

투고일 : 2019. 2. 18 심사일 : 2019. 3. 30 게재확정일 : 2019. 4. 10

1

Biodentine과 복합레진, 글래스아이오노머의 물흡수도, 물용해도에 관한 비교 분석

조선대학교 치과대학 치과보존학교실

이의중, 홍정민, 민정범*

ABSTRACT

Comparison of water sorption / solubility of Biodentine, composite resin and glass ionomer cement

Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Chosun University, Gwang-ju, Korea

Ui-Jung Lee, Jung-Min Hong, Jeong-Bum Min*

Objectives: This study aimed to measure the water sorption / solubility of Biodentine, composite resin and glass ionomer cement. **Materials and Methods:** The materials used in this study were Biodentine(BD), Filtek Z250(FZ) and Ketac Molar(KM). Twenty disc-shaped specimens of each material were prepared of 6mm diameter and 1mm thickness. All specimens were desiccated for 24 hours and weighed(m1). After then, They were immersed in distilled water and stored at 37°C. 1 week later, They were washed with running water, wiped with absorbent paper and weighed(m2). Finally, They were dried for 24 hours and weighed(m3). Water sorption and solubility, net water uptake were calculated. **Results:** KM and BD showed high water sorption than FZ(P<0.05). KM and BD exhibited similar water sorption(P<0.05). BD exhibited high solubility than KM(P=0.012). BD exhibited high net water uptake than FZ(P=0.008). **Conclusion:** Biodentine showed higher water sorption, solubility and net water uptake than Filtek Z250 and Ketac Molar. Within limitation of this study, it is not recommended to use Biodentine for permanent restoration.

Key words : Water sorption; Water solubility; Biodentine; Permanent restoration

Correspondence to Jeong-Bum Min, DDS, PhD.

Professor, Dept. of Conservative Dentistry, Chosun University School of Dentistry, 303 Pilmun-daero, Dong-gu, Gwang-ju, Korea 501-759

TEL, +82-62-220-3840; FAX, +82-62-223-9064; E-mail, minjb@chosun.ac.kr

*This study was supported by research fund from Chosun university dental hospital in the year of 2019.

I. 서론

치아우식증은 구강 내에서 가장 빈번하게 발생하는 질환으로, 치면세균막 내 세균들의 대사 부산물인 젖산을 포함하는 유기산들에 의해 치아 표면 무기질 탈회를 시작으로 치질이 파괴되는 질환이다¹⁾. G. V. Black이 수복학의 체계를 완성시킨 이후 많은 기간 동안 치아우식증의 치료로 결손된 치질을 수복하는 방법을 사용하였다. 아말감, 글래스아이오노머, 복합 레진 등과 같은 많은 재료들이 소개되고 사용되어 왔다.

최근 Calcium silicate 기반의 재료들이 개발되어 사용되고 있는데, Biodentine이 대표적인 재료중 하나이다. Biodentine은 2009년 시장에 출시된 재료로 상아질 대체재료로서 개발되었고²⁾, 생적합성, 장기간 불투과성(Long-term impermeability), 항세균성, 경조직재생능, 안정성, 낮은 용해도, 쉬운 조작성 등의 장점을 가지고 있다³⁾.

이런 장점들로 인해 치수복조술, 치수절단술 뿐만 아니라 내/외흡수, 치근단천공, 치근단수술에서 근단 역충전과 같은 근관치료의 다양한 영역에 활용되고 있고, 또한 치관부 영구수복재로서 가능성을 제시한 연구도 보고되었다⁴⁾.

영구수복재로서 사용시 임상적 예후를 예측하기 위해 재료의 강도와 물흡수, 물용해도 특성은 중요한 척도가 된다. 이를 위해 복합 레진의 물흡수, 물용해도를 측정하거나 Biodentine과 글래스 아이오노머, 레진 강화형 글래스 아이오노머 간의 물흡수, 물용해도가 연구되었다^{5,6)}. 그러나 Biodentine과 복합 레진간의 물흡수, 물용해도에 대한 비교연구는 거의 보고되지 않았다.

그러므로 Biodentine과 복합 레진, 글래스 아이오노머의 물흡수, 물용해도를 비교하여 영구 수복재로서 Biodentine의 가능성을 타진해 보려고 한다. 이 실험의 귀무가설은 'Biodentine과 복합 레진,

글래스아이오노머 사이에는 물흡수와 물용해도의 차이가 없다'이다.

II. 재료 및 방법

1. 시편 제작

이 실험에 사용된 재료는 Biodentine(Septodont, Saint-Maur-des-Fosses, France ; BD), Filtek Z250(3M ESPE, St. Paul, USA ; FZ) 그리고 Ketac Molar(3M ESPE, St. Paul, USA ; KM)가 사용되었다. BD은 색조 구분이 없었으며, FZ와 KM은 A3 색조를 사용하였다. 각각의 재료는 calcium silicate 기반의 재료, 복합 레진, 전통적인 glass ionomer이며 성분은 Table 1에 요약되어 있다. 각각의 재료로 디스크 형태의 두께 1mm와 직경 6mm의 주형을 사용하여 각각 시편을 20개씩 제작하였다. BD와 KM은 제조사의 지시대로 제작하였으며, FZ는 각각의 면을 20초간 광중합기(B&Lites, B&L Biotech, Wonju, Korea)의 보통 모드(800mW/cm²)를 사용하여 중합하였다.

2. 물흡수도와 물용해도

모든 시편은 International Standard Organization (ISO) 4049 표준에 따라 중합이 이루어진 이후에 완전히 건조를 시행하였다. 이를 위해 진공압력펌프(Model 2522C-10, Welch, USA)를 사용하여 24시간 동안 건조시킨 후 0.001mg 정확도를 보이는 전자 저울(Ohaus Analytical Plus ; Ohaus Corporation, USA)을 사용하여 무게를 측정하였다(m1). 측정 후에 시편은 90mm 표준 Petri dish(Sterilin Ltd, Aberbargoed, UL)에 넣고 37°C 증류수를 담아 1주일간 보관하였다. 이후 증류수로 씻어낸 후, 흡수지를 이용하여 닦아 내고 무게를 측정하였다(m2). 압력펌프를 이용하여 24시간

동안 건조시킨 후 무게를 측정하였다(m3). 물 흡수 (Water sorption ; WS)와 물 용해도(Water solubility ; SL)는 다음 공식 (1)과 (2)를 이용하여 각각 계산하였다. V는 시편의 용량을 의미한다. 순 물흡수량(Net water uptake)은 물흡수와 물용해도 값을 더하여 계산되었다.

$$\text{그림 (1) } WS(\mu\text{g}/\text{mm}^3) = \frac{m2 - m3}{V}$$

$$(2) SL(\mu\text{g}/\text{mm}^3) = \frac{m1 - m3}{V}$$

3. 통계 분석

측정값은 SPSS(version 18.0.0, SPSS, Chicago IL)를 이용하여 통계처리 및 분석하였으며 유의 수준은 0.05로 설정하였다. 각 군간 물흡수 비교는 one-way ANOVA test를 이용하였으며 Tukey HSD post hoc test로 사후검정을 시행하였다. 물 용해도와 순 물흡수량의 비교는 Kruskal wallis test로 분석하였으며, Mann whitney U test와 bonferroni correction post hoc test로 사후검정을 시행하였다.

III. 연구 결과

KM, BD, FZ의 물흡수량의 평균과 표준편차의 값은

Table 2에 요약되었다. KM과 BD는 FZ보다 유의적으로 높은 물흡수를 나타내었다(p<0.05). KM과 BD는 유의적으로 비슷한 물흡수량을 가졌다(P<0.05).

KM, BD, FZ의 물용해도와 순물흡수량의 평균과 표준편차 값은 다음과 같았다(Table3 and Table 4). BD는 KM보다 유의적으로 높은 물용해도를 가지고(P=0.012), FZ보다 유의적으로 높은 순물흡수량을 가졌다(P=0.008). 그러나 FZ와 KM간의 물용해도와 순물흡수량은 유의적인 차이가 존재하지 않았다(P=0.074, P=0.063). 또한, FZ와 BD간의 물용해도에서는 유의적인 차이가 존재하지 않았으며(P=0.057), KM과 BD간의 순물흡수량에서 유의적인 차이가 없었다(P=0.039).

IV. 연구 고찰

연구 결과 BD의 물흡수는 41.68 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 로 FZ의 14.36 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 보다 유의적으로 높은 값을 보였다. 또한 BD의 물용해도는 20.64 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 로 KM의 -1.55 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 보다 유의적으로 높은 값을 보였고, 순물흡수량에서도 62.32 $\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 로 FZ보다 유의적으로 높은 값을 나타내었다. 이로써 'Biodentine과 복합 레진, 글래스아이오노머 사이에는 물흡수와 물용해도의 차이가 없다'라는 귀무가설은 각각

Table 1. Composition of the materials used in current investigation.

Material	Manufacturer	Composition	
Ketac Molar	3M ESPE, USA	Liquid	Water, copolymer of acrylic acid-maleic acid, tartaric acid
		Powder	Oxide glass chemecals (non-fibrous), copolymer of acrylic acid-maleic acid, dichlorodimethylsilane reaction product with silica
Filtek Z250	3M ESPE, USA	Bis-GMA, UDMA, bis-EMA, zirconia/silica filler	
Biodentine	Septodont, France	Liquid	Calcium chloride, water-reducing agent
		Powder	Tricalcium silicate, dicalcium silicate, calcium carbonate, calcium oxide, zirconium oxide

되었다.

복합레진의 물흡수도와 물용해도를 연구한 다른 논문에서는 Filtek Z250의 일주일 후 물용해도가 $17.3\mu\text{g}/\text{mm}^3$, 물흡수량이 $1.5\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 로 보고되었다⁵⁾. 이 값은 본 논문에서 측정된 Z250의 물용해도 $9.16\mu\text{g}/\text{mm}^3$, 물흡수량 $14.36\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 과 차이를 보이고 있다. 측정값의 차이가 발생한 원인은, 기존 실험과는 달리 본 실험에서는 시편의 완전 건조를 시킨 후 재료로부터 자유 물분자를 제거하였기 때문으로 추정된다.

중합 재료의 물흡수, 물용해도를 연구한 다른 연구들에서는 글래스아이오노머와 같은 재료들을 평가하기 위해 ISO 4049 표준에 따라 자유 물분자를 재료로부터 제거하여 초기의 안정적 질량을 얻기 위해 재료의 건조를 시행하였다^{7,8)}. 따라서, 본 논문에서도 각 시편에서 초기의 안정

적 질량을 얻기 위해 재료의 건조를 시행하였다.

전통적인 글래스아이오노머와 Biodentine의 물흡수도와 물용해도를 연구한 다른 논문에서는 본 연구에 비해 다소 큰 결과가 보고되었다⁶⁾. 전통적인 글래스아이오노머의 건조 후 물흡수도는 $79.97\mu\text{g}/\text{mm}^3$, 물용해도는 $-20.19\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 로 보고되었으며, 시편을 건조시키지 않은 Biodentine의 물흡수량은 $122.07\mu\text{g}/\text{mm}^3$, 물용해도는 $154.83\mu\text{g}/\text{mm}^3$ 으로 보고되었다. 이는 실험에서 사용된 시편이 본 연구에서 사용한 시편보다 크게 제작되어 전반적인 물흡수도와 물용해도값이 증가한 것으로 보이며 경향성 자체는 본 논문과 비슷하였다.

중합재료에 대한 평가시 ISO 표준에 의하면 물속에 1주간 침적했을 때, 복합레진의 흡수율은 $40(\mu\text{g}/\text{mm}^3)$ 이내여야 하고 용해성은 $7.5(\mu\text{g}/\text{mm}^3)$ 이내여야 한다⁹⁾. 본 연구

Table 2. The mean and standard deviations of water sorption($\mu\text{g}/\text{mm}^3$).

Materials	Water sorption
Filtek Z250	14.36 (7.13)a
Ketac Molar	39.59 (14.28)b
Biodentine	41.68 (14.84)b

Superscript notation with dissimilar across rows indicates statistically significant difference ($P < 0.05$).

Table 3. The mean and standard deviations of water solubility($\mu\text{g}/\text{mm}^3$).

Materials	Water solubility
Filtek TM Z250	9.16 (38.44)
Ketac TM Molar	-1.55 (23.79)a,
Biodentine TM	20.64 (48.28)b

Superscript notation with dissimilar across rows indicates statistically significant difference ($P < 0.05$).

Table 4. The mean and standard deviations net water uptake($\mu\text{g}/\text{mm}^3$).

Materials	Net water uptake
Filtek Z250	23.52 (39.48)a
Ketac Molar	38.04 (30.32)
Biodentine	62.32 (50.91)b

Superscript notation with dissimilar across rows indicates statistically significant difference ($P < 0.05$).

에서 복합 레진의 물흡수도는 ISO 기준을 충족하였으나, 물용해도는 다소 높게 나타났다. Biodentine의 경우 이 기준치보다 높은 물흡수율과 물 용해도, 순물흡수량을 보여 수화팽창이 많아질 것으로 생각된다. 영구수복재로 사용 시, 수화팽창이 증가될 경우 미세누출이 증가하여 변연부 적합성 및 변연 변색 등이 발생할 수 있다. Biodentine이 영구적인 법랑질 대체제로 쓰기에는 구강내 환경에서 복합 레진에 비해 안정적이지 못하다는 보고도 있으며⁹⁾, 다른 연구에서는 미세누출이 증가하기 때문에 open-sandwich 술식으로 수복하여야 한다고 보고하였다¹⁰⁾. 또한, 다른 연구에서는 씹김 저항성이 다른 재료에 비해 부족하다는 실험 결과도 보고되었다¹¹⁾.

본 연구에서는 증류수만을 이용하여 재료의 물흡수, 물 용해도를 측정하였다. 하지만 구강내에서는 타액과 더불어 다양한 산도의 환경이 나타나기 때문에 향후 구강내

와 비슷한 상황을 고려한 추가적인 연구가 필요할 것으로 보인다.

V. 결론

Biodentine은 Filtek Z250과 Ketac Molar보다 유의적으로 높은 물흡수, 물용해도, 순물흡수량을 보였다. 이상을 종합해볼 때, Biodentine은 많은 장점을 가지고 있으나 구강내 타액과 접촉하는 최종 수복재로 사용시 물흡수 및 용해로 인한 문제점이 발생할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서, Biodentine을 영구 수복재로 사용하기보다는 단기적인 임시 수복재로 사용하거나, 기저재 목적으로 사용하는 것이 적절할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Gibbons RJ. Bacteriology of dental caries. *J Dent Res*. 1964;43:1021. DOI: 10.1177/00220345640430060301.
- Septodont : Biodentine®- Bioactive Dentin Substitute. Available from URL: <http://www.septodontusa.com/products/biodentine>(Accessed on September 20, 2017).
- Arora V, Nikhil V, Sharma N, & Arora P. Bioactive dentin replacement. *J Dent Med Sci*, 2013;12:51-57.
- Koubi G, Colon P, Franquin J. C, Hartmann A, Richard G, Faure M. O, Lambert G. Clinical evaluation of the performance and safety of a new dentine substitute, Biodentine, in the restoration of posterior teeth—a prospective study. *Clinical oral investigations*, 2013;17:243-249. DOI:10.1007/s00784-012-0701-9
- Kumar N, Sangi L. Water sorption, solubility, and resultant change in strength among three resin-based dental composites. *Journal of investigative and clinical dentistry*, 2014;5:144-150. DOI:10.1111/jicd.12012
- Mustafa R, Alshali R. Z, Silikas N. The effect of desiccation on water sorption, solubility and hygroscopic volumetric expansion of dentine replacement materials. *Dental Materials*. 2018;34:205-213. DOI:10.1016/j.dental.2018.05.012.
- Aliping-McKenzie M, Linden R W. A, Nicholson J. W. The effect of saliva on surface hardness and water sorption of glass-ionomers and “compomers”. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 2003;14:869-873.
- Moshaverinia A, Ansari S, Roohpour N, Reshad M, Schrickler S. R, Chee W. W. Effects of N-vinylcaprolactam containing polyelectrolytes on hardness, fluoride release and water sorption of conventional glass ionomers. *The Journal of prosthetic dentistry*, 2011;105:323-331.
- International Organization for Standardization(2000). ISO 4049: Dentistry-Polymer-based filling, restorative and luting materials, 3rd ed.
- Malkondu O, Kazandag M. K, Kazazoglu E. A review on biodentine, a contemporary dentine replacement and repair material. *BioMed research international*, 2014;2014:160951. DOI: 10.1155/2014/160951.
- Grech L, Mallia B, Camilleri, J. Investigation of the physical properties of tricalcium silicate cement-based root-end filling materials. *Dental Materials*, 2013;29:20-28. DOI: 10.1016/j.dental.2012.11.007.