

Development of dental zirconia 치과용 지르코니아의 발전

Kim Sung-Hun

Kim Sung-Hun Dental Clinic

김성훈

김성훈 치과의원

Since the end of the 1990s, zirconia, which has been applied to dental prostheses, has been used in the form of coping or framework. The prostheses made in this way have been successfully used in the anterior teeth because they have no metal components as a structure. But in the posterior teeth, its use was limited due to the fracture or chipping of the veneering porcelain during the function. Later, as a solution to this shortcoming, a monolithic zirconia restoration was proposed in which a strong coping material was used in the form of a complete prosthesis. But, this resulted in some unesthetic results due to the characteristics of zirconia, which has excellent resistance to strong forces but is very white and opaque. However, now, due to technological advances in increasing the translucency of zirconia, it is possible to produce strong and esthetic zirconia restorations not only in the posterior region but also in the anterior region. In this article, the structural characteristics of various types of zirconia materials that have been developed so far, were discussed, and where the zirconia products actually in use belong to was explained. (*J Korean Acad Esthet Dent 2023;32(1):4-7*)

Key words: Ceramic, Zirconia, Y_2O_3 , Fracture, Translucency

○ 서론

대부분의 환자들은 심미적인 수복물을 원하고 있다. 특히 검정색이나 노란색의 금속이 없으며, 자연 치아와 유사한 광산란 특성을 가지고 우수한 심미적 결과를 얻으면서 생물학적으로 매우 잘 견딜 수 있기를 바란다. 그러나 심미성과 생체 적합성만이 보철물에 사용되는 재료로 선택되는 유일한 기준은 아니다. 강한 교합력을 장기간 견딜 수 있는 우수한 기계

• Received 2023. 6.5 • Last Revision 2023. 6.13 • Accepted 2023. 6.22

• Corresponding Author: Kim Sung-Hun

서울특별시 강남구 선릉로86길 31 2층 201호 롯데골드로드 2차

E-mail: ksh1250@snu.ac.kr

적 특성 또한 중요하다.¹ 심미적이며 생체 친화적인 요구를 충족하는 지르코니아가 현존하는 치과용 세라믹 중에서 기계적 성질이 가장 우수하다. 특히, 굽힘 강도와 파괴 인성이 높다.² 2000년대부터 치과 보철 수복 분야에 사용되기 시작한 지르코니아는 보철물의 프레임이나 코핑으로 사용되거나, 아니면 보철물 전체로 제작되는 단일구조 형태로 전세계적으로 널리 사용되고 있다. 치과용 지르코니아도 임상적 문제점을 극복하는 방향으로 재료가 특징적으로 발전되어 왔으며, 이를 세대별로 구분할 수 있다. 이에 처음 사용된 치과용 지르코니아에서부터 현재 개발되어 사용되고 있는 치과용 지르코니아까지 세대별 특징을 간략하게 살펴보도록 하자.

○ 본론

1세대 지르코니아 [2000년 부터]

이 전통적인 지르코니아는 99 wt% 이상이 ZrO_2 , HfO_2 , Y_2O_3 , Al_2O_3 으로 구성되어 있다. 온도에 따른 체적 안정성을 위해 첨가하는 Y_2O_3 는 4.5 - 5.6w% [3 mol%] 정도, 강도에 영향을 미치는 Al_2O_3 는 0.25 ± 0.1 w% 정도 들어 있다. 재료 내 입방정 구조가 15% 이하이며, 입자의 크기가 0.5 - 1 μm 정도이다. 이 재료는 높은 광굴절률을 보이며, 빛이 통과해야 하는 결정 구조가 매우 작고 많기 때문에 빛의 산란이 많다. 그래서 불투명하고 희게 보인다. 그러나 굴곡강도가 1 - 1.5 GPa 정도로 높고 파괴인성도 3.5 - 4.5 MPam^{1/2} 로 매우 높다. 소결 후 색상이 매우 희고 불투명하기 때문에 보철물의 코핑이나 프레임으로 주로 사용되며, 상부에 장식형 포세린이나 글라스 세라믹으로 비니어링하여 두개의 층 구조로 사용된다. 이 전통적인 지르코니아는 소결 온도를 변경하여 더욱 투명하게 만들 수 있다.³ 소결 온도의 높은 정도, 체류 시간의 지속 시간, 온도 증가나 감소되는 속도도 투명도에 영향을 미친다.⁴ 소결 온도의 영역이 클수록 투명도가 높아진다. 특정 영역에 도달하면 재료의 입자 크기가 증가하지만, 재료의 강도는 감소한다. 일반적으로 1,600°C 이상의 소결 온도는 굽힘 강도의 감소로 이어진다.⁶ 강도, 특히 장기 안정성과 관련된 부정적인 양상으로 인해 1세대 지르코니아의 투명도를 높여 단일 구조 수복물로 사용되게 만드는데 실패했다. 그래서, 모든 지르코니아의 소결 온도는 1,600°C 미만이다. 대표적 제품으로 Rainbow Zirconia Block [Genoss], Lava Frame [3M ESPE] 등이 있다.

2세대 지르코니아 [2012-2013 부터]

이것은 1세대 지르코니아 보다 Al_2O_3 입자의 크기와 입자 수가 감소하였고, 그 입자의 배치가 달라졌다. Y_2O_3 는 1세대와 비슷한 4.5 - 5.6w% [3 mol%] 정도이지만, Al_2O_3 는 0.05 ± 0.02 w% 정도로 감소되었다. 지르코니아 입자의 굴절률과 크게 다른 Al_2O_3 입자는 지르코니아의 입자 경계부분에서 재배치되었다. 이로써 지속적으로 좋은 장기 안정성, 높은 강도, 더 높은 빛 투과율을 동시에 달성되었다.⁵ 이 세대의 재료는 더 높은투명도 뿐만 아니라 다양한 인공 노화 과정 초기와 이후에도 높은 강도를 보여주었다. 강도는 1세대 재료보다는 조금 낮은 0.9 - 1.3 GPa 정도의 굴곡 강도를 보여준다. 투명도의 증가로 구치부 단일구조 보철물에 사용되기 시작하였다. 대표적 제품으로 Rainbow Trans Block [Genoss], Rainbow Shade Block [Genoss] Lava Plus [3M ESPE] 등이 있다.

3세대 지르코니아 [2015년 부터]

2세대 지르코니아는 여전히 글라스세라믹 보다는 불투명하기 때문에 좀 더 투명한 지르코니아에 대한 열망으로 3세대 재료가 개발되었다. Y_2O_3 는 10 w% 이하 [4 - 5 mol%], Al_2O_3 는 0.01 w% 이하가 들어 있다. 이 지르코니아는 정방정상에서 단사정상으로 전이성이 있을 뿐만 아니라 최대 53%의 입방정상을 가진다. 그러므로 이것은 입방정상 구조와 정방정상 구조가 혼합되어 부분적으로 안정화된 특성을 나타낸다. 많은 입방정상은 Y_2O_3 가 2세대 보다 더 높은 함량을 첨가하여 달성된다. 입방정상은 정방정상에 비해 부피가 더 크다. 이는 빛이 입자 경계와 잔류 다공성에서 산란이 적게 된다. 또한, 입방형 결정 구조는 정방형 구조보다 등방성이 더 크다. 이것은 입사광이 모든 공간 방향에서 더 고르게 방출된다는 것을 의미한다. 이러한 특성은 재료를 더 투명하게 한다. 굴곡 강도가 0.5 - 0.9 GPa 정도이며, 파괴 인성은 2.3 - 3.5 MPam^{1/2} 로 1세

대나 2세대 재료 보다 낮다. 3세대 지르코니아에서는 물과 열에 의한 노화 현상이 일어나지 않는다고 한다. 이는 구강내에서 기능하는 시간이 길어도 재료가 미세 구조와 강도를 유지한다는 것을 의미한다.⁶ 이 재료의 단점은 잠재적으로 낮은 변태강화 현상으로 재료의 파괴 인성이 감소된다는 것이다. 투명도의 많은 증가로 구치부 뿐만 아니라 전치부 단일구조 보철물에도 사용 가능하게 되었다. 대표적 제품으로 Rainbow Shine T [Genoss], Rainbow Multilayer [Genoss], Rainbow High Shine [Genoss], Lava Esthetic [3M ESPE] 등이 있다.

○ 결론

치과 심미보철에 가장 많이 사용되고 있는 지르코니아가 임상적인 요구에 따라 현재는 3세대 제품까지 개발되어 장기간의 저작압에 견디는 적절한 강도와 높은 반투명성을 보이고 있다. 앞으로도 조성과 구조의 변화를 통하여 적절한 기계적 특성과 조금 더 자연치아에 가까운 광학적 특성을 보이며 장기적인 예후도 우수한 지르코니아가 계속적으로 개발되리라 생각된다.

References

1. Lüthy H, Filser F, Loeffel O, Schumacher M, Gauckler LJ, Hämmerle CHF. Strength and reliability of four unit all-ceramic posterior bridges. *Dent Mater* 2005;21:930-37.
2. Piconi C, Maccauro G. Zirconia as a ceramic biomaterial. *Biomaterials* 1999; 20:1-25.
3. Stawarczyk B, Özcan M, Hallmann L, Ender A, Mehl A, Hämmerle CHF. (2) Effect of sintering temperature on flexural strength, grain size and contrast ratio. *Clin Oral Investig* 2013;17:269-74.
4. Stawarczyk B, Emslander A, Roos M, Noack F, Sener B, Keul C. (3) Zirconia ceramics, their contrast ratio and grain size depending on sintering parameters. *Dent Mater J* 2014;33:591-8.
5. Stawarczyk B, Frevert K, Ender A, Roos M, Sener B, Wimmer T. Comparison of four monolithic zirconia materials with conventional ones: contrast ratio, grain size, four-point flexural strength and two-body wear. *J Mech Behav Biomed Mater* 2016;59:128-38.
6. Tosoh Corporation. Herstellerangaben von eigenen Untersuchungen der Gefügewandlung in monokline Phase [Manufacturer's data on in-house studies of structural transformation in the monoclinic phase]. Tokyo: Toshih Corporation, 2014.

치과용 지르코니아의 발전

1990년대 말부터 치과보철 수복에 응용된 초창기 지르코니아는 코핑 형태로 사용되었다. 이렇게 만들어진 보철 수복물은 기존의 다른 심미 금속 수복물의 구조물이나 프레임 역할을 하는 금속이 없어서 자연스러움이 필요한 전치부에 성공적으로 사용되었으나 구치부에서는 기능중에 상부 비니어링 포세린의 파절로 그 사용에 한계가 있었다. 그후 여기에 대한 해결 방안으로 강한 코핑 재료를 전체 보철물의 형태로 제작하는 단일구조 지르코니아 수복물이 제안되었다. 이것은 강한 힘에 대한 저항은 뛰어나지만 매우 희고 불투명한 지르코니아의 특성상 조금은 비심미적인 결과를 나타내었다. 그러나, 현재는 지르코니아의 투명도를 높이는 기술적인 진보로 구치부 뿐만 아니라 전치부에서 강하면서도 심미적인 지르코니아 수복물 제작이 가능하게 되었다. 이 논문에서는 지금까지 개발된 여러 종류의 지르코니아 재료의 구조적 특징을 알고 실제로 사용하고 있는 지르코니아 제품이 어디에 속하는지 설명한다.

키워드: 세라믹, 지르코니아, 이트리아, 파절, 반투명성