

# 유한요소해석을 통한 척추교정기 압박력 조절모듈의 고정성능 평가에 관한 연구

고철웅\*, 이장용\*, 변태민\*\*, 한우림\*\*\*, 전동진\*\*\*, 노경석\*\*\*  
\*한국생산기술연구원, \*\*티엠아이, \*\*\*VNTC Ltd.  
e-mail: cheko@kitech.re.kr

## A Study on Evaluation of Fixation Performance for Pressing Load Control Module of Spine Brace by Finite Element Analysis

C.W. Ko\*, J.Y. Lee\*, T.M. Byun\*\*, W.R. Han\*\*\*, D.J. Jeon\*\*\*, K.S. Roe\*\*\*  
\*Korea Institute of Industrial Technology (KITECH), \*\*TMI Co., \*\*\*VNTC Ltd.

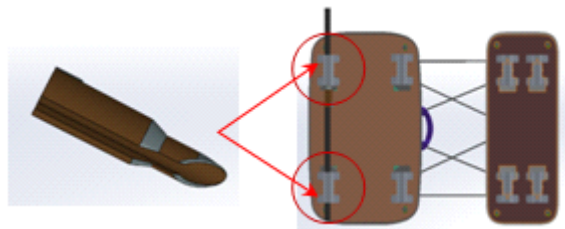
### 요약

척추측만증(Scoliosis)은 척추가 'C자형'이나 'S자형'으로 휘어져서 몸이 좌우로 기울거나 돌아가 변형되는 증상으로, 국내에서는 300만명의 척추측만증 환자(인구의 3~4%)가 보고되고 있다. 특히, 성장기에 있는 청소년 특발성 척추측만증 환자는 44% 정도이며, 척추측만증은 경증(10~20도, 관찰 치료), 중등증(20~45도, 교정기 치료), 중증(45도 이상, 수술 치료)으로 나누어 환자 단계별 치료방법이 상이하다. VNTC에서 개발한 척추 교정기는 세계 유일의 기성형태의 의복형 측만증 교정기로, 핵심 요소인 압박력 조절모듈은 Dial Grip, Main Plate, Sub Plate, Pressing Load Control Wire 등으로 구성되어 있다. 특히, Rail Guide와 Rail 사이에 Wedge Type의 고정기구 삽입 방식을 통하여 환자의 측만골격계의 특정 위치에 고정되어 지속적인 압박력 제공이 가능한 구조를 개발하였다. 본 연구에서는 압박력 조절모듈에 적용된 Wedge Type 고정기구 어셈블리의 고정성능 평가를 위하여 유한요소해석을 수행하였다. Rail, Wedge, Rail Guide의 유한요소모델을 구축하고, Rail 길이 방향으로 1.0N, 2.5N, 5N, 7.5N의 하중 인가 시 Rail Guide와 Wedge의 접촉에 따른 응력 및 접촉압 도출을 통하여 Wedge Type 고정기구 어셈블리의 고정성능을 평가하였다.

## 1. 서론

척추측만증(Scoliosis)은 척추가 'C자형'이나 'S자형'으로 휘어져서 몸이 좌우로 기울거나 돌아가 변형되는 증상으로, 국내에서는 300만명의 척추측만증 환자(인구의 3~4%)가 보고되고 있다[1]. VNTC에서 개발한 척추 교정기는 세계 유일의 기성형태의 의복형 측만증 교정기로, 핵심 요소인 압박력 조절모듈은 Dial Grip, Main Plate, Sub Plate, Pressing Load Control Wire 등으로 구성되어 있다. 특히, Rail, Rail Guide 사이에 Wedge Type의 고정기구 삽입 방식을 통하여 환자의 측만골격계의 특정 위치에 고정되어 지속적인 압박력 제공이 가능한 구조를 개발하였다. 본 연구에서는 압박력 조절모듈에 적용된 Wedge Type 고정기구 어셈블리에 대하여 유한요소해석을 통하여 고정성능을 평가하였다.

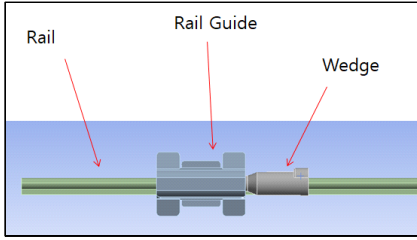
척추교정기의 핵심 요소인 압박력 조절모듈[그림 1]에 적용된 Wedge Type 고정기구 개요는 그림 2와 같으며, 고정기구 어셈블리는 Rail, Rail Guide, Wedge의 3개 부품으로 구성되어 있다. 고정기구의 고정성능 평가를 위하여 사면체 요소의 Rail (N: 8,944/E: 4,355), Rail Guide (N: 9,048/E: 4,731),Wedge (N: 2,380/E: 1,130) 모델을 구축하였다.



[그림 1] VNTC 개발의 척추교정기 외관 (좌) 및 압박력 조절모듈 (우)

## 2. 유한요소모델 및 해석조건

### 2.1 유한요소모델 구축



[그림 2] 압박력 조절모듈을 구성하는 Wedge Type 고정기구 어셈블리 개요

### 2.2 물성치

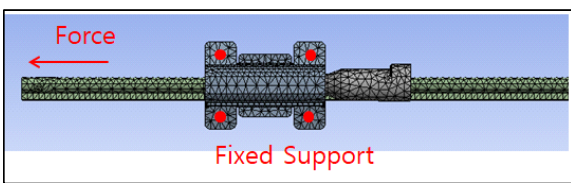
Wedge Type 고정기구 어셈블리를 구성하는 Rail, Rail Guide, Wedge의 재질은 각각 PVC, ABS, LDPE로 적용하였으며, 해당 물성정보는 표 1과 같다.

[표 1] Wedge Type 고정기구 어셈블리의 물성치

| Parts      | Materials | Young's Modulus | Poisson's Ratio |
|------------|-----------|-----------------|-----------------|
| Rail       | PVC       | 3,275 MPa       | 0.38            |
| Rail Guide | ABS       | 1,470 MPa       | 0.3             |
| Wedge      | LDPE      | 300 MPa         | 0.36            |

### 2.3 경계조건

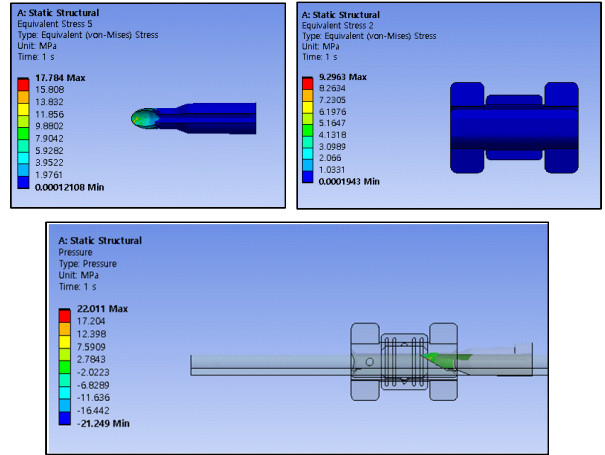
Wedge Type 고정기구 어셈블리의 고정성능 해석을 위하여 접촉 조건으로서 Rail, Rail Guide, Wedge 간에 Frictional Contact 조건을 설정하였고, 마찰계수는 0.15로 설정하였다. Rail Guide는 Fixed Support 조건으로 완전 고정하고, Rail 길이 방향으로 1.0N, 2.5N, 5N, 7.5N 하중을 인가하였다 [그림 3].



[그림 3] 고정성능 평가를 위한 유한요소해석 경계조건 (A: Fixed Support, B: Pulling Force)

### 3. 유한요소해석을 통한 고정성능 평가

해석 Solver는 Ansys (Ansys 2022 R1, USA)을 이용하였고, Rail Guide와 Wedge에서 발생한 응력과 접촉압을 도출하여, 고정구조 어셈블리의 고정성능을 평가하였다. 특히, 외부하중 5N의 경우, Rail Guide와 Wedge의 최대응력은 9.29MPa, 17.78MPa이 얻어졌으며, 접촉압은 22.01MPa이 도출되었다 [그림 4], [표 2].



[그림 4] 유한요소해석 결과 (인가 하중 5N 경우)

[표 2] 인가 하중에 따른 유한요소해석 결과

| Force | Von-Mises Stress (MPa) |       | Contact Pressure (MPa) |
|-------|------------------------|-------|------------------------|
|       | Rail Guide             | Wedge |                        |
| 1.0N  | 1.85                   | 3.55  | 4.40                   |
| 2.5N  | 4.64                   | 8.89  | 11.00                  |
| 5.0N  | 9.29                   | 17.78 | 22.01                  |
| 7.5N  | 13.94                  | 26.67 | 33.01                  |

### 4. 결론

본 연구에서는 압박력 조절모듈에 적용된 Wedge Type 고정기구 어셈블리에 대하여 유한요소해석을 수행하였다. Rail 길이 방향으로 하중 인가 시, Rail Guide(ABS, Yield Strength 65MPa)와 Wedge(LDPE, Yield Strength 26MPa)의 최대 응력 및 접촉압 도출을 통하여 Wedge Type 고정기구 어셈블리의 고정성능을 평가하였다.

### 후 기

이 논문은 한국생산기술연구원에서 아시아현지기술훈용화개발사업 지원으로 수행되었음 (PJE22220: 척추 측만증 치료용 척추교정기의 압박력 조절모듈 설계 개선을 위한 기술지원).

### 참고문헌

[1] National Scoliosis Foundation, 2007