

# 구치부 복합레진 수복을 위한 와동 이장용 재료의 방사선불투과성에 관한 연구

조선대학교 치과대학 치과보존학교실, \*구강악안면방사선학교실  
문 주 훈 · 최 의 환\*

## A Study on the Radiopacity of Cavity Lining Materials for Posterior Composite Resin Restoration

Joo-Hoon Moon, Eui-Hwan Choi\*

Dept. of Conservative Dentistry, \*Dept. of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Chosun University

### ABSTRACT

**Purpose :** The aim of this study was to determine the relative radiopacities of cavity lining materials (Resin-modified Glass Ionomer cement, Compomer and Flowable resin) for posterior composite resin restoration.

**Material & Methods :** Resin-modified glass ionomer cement (Fuji II LC, Vitrebond™), Compomers (Dyract®, Compoglass, F2,000, Dyract® flow Compoglass Flow) and Flowable resins (Tetric® flow, Aeliteflo™ Revolution™) were used. Five specimens of 5 mm in diameter and 2 mm thick were fabricated with each material. Human molars were horizontally sectioned 2 mm thick to include both enamel and dentin. The radiopacities of enamel, dentin, cavity lining materials, aluminum step wedge were obtained from conventional radiograph and NIH image program.

**Results :** All the tested lining materials showed levels of radiopacity the same as or greater than that of dentin. All compomer tested (Dyract®, Compoglass, F2,000, Dyract® flow, Compoglass Flow) and Vitrebond™, Tetric® flow were more radiopaque than enamel. The radiopacities of Fuji II LC and Revolution™ were between enamel and dentin and resin-modified glass ionomer cement, Compomer and Tetric® flow were greater than those of Revolution™, Aeliteflo™ or dentin. The level of radiopacity of the tested materials was variable; those with low radiopacity should be avoided in class II restorations, where a clear determination of recurrent caries by the examining clinician could be compromised.

**Conclusion :** Clinician should be able to distinguish these cavity lining materials radiographically from recurrent decay, voids, gaps, or other defects that lead to clinical failure. Utilization of materials ranked more radiopaque than enamel would enable clinicians to distinguish the lining material from tooth structure. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol 2000 ; 30 : 243-248*)

**KEY WORDS :** radiopacity, base and Liner, compomer, flowable resin

### 서 론

수복을 위한 와동형성시 치수를 보호하고 상실된 치질을 대체하기 위해 이장재 및 기저재를 수복재와 치질사이

의 중간층으로 사용한다. 이장재는 치수를 보호하기 위한 0.5 mm 두께 이하의 sealer이며 기저재는 수복물의 용적을 감소시키거나 undercut을 차단하기 위해 사용되는 상아질 대체재로서, 이장재와 기저재 사이의 차이는 분말/액 비에 관계되며 보통 기저재가 더 높은 비를 갖는다.<sup>1</sup>

Wilson과 Kent<sup>2</sup>는 1971년 글래스 아이오노머 시멘트를 소개할 때 와동 이장재로 사용할 것을 추천하였다. 이 시멘트는 치질을 강화시킬 수 있는 접착성이 있고 다른 재료에 비해 치수에 생체적합성이 비교적 양호하여 선호되

\* 이 논문은 1998년도 조선대학교 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.  
접수일: 2000년 9월 15일      채택일: 2000년 10월 27일  
Correspondence to: Eui-Hwan Choi  
Dept. of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry,  
Chosun University, Gwang Ju, Korea 501-140  
Tel) 062-220-3608, Fax) 062-227-0270  
E-mail) yhchoi@mail.chosun.ac.kr

었으며, 기존의 화학중합형 보다 물성이 향상된 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트가 이장 및 기저재로서 광범위하게 이용되고 있다.

최근에는 심미적인 이유, 무 수은성, 부식저항성, 비 열전도성등의 물성으로 구치부의 수복재료로 복합레진의 사용이 증가하고 있는 바,<sup>3,4</sup> 복합레진 수복의 단점으로 지적된 중합수축을 완화하여 치아-수복물 계면에서의 간극 형성을 방지하거나 줄이므로써 변연 적합성을 향상시키기 위하여 낮은 점성을 갖는 유동성 콤포머 및 유동성 레진을 응력 차단층으로서 0.5 mm 두께로 이장한 후, 응축형 복합레진을 충전하는 resin coating technique이 소개되어 임상에 이용되고 있다.<sup>5</sup>

수복 치료시에 수복물의 치질에 대한 적합도를 확인하거나, 일정기간이 지난후 수복물과 치질사이의 변화를 알아보기 위해서는 방사선 사진을 통한 진단이 필수적인 바, 방사선 사진상에서 인접면 외형의 실패, 기포, 변연적합성, 계면에서의 간극등을 인지하는것 외에도 진단 과정 동안 치아우식증, 치질, 수복물과 함께 사용된 이장재 및 기저재의 구별 또한 중요하다.<sup>6-10</sup> 수복재의 방사선불투과성은 치질과의 구별을 가능하게 하는 수복재의 기본 요구사항으로서 특히 복합레진 수복물에서 이차우식 또는 탈회된 상아질과 수복물을 구분하고 치은상의 과잉 변연의 검사 및 수복물의 기포나 다른 결함의 위치파악을 위해서는 방사선불투과성을 가져야한다.<sup>11,12</sup>

치과용 재료의 방사선불투과성을 측정하는 여러가지 방법 중, 알루미늄 상응치 (aluminum equivalent value)가 통상적으로 많이 사용되어져 왔다. 즉 알루미늄의 방사선불투과성을 기준 삼아 알루미늄두께 (mm Al)로 표시된다.<sup>13,14</sup>

ISO 4049 규격에 의하면 제조회사가 'radiopaque'하다고 표시한 제품은 동일두께에서 알루미늄보다 더 높은 방사선불투과성을 가져야 하고,<sup>15</sup> 레진성 재료 (resin-based material)는 2 mm 두께의 알루미늄이 가지는 방사선불투과성 보다 커야한다고 규정되었다. 특히 구치부 1급 및 2급 와동에 사용되는 복합레진은 방사선사진상에서 치질과 쉽게 구별할 수 있을 정도의 충분한 방사선불투과성을 지녀

야 하며, 방사선사진에서 효과적인 이차우식의 진단을 위해서는 수복물의 방사선불투과성이 법랑질이 가지는 방사선불투과성 보다 커야한다.

치과용 재료의 방사선불투과성에 관한 선학들의 연구로, Cook<sup>14</sup>은 알루미늄 상응치를 이용하여 33종의 복합레진의 방사선불투과성을 측정하여 30% 정도가 상아질 보다 방사선불투과성이 낮았다고 보고하였다. Williams와 Billington<sup>16</sup>은 재래형 글래스 아이오노머 시멘트에 대하여, Sidhu 등<sup>17</sup>은 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트의 방사선불투과성을 측정하여 보고하였다. 또한 Bouschlicher 등<sup>18</sup>은 복합레진, 콤포머, 유동성레진의 방사선불투과성을 보고한 바 있다.

이와 같은 수복용 복합레진 뿐 아니라 글래스 아이오노머 시멘트에 대한 연구외에도, 복합레진 수복시 와동 이장재로 이용되는 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트 및 최근에 개발된 콤포머와 필러 함량이 적은 유동성 레진의 방사선불투과성에 대한 비교 연구 또한 필요하다.

이에 본 연구에서는 구치부 복합레진 수복물에서 와동 이장재로 이용되는 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트와 응축형 복합레진 수복시 응력 차단층으로서 추천되고 있는 콤포머 및 유동성레진의 방사선불투과성을 측정하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 실험재료

와동 이장재료로는 2종의 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트 (Fuji II LC, Vitrebond<sup>TM</sup>), 3종의 콤포머 (Dyract<sup>®</sup>, Compoglass, F2000), 2종의 유동성 콤포머 (Compoglass Flow, Dyract<sup>®</sup> flow), 3종의 유동성 레진 (Tetric<sup>®</sup> flow, Aeliteflo<sup>TM</sup>, Revolution<sup>TM</sup>)을 사용하였으며 (Table 1), 이들의 방사선불투과성을 비교하기 위하여 법랑질, 상아질 시편을 이용하였다. 각 재료의 방사선불투과성의 측정치를 평가하기 위하여 aluminum step wedge를 이용하였다.

**Table 1.** Cavity lining materials (Resin-modified glass ionomer cement, Compomer, Flowable composite resin) used in this study

Material	Product	Manufacturer	Filler, % wt
Resin-modified G-I Cement	Fuji II LC	GC Co., Japan	Ionomer glass, Fluoroaluminosilicate glass
	Vitrebond <sup>TM</sup>	3M Co., U.S.A.	
Compomer	Dyract <sup>®</sup>	Dentsply Co. U.S.A.	Fluorosilicate glass, 70%
	Compoglass	Ivoclar-Vivadent	Ba-Fluorosilicate glass, Yt-F, 71%
	F2000	3M Co., U.S.A.	FAS glass
	Dyract <sup>®</sup> flow	Dentsply Co. U.S.A.	Fluorosilicate glass, 59%
Flowable composite	Compoglass Flow	Ivoclar-Vivadent, Lechtenstein	Ba-Fluorosilicate glass,
	Tetric <sup>®</sup> flow	Ivoclar-Vivadent, Lechtenstein	Barium glass, Yt-F, 68%
	Aeliteflo <sup>TM</sup>	Bisco Co., U.S.A.	Barium glass, 60%
	Revolution <sup>TM</sup>	Kerr Co.	Barium glass, 62%

2. 실험방법

1) 시편제작

글래스 아이오노머 시멘트, 콤포머, 유동성 콤포머 및 유동성 복합레진의 시편제작을 위해서 두께 2 mm, 지름 5 mm 인 원형의 아크릴릭 레진주형을 제작하여 재료를 충전한 후 양쪽면에 Mylar strip과 유리판을 대고 광조사기(Spectrum 80, Dentsply Co. U.S.A.)를 사용하여 시편의 위, 아래에서 40초씩 조사하여 중합시켰다. 광 조사기는 광 측정기로 적당 한 강도(600 mW/cm<sup>2</sup>)를 확인하였다. 각 재료별로 5개씩 50개의 시편을 제작하였고 중합된 시편은 주형에서 제거 하여 건조한 상태로 보관하였다. 법랑질 및 상아질 시편은 발거된 구치 5개를 수평으로 절단하여 2 mm의 두께로 제작하였다.

방사선불투과도의 기준을 얻기 위해, 순도 99.5% 이상인 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 mm 두께의 10단계로 되어있는 aluminum step wedge를 제작하였고, 필름에서 방사선노출이 없는 부분을 확실히 하기 위해 4 mm 두께의 아말감 cylinder를 제작하였다.

2) 방사선촬영 및 방사선불투과성 측정

각각의 재료시편과 법랑질, 상아질 시편 및 4 mm 두께의 아말감 cylinder, 10단계의 aluminum step wedge를 E speed의 교합필름에 배열하고, 노출시간 0.2초, 70 kVp, 필름-물체간 거리 400 mm로 하여 치과방사선기기(Gendex Model 1,000 x-ray machine)로 촬영하였고, 자동현상기(Dent-X Model 9,000 film processor)에서 현상하였다.

필름의 영상분석을 위해 매킨토시 퍼스널 컴퓨터에 연결된 2,800dpi의 Quick Scanner (Minolta, Japan)로 컴퓨터에 입력하였고, 입력된 영상은 640×480 픽셀의 공간해상도와 256 계조도를 지원하도록 디지털화 되었으며 영상분석에는 NIH Image 프로그램을 이용하였다. 각 필름상의 시편들에서 동일 영역을 선택하고 평균 흑화도를 측정하고 aluminum step wedge의 계조도를 비교, 처리하여 각 이장재와 법랑질 및 상아질의 방사선불투과성 측정치를 분석하였다.

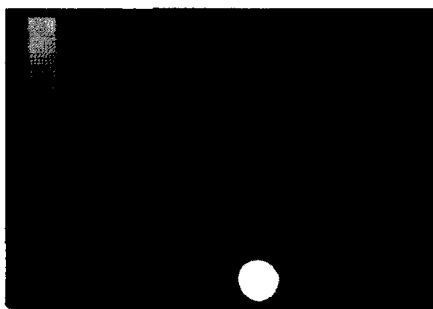


Fig. 1. A radiograph of aluminum step wedge, enamel, dentin, and ten cavity lining material specimens was taken in a film together.

결 과

통상적인 방사선사진술로 얻은 필름의 상에서 NIH program으로 시편의 방사선불투과성을 측정하여 aluminum step wedge 당량치로 나타내었다. 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트, 콤포머와 유동성 레진의 시편 및 법랑질과 상아질의 필름 상에서 측정된 방사선불투과성 측정치는 Table 2와 같으며 각 이장재들의 방사선불투과성에 대한 비교는 Fig. 2에 나타내었다.

레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트인 Vitrebond<sup>TM</sup>와 콤포머 및 유동성 레진 중 Tetric<sup>®</sup> flow가 법랑질 및 상아질에 비해 높은 방사선불투과성을 나타냈다. 유동성 레진인 Aeliliteflo<sup>TM</sup>는 상아질보다 낮은 방사선불투과성을 나타냈으며, 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트 중 Fuji II LC와 유동성레진 중 Revolution<sup>TM</sup>은 법랑질과 상아질 사이의 방사선불투과성을 보였다.

Table 2. Radiopacity of cavity lining materials as well as enamel and dentin expressed as equivalent of aluminum thickness

Material	Product	Mean	SD
Resin modified glass ionomer cement	Fuji II LC	3.45	0.33
	Vitrebond <sup>TM</sup>	4.78	0.21
Compomer	Dyract <sup>®</sup>	5.85	0.15
	Compoglass	5.91	0.23
	F 2000	5.53	0.19
	Dyract <sup>®</sup> flow	4.17	0.27
	Compoglass Flow	4.46	0.23
Flowable composite	Tetric <sup>®</sup> flow	6.06	0.22
	Aeliliteflo <sup>TM</sup>	2.16	0.23
	Revolution <sup>TM</sup>	2.71	0.19
Tooth	Enamel	3.61	0.9
	Dentin	2.36	0.67

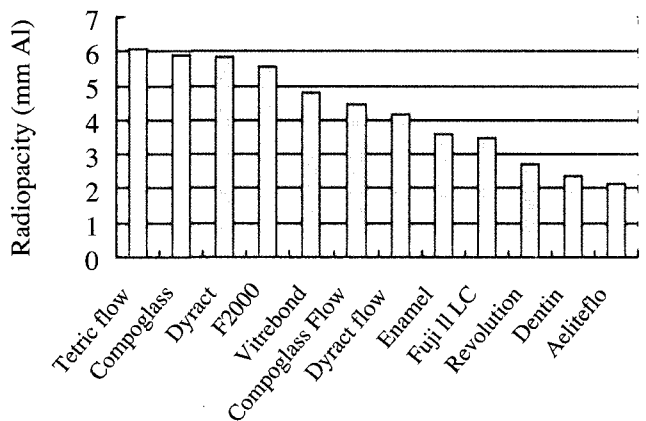


Fig. 2. Graph of Radiopacity of materials used in comparison with enamel and dentin.

## 고 찰

최근 심미수복에 관한 사회적 관심과 환자들의 요구에 의해 전치부 뿐 아니라 구치부에서 복합레진을 이용한 심미수복이 기존의 아말감과 금인레이 수복을 대체하여 이뤄지고 있다. 그러나 접착시스템과 복합레진 재료의 발달에도 불구하고, 중합수축이 가장 큰 문제점으로 지적되고 있으며, 중합수축으로 인해 발생된 응력이 수복물과 치질 사이에 변연간극을 형성하여 미세누출을 야기하고 지각과민, 재발성 우식등의 원인이 된다.<sup>19</sup>

탄성계수가 높거나 빠른 중합속도를 지닌 레진은 수축시 응력이 증가하여 변연간극의 형성이 더 쉬우므로 유동성 레진, 콤포머등이 중합수축의 부작용을 감소시키기 위해 추천되고 있다. 낮은 탄성계수와 증가된 유연성을 지니는 유동성 레진은 중합수축으로 인한 응력을 개선하고 치질과의 접착성을 더 잘 보존할 수 있다.<sup>20</sup> 특히 구치부 2급 복합레진 수복물의 치은측 변연이 미세누출에 이은 재발성 우식에 취약하므로 구치부 2급 와동의 인접면에 위치되는 첫 번째 층은 치질과 수복물 사이의 변연간극의 평가가 잘 되도록 충분한 방사선불투과성을 가져야 한다. 이장재 또한 재발 우식으로 부터 구별될 수 있도록 최소한 상아질 정도의 방사선불투과성을 지녀야 하는데, 방사선불투과성이 결여된 경우 방사선사진에서 이장재가 탈회된 우식상아질로 오인될 수 있기 때문이다.<sup>21</sup>

본 연구에서는 구치부 복합레진 수복물에서 와동 이장재로 이용되는 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트와 응축형 복합레진 수복시 응력 차단층으로서 추천되고 있는 콤포머 및 유동성레진의 방사선불투과성을 측정, 비교하였다.

이차우식을 진단하기 위한 수복재의 적절한 방사선불투과성에 관하여, 법랑질보다 약간 더 크거나 유사한 경우 방사선사진에서 치아우식을 감별할 수 있는 능력이 향상된다고 제시되었고, Tveit와 Espelid<sup>22</sup>는 2급 와동에 복합레진과 아말감으로 충전한 후 방사선사진 상에서 이차우식을 진단한 결과, 법랑질 보다 약간 높은 방사선불투과성을 가지는 경우가 가장 우수하였다고 보고하였다. 이를 토대로 하여 법랑질 보다 방사선불투과성이 낮은 재료는 구치부 복합레진 수복시 첫 번째 층에 사용하기에는 충분하지 못한 방사선불투과성을 가지며, 인접 상아질보다 더 큰 방사선불투과성을 갖는 수복용 재료는 (1) 재발성 우식의 감지 (2) 수복물내 기포의 인지 (3) 치은측 과잉변연을 알아내고 (4) 치수의 위치, 도해등이 개선될 수 있다.<sup>14</sup>

치과재료 표본의 방사선불투과성은 일반적으로 reference calibration curve를 이용한 동등 알루미늄 두께 (equivalent aluminum thickness in mm)로 표현된다. 최근, 구치부에서 사용이 증가하고 있는 복합레진 수복물에 관하여, Abou-Tabl 등<sup>13</sup>이 18종의 복합레진에서 방사선불투과성을 측정

하여 보고한 이래, ISO No.4049 기준에서 레진성 재료 (resin-based material)의 방사선불투과성이 2mm 두께의 알루미늄이 가지는 방사선불투과성보다 커야 한다고 규정하였다.<sup>15</sup>

치과재료의 방사선불투과성 측정에 대해, Schoenfeld 등<sup>23</sup>이 방사선상의 변수로 재료의 광학밀도를 예측하는 이론적인 모델을 보고한 이래, Eliasson과 Haasken<sup>24</sup>은 흑화도계 (densitometer)상의 수치를 알루미늄 두께로 환산하여 비교하기 위한 표준재료로 aluminum penetrometer (step wedge)를 이용하였고, Williams과 Billington<sup>25</sup>은 치과재료의 방사선불투과성을 측정하는 술식을 보고한 바 있다. 이후 많은 연구자<sup>11,12</sup>들이 aluminum step wedge를 이용하여 얻은 기준측정곡선을 이용하여 동등 알루미늄 두께치로 치과용 재료의 방사선불투과성을 측정하고 비교하는 방법을 사용하였다. 본 연구에서는 재료의 방사선불투과성을 측정하기 위하여 NIH image 프로그램을 이용하여 알루미늄 당량치를 측정하여 필름상의 base와 fog에 의한 오차를 배제하여 보다 정확한 방사선불투과성 수치를 얻을 수 있었다.

현재 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트는 치질에 대한 접착성과 불소방출로 인한 이차우식의 예방, 치수에 대한 생체적합성이 양호하여 이장 및 기저재로서 광범위하게 이용되고 있다. 최근에는 복합레진 재료내 필러함량을 증가시켜 응축이 가능한 응축형 복합레진이 개발되므로써 임상에서 구치부 복합레진 수복에 주로 이용되고 있으며, 복합레진의 중합수축을 완화하여 치아-수복물 계면에서의 간극 형성을 방지하거나 줄이므로써 변연 적합성을 향상시키기 위하여 낮은 점성을 갖는 유동성 콤포머 및 유동성 레진을 응력 차단층으로서 0.5mm 두께로 이장한 후, 응축형 복합레진을 충전하는 resin coating technique 이 소개되어 임상에서 이용되고 있다.

유동성 레진은 복합레진의 수축응력을 감소시키기 위한 목적으로 복합레진의 유동성을 증가시킨 것으로 5급와동이나 작은 와동 또는 점성이 높은 복합레진 충전 전에 응력차단층으로서 임상에 사용되고 있다. 콤포머는 글래스 아이오노머 시멘트와 복합레진의 장점만을 결합하여 개발된 재료로서 글래스 아이오노머에 비해 우수한 와연우과의 봉쇄가 가능하고 법랑질 및 상아질에 대한 전단결합강도가 높으며 불소의 방출로 이차우식을 예방할 수 있는 장점을 지니, 3급 및 5급 와동과 침식병소에서 수복에 추천되었다.<sup>26</sup>

이들 이장재료에 대한 선행들의 연구에서, Bouschiller 등<sup>18</sup>은 콤포머의 방사선불투과성이 법랑질보다 높아 방사선학적인 진단에 적절하였다고 보고하였으며, Feilzer 등<sup>19</sup>은 복합레진이 가지는 단점 중 하나인 중합수축은 치질과의 결합력을 감소시키면서 수복 후에 발생할 수 있는 지각과민의 원인이 되는데 중합수축의 양은 복합레진이 가지는

탄성적인 변화와 유동성에 의해 감소된다고 보고하였다. 또한 Murchison 등<sup>27</sup>은 8가지 유동성 레진의 방사선불투과성을 평가하여 단지 3개만이 법랑질 보다 크거나 동등하였다고 보고한 바 있다. 한편 Akerboom 등<sup>11</sup>은 글래스 아이오노머 시멘트가 1, 2급 복합레진 수복물 하방에서 기저재로 이용될 수 있으며, 이때 기저재 하방의 우식을 감지해야 하므로 이들 시멘트는 복합레진의 방사선불투과성 기준을 적용하여야 한다고 하였다. 또한 Prevost 등<sup>12</sup>은 이장재가 방사선사진에서 우식상아질로 오인되지 않기 위해서는 상아질과 동등하거나 더 큰 방사선불투과성을 지녀야 한다고 하였다.

본 연구에서는 구치부 복합레진 수복시 응력차단층으로서 와동에 이장할 수 있는 재료로서 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트 뿐 아니라 콤포머, 유동성 콤포머 및 유동성 레진을 이용하였다(Table 1).

본 연구결과, 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트인 VitrebondTM는 법랑질 보다 높았고 Fuji II LC는 법랑질과 상아질 사이의 방사선불투과성을 나타내어, 레진강화형 글래스 아이오노머 시멘트 이장재의 방사선불투과성을 비교. 연구하여 VitrebondTM가 가장 높았고 Fuji lining LC가 낮았다고 보고한 Shah 등<sup>9</sup>의 보고와 유사하였다.

본 연구에서 2종의 레진-강화형 글래스 아이오노머 시멘트와 5종의 콤포머 및 3종의 유동성 레진 중 Tetric® flow가 가장 높은 방사선불투과성을 나타내었다(Table 2). 다소 차이가 있으나 VitrebondTM와 모든 콤포머가 법랑질 보다 다소 높은 방사선불투과성을 나타내어 이들을 구치부 복합레진 수복물을 위한 이장재로 적용시 이차우식의 진단이 용이할 것으로 사료된다. 그러나 상아질과 유사한 방사선불투과성을 보인 RevolutionTM, AletefloTM는 수복물의 범위, 과잉 변연 등의 감지 및 우식병소의 판별과 진단을 어렵게 하므로 구치부 복합레진 수복물에서 첫 번째 층으로 이용시 신중하게 판단해야 할 것으로 생각된다.

복합레진의 방사선불투과성 정도는 다량체 기질의 선택, 필러 입자의 크기와 밀도, 부가적인 첨가물 뿐 아니라, 필러의 화학적 성질에 의해 조절될 수 있다. 특히 barium, strontium, zinc, zirconium 등의 원소가 필러로 사용되고 있다. 이들에 대하여 Bowen과 Cleek<sup>28</sup>은 복합레진의 필러내 barium 함량에 따라 방사선불투과성을 조절할 수 있다고 하였고, Taira 등<sup>29</sup>은 방사선불투과성 필러로서 zirconium의 사용이 가능하고 15%의 zirconium을 filler내에 함유시켰을 경우 법랑질과 유사한 방사선불투과성을 가진다고 보고하였다.

본 연구에서 콤포머인 Dyract®, Compoglass, Dyract® flow, F2000, Compoglass Flow 그리고 유동성 레진인 Tetric® flow는 법랑질 보다 높은 방사선불투과성을 나타내었다. 이는 콤포머 내의 필러 함량이 70% 정도로 수복용 복합레진의 경우와 유사한데 비해, 유동성 레진에는 유동성을 증

가시키기 위해 필러 함량을 40-50% 정도로 낮췄기 때문으로 사료되며, Tetric® flow가 가장 높은 방사선불투과성을 나타낸 것은 필러성분 중 불소를 방출하여 이차우식을 예방하기 위해 사용된 높은 방사선불투과성을 지니는 ytterbium trifluoride가 포함되었기 때문으로 생각된다.

ISO Standard 4049에서 표본두께, 노출시간, film speed, 물체-필름간 거리, 관전압, 관전류등을 제시하였으며, Cook<sup>14</sup>은 복합레진 내의 barium, strontium의 방사선 흡수 특성이 다르므로 kVp의 변화가 방사선불투과성에 가장 큰 영향을 준다고 보고하였다. 이에 본 연구에서는 70 kVp 및 8 mA의 조건 하에서 노출시간 0.2초 동안 방사선을 노출하여 촬영하였다.

이상을 고찰해 볼 때, 본 연구에서 측정된 재료 모두 상아질과 유사하거나 높은 방사선불투과성을 보여 상아질의 방사선불투과성에 해당하는 2mm 두께의 알루미늄이 가지는 방사선불투과성보다 커야 한다고 규정한 ISO No.4049 기준에 적합한 것으로 사료되며, 향후 치과재료의 방사선 불투과성을 연구시 최근 보편화되고 있는 디지털 방사선 사진술을 이용한 방법과의 비교, 연구가 필요하며, 이를 규격화하기 위한 연구 또한 지속되어야 할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- Lewis BA, Burgess JO, Gray SE. Mechanical properties dental base materials. *Am J Dent* 1992; 5: 69-72.
- Wilson AD, Kent BE. The glass ionomer, a new translucent dental filling material. *Appl Chem Biotech* 1971; 21: 313.
- Boksmam L, Suzuki M, Jordan RE, Charles DH. A visible light cured posterior composite resin: results of a 3-year clinical evaluation. *J Am Dent Assoc* 1996; 112: 627-31.
- Leinfelder KF. Using composite resin as a posterior restorative material. *J Am Dent Assoc* 1991; 122: 65-70.
- Bayne SC, Thomson JY, Swift EJ Jr, Stamatiades P, Wilkerson M. A characterization of first-generation flowable composites. *J Am Dent Assoc* 1998; 129: 567-77.
- Kelsy WP III, Franco SJ, Blankenau RJ, Cavel WT, Barkmeier WW. Caries as a cause of restoration replacement: A clinical survey. *Quint Int* 1989; 9: 1-9.
- van Dijken JW, Wing KE, Ruyter E. An evaluation of the radiopacity of composite restorative materials used in class I and class II cavities. *Acta Odontologica Scandinavica* 1989; 47: 401-7.
- Hewlett ER, Atchison KA, White SC, Flack V. Radiographic secondary caries prevalence in teeth with clinically defective restorations. *J Dent Res* 1993; 72: 1604-8.
- Shah PMM, Sidhu SK, Chong BS, Ford TRP. Radiopacity of resin-modified glass ionomer liners and bases. *J Prosthet Dent* 1997; 77: 239-42.
- Shah PMM, Sidhu SK, Chong BS, Ford TRP. Radiopacity of resin-modified glass ionomer liners and bases. *J Prosthet Dent* 1993; 22: 119-24.
- Akerboom HB, Kreulen CM, van Amerongen WE, Mol A. Radiopacity of posterior composite resins, composite resin luting cements, and glass ionomer lining cements. *J Prosthet Dent* 1993; 70: 351-5.

12. Prevost AP, Froest D, Tanguay R, DeGrandmont P. Radiopacity of glass ionomer dental materials. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 70: 231-235.
13. Abou-Tabl ZM, Tidy DC, Combe EC. Radiopacity of composite restorative materials. *Brit Dent J* 1979; 147: 187-8.
14. Cook WD. An investigation of the radiopacity of composite restorative materials. *Aus Dent J* 1981; 26: 05-12.
15. ISO. DP 4049 Dental resin based restorative materials. International Standards Organization (Draft proposal). Clause 1985; 6: 10.
16. Williams JA, Billington RW. The radiopacity of glass ionomer dental materials. *J Oral Rehabil* 1990; 17: 245-8.
17. Sidhu SK, Shah PMM, Chong BS, Pitt Ford TR. Radiopacity of resin-modified glass-ionomer restorative cements. *Quint Int* 1996; 27: 639-43.
18. Bouschlicher MR, Cobb DS, Boyer DB. Radiopacity of compomers, flowable and conventional resin composite for posterior restorations. *Oper Dent* 1999; 24: 20-5.
19. Feilzer AJ, De Gee AJ, Davidson CL. Setting stress in composite resin in relation to configuration of the restoration. *J Dent Res* 1987; 66: 1636-9.
20. Bonner PB. New developments in composite restorations. *Dent Today*. 1997; 16: 44-7.
21. Mongkolnam P, Tyas MJ. Light-cured materials : A laboratory study. *Dent Mater* 1994; 10: 197-202.
22. Tveit, AB, Espelid I. Radiographic diagnosis of caries and marginal defects in connection with radiopaque composite fillings. *Dent Mater* 1986; 2: 159-62.
23. Schoenfeld CM, Lautenschlager EP, Moore BK, Rechten JJ. Computerized prediction of optical density for diagnostic radiology. *J Dent Res* 1977; 56: 1085-92.
24. Eliasson ST, Haasken B. Radiopacity of impression materials. *Oral Surg* 1979; 47: 485-91.
25. Williams JA, Billington RW. A new technique for measuring the radiopacity of natural tooth structure and restorative materials. *J Oral Rehabil* 1987; 14: 267-9.
26. Attin T, Vataschki M, Hellwig E. Properties of resin-modified glass-ionomer restorative materials and two polyacid-modified resin composite materials. *Quint Int* 1996; 27: 203-9.
27. Murchinson DF, Charlton DG, Moore WS. Comparative radiopacity of flowable resin composite. *Quint Int* 1990; 30: 179-84.
28. Bowen RL, Cleek GW. A new series of X-ray opaque reinforcing fillers for composite resin. *J Dent Res* 1972; 51: 177-82.
29. Taria M, Toyooka H, Miyawaki H, Yamaki M. Studies on radiopaque composites containing ZrO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> fillers prepared by the sol-gel process. *Dent Mater* 1993; 9: 167-71.