http://dx.doi.org/10.14368/jdras.2015.31.1.20
ISSN 2233-4084

Original Article

Spectrophotometric analysis of feldspathic porcelain with silver ion

Jihyun Kim[1], Kyeongwoo Song[2], Sera Noh[3], Kyelim Yun[3], Kwidug Yun[1]*

[1]*Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonnam National University, Gwangju, Republic of Korea*

[2]*Alphadent, Goyang, Republic of Korea*

[3]*NCL Korea, Gwangju, Republic of Korea*

Purpose: This study was evaluated the shade of feldspathic porcelain with various concentration of silver ion. **Materials and Methods:** The control group was conventional feldspathic porcelain with no silver ion, the experimental groups were the feldpathic porcelain with 5%, 10%, 20%, 30% silver ion. The number of specimens on the each group was 5. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE) L*a*b* parameters were recorded twice for each specimen with a spectrophotometer (Model CM-2600d, Minolta, Japan). One-way Anova was used for statistical analysis. **Results:** L value was similar. a value was increasing and b value was decreasing with silver ion statistically significantly. ΔE was increasing according to silver ion significantly. **Conclusion:** The shade of feldspahtic porcelain was influenced by silver ion. Ag ion under 10% concentration is acceptable clinically. **(J Dent Rehabil Appl Sci 2015;31(1):20-5)**

Key words: feldspathic porcelain; silver ion; shade; esthetic properties

서론

최근 심미에 대한 관심이 높아짐에 따라 도재를 이용한 고정성 보철 수복물 치료가 보철치료에서 큰 비중을 차지 하고 있다. 이러한 고정성 보철물은 환자의 구강 위생 능력과 식습관 그리고 유지 관리에 따라 수명에 많은 차이가 나게 된다. 윤의 논문에 따르면 고정성 보철물의 합병증은 생물학적 합병증과 기계적 합병증으로 나뉘게 되는데, 고정성 보철물의 생물학적 합병증은 치주 질환(37.5%), 치아 우식증(19.0%), 그리고 치수 질환(10.8%) 순이었고, 기계적 문제점은 변연 결함(18.4%), 보철물 파절(4.2%), 유지력 상실(3.9%), 치아 파절(3.6%), 그리고 식편압입(2.6%) 순이었다.[1] 즉 절반 이상의 빈도로 고정성 보철물의 수명을 단축시키는 합병증을 일으키는 것으로 치주질환, 치아 우식증, 치수 질환등의 구강내 미생물에 대한 생물학적인 문제와 연관이 있었다. 더욱이 고정성 보철물은 구강내에 합착시 환자가 보철물을 제거할 수 없으므로 구강위생관리를 완벽하게 하기 어려운 상황이다. 그러므로 재료 자체가 지속적으로 구강내에서 항균성을 나타낼 수 있다면 이러한 합병증을 줄일 수 있을 것이다.

은은 대표적인 금속계 항균 물질로서, 인체에 무해하며 미생물의 신진대사 기능을 억제하여 약 650여종의 유해 세균에 항균 효과가 있는 것으로 알려져 있는 물질이다.[2] 또한 은은 다른 항생제에 비하여 내성을 갖는 미생물의 수가 적기 때문에 은을 이용한 다양한 활용 방법이 연구되고 있다.[3] 은의 항균성에 대한 활용의 많은 부분은 페인트, 실리콘, 항균 섬유등 다양한 일상 생활 분야에 이용되지만 생체재료쪽의 응용은 아직 제한적이었다. 그러나, 최근에는 은나노 입자를 고분자에 포함된 상태로 제

*Correspondence to: Kwidug Yun
Associate Professor, Department of Prosthodontics, School of Dentistry, Chonnam National University, 33, Yongbong-ro, Buk-gu, Gwangju, 500-757, Republic of Korea
Tel: +82-62-530-5631, Fax: +82-62-530-5639, E-mail: ykd@jnu.ac.kr
Received: February 6, 2015/Last Revision: March 6, 2015/Accepted: March 2, 2015

Copyright© 2015 The Korean Academy of Stomatognathic Function and Occlusion.
It is identical to Creative Commons Non-Commercial License.

조하는 방법 이외에 겉 표면에 은을 코팅함으로서 활용하는 방법이 알려지면서 의료기기에 적용시키는 많은 연구들이 이루어지고 있다.[4-6] 은의 항균성을 치과용 보철 분야에 적용하기 위해서는 2가지의 방법이 있는데 도재 소부용 금속에 유리될 수 있는 은이온을 첨가시키거나 도재에 은을 첨가시키는 방법이다. 그러나 도재소부용 금속에 은을 첨가시 융점을 낮추거나 열팽창계수를 높이고, 도재의 황변을 일으킨다고 알려져 있기 때문에 은 첨가량의 조절은 매우 중요하다.[7] 그러므로 이번 실험에서는 장석계 도재에 다양한 농도의 은 이온을 첨가하였을때 도재의 색조에 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 한다.

연구 재료 및 방법

1. 실험 시편의 제작

은이 포함되지 않은 통상적인 장석계 도재(Noritake EX-3, Kuraray Noritake Dental Inc., Miyoshi, Japan)를 대조군으로 사용하고, 은 이온을 5%, 10%, 20%, 30%로 혼합하여 실험군으로 이용하였다(Table 1, Fig. 1). Dentin porcelain을 이용하여 두께 2 mm, 직경 15 mm의 디스크 형태로 제조회사의 온도에서 2번에 나누어 소성하여 제작하였다. 각 그룹당 5개의 시편을 제작하였다.

Table 1. Control and experimental groups

Groups	Composition
0% Ag (control group)	Feldspathic porcelain + no Ag
5% Ag	Feldspathic porcelain + 5% Ag
10% Ag	Feldspathic porcelain + 10% Ag
20% Ag	Feldspathic porcelain + 20% Ag
30% Ag	Feldspathic porcelain + 30% Ag



Fig. 1. Digital photographs of speimens.

2. 분광 측색학적 분석

측정시 일정한 위치로 위치시키기 위해 고정판을 이용하였으며, 고정판의 내부는 외부 광원을 차단하기 위해 검은색을 이용하였다. 각 시편의 색조는 분광 측색기(CM-2600d, Minolta Co. Ltd, Osaka, Japan)을 이용하여 각 시편당 2번씩 측정되었다. 분광 측색기는 제조사의 지시대로 기기의 색조정을 시행하여 이용하였다. 측정된 값은 시스템의 전용 컴퓨터 프로그램을 이용하여 CIE L*a*b*의 값을 얻었다. 대조군과 실험군의 L*, a*, b* 값을 이용하여 다음과 같이 색차(ΔE)을 계산하였다. 그룹당 얻어진 L*, a*, b* 값 및 ΔE 값은 통계처리를 시행하여 평균값을 이용하였다(Fig. 2).

$$\Delta E = (\Delta L^{*2} + \Delta a^{*2} + \Delta b^{*2})^{1/2}$$

$$\Delta L^* = L^*\text{control} - L^*\text{experiment}, \Delta a^* = a^*\text{control} - a^*\text{experiment}, \Delta b^* = b^*\text{control} - b^*\text{experiment}$$



Fig. 2. Spectrophotometric analysis. The machine for spectrophotometric analysis (CM-2600d) and CIE L*a*b* software are shown.

3. 통계 분석

얻어진 L*, a*, b* 값 및 ΔE 값은 SPSS Ver. 17.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, USA) 프로그램을 이용해 실험 결과를 Levene의 등분산 검정을 시행한 후, One-way ANOVA 검정을 이용하여 통계 처리 하였다. 모든 검증은 유의수준 0.05 수준에서 이루어졌다.

결과

L*, a*, b*의 데이터를 통계 분석을 시행하기 위해 Levene의 등분산 검정을 시행한 결과 모두 등분산성을 만족하였다. L* 값은 전반적으로 72에서 73의 값을 보였으며 이는 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 이는 은 이온의 첨가가 명도에는 영향을 미치지 않음을 의미한다. a* 값은 은 이온의 함량이 높아질수록 통계적으로 유의하게 감소하는 경향을 보였다. 은 이온의 함량에 관계없이 모든 실험군에서 양의 값을 보여 빨간색의 값을 나타냄을 알 수 있었으며, 은 함량이 높아질수록 빨간색의 채도값이 유의하게 낮아졌다. b* 값은 은이온의 함량이 높아질수록 통계적으로 유의하게 증가하는 경향을 보였다. 이 역시 은 이온의 함량에 관계없이 모든 실험군에서 양의 값을 보여 노란색의 값을 나타냄을 알 수 있었으며, 은 함량이 높아질수록 노란색의 채도가 진해짐을 알 수 있었다(Table 2, Fig. 3).

ΔE 값은 두 가지 색의 차이를 나타내는 것으로서 실험군에 비교해서 대조군의 색차가 얼마나 나는지 확인하는 지표이다. ΔE 값의 데이터도 통계 분석을 시행하기 위해 levene 의 등분산검정을 시행한 결과 등분산성을 만족하여 일원분산분석을 시행하였다. ΔE 값은 은이온의 함량이 증가할수록 통계적으로 유의하게 증가하는 경향이 있다(Table 3, Fig. 4). 구강내에서 임상적으로 허용가능한 ΔE 값이 3.7임을 고려할때,[8-10] 5%와 10%의 은 이온이 첨가된 경우는 임상적으로 받아들여지지만, 20%와 30%의 은 이온이 첨가된 경우는 쉽게 색차를 인지가능함을 나타낸다.

Table 2. The mean and standard deviation L*, a*, b* parameters of each group

Groups	L*	a*	b*
0% Ag	73.6080 ± 1.7368	1.5500 ± 0.1554	17.2600 ± 0.7058
5% Ag	73.1900 ± 1.0838	1.1840 ± 0.4346	19.3540 ± 1.0826
10% Ag	72.8700 ± 1.8495	0.6220 ± 0.1899	20.8120 ± 1.3715
20% Ag	72.1180 ± 0.9154	0.4680 ± 0.1333	22.5480 ± 1.1106
30% Ag	72.4220 ± 1.6821	0.3060 ± 0.2609	24.1240 ± 0.7038

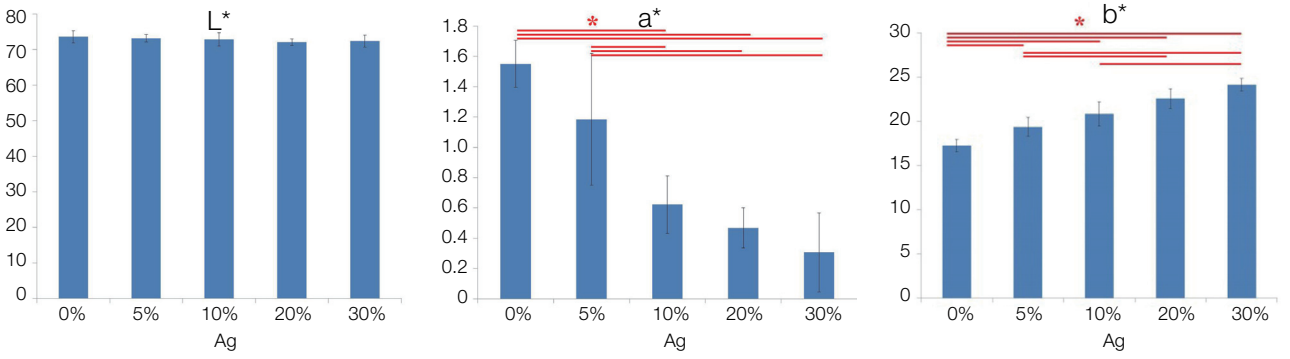


Fig. 3. Mean and standard deviation value of L*, a*, b* results. The L* coordinate is a measure of the lightness-darkness of the specimen. The greater the L* is, the lighter the specimen. The a* coordinate is a measure of the chroma along the redgreen axis. A positive a* relates to the amount of redness, and a negative a* relates to greenness of a specimen. The b* coordinate is a measure of the chroma along the yellow-blue axis; that is, a positive b* relates to the amount of yellowness, while a negative b* relates to the blueness of the specimen.
* represents statistically significance between groups.

Table 3. ΔE vales between groups

Groups	ΔE
0% Ag - 5% Ag	2.2165 ± 0.5772
0% Ag - 10% Ag	3.7261 ± 1.0378
0% Ag - 20% Ag	5.0412 ± 1.0511
0% Ag - 30% Ag	6.6990 ± 0.6312

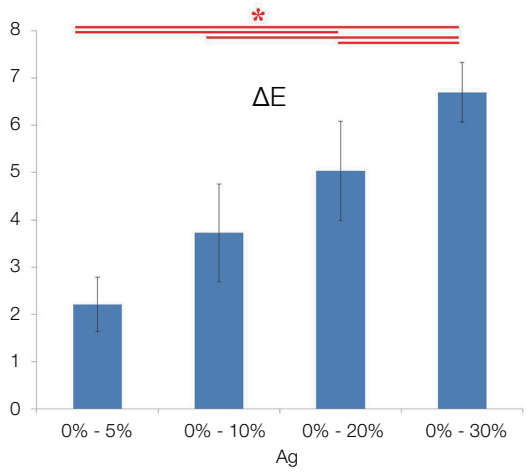


Fig. 4. Graph of ΔE results.

고찰

은은 오래전부터 사용되어온 대표적인 금속계 항균 물질이다. 은은 효소의 단백질을 구성하고 있는 아미노산의 하나인 시스테인(cysteine)의 -SH기와 은 이온이 반응함으로서 S-Ag가 형성되어 미생물을 불활성화 시키는 메커니즘으로 항균 효과를 나타낸다고 알려져 있다.[11] 혹은 미생물의 물질 대사 과정 중 활성 산소의 생성을 유도할 수 있으며, 은 이온이 미생물의 세포질 막에 있는 칼륨 이온을 방출시킴으로서 미생물을 불활성시킨다는 보고가 있다.[12] 어떠한 메커니즘을 통하든 은 이온이 강력한 항균 작용을 나타내며, 다양한 박테리아, 박테리아 스포어, 곰팡이, 바이러스 등을 효과적으로 불활성화 시킬 수 있다.[13] 이러한 항균 효과를 고정성 보철물 치료 영역에 적용시키고자 하였다. 장석계 도재 수복물에서 은을 첨가시킬때에는 2가지의 방법이 있는데, 금속에 첨가시키거나 장석계 도재에 첨가시킬 수 있다. 금속에 은이온을 첨가시키면 합금의 유동성이 저하될 뿐만 아니라 금속의 융점이 낮아지고 열팽창 계수를 높이기 때문에 도재 금속 수복물에서 금속의 성분을 변화시키기에는 어려움이 있다. 그러므로 장석계 도재에 은이온을 첨가하였는데, 일반적으로 은은 도재의 황변현상을 일으킨다고 잘 알려져 있다.[7] 그러므로 이번 실험에서는 은 이온의 첨가가 장석계 도재의 색조에 영향을 미치는지 알아보고자 하였다.

색조 선택에 영향을 미치는 요소로는 입사광, 물체의 물리적 성질, 주변 환경, 관찰자의 주관적 판단 등에 의해 영향을 받을 수 있으므로 관찰자와 광원 등조건에 따라 다르게 보인다고 하였다.[14] 일반적으로 색조의 평가시에 가장 많이 이용되는 방법은 색 견본과 시편을 대조해보는 것이다. 이는 사용이 편리하기 때문에 임상에서 가장 많이 사용되고 있으나 주관적 요소, 주변 광원 등에 의해 선택의 일관성이 떨어지는 등의 단점으로 인해 객관적이며 신뢰도 있는 색을 평가하기 위한 기계가 개발되고 있다. 그러므로 색을 L*, a*, b* 값으로 정량화 할 수 있는 분광측색장치(spectrophotometer)를 이용하는 것이 더 객관적인 데이터를 얻을 수 있다. 많이 이용되는 CIE system은 국제 조명 위원회(Commission Internationale de J' Eclairage)에 의해 채택된 것으로, 측정의 결과를 L*, a*, b*로 표현하는데, 이를 이용하여 색을 정량화 할 수 있고 그에 따라 두 물체간의 색 차이(ΔE)도 정량적으로 평가할 수 있다.[15] 두 물체간에 색상의 차이인 ΔE 값은 클수록 색조 차이가 많이 나고, 작을수록 색조 차이를 인지하기 힘든 것으로, 1보다 작은 경우 최상의 색조 조화를 이루며 1 - 2사이는 임상적으로 받아들일 만 하며 2 이상은 부조화를 나타낸다고 알려져 있다.[8] 그러나 인간의 눈은 1ΔE 값까지 색조 차이를 구분할 수 있으나 광원 등 외부 요소를 표준화 할 수 없는 구강 내에서는 비교치아와 3.7 ΔE값의 차이가 보고 되었다.[9,10] Johnston 등도[16] 역시 3.7 이하이면 임상에서 받아들여질만 하다고 하였다.[13-15] 이 연구를 통해서 은 이온의 첨가는 L* 값에는 영향이 없었으나, a*, b* 값에는 영향을 미침을 알 수 있었다. 즉 은이온은 명도를 변화시키지 않지만, 채도를 변화시킴으로서 색의 차이를 보이게 한다. 이를 통해 5%와 10%의 은 이온의 첨가는 구강내에서 임상적으로 받아들여질만한 농도임을 알 수 있었다.

결론

이 실험의 한계 내에서 장석계 도재에 은을 첨가하는 것은 도재의 색조에 영향을 준다. 하지만 10% 이하의 이온을 첨가한 장석계 도재는 임상적으로 받아들여질만 하다.

Acknowledgements

본 연구는 "산업통상자원부", "한국산업기술진흥원", "호남지역사업평가원"의 "광역경제권 선도산업 육성사업"으로 수행된 연구결과입니다.

(This research was financially supported by the Ministry of Trade, Industry &Energy (MOTIE), Korea Institute for Advancement of Technology (KIAT) and Honam Institute for Regional Program Evaluation through the Leading Industry Development for Economic Region)

References

1. Yun MJ. Complication and failure analysis of fixed restorations. J Dent Rehabil Appl Sci 2011;27:149-59.
2. Hwang IS, Cho JY, Hwang JH, Hwang BM, Choi HM, Lee JY, Lee DG. Antimicrobial effects and mechanism(s) of silver nanoparticle. Korean J Microbiol Biotechnol 2011;39:1-8.
3. Furno F, Morley KS, Wong B, Sharp BL, Arnold PL, Howdle SM, Bayston R, Brown PD, Winship PD, Reid HJ. Silver nanoparticles and polymeric medical devices, a new approach to prevention of infection? J Antimicrob Chemother 2004;54:1019-24.
4. Lu Y, Liu GL, Lee LP. High-density silver nanoparticle film with temperature-controllable interparticle spacing for a tunable surface enhanced Raman scattering substrate. Nano Lett 2005;5:5-9.
5. Jain P, Pradeep T. Potential of silver nanoparticle-coated polyurethane foam as an antibacterial water filter. Biotechnol. Bioeng 2005;90:59-63.
6. Kalishwaralal K, Barathmanikanth S, Pandian SR, Deepak V, Gurunathan S. Silver nanoparticles impede the biofilm formation by Pseudomonas aeruginosa and Staphylococcus epidermidis. Colloids Surf B Biointerfaces 2010;79:340-4.
7. Wataha JC. Alloys for prosthodontic restorations. J Prosthet Dent 2002;87:351-63.
8. An JH, Choi MR, Shim HW. Shade comparative analysis of natural tooth measured by visual and two colorimeters (ShadeEye®, Shadepilot®). J Dent Rehabil Appl Sci 2013;29:81-93.
9. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH. Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. J Dent Res 2002;81:578-82.
10. Kuehni RG, Marcus RT. An experiment in visual scailing of small color difference. Color Res Appl 1979;4:83-91.
11. Liau SY, Read DC, Pugh WJ, Furr JR, Russell AD. Interaction of silver nitrate with readily identifiable groups: relationship to the antibacterial action of silver ions. Lett Appl Microbiol 1997;25:279-83.
12. Feng QL, Wu J, Chen GQ, Cui FZ, Kim TN, Kim JO. A mechanistic study of the antibacterial effect of silver ions on Escherichia coli and Staphylococcus aureus. J Biomed Mater Res 2000;52:662-8.
13. Kim JY, Kim TY, Yoon JY. Antimicrobial activity and mechanism of silver. J Korean Ind Eng Chem 2009;20:251-7.
14. Esquivel JF, Chai J, Wozniak WT. Color stability of low-fusing porcelains for titanium. Int J Prosthodont 1995;8:479-85.
15. Park C, Lee GJ, Kim HJ. Effect on the externally stained IPS e.max press porcelain due to tooth brushing. J Dent Rehabil Appl Sci 2012;28:213-21.
16. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res 1989;68:819-22.

은이온을 첨가한 장석계 도재의 분광 측색학적 평가

김지현[1], 송경우[2], 노세라[3], 윤계림[3], 윤귀덕[1]*

[1]전남대학교 치의학전문대학원 치과보철학교실, [2](주)알파덴트, [3]엔시엘코리아

목적: 이 실험의 목적은 장석계 도재에 항균성을 부여하기 위해 은을 다양한 농도로 첨가하였을 때, 은 첨가가 장석계 도재의 색조에 영향을 미치는지 알아보기 위함이다.

연구 재료 및 방법: 대조군은 은을 포함하지 않은 일반 장석계 도재를 이용하고, 은이 5%, 10%, 20%, 30%의 농도로 첨가된 장석계 도재를 4개의 실험군으로 하여 총 5개의 그룹을 이용하였고, 각 그룹당 각 5개씩 디스크 형태로 시편을 제작하였다. 각 시편은 색차계를 이용하여 L, a, b값을 2번씩 측정하였다. 각 값은 SPSS를 이용하여 일원분산 통계 분석을 시행하였다.

결과: 은의 함량이 높아짐에 따라 각 그룹간 L값은 거의 비슷하였고, a값은 점차 증가하고, b값은 점점 감소하는 양상을 보여주었다. 은의 함량이 높아짐에 따라 ΔE 값은 유의하게 증가하였다. 5% 은 이온이 함유된 도재와 10%의 은 이온이 함유된 도재는 ΔE값이 3.7 이하였다.

결론: 장석계 도재에 은을 첨가하는 것은 도재의 색조에 영향을 준다. 하지만 10% 이하의 이온을 첨가한 장석계 도재는 임상적으로 받아들여질만 하다.

(구강회복응용과학지 2015;31(1):20-5)

주요어: 장석계 도재; 은 이온; 색조; 심미성

*교신저자: 윤귀덕
(500-757) 광주광역시 북구 용봉로 33 전남대학교 치의학전문대학원 보철학교실
Tel: 062-530-5638 | Fax: 062-530-5639 | E-mail: ykd@jnu.ac.kr
접수일: 2015년 2월 6일 | 수정일: 2015년 3월 6일 | 채택일: 2015년 3월 2일