantile scoliosis treated with repetitive distractions followed by definitive arthrodesis. *Scoliosis Research Society Annual Meeting*. Seattle. 2002.
10. Dubousset J, Herring JA, Shufflebarger H. The crankshaft phenomenon. *J Pediatr Orthop*. 1989;9:541-50.
11. Roberto RF, Lonstein JE, Winter RB, Denis F. Curve progression in Risser stage 0 or 1 patients after posterior spinal fusion for idiopathic scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 1997;17:718-25.
12. Marchetti PG, Faldini A. End fusions in the treatment of some progressing or severe scoliosis in childhood or early adolescence. *Scoliosis Research Society*, 1977. *Orthop Trans*. 1978;2:271.
13. Mardjetko SM, Hammerberg KW, Lubicky JP, Fister JS. The Luque trolley revisited: review of nine cases requiring revision. *Spine*. 1992;17:582-9.
14. Rinsky LA, Gamble JG, Bleck EE. Segmental instrumentation without fusion in children with progressive scoliosis. *J Pediatr Orthop*. 1985;5:687-90.
15. Campbell RM, Smith M, Hell-Vocke A. Expansion thoracoplasty: the surgical technique of opening-wedge thoracostomy. surgical technique. *J Bone Joint Surg Am*. 2004;86:51-64.

조기 발현형 소아 척만증 치료를 위한 성장형 금속봉과 일반 금속봉의 역학적 강도 비교

김진영 · 문은수 · 정현수 · 이승주 · 김학선
연세대학교 의과대학 정형외과학교실

연구계획: 역학적 연구

연구목적: 본 연구는 새로이 개발된 성장형 금속봉의 임상적 적용을 위해 역학적인 성질을 시험하고자 한다.

선행 문헌의 요약: 본 연구는 조기 발현형 소아 척추 척만증 환자의 치료를 위해 새로이 개발된 성장형 금속봉의 임상적 적용을 앞서 역학적인 성질을 시험하고자 한 것으로서 일반 금속봉에 대하여 성장형 금속봉의 압박 시 항복하중과 최종하중은 높았으며, 신전 시 최종하중도 비슷하였고, 염전 시 항복하중과 최종하중에서는 일반형보다 강도가 작았으나 그 차이가 적어 결과적으로 두 금속봉 간의 역학적 강도에는 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

대상 및 방법: 수술로 고정된 후 신장이 가능하도록 고안된 지름 6.0 mm의 성장형 금속봉과 일반 금속봉을 국제 인정기준의 역학적 검사(The American Society for Testing Materials = ASTM, F1717-04)에 알맞게 제작된 폴리에틸렌 블록에 근위부, 원위부에 각 2개의 척추 경 나사못으로 고정하였다. 성장형 금속봉을 5cm 신장시킨 후 일반 금속봉과 같은 길이로 하여 정적 시험을 통하여 압박, 신전 및 염전의 항복하중, 최종하중을 조사하였고, 성장형 금속봉을 2.5cm 신장 후 압박 시험 후 항복하중의 25%로 피로 시험을 진행하였다. 역학적 시험은 각기 다른 금속봉과 폴리에틸렌 블록으로 각 7회 실시하여 그 평균과 표준편차를 구하였다.

결과: 정적 시험에서 압박 시 항복하중은 성장형이 $845.2 \pm 18.2(N)$, 일반형이 $812.9 \pm 29.9(N)$, 최종하중은 성장형이 $961.9 \pm 31.1(N)$, 일반형이 $914.9 \pm 25.6(N)$ 이었다. 압박에 대한 항복하중과 최종하중은 성장형이 일반형에 비해 통계적으로 의미 있게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). 신전 시 최종하중은 성장형이 $3281.7 \pm 41.5(N)$, 일반형이 $3678.5 \pm 447.9(N)$ 이었다. 최종하중은 성장형과 일반형 사이에 통계적으로 의미 있는 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 염전 시 항복하중은 성장형이 $11.56 \pm 0.59(Nm)$, 일반형이 $12.46 \pm 0.71(Nm)$ 이고 최종하중은 성장형이 $16.97 \pm 0.94(Nm)$, 일반형이 $17.42 \pm 2.66(Nm)$ 이었다. 항복하중과 최종하중은 성장형에 비해 일반형에서 통계적으로 의미 있게 높은 값을 보였다($p < 0.05$). 피로 시험에서는 기기의 손상이 없었다.

결론: 일반 금속봉에 대하여 성장형 금속봉의 압박 시 항복하중과 최종하중은 높았으며, 신전 시 최종하중도 비슷하였고, 염전 시 항복하중과 최종하중에서는 일반형보다 강도가 작았으나 그 차이가 적어 결과적으로 두 금속봉 간의 역학적 강도에는 큰 차이가 없는 것으로 생각된다.

색인 단어: 소아 조기 발현형 척추 척만증, 성장형 금속봉, 역학적 연구

약칭 제목: 소아 척추 척만증을 위한 성장형 금속봉