

# 외상성 치아모형에서의 레진 스플린트 시스템의 유연성 비교연구

박진홍 · 신주희 · 류재준 · 이정열\* · 신상완

고려대학교 구로병원 임상치의학 연구소

## Flexibility of resin splint systems for traumatized teeth

Jin-Hong Park, Joo-Hee Shin, Jae-Jun Ryu, Jeong-Yol Lee\*, Sang Wan Shin

Institute for Clinical Dental Research, Korea University Medical Center, Korea University, Seoul, Korea

**Purpose:** The aim of this study is to evaluate the flexural strength of flexible resins and the flexibility of different resin splint (RS) systems in comparison with resin wire splint (RWS) system. **Materials and methods:** Three different resin materials (G-aenial flo, GA, GC; Superbond, SB, Sun medical; G-fix, GF, GC) were tested flexural strength test in accordance with ISO-4049:2000. For the flexibility test of splint systems, a artificial model with resin teeth was used to evaluate three types of resin splint systems (GA, SB, and GF) and one resin wire splint system. The left central incisor was simulated 'injured teeth' with third degree mobility. Three consecutively repeated measurements of periosteal value were taken in horizontal direction, before and after splinting to access tooth mobility. The splinting effect was calculated through the periosteal value. Differences were evaluated through One-way Anova and Tukey HSD post-hoc tests for pair-wise comparison ( $\alpha = .05$ ). **Results:** Although GA group showed significant higher flexural strength than SB and GF groups, all of three different resin splint systems produced a significantly higher and rigid splinting effect compared with 016" resin-wire splint system ( $P < .05$ ). **Conclusion:** Within the limits of an *in vitro* study, it can be stated that resin splint systems are too rigid and may not be acceptable to treat tooth avulsion. (*J Korean Acad Prosthodont* 2017;55:389-93)

**Keywords:** Tooth avulsion; Splint; Physiological mobility; Flexibility

### 서론

치아의 탈구는 구강악면영역에서 발생하는 외상성 손상의 하나로, 치아가 치조골에서 완전히 탈락된 상태를 말한다.<sup>1</sup> 이는 치수, 치주인대, 치조골 등 치주 조직의 손상을 동반하는 복합적인 손상으로,<sup>2</sup> 주로 상악중절치에 호발하고,<sup>3,4</sup> 여성보다는 남성에서 더 빈번히 발생하며,<sup>3,5</sup> 주 발생 연령은 7세에서 20세 사이로 보고되고 있다.<sup>6</sup>

치아 탈구에 대한 치료는 발치와 밖에서 지체된 시간과 치근의 형성 완료 여부에 따라 분류된 방법이 적용되나, 외상 후 즉각적인 응급처치가 손상된 치아의 예후 결정에 가장 중요한 요소이다. 특히 치아를 정확한 위치에 재식 한 후 splinting을 시행하는 것은 필수적인 치료 과정이다.<sup>7</sup>

Splinting은 조직의 치유기간 동안 추가적인 외상 및 동요를 방지하기 위해 손상된 치아를 인접치에 고정하는 술식이다. 이는 외상치아가 고정되는 정도에 따라 rigid, semi-rigid, flexible로 분류되며, 상대적으로 치아에 가장 많은 움직임을 허용하는 flexible splinting이 탈구치아의 치료에 가장 적합한 방법이다.<sup>8,9</sup> 외상치아에 대한 생리적 동요의 부여는 치근의 흡수 및 치아 강직을 예방하고 치아와 치주조직의 회복을 촉진할 수 있다고 알려져 있다.<sup>8,9</sup> 이에 따라 탈구치아에 이상적인 동요를 부여하는 방법에 대한 연구는 지속적으로 이루어 지고 있으나, 여전히 명확한 결론은 내려지지 못하고 있다. 즉 치아에 보다 큰 동요를 부여하고 최소한의 고정을 하기 위한 splinting 방법이 다양하게 시도되고 있으며, 최근에는 탄력성이 높은 레진이 개발되어, 이를 이용한 splinting 가능성이 제안된 바 있다.

\*Corresponding Author: Jeong-Yol Lee

Department of Prosthodontics, Institute for Clinical Dental Research, Korea University Medical Center, Korea University, 148 Gurodong-ro, Guro-gu, Seoul 08308, Republic of Korea +82 (0)2 2626 1922: e-mail, wddc@korea.ac.kr

Article history: Received June 7, 2017 / Last Revision August 17, 2017 / Accepted October 13, 2017

© 2017 The Korean Academy of Prosthodontics

© 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.

따라서 본 연구의 목적은 물성이 개선된 다양한 레진을 이용한 splinting의 유연성과 탈구치아의 치료에 대한 임상적 적용 가능성에 대해 평가하는 것이다.

## 재료 및 방법

본 연구는 (1) 세가지 레진 즉 G-aenial flo (GA, GC, Tokyo, Japan), Superbond C&B (SB, Sun Medical, Moriyama, Japan), G-fix (GF, GC, Tokyo, Japan)의 세 점 굽힘 강도실험을 시행하고, (2) 이들을 이용한 세가지 Resin splinting (RS) 군과 교정용 016" SS wire를 이용한 resin wire splinting (RWS) 군간의 splinting effect 비교 실험을 시행하였다. 사용된 재료는 Table 1에 제시된 바와 같다.

### 1. 3점 굽힘 강도 실험

3점 굽힘 강도 실험은 ISO-4049:2000에 따라 진행하였다 (Fig. 1). 시편은 세가지 레진 (GA, SB, GF)을 각각 10개씩, 총 30개를 제작하여 (25 × 2 × 2 mm), 실험 전까지 36.5도 항온수조에 보관하였다. 실험은 만능시험기 (AGX-KN10, Shimadzu, Japan)를 이용하였으며, Crosshead speed는 1 mm/min, 지그 사이의 거리는 20 mm로 설정하였다. 결과값은 MPa 단위로 환산하여 평가하였다.

### 2. Splinting effect 실험

#### 1) 실험 모델

실험용 영구치 모형 (D85DP-500B. 1, Nissin Dental, Kyoto, Japan)을 이용하여 구강 내 환경을 재현하였다. 모형상의 레진 치아는 고정 스크류 조임 정도를 조절하여 동요도를 부여하였으며, periotest value를 기초로 하여 상악좌측중절치를 외상치아로, 상악우측중절치와 상악좌측중절치를 비 외상치아로 설정



Fig. 1. Three point bending test.

Table 1. Materials used in this study

Product	Manufacturer	Characteristics	Lot. No
Orthodontic wire	G&H wire company, Greenwood, IN, USA	016" Stainless steel	106954
G-aenial Flo (GA)	GC, Tokyo, Japan	Composite resin (UDMA, Bis-MEPP, TEGDMA)	1404121
Super bond C&B (SB)	Sun Medical, Moriyama, Japan	Powder: PMMA, Liquid: MMA, 4-META, Catalyst: TBB	KT1
G-Fix (GF)	GC, Tokyo, Japan	Composite resin (Bis-MEPP, unknown ductile polymer)	1503182

하였다 (Fig. 2). Splinting 시행 전 치아의 수평적 동요도는 Periotest M (Gulden, Modautal, Germany)으로 3회씩 반복 측정하여 평가하였다. 단, 술전 동요도 기준에 부합하지 못하는 경우 스크류 조임 정도를 다시 조절하고 periotest value를 재평가하였다 (외상치아 = 33 ± 3, 비 외상치아 = 3 ± 1).

#### (2) 외상치아의 splinting 효과 평가

수평적 동요도가 조절된 치아 모형은 상악우측중절치에서 상악좌측중절치까지 splinting을 시행하였으며 (Table 2), 각각의 재료는 제조사의 권고사항에 따라 사용되었다. Splinting 후 상악좌측중절치(외상치)의 수평적 동요도를 3차례 반복 측정하였다. 각 군당 10회씩 반복시행 하였으며, 결과값은 다음의 공식을 활용하여 splinting effect (SpErel\_PT [%])로 환산하였다.

$$SpErel\_PT [\%] = (PTVpre - PTVpost) / PTVpre \times 100(\%)$$

- SpErel\_PT [%]: splinting effect; PTVpre: Periotest value before splint; PTVpost: Periotest value after splint.

Splint 전후의 모든 periotest value는 치아의 정중앙에 표시된 동일한 위치에서 치아 순면에 수직으로 측정되었으며, 치아와 device tip 사이의 거리는 1 - 2 mm로 설정했다.

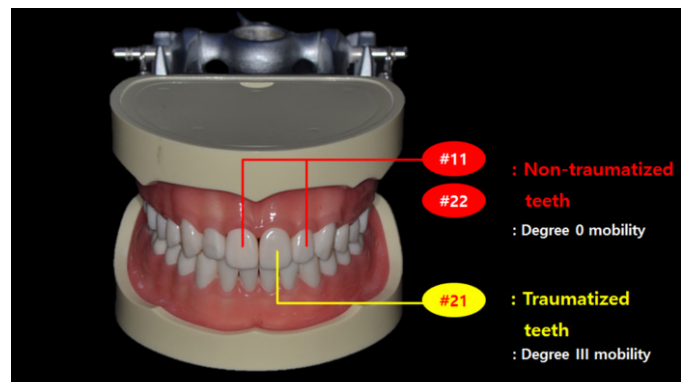


Fig. 2. Experimental model of splinting effect test.

Table 2. Test groups and number of specimens for splinting effect test

	RWS	RS_GA	RS_SB	RS_GF
Resin	G-aenial Flo	G-aenial Flo	Super bond	G-Fix
Wire	016" SS wire	none	none	none
N	10	10	10	10

### 3. 통계 분석

Kolmogorov-Smirnov test를 이용하여 정규 분포 유무를 평가하고, one-way ANOVA와 turkey HDS test를 이용하여 실험군간 유의성 여부를 평가하였다 ( $P = .05$ ). 통계분석 프로그램은 SPSS software version 22.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하였다.

## 결과

### 1. 3점굽힘강도 실험

세가지 레진의 굽힘 강도는 각각  $GA = 94.48 \pm 8.92$ ,  $SB = 55.42 \pm 11.47$ ,  $GF = 46.26 \pm 4.38$  (MPa) 을 나타내었으며, GA군이 SB와 GF군에 비해 통계적으로 높은 강도를 나타내었다 ( $P < .05$ ).

### 2. Splinting effect

세가지 RS군과 한 개의 RWS군은 모두 splinting 후 외상치의 동요도가 감소하였으며 (G-aerial flow = 95.3%, Superbond = 96.2%, G-Fix = 95.9%, Resin wire splint = 31.2%), 세가지 RS군에 비해 RWS군이 보다 큰 치아의 동요를 허용하였다 ( $P < .05$ ). 하지만 세가지 RS군 사이에는 통계적인 차이가 나타나지 않았다.

## 고찰

본 연구는 탈구치아의 치료에 탄력성이 높게 개발된 레진을 이용하여 RS의 임상적 적용 가능성 여부를 평가 하였다. 탈구치아 치료의 지침으로 제시되는 flexible splinting은 외상을 받은 치아의 과도한 micro motion을 제한하되, 적절한 micro tension의 생리적인 자극은 부여하는 splinting 개념이다. 외상 치아의 치유 과정에 적절한 micro tension (100 - 1500  $\mu\epsilon$ )<sup>10,11</sup>을 허용하는 것은 치아 주위 조직의 혈류 공급을 증대 시키고,<sup>12</sup> 콜라겐의 합성 및 성숙

을 촉진시키며,<sup>13,14</sup> 치주조직의 재형성 및 재부착을 가속화 한다. 이러한 생리적 동요를 허용하기 위한 방법으로 직경이 0.4 mm를 초과하지 않는 교정용 wire가 개재된 RWS를 이용할 것이 권고된다.<sup>15</sup>

RWS는 교정용 와이어를 흐름성이 높은 컴포짓 레진을 이용해 치면에 접착하는 술식으로, 사용된 wire의 탄성에 의존하여 손상치에 동요를 부여할 수 있지만, 복잡한 레진의 bonding 과정, wire의 개제로 인한 술 후 음식물 저류 및 심미성 저하 등의 제한점 때문에 새로운 방법에 대한 다양한 시도가 이루어지고 있다. 그 중에서도 wire를 개재하지 않고 직접 치아인접면을 레진으로 접착시키는 splint 방법은 쉽게 적용할 수 있어 임상에서 흔히 사용되고 있다. 하지만 기존 연구에 의하면 composite resin으로 직접 치아를 접착하여 splint를 하는 경우 치아에 생리적 동요를 부여하기 어려운 rigid splinting이 되어 적절한 방법이 될 수 없다.<sup>6,16</sup>

이런 문제점을 극복하기 위해 composite resin 보다 resiliency가 높은 접착용 레진의 적용이 시도되었다. 즉 superbond, g-fix 등이 그것이다. Superbond는 PMMA 기반의 레진으로 뛰어난 접착력을 보이고 resiliency 크지만 임상술식 과정이 복잡하다. G-fix는 고인성 폴리머를 함유한 컴포짓 레진으로, 기존의 컴포짓 레진에 비해 높은 탄력성을 가지는 것이 특징이다. 또한 추가적인 bonding 과정 없이 치면 에칭후 바로 적용이 가능하여 임상에서 보다 쉽게 사용 가능한 장점이 있다.

치아의 동요도를 측정하여 정량화 하기 위한 방법으로 본 실험에서는 periotest를 사용하였다. Periotest는 4초간 16번의 tapping force를 가한 후 표면과의 접촉 시간을 평가하여 동요도를 평가하는 기기로, dynamic periotest method는 재현성이 높고 외상치아의 splinting 효과 평가에 유용한 방법임이 보고된바 있다.<sup>17,18</sup> 본 연구에서는 측정 오차를 최소화하기 위해 3회 반복 측정후 평균값을 이용하였으며, 매회 동일한 위치 및 거리에서 측정하였다. 또한 실습용 레진 치아에 자연치에 준하는 생리적 동요 및 외상성 동요를 부여하여,<sup>19</sup> 가능한 구강 내와 유사한 환경을 재현하였다.

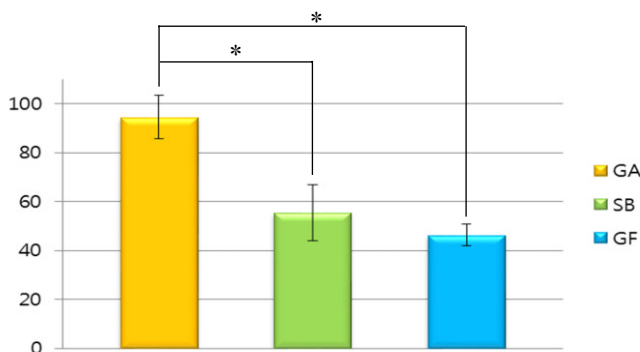


Fig. 3. Mean flexural strength (MPa) of the resins.

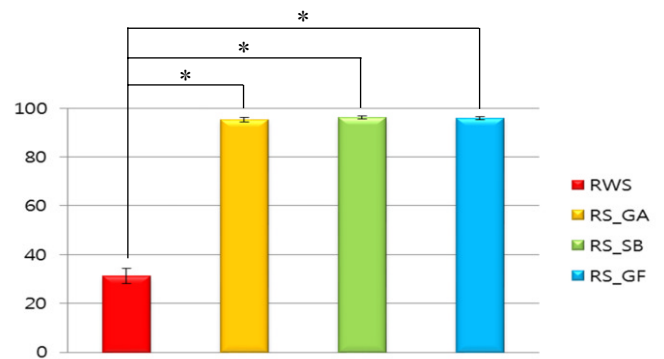


Fig. 4. Mean splinting effect (%) of splinting systems.

이 연구의 결과에서 Superbond와 G-fix를 이용한 RS는 기존 컴포지트 레진을 이용한 군과 비교해 고정된 치아의 동요에 차이가 없었으며, RWS에 비해 높은 고정력을 나타냈다. 이는 접착된 레진의 면적이 넓고, 접착 치면 간 거리가 가까워, 레진의 높은 유연성에도 불구하고 충분한 flexibility를 나타내기 어려운 구내 환경 때문으로 예측된다. 따라서 어떤 종류의 레진을 사용하더라도 탈구된 치아의 치료에서 치아 인접면 간의 직접부착에 의한 resin splint는 생리적 동요를 부여할 수 있는 움직임을 제공할 수 없다는 것이다.

단 본 연구는 치아모형을 이용한 vitro 실험으로, 치주 인대를 재현하지 못하는 등 자연치의 조건을 완벽하게 재현하는 측면에서 한계가 있었다.

## 결론

이 연구의 한계내에서 볼 때, 레진을 이용한 resin splint는 resin wire splint에 비해 높은 치아 동요도 제한을 나타내었으며, 이는 탈구치아 치료에 부적합한 것으로 보인다.

## ORCID

Jin-Hong Park <https://orcid.org/0000-0002-3220-9912>

Jae-Jun Ryu <https://orcid.org/0000-0001-6903-5955>

Jeong-Yol Lee <https://orcid.org/0000-0003-3079-0376>

Sang Wan Shin <https://orcid.org/0000-0002-3100-2020>

## References

- Andreasen JO, Andreasen FM. Textbook and colour atlas of traumatic injuries to the teeth. 3rd ed. Copenhagen; Munksgaard; 1994. p. 155, 383, 425.
- Soares AJ, Gomes BP, Zaia AA, Ferraz CC, de Souza-Filho FJ. Relationship between clinical-radiographic evaluation and outcome of teeth replantation. Dent Traumatol 2008;24:183-8.
- Gutmann JL, Gutmann MS. Cause, incidence, and prevention of trauma to teeth. Dent Clin North Am 1995;39:1-13.
- Glendor U, Halling A, Andersson L, Eilert-Petersson E. Incidence of traumatic tooth injuries in children and adolescents in the county of Västmanland, Sweden. Swed Dent J 1996;20:15-28.
- Ram D, Cohenca N. Therapeutic protocols for avulsed permanent teeth: review and clinical update. Pediatr Dent 2004;26:251-5.
- Kwan SC, Johnson JD, Cohenca N. The effect of splint material and thickness on tooth mobility after extraction and replantation using a human cadaveric model. Dent Traumatol 2012;28:277-81.
- Andersson L, Andreasen JO, Day P, Heithersay G, Trope M, Diangelis AJ, Kenny DJ, Sigurdsson A, Bourguignon C, Flores MT, Hicks ML, Lenzi AR, Malmgren B, Moule AJ, Tsukiboshi M. International association of dental traumatology guidelines for the management of traumatic dental injuries: 2. Avulsion of permanent teeth. Dent Traumatol 2012;28:88-96.
- Ram D, Cohenca N. Therapeutic protocols for avulsed permanent teeth: review and clinical update. Pediatr Dent 2004;26:251-5.
- Andreasen JO, Andreasen FM, Mejare I, Cvek M. Healing of 400 intra-alveolar root fractures. 2. Effect of treatment factors such as treatment delay, repositioning, splinting type and period and antibiotics. Dent Traumatol 2004;20:203-11.
- Frost HM. A determinant of bone architecture. The minimum effective strain. Clin Orthop Relat Res 1983;(175):286-92.
- Frost HM. Skeletal structural adaptations to mechanical usage (SATMU): 1. Redefining Wolff's law: the bone modeling problem. Anat Rec 1990;226:403-13.
- Yasuda T, Kinoshita M, Abe M, Shibayama Y. Unfavorable effect of knee immobilization on Achilles tendon healing in rabbits. Acta Orthop Scand 2000;71:69-73.
- Vailas AC, Tipton CM, Matthes RD, Gart M. Physical activity and its influence on the repair process of medial collateral ligaments. Connect Tissue Res 1981;9:25-31.
- Becker H, Diegelmann RF. The influence of tension in intrinsic tendon fibroplasia. Orthop Rev 1984;13:65-71.
- American Association of Endodontists Guideline. Recommended guidelines of the AAE for the treatment of traumatic dental injuries (revised 2013). Available from: <http://www.nxtbook.com/nxtbooks/aae/traumaguidelines/index.php>
- Mazzoleni S, Meschia G, Cortesi R, Bressan E, Tomasi C, Ferro R, Stellini E. In vitro comparison of the flexibility of different splint systems used in dental traumatology. Dent Traumatol 2010;26:30-6.
- Andresen M, Mackie I, Worthington H. The Periotest in traumatology. Part I. Does it have the properties necessary for use as a clinical device and can the measurements be interpreted? Dent Traumatol 2003;19:214-7.
- Berthold C, Auer FJ, Potapov S, Petschelt A. In vitro splint rigidity evaluation-comparison of a dynamic and a static measuring method. Dent Traumatol 2011;27:414-21.
- Berthold C, Holst S, Schmitt J, Goellner M, Petschelt A. An evaluation of the Periotest method as a tool for monitoring tooth mobility in dental traumatology. Dent Traumatol 2010;26:120-8.

## 외상성 치아모형에서의 레진 스플린트 시스템의 유연성 비교연구

박진홍 · 신주희 · 류재준 · 이정열\* · 신상완

고려대학교 구로병원 임상치의학 연구소

**목적:** 본 연구의 목적은 탄성력이 높게 개발된 레진의 굽힘 강도를 평가하고, resin wire splint (RWS)와 유연성을 비교 평가하는 것이다.

**재료 및 방법:** 세가지 레진 G-aenial flo (GA, GC), Superbond (SB, Sun medical), G-fix (GF, GC)의 세 점 굽힘 강도는 ISO4049/2000에 따라 진행하였다. GA, SB, GF를 이용한 세개의 RS군과 GA와 교정용 016" SS wire를 이용한 RWS군간의 치아 동요도 비교는 영구치 모형을 이용하였다. 상악좌측중절치에 3도의 동요를 부여하고, 치아의 수평적인 동요도를 splint 전후에 각 3회씩 periosteal value로 평가하였다. Splint 전후 periosteal value는 splinting 효과로 환산하여 평가하였다. 통계적인 평가는 one-way ANOVA와 turkey HDS test를 이용하였다( $\alpha = .05$ ).

**결과:** SB와 GF가 GA에 비해 낮은 굽힘강도를 보였으나, 세가지 RS군은 RWS에 비해 높은 splinting 효과를 나타내었다 ( $P < .05$ ).

**결론:** 제한된 본 연구에서 사용된 재료와 상관없이 RS는 RWS에 비해 높은 견고성을 보였으며, 이는 탈구치아 치료를 위한 flexible splint에 부적합한 것으로 보인다. (대한치과보철학회지 2017;55:389-93)

**주요단어:** 치아 탈구; 스플린트; 생리적 동요; 유연성

\* 교신저자: 이정열

08308 서울 구로구 구로동로 148 고려대학교 구로병원 임상치의학연구소

02 2626 1922: e-mail, wddc@korea.ac.kr

원고접수일: 2017년 6월 7일 / 원고최종수정일: 2017년 8월 17일 / 원고채택일: 2017년 10월 13일

© 2017 대한치과보철학회

이 글은 크리에이티브 커먼즈 코리아 저작자표시-비영리 3.0 대한민국 라이선스에 따라 이용할 수 있습니다.