

Fracture Resistance of Incisal Tooth Fragment reattached with different Materials and Preparation

Jongsung Kim, Gimin Kim, Jaesik Lee, Hyunjung Kim, Soonhyeun Nam

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University

Abstract

The purpose of this study is to analyze the fracture resistance of reattached tooth according to the resin materials and tooth preparation type under physiological conditions.

Uncomplicated crown fracture in the oblique direction was reproduced on the extracted 64 anterior teeth. Depending on the composite resin material, reattachment was performed using a flowable resin and a packable resin. Depending on retentive forms, reattachment was performed using simple reattachment, 1.0 mm × 1.0 mm labial chamfer bevel, 1.0 mm × 1.0 mm lingual chamfer bevel and 1.0 mm × 1.0 mm circumferential bevel. A load was applied to the palatal surface of the tooth using a universal testing machine at an angle of 125 degree, which is the interincisal angle of normal children. Under the masticatory pressure condition, fracture resistance of lingual chamfer groups was 28.28 ± 7.41 MPa and 27.54 ± 4.45 MPa, which was significantly higher than those of simple reattachment groups, 17.21 ± 5.87 MPa and 20.10 ± 6.00 MPa, in both flowable and packable resin groups.

When considering the lingual force similar to masticatory pressure, the fragment retention was significantly improved when the lingual chamfer was formed compared to the simple reattachment. Clinicians may consider the design of the lingual chamfer in order to improve fracture resistance to masticatory pressure during fragment reattachment.

Key words : Uncomplicated crown fracture, Fragment reattachment, Fracture resistance

I. 서 론

외상성 치아손상은 치과영역에서 다루기 어려운 응급상황 중 하나이며 많은 합병증을 초래한다[1]. 외상성 치아손상은 소아 청소년기에 가장 많이 발생하며, 치관파절은 치아손상 중에서 가장 흔한 형태 중 하나이다[2,3]. 특히 치관파절은 유치열보다 영구치에서 흔히 발생하며, 상악 중절치에서 많이 발생하는데, 이는 외력이 주로 수축에서 작용하고 상악 중절치가 전방으로 돌출되어 있기 때문이다[4]. 상악 중절치는 심미적으로 중요

한 역할을 하기 때문에, 상악 전치부의 치관파절은 소아 청소년의 자아형성과 삶의 질에 부정적인 영향을 미칠 수 있다.

치관파절에 이환된 치아는 치수보호와 저작 등 기능뿐만 아니라 심미적 회복을 위해서 수복이 필수적이다. 최근 접착 시스템이 비약적으로 발달함에 따라 복합레진 수복이 이러한 치관파절의 치료에 많이 사용되고 있다. 하지만 복합레진은 낮은 마모저항성, 변연부의 착색과 변색, 낮은 변연적합성 등의 단점이 있다[3]. 이러한 점을 고려할 때 파절편이 이용 가능한 경우 파절편 재부착은 치관파절 시 보존적 치료를 위해 고려할 수 있는 치료

Corresponding author : Soonhyeun Nam

Department of Pediatric Dentistry, School of Dentistry, Kyungpook National University, 2177, Dalgubeol-daero, Jung-gu, Daegu, 41940, Republic of Korea

Tel: +82-53-600-7201 / Fax: +82-53-426-6608 / E-mail: shnam@knu.ac.kr

Received October 15, 2021 / Revised December 3, 2021 / Accepted November 16, 2021

방법 중 하나이다.

파절편 재부착술은 레진재료를 이용하여 파절된 치아조각을 부착하는 수복 방법이다[5,6]. 1964년에 Chosack과 Eildeman[7]이 최초로 파절된 전치부 치관부 파절편을 재부착한 증례를 소개한 이래로 단순 및 복잡 치관파절 증례에서 많이 이용되어 왔다. 치관부 재부착술은 자연치아의 형태와 기능을 신속하고 보존적으로 재현할 수 있으며, 재부착된 치아의 마모율은 복합레진에 비해 우수하며 인접치아와 거의 유사하다는 장점이 있다[8-10]. 파절편 재부착술은 파절편의 적합도가 양호하고 파절편이 다수가 아닌 경우에 주로 권장된다[11]. 하지만 치아와 파절편이 일치하지 않거나 파절편이 조작하기에 어려울 정도로 작을 경우에는 복합레진 수복과 같은 다른 방법을 선택해야 한다.

파절편 재부착은 응축형 또는 유동성 복합레진 등 다양한 재료뿐만 아니라 다양한 방법을 통해 시행되어 왔다. 여러 방법들 중에서 단순 재부착술은 추가적 치아삭제 없이 파절편을 치아에 부착하는 방법이다[12]. 그러나 단순 재부착술에 의한 파절편 재부착은 시간 경과에 따라 탈락이 자주 발생하였으며, 이에 파절편의 유지력을 증진시키기 위해 부가적으로 파절면 주변 치질 형태를 변형하는 방법이 시도되었다. 법랑질 사면형성법은 치아와 파절편의 파절선 주변에 사면을 형성하는 방법으로 파절편의 유지력을 향상시킬 수 있다[13]. External chamfer 형성법은 단순 재부착술을 선행한 후 다이아몬드 버를 이용하여 파절선 주변 법랑질에 chamfer 변연을 형성하는 방법으로 순측, 설측 또는 환상으로 형성할 수 있다. 이 방법을 통해 파절편을 정확하게 부착할 수 있을 뿐만 아니라 결합력도 증가시킬 수 있다[14].

현재까지 파절편 재부착술에 관한 다양한 연구들이 보고되었으나 수평치관파절을 재현한 연구들이 대부분이다. 하지만 임상적으로는 치관파절 시 수평파절보다 사선파절이 더 많이 발생한다[15]. 또한 재부착 파절편의 탈락 원인에 대해서도 추가적인 외상을 초점으로 하는 연구들이 보고되었으나 실제 임상적으로 저작과 관련된 생리적 사용에 대한 탈락요인도 적지 않은 부분을 차지하였다[16,17]. 추가적인 외상에 의해 발생하는 치관파절은 일상적이지 않으며, 또한 외상의 특성상 과도한 힘이 가해질 경우 부착편의 탈락을 방지할 수 있는 예방법이 없는 경우로 생각된다. 이를 고려 시 파절편 재부착에 대하여 보다 임상적 및 생리적인 조건을 반영한 연구가 필요할 것으로 보인다.

이 연구의 목적은 사선파절과 저작압을 고려한 생리적 조건에서 파절편 재부착 시 레진재료 및 유지형태에 따른 파절편의 파절저항성을 평가하는 것이다.

II. 연구 재료 및 방법

이 연구는 경북대학교 치과병원 임상연구윤리위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인 하에 시행되었다(KNUDH-2021-05-02-00).

1. 연구재료

이 연구는 치주적 원인으로 발거된 총 64개의 건전한 영구 전치를 대상으로 하였으며 치아 선정 기준은 다음과 같았다.

1) 포함 기준

치관 부위에 발육학적으로 결함이 없으며, 외상성 손상 및 우식병소가 없는 건전 영구전치를 연구에 포함하였다.

2) 제외 기준

치관 부위에 치아우식이나 수복물이 존재하는 치아는 연구에서 제외하였다.

3) 실험군 설계

준비된 64개의 치아를 복합레진 재료에 따라서 2개의 군으로 분류하였다. 치관부 파절편 재부착에 사용된 재료에 따라 유동성 복합레진(FILTEK™ Supreme Flowable, 3M ESPE, St. Paul, USA)을 사용한 군을 I군, 응축형 복합레진(FILTEK™ Z350 XT, 3M ESPE, St. Paul, USA)을 사용한 군을 II군으로 분류하였다.

이들 각 군은 파절선 주위 법랑질 형태 변형방법에 따라 다시 단순 재부착은 A군, 순측 chamfer는 B군, 설측 chamfer는 C군 그리고 circumferential chamfer는 D군으로 분류하였으며, 하위 군은 각 군당 8개의 치아를 포함하였다(Table 1).

Table 1. Experimental conditions of each group

Group	Subgroup	Total	Reattachment Technique
I (flowable resin)	A	8	simple reattachment
	B	8	labial chamfer
	C	8	lingual chamfer
	D	8	circumferential chamfer
II (packable resin)	A	8	simple reattachment
	B	8	labial chamfer
	C	8	lingual chamfer
	D	8	circumferential chamfer

2. 연구방법

1) 치관파절 및 파절면의 면적측정

파절선이 순측보다 설측이 더 하방으로 주행하는 일반적인 치관파절 형태의 사선파절을 형성하기 위해 전동 디스크를 사용하여 절단면 1/3 부위에서 사선으로 절삭함으로써 전치부의 단순 치관파절을 재현하였다(Fig. 1). 이를 위해 파절선이 치아 장축에 대해 60°를 이루며(Fig. 1A), 치수강을 침범하지 않도록 치관부 파절편을 분리하였다(Fig. 1B).

절삭된 모든 치아의 파절면은 디지털 카메라(Canon EDS 200D, Tokyo, Japan)를 이용하여 1:1 배율로 촬영하였다. 각 시편들의 파절면은 Image J Fiji 1.46 소프트웨어(National Institutional of Health, Bethesda, USA)를 이용하여 파절면의 면적을 계산하였다.

2) 파절편의 재부착

파절된 면을 제외한 모든 법랑질 표면은 nail varnish를 도포하여 파절저항성에 영향을 줄 수 있는 불필요한 산부식과 레진접착을 차단하였다.

(1) 유동성 복합레진 그룹

파절편 및 치아 양쪽에 산부식제(Scotchbond™ Universal Etchant, 3M ESPE, St. Paul, USA)로 산부식을 실시하였다. 7세대 접착제(Scotchbond™ Universal Adhesive, 3M ESPE, St. Paul, USA)을 20초간 문질러 도포한 후 LED 광중합기 Bluephase® 20i(Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein)를 이용하여 1,100 mW/cm²로 10초간 광중합을 하였다. 파절편과 치아의 양측에 유동성 복합레진 FILTEK™ Supreme Flowable(3M ESPE, St. Paul, USA)을 적용하고 파절선에 정확하게 맞는지 확인 후 순면 및 설

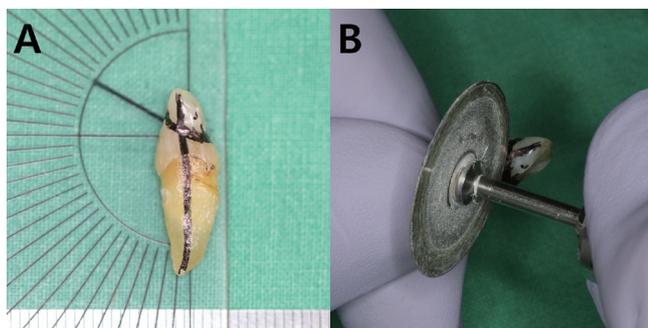


Fig. 1. Images of sectioning of the tooth. (A) Normal crown fracture line was indicated on the tooth. (B) The tooth was cut using a rotatory disc to represent uncomplicated fracture condition.

측면에서 각각 20초간 광중합을 하였다. 중합완료 후 파절선 주변의 잔여레진을 제거하고 연마하였다(Fig 2A).

A군을 제외한 나머지 군은 부착 후 diamond chamfer bur를 이용하여 파절선을 따라 B군은 1.0 mm × 1.0 mm 순측 chamfer bevel(Fig. 2B), C군은 1.0 mm × 1.0 mm 설측 chamfer bevel(Fig. 2C), D군은 1.0 mm × 1.0 mm circumferential chamfer bevel(Fig. 2D)로 추가적으로 유지형태를 형성하였다. 각 그룹에 맞게 형성된 유지형태는 이전과 동일한 방법으로 7세대 접착시스템을 이용하여 유동성 복합레진을 이용하여 수복을 실시하였다.

(2) 응축형 복합레진 그룹

유동성 복합레진의 경우와 동일하게 산부식 및 상아질 접착제 처리한 후, 응축형 복합레진을 이용하여 유동성 복합레진과 동일한 과정으로 치아 재부착을 실시하였다.

3. 파절저항강도 측정

만능재료 시험기 Instron 3366 Universal Testing Machine (Instron®, Norwood, USA)를 사용하여 파절저항 강도를 측정하였다. 정상적인 아동의 절치간각을 반영하여[18], 치아의 장축이

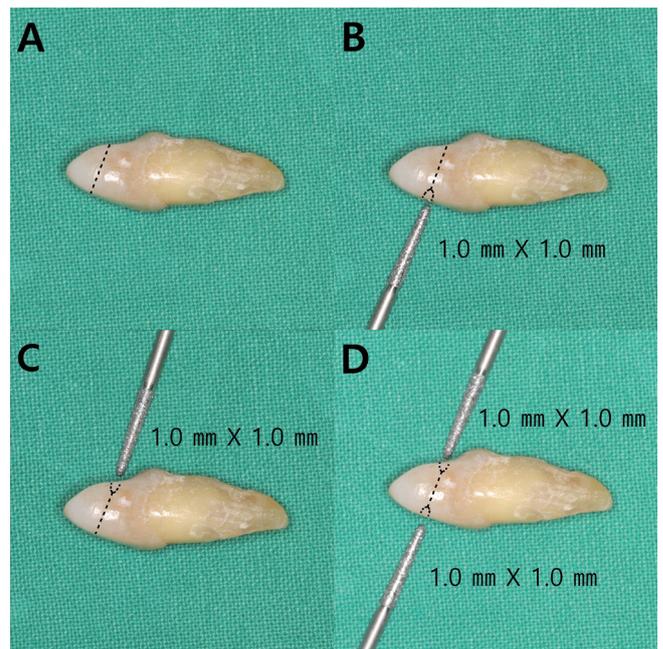


Fig. 2. Images of tooth preparation procedure. (A) simple reattachment. (B) labial chamfer. (C) lingual chamfer. (D) circumferential chamfer.

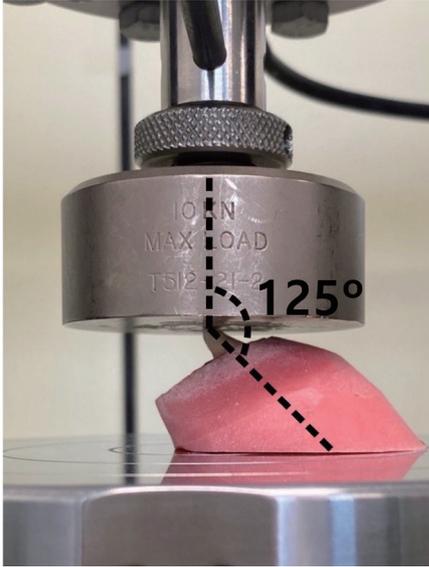


Fig. 3. The rod of Instron was installed on palatal surface of the tooth at an angle of 125 degree to the long axis of the tooth.

crosshead에 대해 125°를 이루도록 시편을 고정하였다(Fig. 3).

Crosshead head speed 1.0 mm/min의 속도로 치아의 설측면에 압축하중을 가하였고 치아와 파절편의 접촉면의 탈락이 일어날 때 최대하중을 기록하였다. 각 시편들의 최대하중을 파절면의 면적으로 나누어 단위면적당 파절저항강도(MPa)로 환산하였다.

4. 통계 분석

결과는 SPSS version 25.0(SPSS Inc, Chicago, IL, USA)를 이용하여 분석 및 통계처리 하였다. 복합레진 재료에 대한 영향 및 통계학적 유의성을 분석하기 위해서 Mann-Whitney test를 시행하였다. 치아형성 방법에 대한 영향 및 통계적 유의성을 분석하기 위해서 Kruskal-Wallis test를 시행하였으며, Mann-Whitney test를 통해 사후검정을 실시하였다.

III. 연구 성적

1. 파절저항성의 비교

이 연구의 재료 및 치아형성방법에 따른 단위면적당 파절저항강도의 결과는 Table 2와 Fig. 4와 같다. 유동성 레진에서의 단위면적당 파절저항성은 circumferential chamfer군이 29.22 ± 9.73 MPa로 가장 높았으며, 이어서 설측 chamfer군이 28.28 ± 7.41

MPa, 순측 chamfer군이 20.31 ± 5.01 MPa 순이었으며, 단순 재부착군이 17.21 ± 5.87 MPa로 가장 낮았다. 응축형 레진에서의 단위면적당 파절저항성은 설측 chamfer군이 27.54 ± 4.45 MPa로 가장 높았으며, 이어서 circumferential chamfer군이 27.38 ± 5.94 MPa, 순측 chamfer군이 21.80 ± 5.65 MPa 순이었으며, 단순 재부착군이 20.10 ± 6.00 MPa로 가장 낮았다.

2. 그룹 간 파절 저항성의 비교

1) 복합레진 재료에 따른 비교

복합레진 재료에 따른 비교 시 유동성 레진군과 응축형 레진군 사이에 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($p > 0.05$, Table 3).

2) 치아 형성방법에 따른 비교

유동성레진 및 응축형 복합레진 모두 C군이 A군보다 단위면적당 통계적으로 유의하게 더 큰 파절저항강도를 나타내었다(Table 4, 5). A군과 B군, B군과 C군, A군과 D군, B군과 D군, C군과 D군 사이의 비교 시 통계학적 유의성은 없었다(Table 4, 5).

IV. 총괄 및 고찰

파절편 재부착은 레진재료를 이용하여 파절된 치아 파절편을 차아에 부착하는 치아 수복방법을 말하며, 파절선이 치은 내 생리적 폭경에 최소한으로 침범된 경우와 온전한 파절편이 이용 가능한 경우 고려할 수 있는 치료방법 중 하나이다[5,6,19]. 이는 파절된 치관의 외형을 회복하는 가장 간단하면서도 보존적인 방법으로써, 본래의 치아 형태와 색, 표면질감을 유지할 수 있기 때문에 심미적이며, 인접치와 유사한 절단면 마모도를 가진다는 측면에서 장기적으로 양호한 예후를 기대할 수 있다[8-10]. 또한 본래의 치아를 이용한다는 점에서 환자의 외상 후 정신적인 상실감을 보상해 줄 수 있고, 다른 술식에 비하여 비용이 저렴하고 치료시간이 줄어든다는 점에서도 경제적인 방법이라 할 수 있다[8-10].

파절편 재부착술은 파절편이 여러 조각으로 분리되지 않고 조각 가능한 정도로 큰 경우, 파절된 치면 사이의 적합도가 일치하는 경우 등과 같은 증례에서 시행될 수 있다[11]. 부적절한 파절편 재부착은 접착 계면에서의 점진적인 분해와 수복치아와 관련된 비기능적 습관으로 인해 발생하는 탈락 가능성이 있다[3]. 이를 방지하기 위해 파절편 재부착은 파절편과 치아 두 조각 사이에 적절한 부착재료를 매개로 정확하게 시적하는 과정이 중요하다.

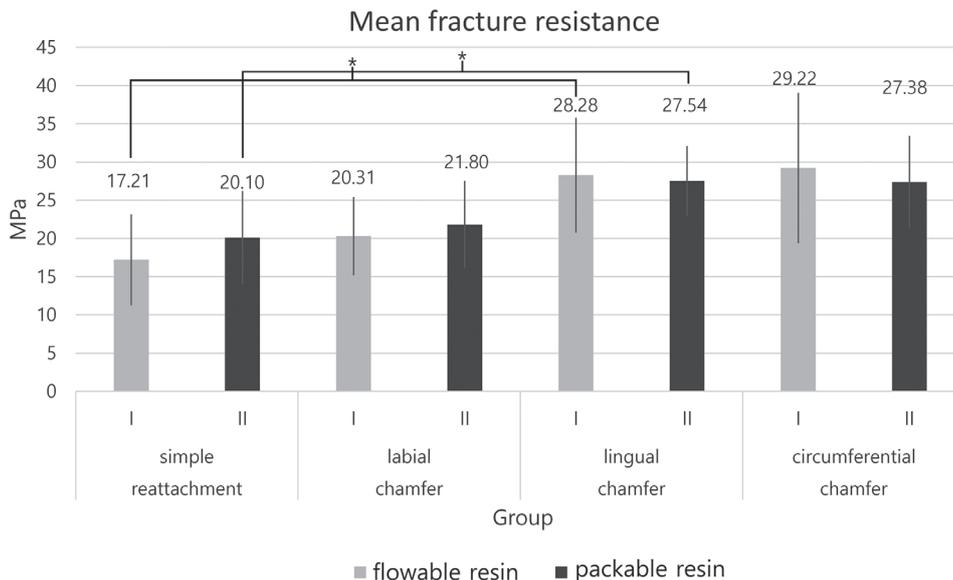


Fig. 4. Means and standard deviations of fracture resistance by resin materials and preparation techniques. *p* value from Mann-Whitney test.

Table 2. Means and standard deviations of fracture resistance by resin materials and preparation techniques

Group	Mean ± SD of fracture resistance (MPa)
I A	17.21 ± 5.87
I B	20.31 ± 5.01
I C	28.28 ± 7.41
I D	29.22 ± 9.73
II A	20.10 ± 6.00
II B	21.80 ± 5.65
II C	27.54 ± 4.45
II D	27.38 ± 5.94

I: flowable resin II: packable resin A: simple reattachment, B: labial chamfer, C: lingual chamfer, D: circumferential chamfer

Table 3. Comparison of fracture resistance between two resin materials

Group	IIA	IIB	IIC	IID
I A	0.515	-	-	-
I B	-	0.965	-	-
I C	-	-	0.717	-
I D	-	-	-	0.657

p value from Mann-Whitney test.
I: flowable resin, II: packable resin, A: simple reattachment, B: labial chamfer, C: lingual chamfer, D: circumferential chamfer

Table 4. Comparison of fracture resistance by preparation techniques within flowable resin groups

Group	IA	IB	IC	ID
I A	-	-	-	-
I B	0.442	-	-	-
I C	0.010	0.050	-	-
I D	0.028	0.083	0.959	-

p value from Mann-Whitney test.
I: flowable resin, A: simple reattachment, B: labial chamfer, C: lingual chamfer, D: circumferential chamfer

Table 5. Comparison of fracture resistance by preparation techniques within packable resin group

Group	IIA	IIB	IIC	IID
II A	-	-	-	-
II B	0.631	-	-	-
II C	0.007	0.013	-	-
II D	0.023	0.019	0.684	-

p value from Mann-Whitney test.
II: packable resin, A: simple reattachment, B: labial chamfer, C: lingual chamfer, D: circumferential chamfer

전치부에 치아외상이 가해진 경우, 치관파절은 다양한 형태로 나타날 수 있다. 외상받은 전치부 치관파절의 양상에 대해 Murchison 등[20]은 파절선이 순측에서 설측 방향으로 진행하면서 치근단측으로 주행하는 사선방향이 주로 나타난다고 하였다. 또한 Stokes와 Hood[21]는 파절 양상에 대한 연구로 외상 시 사선방향이 파절이 빈번히 발생하는 것을 확인하였다. 따라서 파절편 재부착술에 대한 연구 시 보다 임상적 조건을 반영하기 위해서는 수평파절보다는 사선파절 양상을 재현하는 것이 타당할 것으로 보인다.

파절편 재부착 후 장기적인 관찰 시 일반적으로 파절편 재상실의 가장 큰 요인으로는 추가적인 외상이 있으며, 이 외에도 구강 악습관과 같은 비생리적인 요인 및 저작 등에 따른 생리적인 요인의 순으로 나타난다고 알려져 있다[16,17]. 추가적인 외상에 의해 발생하는 치관파절은 예측할 수 없으며, 외상의 특성상 과도한 힘이 가해질 경우 부착편의 탈락을 방지할 수 있는 예방법은 없을 것으로 생각된다. 반면 저작과 같은 생리적인 요인에 의한 파절편의 탈락은 최적의 레진선택, 파절편 주변의 치면형태 변화 등 적절한 치료방법을 사용 시 예방이 가능할 것으로 보이며, 이에 파절편 재부착에 대하여 보다 임상적 및 생리적인 조건을 반영한 연구가 필요할 것으로 보인다. 이번 연구에서는 변수를 가능한 한 실제 임상과 유사하게 재현하기 위해 치관부를 순측보다 설측이 치근단 방향으로 향하는 사선형태로 파절시켰고, 또한 실제 저작압 등에 의한 파절편의 탈락가능성을 확인하기 위하여 압력을 설측 방향에서 가하여 부착된 파절편의 파절강도를 확인하였다.

파절편 재부착시 파절저항성에 영향을 미치는 요인은 대표적으로 재료적인 측면과 치면형태 변형 측면이 있다. 파절편 재부착술에 사용되는 재료의 조건으로는 우수한 생체적합성, 최소 치은자극 및 가해지는 응력을 견딜 수 있는 충분한 결합강도 등이 있다[22]. 파절편 재부착 시 재료가 파절저항성에 미치는 영향에 관하여 Singhal와 Pathak[3]는 레진강화형 글라스아이오노머, 컴포머, 복합레진 및 이중중합레진시멘트를 비교 시 순측에 대한 저항강도는 복합레진이 가장 컸으며, 레진강화형 글라스아이오노머가 작았다고 하였다. 최근에는 접착 시스템의 발달로 치관부 재부착술에 이용하는 재료는 주로 복합레진이 사용되고 있다[23]. 이에 이번 연구에서는 현재 임상에서 파절편 재부착술에 흔히 사용되고 있는 유동성 레진과 응축형 레진을 연구재료로 선택하였다.

이번 연구의 결과에 따르면 유동성 레진을 사용한 I군과 응축형 레진을 사용한 II군 사이의 비교 시 저작압에 대한 파절저항강도는 유의한 차이가 없었다. Bhargava 등[22]은 유동성 및 응축형 레진에 대한 파절저항을 비교한 연구 결과 순측에서 힘

을 적용하였을 때 재료 간의 파절저항성의 차이는 없다고 하였으며, Ries 등[24]은 파절편 재부착 시 파절편의 유지력은 수복재료보다는 재부착 시 이용된 치아형성 방법들에 더 영향을 미친다고 하였다. 한편 Anshu 등[25]의 연구에서는 순측에서 힘을 적용하였을 때 응축형 복합레진이 유동성 복합레진보다 파절저항성이 유의하게 더 컸다는 것을 확인하였다. 이와 같은 연구를 고려 시 저작압에 대한 파절저항성은 레진재료에 대한 차이는 크지 않을 것으로 보이며 파절편의 탈락은 레진재료 자체의 응집실패보다는 접착계면의 접착실패 요인에 더 영향을 받는 것으로 생각된다. 따라서 저작압을 반영한 설측 부하에서 재료의 차이를 비교하기 위해서는 설측에서 힘을 적용한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

파절편 재부착술 시 파절 강도를 보강하기 위한 치면형태의 변형 또한 파절저항강도에 영향을 미칠 수 있다. 단순 재부착과 추가적 치아형성에 대한 비교한 이전 연구에 의하면 파절편에 추가적 변형 없는 단순 재접착과 비교하여 순측 chamfer를 형성하였을 때 순측 부하 조건에서 파절저항성을 향상시키는 것으로 나타났다[13,26,27]. 이러한 파절편 부착 후 파절선 주변 법랑질을 변형하는 것은 접착면적의 증가로 파절저항강도를 증가시키는 것으로 보인다.

이번 연구에서는 순측 chamfer를 형성한 B군과 단순 재부착으로 부착한 A군을 비교하였을 때 저작압에 대한 파절저항성의 차이가 없었다. 그러나 chamfer 설계방향에 따른 파절저항강도를 분석한 Zhang 등[28]은 순측 chamfer는 설측에서 힘을 적용하였을 때 오히려 단순 재접착보다 더 낮은 유지력을 나타내었다고 하였다. 이는 순측면의 chamfer는 설측에 작용하는 힘에 대해 압축응력을 받기 때문에, 순측면의 레진-법랑질 접착계면은 이러한 부하를 분산시키기 못한 것으로 보인다. 저작압 측면에서는 순측면의 접착면적의 증가가 파절편의 유지력과 관련 있는지 확인하기 위해 설측 부하조건에서의 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

이번 연구에서는 설측 chamfer를 형성한 C군이 단순 재부착으로 부착한 A군 과 비교 시 저작압에 대해 유의하게 더 큰 파절저항성을 나타내었다. Chamfer 설계의 위치와 방향에 따른 저작압에 대한 파절저항강도에 대하여 Zhang 등[28]은 설측 부하조건에서는 설측면에 chamfer를 설계한 경우에 더 높은 파절저항강도를 나타내었는데, 이는 설측 chamfer가 최대응축력을 치아의 설측 표면에서 chamfer 유지형태의 하방으로 변화시켜 접착면에서 균열 형성과정을 미리 차단하기 때문이라 하였다. Zhang 등[28]의 연구를 참조하였을 때, 이번 연구에서 파절편 부착 시 설측 chamfer 형성군이 더 높은 파절강도를 나타낸 것은 설측에 형성된 chamfer 유지형태가 치아-레진 접착계면을 예각으로 변

화시켜 접착계면에서의 균열 전파과정을 억제하기 때문에 사료된다. 이와 더불어 설측 chamfer는 동측에서 적용되는 힘에 대해 인장력을 받기 때문에, 설측면의 레진-범랑질 접착계면이 이러한 인장력을 분산시켜 부하능력을 증가시킨 것으로 보인다.

또한 파절편 재부착치의 설측면에 추가적 유지형태를 설계하고 설측 힘에 대한 파절편 유지력을 비교한 Yikilgan 등[29]의 연구에 따르면 설측 치면에서 파절선에 대해 수직으로 설계한 유지형태 또한 저작압에 대한 파절저항성을 향상시켰는데, 이는 파절선에 대해 수직으로 설계한 유지형태가 파절편과 치아 사이의 결합을 강화시킴으로써 인장력에 대한 파절저항강도를 향상시켰을 것으로 설명하였다. 이와 같이 재부착치아의 치면형태 변형은 힘의 작용방향의 동측에서 발생하는 인장력에 대한 파절저항강도를 향상시키는 것으로 보인다.

파절편 재부착술식은 여러 장점을 가진 술식이지만, 장기적인 예후는 정확히 예측하기 어렵다. Andreasen 등[16]은 파절편 재부착술식 후 7년 간 경과 관찰을 통해 재접착된 파절편이 기능적 및 심미적 측면에서 성공적으로 유지된 것을 보고하였다. 파절편 재부착술의 성공률에 영향을 미치는 요인들은 외상 후 경과시간, 파절선의 위치, 파절편의 크기, 치수 침범의 여부, 치근 발육정도, 치주인대의 상태, 생리적 폭경의 침범정도, 재부착술 시 사용된 재료 등 다양한 요소들이 있다[30]. 이 중에서도 환자의 정상적인 교합상태가 성공적인 치료를 위해 가장 중요한 요소라고 하였다[31]. 따라서 과개교합이나 이갈이와 같은 정상적이지 않은 교합관계를 가진 환자들은 치료 실패를 야기할 수 있기 때문에 재부착술 방법은 신중하게 적용되어야 할 것이라 생각된다. 또한 단순 재부착술 단독으로 치료할 경우에는 파절선이 시각적으로 보일 수 있기 때문에, 심미적 측면을 고려하여 설측면과 더불어 순측면 파절선 주변으로도 bevel을 형성하여 수복하는 것이 필요하리라 사료된다.

결론적으로 파절편 재부착술 시 파절저항을 향상시키기 위한 유지형태는 힘이 작용하는 측면에 설계되어야 할 것으로 생각되며, 임상가는 반드시 환자의 교합상태를 고려한 후 적절한 파절편 재부착술을 시행하여야 할 것으로 권장된다.

이 연구의 한계점으로는 각 그룹을 대표하기에 비교적 적은 표본 수이며, 또한 치아의 크기 및 성숙도도 다양하여 이에 의해 파절저항성에 대한 결과 값이 다소 편차가 있었을 것으로 보인다. 그 결과 단순 재부착군과 circumferential chamfer군 사이에 통계학적 유의성이 부족했던 것으로 생각된다. 따라서 이러한 제한된 상황을 극복하기 위해 향후에는 가능한 발육상태 및 치아 크기가 비슷한 더 많은 시편을 대상으로 보다 생리적인 조건 및 임상적인 상황을 반영하기 위한 노력이 필요할 것이다.

추후에도 정상적인 저작기능에서의 파절편 재부착술의 유지

력을 보강하는 여러 방법에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보이며, 이를 위해서는 생리적 조건 하에서 서로 다른 유지형태 및 재료들의 조합에 관해서도 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

V. 결 론

이번 연구에서는 사선파절과 저작압과 같은 생리적 조건을 반영하여 레진재료 및 chamfer 유지형태의 위치에 따른 파절편 재부착 치아의 파절저항강도를 분석하였다.

이 연구 결과 파절편 재부착술 시 사선파절과 저작압과 같은 생리적 요인을 고려할 경우 유동성 및 응축형 레진사이의 단위면적당 파절저항강도는 유의한 차이가 없었으며, 치아 형성방법에 따라서는 설측 chamfer군이 단순 재부착군보다 통계학적으로 유의하게 더 큰 파절저항성을 나타내었다.

이번 연구를 바탕으로 파절편 재부착술 시 유지력을 향상시키기 위해서는 힘이 작용하는 측면에 유지형태가 설계되어야 하며, 특히 설측 유지형태는 저작압에 대한 파절저항성을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다.

Authors' Information

Jong-Sung Kim <https://orcid.org/0000-0001-8876-1522>

Gi-Min Kim <https://orcid.org/0000-0002-2979-070X>

Jae-Sik Lee <https://orcid.org/0000-0001-5514-4595>

Hyun-Jung Kim <https://orcid.org/0000-0001-6568-9687>

Soon-Hyeun Nam <https://orcid.org/0000-0002-8309-7658>

References

1. Abdulkhayum A, Munjal S, Lau M, *et al.* : In-Vitro Evaluation of Fracture Strength Recovery of Reattached Anterior Fractured Tooth Fragment Using Different Re-Attachment Techniques. *J Clin Diagn Res*, 8:208-211, 2014.
2. Venugopal L, Lakshmi MN, Kiran VR, *et al.* : Comparative Evaluation of Impact Strength of Fragment Bonded Teeth and Intact Teeth: An In Vitro Study. *J Int Oral Health*, 6:73-76, 2014.
3. Singhal R, Pathak A. Comparison of the fracture resistance of reattached incisor tooth fragments using 4 different materials. *J Indian Soc Pedod Dent*, 30:310-316, 2012.
4. Andreasen JO, Andreasen FM : Textbook and color atlas

- of traumatic injuries to the teeth, 3rd ed. Mosby, St. Louis, 216-256, 1994.
5. Macedo GV, Diaz PI, De OFCA, Ritter AV : Reattachment of anterior teeth fragments: a conservative approach. *J Esthet Restor Dent*, 20:5-18, 2008.
 6. Garcia FCP, Poubel DLN, Almeida JCF, *et al.* : Tooth fragment reattachment techniques-A systematic review. *Dent Traumatol*, 34:135-143, 2018.
 7. Chosack A, Eildeman E : Rehabilitation of a fractured incisor using the patient's natural crown. Case report. *J Dent Child*, 31:19-21, 1964.
 8. Garcia FCP, Poubel DLN, Almeida JCF, *et al.* : Tooth fragment reattachment techniques-A systematic review. *Dent Traumatol*, 34:135-143, 2018.
 9. Lise DP, Vieira LC, Lopes GC, *et al.* : Tooth fragment reattachment: the natural restoration. *Oper Dent*, 37:584-590, 2012.
 10. Reis A, Francci C, Loguercio AD, *et al.* : Re-attachment of anterior fractured teeth: fracture strength using different techniques. *Oper Dent*, 26:287-294, 2001.
 11. Olsburgh S, Jacoby T, Krejci I : Crown fractures in the permanent dentition: pulpal and restorative considerations. *Dent Traumatol*, 18:103-115, 2002.
 12. Osborne JW, Lambert RL : Reattachment of fractured incisal tooth segment. *Gen Dent*, 33:516-517, 1985.
 13. Demarco FF, Fay RM, Powers JM, *et al.* : Fracture resistance of re-attached coronal fragments-influence of different adhesive materials and bevel preparation. *Dent Traumatol*, 20:157-163, 2004.
 14. Davis MJ, Roth J, Levi M : Marginal integrity of adhesive fracture restorations: chamfer versus bevel. *Quintessence Int Dent Dig*, 14:1135-1146, 1983.
 15. Stokes AN, Hood JAA : Impact fracture patterns of intact and restored human maxillary central incisors. *Int J Prost*, 1:208-210, 1988.
 16. Andreasen FM, Norèn JG, Linh-Strömberg U, *et al.* : Long-term survival of fragment bonding in the treatment of fractured crowns: a multicenter clinical study. *Quintessence Int*, 26:669-681, 1995.
 17. Kang HY, Chae YW, Nam OH, *et al.* : Long-Term Outcome of Reattached Tooth Fragment in Permanent Anterior Teeth of Children and Adolescents. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 48:42-49, 2021.
 18. Lee KH, Kim SM : A cephalometric study of Korean children by Ricketts' analysis. *J Korean Acad Pediatr Dent*, 25:430-440, 1998.
 19. Baratieri LN, Ritter AV, Filho JCM, *et al.* : Tooth fragment reattachment: an alternative for restoration of fractured anterior teeth. *Pract Periodont Aesthet Dent*, 10:115-127, 1998.
 20. Murchison DF, Burke FJ, Worthington RB : Incisal edge reattachment: indications for use and clinical technique. *Braz Dent J*, 186:614-619, 1999.
 21. Stokes AN, Hood JAA : Impact fracture characteristics of intact and crowned human central incisors. *J Oral Rehabil*, 20:89-95, 1993.
 22. Bhargava M, Pandit IK, Gupta M, *et al.* : An evaluation of various materials and tooth preparation designs used for reattachment of fractured incisors. *Dent Traumatol*, 26:409-412, 2010.
 23. Andreasen JO : Adhesive dentistry applied to the treatment of traumatic dental injuries. *Oper Dent*, 26:328-335, 2001.
 24. Reis A, Francci C, Filho LER, *et al.* : Reattachment of anterior fractured teeth: fracture strength using different techniques. *Oper Dent*, 26:287-294, 2001.
 25. Anshu A, Saloni A, Kamal M, *et al.* : Comparison of Fracture Resistance of Different Reattachment Techniques and Adhesive Materials on Incisal Tooth Fragment Reattachment. *J Dent Med Sci*, 16:133-138, 2017.
 26. Chazine M, Sedda M, Grandini S, *et al.* : Evaluation of the fracture resistance of reattached incisal fragments using different materials and techniques. *Dent Traumatol*, 27:15-18, 2011.
 27. Reis A, Kraul A, Loguercio AD, *et al.* Re-attachment of anterior fractured teeth: fracture strength using different materials. *Oper Dent*, 27:621-627, 2002.
 28. Zhang L, Ye N, Fok A, *et al.* : Effect of chamfer design on load capacity of reattached incisors. *Dent Mater*, 37:1168-1175, 2021.
 29. Yikilgan, İ, Guven, N, Kamak H, *et al.* : Efficacy of Palatal Applications on Fracture Resistance of Reattached Maxillary Central Incisors: An In Vitro Study. *Appl Bionics Biomech*, 2017:9124545, 2017.
 30. Wadhvani CPK : A single visit, multidisciplinary approach to the management of traumatic tooth crown fracture. *Br Dent J*, 188:593-598, 2000.
 31. Raut AW, Mantri V, Mishra M, *et al.* : Management of complicated crown fracture by reattachment using fiber post: Minimal intervention approach. *J Nat Sci Biol Med*, 9:93-96, 2018.

국문초록

레진재료와 치아형성 방법에 따른 파절편 재부착치아의 파절저항성

김종성 · 김기민 · 이제식 · 김현정 · 남순현

경북대학교 치의학대학원 소아치과학교실

이 연구의 목적은 생리적 조건에서 파절편 재부착 시 레진재료 및 유지형태에 따른 파절편의 파절저항성을 분석하는 것이다.

발거된 64개의 전치부 치아에 사선 방향의 단순치관파절을 재현하였다. 복합레진 재료에 따라서는 유동성 복합레진 및 응축형 복합레진을 이용하여 재부착을 실시하였다. 유지형태로는 단순 재부착, 1.0 mm × 1.0 mm 순측 chamfer bevel, 1.0 mm × 1.0 mm 설측 chamfer bevel 및 1.0 mm × 1.0 mm circumferential chamfer bevel을 부여한 후 재부착을 실시하였다. 만능재료시험기를 이용하여 재부착된 치아의 설측면에 정상 아동의 절치간각인 125°로 부하를 가하였다. 저작압 조건에서는 유동성 레진과 응축형 레진군 모두 설측 chamfer군의 파절저항강도는 28.28 ± 7.41 MPa과 27.54 ± 4.45 MPa로 단순 재부착군의 파절저항성강도인 17.21 ± 5.87 MPa과 20.10 ± 6.00 MPa보다 유의하게 더 높았다.

생리적인 저작압과 유사한 설측 방향의 힘을 고려 시 파절편 재부착치의 파절편 유지력은 단순 재부착술보다 설측 chamfer 유지형태를 형성하였을 때 유의하게 더 큰 유지력을 나타내었다. 이에 임상가는 파절편 재부착술 시 저작압에 대한 파절 저항성을 향상시키기 위해 설측 chamfer 유지형태의 설계를 고려할 수 있을 것이다.