

심미도재관의 파절 강도 비교 연구

김 은 하 · 이 명 곤*

(이지치과기공소, 부산가톨릭대학교 보건과학대학 치기공학과*)

Abstract

A comparative study on the fracture strength of esthetic porcelain crowns

Eun-Ha Kim · Myung-Kon Lee*

Easy Dental Lab.

*Dept. of Dental Laboratory Science, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan**

In this study, We tried to find out the fracture strength of zirconia coping all ceramic crown and collarless porcelain fused gold alloy crown as the compared group. Each of the collarless porcelain fused gold crown and zirconia all ceramic crown has been produced specimen 10 each. And after pasting them on the steel jig, it had load given at porcelain incisal edge by 130° and measured fracture strength by Universal Testing Machine and then We have results from that.

1. The average value of fracture strength suggested 950.49 N at collarless porcelain fused gold alloy crown, 656.81 N at zirconia coping all ceramic crown.

2. Fractured pattern showed that the whole of labial part was exposed in collarless porcelain fused gold crown, but porcelain of margin part did not show fracture in advance. In the practice, the concern that collarless might cause fracture strength to be weaken does not matter, we concluded zirconia all ceramic crown made fracture that only a part of labial porcelain was fractured. The combination of zirconia all ceramic crown and turned out to be excellent.

• Key word : Porcelain fused gold crown, Zirconia all ceramic crown, Fracture strength.

교신 저자	성명	이 명 곤	전화	051-510-0591	E-mail	mkleee@cup.ac.kr
	주소	부산광역시 금정구 부곡3동 9번지 부산가톨릭대학교 보건과학대학치기공과				

I. 서 론

도재 재료는 비귀금속 무기재료로서 축성, 고온 소성 등의 공정을 거쳐 제작되며, 경도와 내열성, 화학적 불활성, 전기 및 열 절연성 등 생체 재료의 안정성을 갖고 있어 치과용 수복재로서의 효과적인 재료로 인정되고 있으며, 자연치와 유사한 색조 회복을 목적으로 하는 심미보철에 적합하여 현재 치과보철물 제작 재료로 가장 많이 활용되고 있다.

초기에는 금속의 안정적인 기계적 특성과 도재의 심미성 장점을 결합하는 방식으로 도재를 금속합금에 용착시키는 방법이 개발된 후 각종 도재용 합금의 지속적인 개발과 도재와 금속 간의 용착 강도 증가 등의 많은 개선이 이루어지고 있다(Bertolotti와 Fukui, 1982; McLean, 1983; Yamamoto, 1985; Bruggers 등, 1986).

그러나 금속도재관은 강도가 우수한 반면에, 내면에 있는 금속 내관(metal coping)으로 인하여 도재의 투명도가 낮고, 빛의 투과, 산란 및 굴절이 금속의 영향을 받아 심미성이 떨어진다는 단점을 가지고 있다(Vrijioef 등, 1988). 또한 시간이 지남에 따라 보철물의 치은부가 퇴축되면서 금속 변연이 노출되거나 금속 변연의 산화로 인한 흑변선(black line)의 발생 등 기계적 강도 획득을 위하여 제작되는 금속 하부구조로 인하여 근본적인 심미적 결점을 가지고 있다.

근래에는 이러한 단점을 보완하기 위하여 금속 내관을 대체하는 도재 내관을 이용하거나 변색 저항성이나 치은 적합성이 좋은 귀금속합금 내관을 사용하는 방식이 개발되어 현재 심미도

재관으로 임상에서 많이 활용되고 있다.

도재 내관을 이용하여 제작되는 전부도재관(all ceramic crown)은 생체 친화성, 심미성, 화학적 저항성, 치태 침착 감소 등의 장점을 갖고 있으나 상대적으로 취성이 높고 인장 강도가 낮으며, 특히 구치부 고정성 국소의치의 적용에는 한계를 갖고 있다(Anusavice, 1992; Grey 등, 1993).

현재는 다양한 종류의 도재 내관 재료 중 뛰어난 강도 특성을 얻을 수 있는 지르코니아 내관을 사용하여 심미성과 교합력에 저항할 수 있는 높은 강도를 갖는 전부도재관이 개발 사용되고 있다. 지르코니아는 산화 지르코늄(Zirconium Oxide, ZrO_2)의 총칭으로 화학적 안정성, 체적 안정성을 보이며 다형 구조(Polymorphic)로 상전이 될 때 발생하는 transformation toughening 기전에 의한 체적 확장에 의해 균열의 진행을 억제하여 기존의 도재에 비해 높은 굴곡 및 파절 강도를 갖고 있다. 하지만 높은 강도 때문에 통상적인 도재 수복물 제작 방법으로는 가공이 어려워 CAD/CAM 시스템을 이용한 기계적인 절삭을 통해 제작을 하고 있다.

귀금속합금을 이용하는 금속도재관은 금합금(gold alloy) 소재를 금속 내관으로 사용하여 치은을 자극하지 않으며 금속 내관의 색조를 보완하며 더 나아가 순측 치경부를 금속으로 제작하지 않고 도재로만 제작하는 collarless type을 활용하여 치은과 금속의 접촉을 피하여 치은의 건강과 심미성을 확보할 수 있어 심미성을 위한 도재관으로 많이 이용되고 있다.

이와 같이 뛰어난 심미성과 조직 친화성을 갖고 있는 지르코니아 내관 전부도재관과 collarless

금합금도재관의 사용에 있어 교합력이나 충격 등에서 발생하는 응력에 저항할 수 있는 강도를 갖고 있어야 하나 이에 대한 보고가 거의 없는 실정이다. 특히 시편이 실제 임상에서 활용되는 보철물과 같은 형태에 대한 자료가 부족한 상황으로 임상 상황의 도재관을 제작하여 파절 강도를 측정하는 실험을 통해 임상적 도재관의 강도를 파악할 필요가 있다.

본 연구에서는 현재 임상에서 심미도재관으로 가장 많이 제작되고 있는 전부도재관과 금합금도재관의 파절 강도 비교를 통한 임상적 유용성을 파악하기 위하여 지르코니아 내관 전부도재관과 대조군으로 변연을 도재로 형성하는 collarless 금합금도재관을 상악 중절치의 형태로 제작하여 두 보철물간의 파절 강도를 비교 분석하여 심미도재관의 물성적 자료를 제공하고자 실시하였다.

II. 실험 방법

1. 금속 지대치 제작

Dentiform(Nissin Dental Prod Inc, Japan)의 상악 우측 중절치를 임상적 지대치와 동일한 삭제량과 변연 형태를 부여하여 지대치 형태를 형성하였다. 지대치 형성이 완료된 중절치를 부가중합형 실리콘 인상재(GC, Japan)로 인상을 채득하여 복제용 레진(Patten resin, GC, Japan)으로 복제 후 주조용 금속(New crown, Ruby Dental Mfg, Japan)을 사용하여 금속 지대치를 제작하였다(Figure 1).

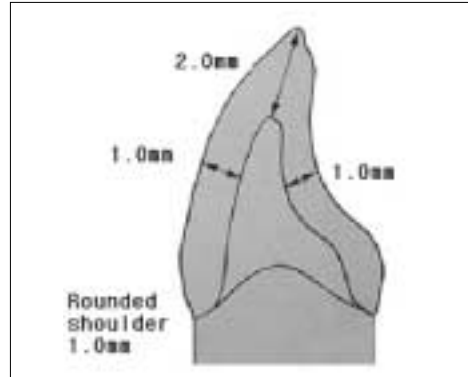


Figure 1. Metal die specimen.

2. 도재관 제작

1) Collarless 금합금도재관

금속 지대치를 통법에 따라 인상 채득하여 석고 모형을 제작하여 석고 모형의 변연(margin)에서 약 1mm 상방으로 die spacer를 두 번씩 도포한 후 작업 모형에 분리제를 바르고, sheet wax(26 gauge)을 이용하여 납형을 제작하였다.

납형 절단부에 주입선(Ø 4mm)을 달고 실리콘 링에 식립하여 인산염계 매몰재로 매몰 후 최종 온도 850℃에서 20 분간 계류시킨 후 통법에 따라 금합금(V-Supragold, Metalo, Swiss)으로 주조 후 bench cooling 하였다. Sand blasting으로 50µm 알루미나 입자로 매몰재를 제거하고, 전체 두께가 0.3~0.4mm가 되도록 연마하고 증기세척기(steam cleaner)로 주조체를 세척하였다.

주조 연마된 금합금 내관을 950℃ 진공 상태에서 10분간 degassing한 후 bench cooling 시킨후 paste opaque은 소성 전에 350℃에서 약 10분간 미리 건조한 후 소성하였다.

변연부 도재(Creation, Austria)는 1차 축성 소성 후 변연부 수축을 보상하기 위하여 margin 도재를 첨가하고 모형 상에 압접시켜 여분의 도재가 흘러나오도록 한 후 가볍게 응축하고 큰 붓으로 면을 부드럽게 하여 모형 상에서 빼내어 2차 소성하였다. 그래도 간격이 있는 부분은 2차 때와 같은 방법으로 반복하여 3차 소성을 하였다.

그 후 통법에 따라 dentin과 enamel 도재를 축성하고, 형태 조절 후 grazing를 시행하였고, 매번의 소성 전에 내면의 변연부 도재 간격을 검사하였다.

2) Zirconia 전부도재관

작업 모형을 제작하여 모델을 스캐너(3M, LAVA, Germany)로 외형을 스캔(LAVA Scan Scanner, Germany)하였다. 모형 스캔을 통하여 필요한 정보를 얻으므로 가능한 명확한 변연부위를 형성해 주고 불필요한 돌출 부위나 함몰 부위 혹은 날카로운 부위가 없도록 주의 깊게 프로그램 상에서 마무리 해주고, 내관(core)의 두께와 수축을 계산해서 디자인하였다. 1500℃에서 건조 시간까지 포함해서 11시간 동안 퍼니스(LAVA Therm furnace, Germany)에서 sintering 하였다. 그리고 적합을 확인하고, 변연부(margin)는 조금 두껍게 제작해서 터빈 bar로 연마하였다. 열팽창계수에 맞게 제조된 도재(LAVA Ceram, Germany)로 축성하고 최고 온도 810℃에서 소성 후 grazing하여 시편을 준비하였다.

3. 도재관의 지대치 합착

제작된 도재관 내면과 금속 지대치에 각각 50 μ m 알루미나 입자로 sand blasting 처리하고, 시멘트(Fuji Cem, GC, Japan)로 합착한 후, 시멘트의 완전 경화를 위해 시편을 공기 중에서 24시간 동안 보관하였다.

4. 파절 강도 측정

도재관의 파절 강도 측정을 위하여 먼저 도재관이 장착된 금속 주모형의 장축에 대해 130°가 되도록 금속 지대치를 장착할수 있는 jig를 제작하였다. 이 실험에서는 절단에서 130°의 경사도를 적용했는데 이것은 구강 내의 정상적인 교합에서 하악 전치와 상악 전치가 이루는 각을 재현하고자 하였다.(Figure 2)

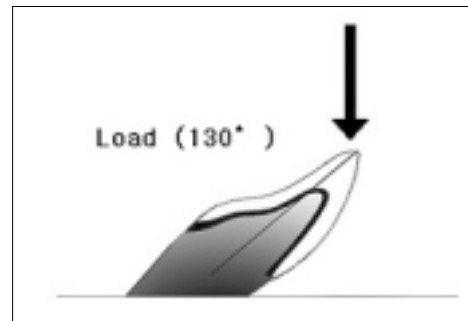


Figure 2. Schematic diagram of load test.

힘의 균등한 분포와 국소적 힘의 집중을 막기 위해 타구와 도재관 사이에 tin foil을 위치시키고, 만능시험기(Universal Testing Machine, Instron Co, USA)을 사용하여 1mm/min의 cross-head speed로 절단면에 하중을 가하여 파절되는 순간의 하중을 기록하였다.

Ⅲ. 실험 결과 및 고찰

1. 파절 강도

임상적 형태의 도재관 시편의 파절 강도를 파악하고자 금속도재관 중에서는 강도와 심미성을 고려한 collarless 금합금도재관과 전부도재관 중에서는 강도가 가장 높은 지르코니아 내관을 이용한 전부도재관을 제작하여 파절 강도를 비교 분석하였다.

Collarless 금합금도재관의 평균 파절시의 하중은 950.49N을 나타내었고, 지르코니아 전부도재관의 평균 파절 하중은 656.81N으로 나타났다(Table 1 참조). 파절에 대한 물성적 결과는 재료의 응력 값을 사용하는 것이 정확하겠으나 본 실험에서는 단순 형태의 시편을 이용하지 않고 임상적 치관 형태의 시편 제작으로 응력이 발생하는 면적에 대한 계산이 불가능하여 파절 시의 하중을 계산하여 사용하였고 두 시편의 파절 하중의 평균은 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p=0.01).

치과보철물의 임상적 성공을 좌우하는 중요한 요인 중의 하나는 기계적인 강도이다. 인간의 평균적인 교합력을 볼때 일반적으로 치아의 교합력은 40N이고 대합치와의 최대 교합력은 평균 245N에서 540N 정도(De Boever 등, 1978)로 보고되어 있으나, 인간의 교합력에 대한 연구의 결과는 매우 다양하게 나타나고 있다. Kiliaridis(1993) 등은 교합력이 나이, 성, 안모 형태에 따라 다르다고 하였으며, Waltimo와 Kononen(1993)은 남자에서 절치의 최대 교합력을 263N, 여자는 243N이라 하였고, Gibbs

등(1981)은 교합력은 정상적인 저작 시 263N이고 연하 시 297N이라고 하였다. 다른 연구에서는 최대 교합력은 200~3500N까지 도달하고 성인의 대구치는 565 N, 소구치에서는 288N, 견치에서는 208N, 전치에서는 155N으로 보고되고 있다(Craig 등, 1997).

본 실험에서는 평균 파절 강도가 collarless 금합금도재관은 950N, zirconia 전부도재관은 656N으로 나타나 모든 실험군이 구강 내에서 정상적 교합 관계에서 파절의 위험성 없이 사용 가능하다고 할 수 있다.

Table 1. Fracture load(N) of esthetic porcelain crowns

No.	PFGC ¹	ZACC ²
1	833.00	342.90
2	806.33	534.19
3	1114.99	856.11
4	877.99	737.22
5	1001.24	498.83
6	1171.14	611.02
7	1049.74	599.20
8	732.14	820.30
9	906.07	920.30
10	1012.29	648.04
Mean	950.49	656.81
t	4.07 (p=0.001)	

1 : Collarless porcelain fused gold alloy crown
 2 : Zirconia coping all ceramic crown

2. 파절 양상

Collarless 금합금도재관의 파절 양상은 하중

이 가해진 절단면에서 치경부까지 시편 9개가 대부분 opaque 도재까지 모두 떨어져 나가 금속면이 노출되어 도재의 결합부에서 파절되는 양상을 나타내었다. 또한 도재부가 지대치와 접촉되어 하중을 직접 받는 도재 변연 부위에서 파절이 시작될 수 있다고 예상하였으나 본 실험에서는 변연도재부의 파절 형태는 나타나지 않았다. 따라서 통상 collarless 금합금도재관의 강도 취약성이 우려되었던 변연부의 안정성을 확인할 수 있었다.

지르코니아 전부도재관의 파절 양상은 하중이 가해진 절단면 부위의 도재부만 파절되고, 도재와 지르코니아 내관이 분리 파절되지 않았다. 이는 지르코니아 내관이 도재부와 완전 결합되어 나타난 양상으로 고려된다(Figure 3).



(a)



(b)

Figure 3. Photograph of fracture pattern of collarless porcelain fused gold crown(a) and zirconia all ceramic crown(b).

본 연구는 구강 내 임상적 상황을 재현하고자 시도하였으나 자연치아와 금속지대치의 탄성률의 차이, 치주 인대의 유무, 하중의 기하학적 형태 등 구강 내 임상 상황과는 다른 조건이 게재되고 있다고 판단되어 구강 내의 실제 상황과는 결과 차이가 있을 수 있으며 앞으로 적절히 고안된 임상적 비교 연구 실험을 통해 실제 측정치에 근접하는 연구가 있어야 한다고 사료된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 우수한 심미성으로 임상적으로 많이 제작되고 있는 collarless 금합금도재관과 지르코니아 전부도재관의 교합력에 대한 파절 안정성을 파악하기 위하여 상악 중절치관의 형태로 각 10개씩 시편을 제작하여 만능시험기 상에서 도재관의 장축에 대하여 130° 하중을 가하여 파절 강도를 측정하고 파절 양상을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 파절 강도의 평균값은 collarless 금합금도재관이 950.49N, 지르코니아 전부도재관의 656.81 N 보다 높게 나타났으며 이는 금합금 내관이 도재관 강도 내구성에 효과가 높은 것으로 나타났다. 그러나 각 도재관의 파절 강도는 임상적인 교합력에는 충분히 안정성을 갖고 있는 것으로 나타났다.

2. 파절 양상의 비교에서는 collarless 금합금도재관의 경우 도재와 금속의 연결부에서 파절되는 양상을 보였고, 변연부의 도재에서 파절이 일어나지 않았다. 반면에 지르코니아 전부도재

관의 경우, 순면 도재 일부만 파절되어, 지르코니아와 도재의 결합력이 높아 응력 발생시 내관과 도재부가 일체형으로 결합되어 작용하는 것으로 추측 된다.

참고 문헌

- Anusavice KJ. Degradability of dental ceramics. *J Dent Res*, 70(6): 82-89, 1992.
- Bertolotti RL, Fukui H. Measurement of softening temperatures in dental bake-on porcelains. *J Dent Res*, 61(3): 480-483, 1982.
- Bruggers K, Corcoran C, Jeanson EE, Sarkar NK. Role of manganese in alloy-porcelain bonding. *J Prosthet Dent*, 55(4): 453-456, 1986.
- Craig RG. Restorative dental materials. 10th ed. St. Louis, CV Mosby Co., 91-92, 1997.
- De Boever JA, McCall WD, Holden S, Ash MM. Functional occlusal forces: An investigation by telemetry. *J Prosthet Dent*, 40(3): 326-333, 1978.
- Gibbs CH, Mahan PE, Lundeen HC, Brehnan K, Walsh EK, Holbrook WB. Occlusal forces during chewing and swallowing as measured by sound transmission. *J Prosthet Dent*, 46(4): 443-449, 1981.
- Grey NJA, Piddock V, Wilson A. In vitro comparison of conventional crowns and a new all-ceramic system. *J Dent*, 21: 47-51, 1993.
- Kiliaridis S, Kjellberg X, Wenneberg B, Engstrom C. The relationship between maximal bite force, bite force endurance, and facial morphology during growth: A cross-sectional study. *Acta Odontol Scand*, 51: 323-331, 1993.
- McLean JW. Dental ceramics proceedings of the first international symposium on ceramics. Quintessence Publishing, 467, 1983.
- Vrijioef MMA, Spanauf AJ, Renggli HH. Axial strengths of foil, All-ceramic and PFM molar crowns. *Dent Mater*, 4(1): 15-19, 1988.
- Waltimo A, Kononen M. A novel bite recorder and maximal isometric bite force values for healthy young adults. *Scand J Dent Res*, 101: 1771-1775, 1993.
- Yamamoto M. Metal-Ceramics: Principle and methods of Makoto-Yamamoto. Quintessence Publishing, 100: 483, 1985.