Original Article

대한치과재료학회지 50(4):267–280, 2023
Korean Journal of Dental Materials (Korean J Dent Mater)
ISSN:2384–4434 (Print); 2384–3268 (Online)
Available online at http://www.kadm.org
http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2023.50.4.267

의치상용 레진의 연마방법과 pH 농도에 따른 색조변화

김재훈[1], 김종원[2], 황숙영[2], 김희중[1*]

[1] 조선대학교 치과대학 치과보철학교실
[2] 조선대학교 대학원 치의학과

The effect of polishing procedure and pH on the color change of denture base resin.

Jae Hoon Kim[1], Jong Won Kim[2], Sook Young Hwang[2], Hee Jung Kim[1]*

[1]Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Chosun University, Gwangju, Republic of Korea
[2]Department of Dentistry, Graduate School, Chosun University, Gwangju, Republic of Korea

The purpose of this study is to investigate the effect of polishing procedure and pH on the color change of denture base resin. Heat-cured denture resin specimens (10 x 10 x 4 mm) were prepared with three surface roughness levels: G0 (non-polished), G1 (polished with acrylic carbide bur, silicone rubber points and brush wheel), G2 (additional polishing and buffing with lathe, pumice and rouge compound). Each specimen of G0, G1, G2 was immersed in a staining solution with four different acidic conditions (pH 2, pH 4, pH7, pH 9.18) for 14 days. Surface roughness (Ra) was measured with AFM (atomic force microscope) and the surface was inspected with a digital microscope. Color change (ΔE^*) was quantified using a spectrophotometer in CIE Lab color space. After immersion, inspection with the digital microscope showed most stain in G0, followed by G2 and G1. G0 have shown significantly higher color change (ΔE^*) after immersion than G1 and G2 in different pH solutions other than pH 9.18. In the results of the color change estimation in each group with different pH solutions, all groups showed the least color change in pH 9.18 solution. The highest color change after immersion was observed in G0, pH 7.0 solution and G0, pH 2.0 solution ($P<0.05$). G1 and G2 showed no significant color change among different pH solutions ($P>0.05$). Denture base resin specimen with higher surface roughness showed more significant color change after immersion compared to specimen with lower surface roughness. More significant color changes were observed after immersion in acidic and neutral pH solution than in alkaline solution.

Keywords : Heat-curing resin, Polishing procedure, pH, Surface roughness, Color change, Color stability

Jae-Hoon Kim (ORCID: 0000-0002-2807-6707)
Jong-Won Kim (ORCID: 0000-0001-9620-9084)
Sook-Young Hwang (ORCID: 0009-0001-6745-1573)

*Correspondence: Hee-Jung Kim (ORCID: 0000 0002 2015 1530)
309 Pilmun Daero, Dong gu, Gwangju, 61452, Republic of Korea
Affiliation: Department of Prosthodontics, College of dentistry, Gwangju, Chosun University
Tel : +82 010-8967-2875
E-mail : khjdds@chosun.ac.kr

Received: Dec. 08, 2023; Revised: Dec. 21, 2023; Accepted: Dec. 23, 2023

서론

치과치료에서 심미에 대한 관심은 계속해서 높아지고 있고, 이러한 관심은 의치를 착용하는 환자들 사이에서도 마찬가지이다(1, 2). 심미적인 의치는 형태적으로 잇몸 및 입술 주위 조직을 채워주며, 조화로운 미소선 설계를 통해 환자가 편안한 미소를 가질 수 있도록 도와준다. 상실된 치아를 대신하는 인공치와 잇몸을 대신하는 의치상은 색조의 조절 또한 특히 중요하며, 항상 타액에 젖어있고 음식물과 음료 등에 접촉하기 때문에 환경 요소에 대한 적절한 물리적 성질을 가져야 한다(3-5).

색조 안정성은 다양한 환경에서 오랜기간에 걸쳐 재료 자체의 색상을 유지하는 성질을 말하며, 의치상 레진이 갖추어야 할 중요한 물리적 성질이다(3-10). 의치를 구강 내에서 장기간 사용 시 자연치에서와 마찬가지로 의치상과 인공치에 침전물과 착색이 발생한다. 의치에 부착된 부드러운 음식물찌꺼기는 브러시를 이용해 가볍게 제거되지만 차, 커피, 콜라 및 담배타르 등에 의해 의치상에 발생하는 견고한 침전물과 착색은 제거가 용이하지 않다. 이러한 침전물과 착색은 의치상의 변색에 기여하며, 구강건강과 성공적인 의치장착에 바람직하지 않은 효과를 나타낸다(11).

Buyukyilmaz 등(8)은 의치상 레진의 변색의 원인으로 내인성 요소과 외인성 요소를 제시하였다. 내인성 요소는 재료의 화학적 변화로 인한 의치상의 화학적 변색을 야기하며, 다양한 에너지원에 노출되고 장기간 수분에 노출된 후에 나타나는 아민촉진제의 산화나 의치상 색소의 변색 등이 있다. 외인성 요소는 외부의 착색제의 의치상 부착이나 침투로 발생하며 의치상 변색을 유발하고, 커피, 차, 니코틴, 콜라 등과 같은 착색된 용액이나 다양한 외부 오염원 등이 있다. 이러한 요소들이 단일이나 복합적으로 작용함으로써 시각적으로 인지할 수 있거나 심미적으로 불만족스러운 의치상의 변색을 유발한다. 각종 음료와 과자 등에 첨가되는 세 종류의 식용색소(인공식염료)를 이용하여 5개의 상용되는 의치상레진 제품들에 대하여 침전실험을 하였던 Hersek 등(9)은 특정 의치상레진 제품 시편에서 눈으로 인지할 만한 색조변화가 나타났으나, 측정된 색차(ΔE^*)값은 3.3 이하의 값으로 임상적으로 받아들일만한 결과를 얻었다고 보고하였다.

의치상레진의 변색에 기여하는 또 다른 요인으로는 제작 시 발생하는 의치상의 미세기포, 의치의 거친 표면 및 과도한 잔존 단량체 등이 있다(6, 9, 12). 이러한 요인들은 의치상이 수분을 흡수하고 성분들이 용해되고 고유 색소가 분해되거나 외부 색소에 노출되는 동안 변색에 기여할 수 있다. 특히, 완성된 의치의 거친 표면은 의치의 변색뿐만 아니라 치태부착을 유발할 수 있다(13, 14). 여러 문헌들이 아크릴릭 레진의 마무리와 연마에 대해 보고하였다. Morgan 등(15)은 의치상레진의 종류와 표면조도가 *S. Oralis*의 부착에 유의한 영향을 미치고 있음을 보고하였다. Craig와 Rudd 등(16, 17)은 의치에 치태부착과 바이오필름형성을 막기 위해 젖은 휠과 연마제를 사용할 것을 추천하였다. O'Donnell 등(18)은 통상적인 연마법과 진료실연마키트를 이용한 연마법으로 열중합레진을 연마한 실험에서 통상적인 연마법이 더욱 매끄러운 표면을 얻었음을 보고하였다.

의치상 변색과 관련된 대부분의 문헌들은 식품이나 식용색소, 의치세정제에 시편을 침전한 후 색조변화에 대해 고찰한 것으로, 직접적으로 침전용액의 pH(산도)를 다르게 설정하여 색조변화를 연구한 문헌이나 의치상의 연마정도를 다르게 하여 의치상 변색을 연구한 문헌은 거의 없는 실정이다.

이에 본 연구에서는 의치상용 레진의 연마방법과 pH 농도가 의치상의 색조에 어떠한 영향을 주는 지 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시편 제작과 분류

본 연구에 사용될 시편은 열중합형 의치상레진(Vertex Rapid Simplified®, Vertex Dental, Zeist, Netherlands)으로 제작되었다. 시편의 크기는 10 mm x 10 mm x 4 mm 이고, 금속주형을 이용하여 제작하였다. 시편 제작은 제조사의 매뉴얼에 따라 액체 10ml 당 분말 23g의 혼수비(1회 혼합 시 액체 20 ml, 분말 46 g 사용)로 30초간 휘저어 준 후 15분을 기다려 반죽 상태(dough stage)의 의치상 레진을 준비하였으며, 금속 몰드에 분리제를 도포한 후 반죽 상태의 의치상 레진을 분리제가 도포된 금속 몰드에 눌러 담았다. 압착기를 사용하여 압착하고 몰드 주변 과잉 레진을 제거한 후에 100 ℃로 설정된 항온수조에서 20분간 중합하였으며, 총 120개의 시편을 제작하였다. 제작된 시편들은 시편 제작 후 아무런 표면 연마과정을 거치치 않은 그룹(Group 0, 이하 G0), 의치기공용 버(acrylic carbide bur, silicone rubber points, brush wheel)와 핸드피스를 이용하여 연마한 그룹(Group 1, 이하 G1)과 핸드피스를 이용하여 연마한 후 치과용 선반연마기(lathe)와 루즈(rouge)로 연마한 그룹(Group 2, 이하 G2)의 세 그룹으로 분류되었으며, 그룹마다 시편의 개수는 40개였다(Table 1). G1과 G2의 시편들은 각기 정해진 연마방법에 의해 연마를 시행하였으며, 사용된 기구들은 Table 1과 같았다. G1은 치과진료실의 진료체어에서 덴쳐버(acrylic carbide bur, Edenta AG, Hauptstrasse 7, Switzerland), 실리콘 러버 포인트(Big silicone points R1/R2/R3, Shofu, Kyoto, Japan), 브러쉬휠(Bison Polishing Brush, Renfert, Hilzingen, Germany)을 저속 스트레이트 핸드피스와 연결하여 5,000 ~ 15,000 RPM으로 연마하였다. G2는 G1의 과정을 거친 시편을 기공실의 고속연마기(26A Red Wing Lathe®, Handler Manufacturing, Bethel, NY, USA)에서 연마제(Whip Mix Pumice Fine CL-125(#32662), Whip Mix, Louisville, KY, USA)와 광택제(Acrypol High Luster Paste, Bredent, Senden, Germany)를 적용하여 추가 연마를 시행하였다. 제작된 모든 시편들을 흐르는 물에 세척하여 실온에서 건조시켰다.

Table 1. Classification of each specimen group used in this study.

Group	Polishing procedure	n
Group 0 (G0)	Non-polished.	40
Group 1 (G1)	Polished with acrylic carbide bur (Edenta AG, Hauptstrasse 7, Switzerland), silicone rubber points (Big silicone points R1/R2/R3, Shofu, Kyoto, Japan), brush wheel (Bison Polishing Brush, Renfert, Hilzingen, Germany).	40
Group 2 (G2)	Polished with pumice & lathe (rag wheel), buffed with rouge.	40

착색용액은 시판되는 pH 2.0, pH 4.0, pH 7.0, pH 9.18 네 가지 산도(pH)의 용액(Buffer Solution, Samchun pure chemical, Pyeongtaek-si, South Korea)을 이용하였으며, 이 용액에 염색약으로 식용색소(Liqua-gel® teal green, Chefmaster, Fullerton, CA, USA)를 혼합하여 제조하였다. 착색용액을 10 ml의 원심관튜브에 나누어 담았으며, 각 pH 마다 30개씩 총 120개의 원심관튜브를 준비하였다. 각 그룹의 40개의 시편은 네 가지 산도의 착색용액에 각기 10개씩 나뉘어 침전되었으며, 한 튜브에는 한 개의 시편을 침전하였다.

2. 침전 후 색차(ΔE*) 측정

시편을 착색용액에 침전하기에 앞서 원자현미경(XE100®, Park Systems Corp., Suwon-si, South Korea)을 이용하여 시편의 3차원 표면형상을 획득하고 표면조도(Ra)를 측정하였으며 스캔사이즈는 10×10㎛로 설정하였다. 표면조도측정에 이어서 분광측색계(CM-2600d®, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 각 시편의 CIE Lab 색공간 수치를 측정하였으며, 시편 당 무작위로 세 지점을 선택하여 측정한 후 그 평균값을 이용하였다. 분광측색계의 표준광원은 광원 D65, 색온도 6504K의 자외역을 포함한 낮광을 이용하였으며, 색조 측정 전 제조사의 매뉴얼에 따라 영점 교정(zero calibration)과 백색 교정(white calibration)을 시행하였다.

표면조도와 색공간 수치 측정 후 각 그룹의 40개 시편을 네 가지 산도의 착색용액에 10개씩 나누어 침전하였다. 10 ml의 착색용액이 담긴 한 개의 원심관튜브에 한 개의 시편을 각기 침전시켰다. 시편을 담은 원심관튜브는 25 ℃의 온도와 50 rpm의 교반속도로 설정된 항온진탕배양기(JEIO Tech, SI-600R®, Daejeon, Korea)에 보관하였다. 진탕배양기에 보관한 지 14일 후에 각 시편들을 꺼내어 흐르는 물에 세척한 후 실온에서 자연건조시켰다.

디지털 현미경(AM7915MZT®, AnMo Electronics Co., New Taipei City, Taiwan)을 통해 육안으로 침전 후 시편의 표면 착색양상을 관찰하였으며, 색차(ΔE*)를 분석하기 위해 분광측색계(CM-2600d®, Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 침전 후 각 시편의 CIE Lab 색공간 수치를 측정하였다. 침전 전 후의 시편의 색차(ΔE*)는 아래의 공식으로 산출하였다.

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

L^*는 명도(Lightness)

a^*는 적색(Red)과 녹색(Green)의 정도

b^*는 황색(Yellow)과 청색(Blue)의 정도

3. 통계분석

본 연구의 통계 분석은 IBM SPSS Statistics ver. 27.0 (IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 수행하였다. 비모수 독립검정인 Kruskal Wallis test를 사용하여 색차(ΔE*)값의 통계적 유의성을 분석하였으며, Mann Whitney U test로 사후검정을 시행하였다. 유의수준은 5%로 설정하였다.

결과

1. 시편의 표면조도(Ra)

시편들을 침전하기 전 원자현미경을 이용하여 측정한 G0, G1, G2의 평균 표면조도(Ra) 값은 167.1 ± 20.7 ㎚, 5.3 ± 0.3 ㎚, 5.1 ± 1.1 ㎚ 였으며, 표

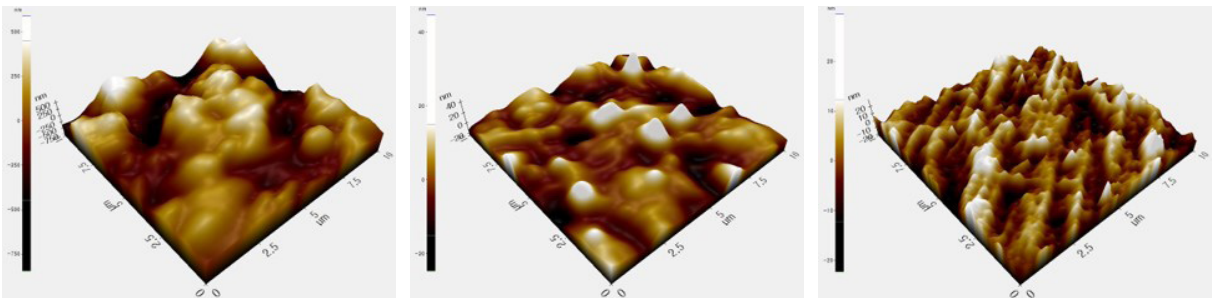
면의 이미지는 그림과 같았다(Figure 1).

2. 디지털 현미경 소견

침전 전후의 변화를 디지털 광학현미경으로 관찰하였더니, G1, G2에 비해 G0 그룹의 시편들이 모든 산도(pH)에서 더욱 뚜렷한 염색약 착색양상을 보였으며(Figure 2), G2 그룹의 착색양상이 G1 그룹 보다는 두드러지게 관찰되었다. 그리고, 세 그룹 모두 낮은 pH 보다는 높은 pH에서 염색약 착색양상이 현저하게 감소되었다(Figure 2).

3. 색조변화

4개의 서로 다른 pH 염색액에 담궈진 각 그룹의 실험전후 pH에 따른 색차(ΔE*)는 아래 표와 같았다



(a) (b) (c)

Figure 1. Image of each group in atomic force microscope(AFM) (XE100®, Park Systems Corp., Suwon-si, South Korea). (a): Group 0 (G0), (b): Group 1 (G1), (c): Group 2 (G2).

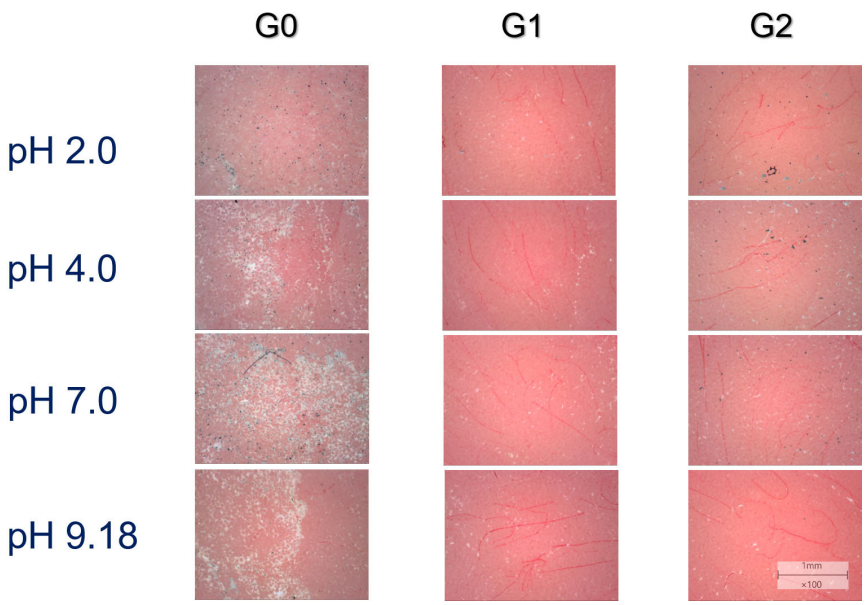


Figure 2. Optical microscopic view(×100) of each group after soaked in dye.

Table 2. Total color change(ΔE*) of specimen group after 14 days. (Average ± SD)

ΔE *	G0	G1	G2
pH 2.0	3.60 ± 1.16[a,1,2]	2.00 ± 0.81[1]	1.60 ± 0.76[2]
pH 4.0	2.60 ± 0.77[3,4]	1.43 ± 0.31[3]	1.14 ± 0.59[4]
pH 7.0	4.18 ± 1.41[b,5,6]	2.00 ± 0.56[5,7]	1.17 ± 0.43[6,7]
pH 9.18	1.68 ± 1.02[a,b]	1.30 ± 1.16	1.05 ± 1.16

Same alphabet present significant difference among different pH in each group (Mann Whitney, P 〈 0.05).
Same number present significant difference among different groups in each pH (Mann Whitney, P 〈 0.05)

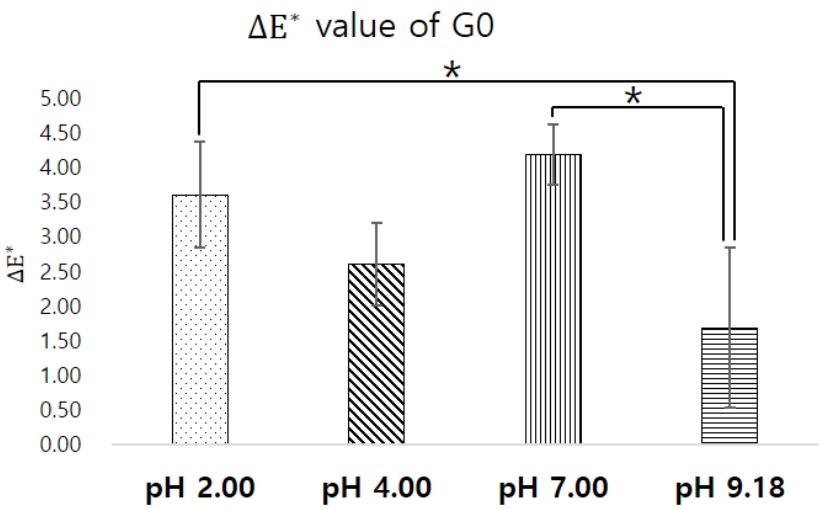


Figure 3. ΔE* value of G0 group according to pH. * means statistically significant difference among different pH.

(Table 2).

G0 그룹은 pH 9.18을 제외하고, 나머지 pH에서 2 이상의 색차를 보였다(ΔE*〉2.00). 그리고, G0 그룹의 pH 2.0과 pH 7.0에서의 색차가 pH 9.18의 색차보다 통계학적으로 유의하게 높은 수치를 나타내었다(Kruskal Wallis test, P 〈 0.05) (Figure 3). G1 그룹에서는 pH 2.0과 pH 7.0에서 2이상의 색차를 보였으나, pH의 변화에 따른 색차 간에는 통계학적 유의성을 보이지는 않았다(Kruskal Wallis test, P 〉 0.05) (Figure 4). G2 그룹은 모든 pH에서 색차 수치가 2 미만이었으며, pH의 변화에 따라 유의한 색차를 보이지 않았다(Kruskal Wallis test, P 〉 0.05) (Figure 5).

각 pH에서의 그룹 간의 실험전후 색차는 아래 표와 같았다(Table 2). pH 2.0 에서 G0 그룹은 G1 및 G2 그룹보다 통계학적으로 유의성이 있는 높은 색차를 보였으나(Mann-Whitney, P 〈 0.05), G1 과 G2 그룹 사이에는 유의성이 관찰되지 않았다(Mann-

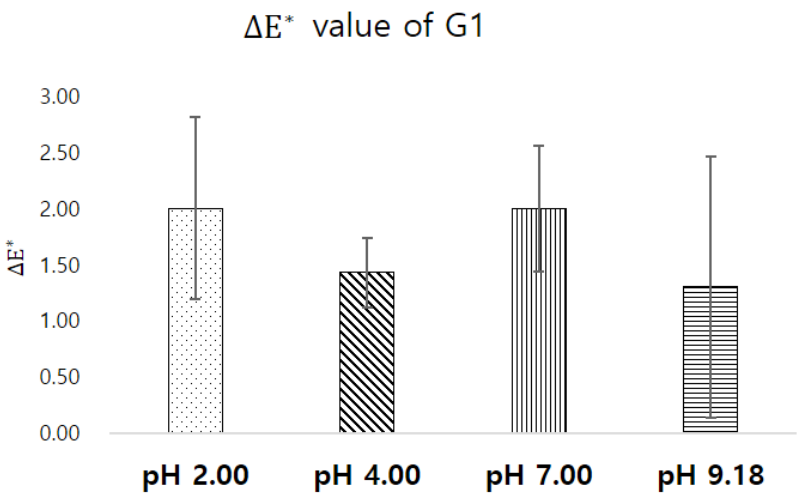


Figure 4. ΔE* value of G1 group according to pH. No statistically significant difference was shown among different pH.

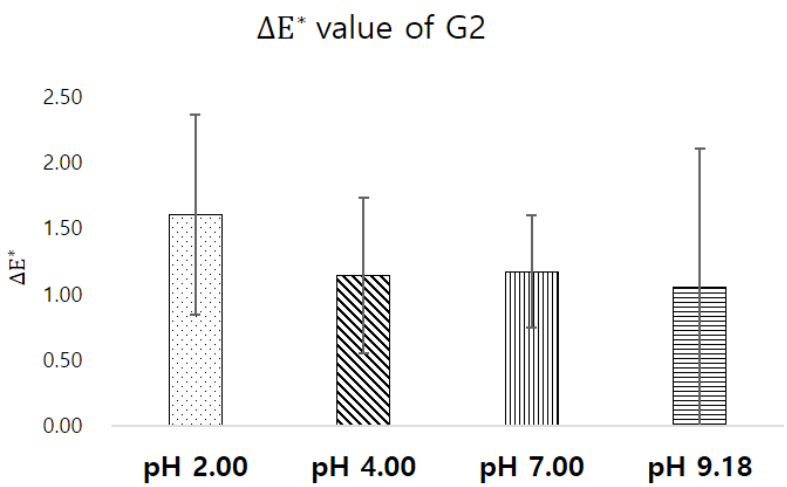


Figure 5. ΔE* value of G2 group according to pH. No statistically significant difference was shown among different pH.

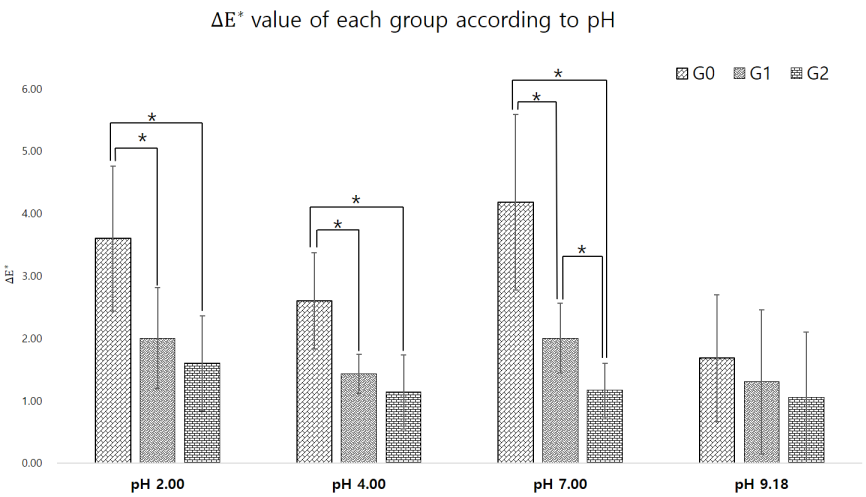


Figure 6. ΔE* value of each group according to pH. * means statistically significant difference among other groups.

Whitney, P 〉 0.05) (Figure 6). pH 4.0에서도 G0 그룹이 G1 및 G2 그룹보다 통계학적으로 유의하게 높은 색차를 보였으나(Mann-Whitney, P 〈 0.05), G1과 G2 그룹 사이에는 유의한 색차가 측정되지 않았다(Mann-Whitney, P 〉 0.05) (Figure 6). pH 7.0에서는 세 그룹 모두 간에 통계학적으로 유의한 색차를 나타내었다(Mann-Whitney, P 〈 0.05) (Figure 6). 반면, pH 9.18에서는 세 그룹 사이의 색차 간에 유의한 차이가 없었다(Mann-Whitney, P 〉 0.05) (Figure 6).

고찰

본 연구의 시편제작을 위해 열중합형 레진을 이용하였다. 의치상레진의 종류로 광중합형 레진(visible light activated resins), 열중합형 레진(heat-curing resins), 화학 혹은 자가중합형 레진(chemically activated resins), 마이크로파중합형 레진(microwave-activated resins)등이 사용되고 있다(5, 6, 19, 20). 이러한 의치상 레진 중에서도 열중합레진이 다른 레진들보다 우수한 강도, 높은 중합율 및 조작의 용이성(21, 22)과 우수한 색안정성을 보였다고 보고되었다(6, 8, 20). 이에 본 연구에서는 pH의 변화와 연마정도에 따른 변색양상을 분석하고자 시료를 한 종류로 제작하여 의치상레진의 다양성에 따른 변수를 제거하고자 하였다.

시편들을 침전하기 전 원자현미경을 이용하여 측정된 G0, G1, G2의 평균 표면조도(Ra)는 각각 167.1 ㎚, 5.3 ㎚, 5.1 ㎚ 였다. G0는 시편이 금속플라스크에서 제작된 상태였으며 세척과 건조 이외에는 아무런 가공을 가하지 않은 시편 상태이고, G1은 실리콘 버와 브러쉬를 이용하여 연마한 것으로 치과클리닉의 진료체어에서 직접 시행할 수 있는 연마를 시행하였다. G2는 G1의 과정을 거친 시편을 고속연마기에서 연마제와 광택제를 적용하여 추가 연마를

시행한 것으로 통상적으로 치과에서 추천되는 연마 과정을 재현한 것이다(17, 23). G0는 G1과 G2에 비해 뚜렷한 표면조도 차이를 보였으나, G1과 G2는 비슷한 표면조도를 보였다. Bollen 등(13)은 구강내 수복물이 심미적이고 치태나 세균 부착을 억제하기위해서는 그 표면조도가 0.2 ㎛ 이하 수준이어야 한다고 하였다. 본 실험에 제작된 세 그룹의 시편들 모두 표면조도가 임상에 적용할 수 있을만큼 적절하였으나, 부가적인 연마를 시행한 G1과 G2에서 더욱 매끄러운 표면을 얻을 수 있었다. 본 실험에서는 열중합레진 시편이 석고가 아닌 금속플라스크에 직접 접촉한 상태로 제작되었기 때문에 연마를 하지 않은 G0에서도 0.2 ㎛ 이하의 표면조도를 얻을 수 있었던 것으로 보인다. 한편, 이전의 연구들(23, 24)과는 다르게 진료체어에서 직접 시행할 수 있는 연마를 시행한 G1에서도 G2와 크게 차이가 나지 않는 표면조도를 얻을 수 있었다.

의치상 시편의 표면조도에 따른 착색의 영향을 알아보기 위해 4단계의 pH 농도에서 표면조도에 따라 색조변화를 비교하였다. 침전 실험 후 G0은 모든 pH 농도에서 G1과 G2 보다 높은 색차 값을 보였으며, pH 9.18를 제외한 나머지 pH 2.0, 4.0, 7.0 농도에서 통계학적으로 유의하게 높은 색차를 보였다. 이러한 결과는 거친 의치상 표면이 부드러운 의치상 표면에 비해 착색이 잘 되었다는 것을 의미한다. 비록 의치상레진은 아니지만 같은 고분자계열의 재료의 조도에 따른 착색에 관한 문헌에서 본 실험과 비슷한 결과를 보고하였다. Paulillo 등은 resin-modified glass ionomer의 연마상태를 달리하여 침전실험을 하였는데, mylar strip 이나 sof-lex 디스크로 연마한 그룹이 enhance point로 연마한 그룹에 비해 유의하게 낮은 색차를 보였다고 하였다(25). 또한, 1000 grit 와 2000 grit 로 연마한 글래스 아이노머 (Fuji II LC)의 침전실험을 하였던 Bagheri 등(26)은 2000 grit로 연마된 그룹에서 통계적으로 더욱 낮은 색차를 보였다고 보고하였다. 기존의 문헌 보고와 본 연구 결과를 고려할 때, 의치상의 표면이 거칠수록 착색이 잘 될 것으로 사료된다.

Bollen 등(13)은 아크릴릭 레진의 거친 표면에서 *Streptococcus sanguis*, *Bacteriodes gingivalis*와 *Canddida albicans* 같은 구강내 세균들의 부착이 유의하게 높게 나타났다고 보고하였다. 반면, Morgan 등(15)은 열중합레진보다 자가중합레진에서 *Streptococcus oralis*에 의한 초기 세균막(biofilm)형성이 뚜렷하였다 보고하였다. 본 연구에서는 세균부착이라는 요소가 배제되었다. 그러나, 거친표면의 G0 시편에서 착색의 경향이 뚜렷한 결과를 고려하면, 구강 내의 환경에 시편이 노출될 시 세균막의 형성으로 의치 착색이 더욱 심해질 것으로 사료된다.

연마 과정에 따라 열중합레진의 표면조도를 측정하였던 황 등(24)은 퍼미스 연마 후에도 반드시 고속 연마기를 이용한 광택제를 적용하여야 0.2 ㎛이하의 표면조도가 안정적으로 얻어질 수 있다 보고 하였다. 하지만, 최근에는 연마기구들의 발달로 인하여 보다 섬세한 연마를 시행한다면 클리닉에서 연마가 이뤄지더라도 본 실험과 같은 시편의 표면조도를 얻어 낼 수 있을 것으로 사료된다. 따라서, 의치가 완성되거나 수정된 이후에는 반드시 연마하는 과정이 필요하며, 기공실에서 진행되는 연마제와 광택제를 사용하는 연마가 시행되지 못할 환경이라면 진료실에서라도 반드시 섬세하게 연마가 시행되어야 의치의 착색을 막을 수 있을 것으로 사료된다.

구강 내에서 의치는 음식물과 음료 등에 접촉하며 항상 타액에 젖어있는 상태(3-5)이기 때문에 섭취하는 식음료에 따라 다양한 pH 환경이 조성될 수 있다(27). 음료와 조미료 등은 대체로 산성을 띄는 경

우가 많으며 Bagheri 등(26)에 의하면 콜라는 pH 2.7, 적포도주는 3.7, 간장은 pH 4.8, 커피는 pH 5.01, 녹차는 5.38의 pH를 가졌다. 타액의 pH에 관한 Baliga의 연구에 의하면(28), 정상적인 타액의 pH는 6.2에서 7.6 정도 이며 평균적으로 6.7의 pH를 가지며 구강 내에서 타액은 6.7에서 7.3 사이의 중성에 가까운 pH를 가진다. Humphrey 등(29)과 Alshahrani 등(27)은 타액의 pH(또는 타액의 흐름에 따라 조절 되는 치태의 pH)는 음식물 섭취 후 두 시간이 지난 시점에 6에서 7 사이로 조절된다고 하였다.

본 실험에서는 다양한 산도의 착색용액에 시편을 14일간 침전하였다. 이를 시간 단위로 환산하면 시편을 착색용액에 336시간 연속적으로 침전한 것으로, 하루에 구강 내에서 의치가 평균적으로 15분에서 20분 정도 음료 또는 조미료와 직접적으로 접촉한다고 가정할 때 약 3년에서 4년 여 기간이 지난 상태로 추정해볼 수 있다.

시편들의 침전 전후 색차는 세 그룹의 모든 산도(pH)에서 1 이상의 값을 보였다. G0의 pH 7.0 농도에서 침전 전후에 가장 높은 색차 값인 4.18을 기록하였으며, G2의 pH 9.18 침전액에서 가장 낮은 값인 1.05 를 기록하였다.

Johnston 등(30)에 의하면 색차 값이 1미만이면 색조변화가 경미하고, 색차값이 1과 2사이이면 육안으로 관찰가능한 색조변화라 하였다. 또한, 색차가 3.3 까지는 임상적으로 받아들일 만하지만 3.3 을 넘으면 개선이 필요한 착색이라 하였다(31, 32), 본 연구의 침전 실험 후 모든 시편에서 육안으로 변색을 느낄 수 있는 수준의 색조변화를 보였다. 특히, 개선이 필요한 수준의 의치상 착색은 G0의 pH 2.0과 pH 7.0의 농도에서 발생하였다.

pH 농도에 따른 착색의 영향을 알아보기 위해 각 그룹의 pH 농도에 따른 색조변화를 측정하였다. G0 그룹은 pH 7.0, pH 2.0, pH 4.0, pH 9.18 순으로 색차를 나타냈으며, G1 그룹은 pH 7.0, pH 2.0, pH 4.0, pH 9.18 순으로 색차가 측정되었다. G2 그룹은 pH 2.0, pH 7.0, pH 4.0, pH 9.18 순으로 색차가 측정되었다. 세 그룹에서 모두 pH 9.18에서 가장 낮은 색차를 보였다. 즉, pH 가 염기성을 나타내는 높은 농도에서 산성이나 중성에서 보다 침전 후 색차가 유의하게 낮았다는 것을 의미한다. 더불어, 침전 후 다른 두 그룹에 비해 색차를 가장 뚜렷하게 보였던 G0에서는 pH 7.0 과 pH 2.0의 색차가 임상적으로 개선이 필요한 3.3 이상의 수치를 나타내었는데, 이는 중성과 강한 산성에서 색차가 뚜렷하였음을 의미한다. 이러한 현상은 색차값이 비교적 작은 G1, G2 그룹에서도 나타나는데, 다만 G2에서는 pH 2.0(1.60)이 pH 7.0(1.17) 보다 약간 높은 수치를 나타냈다. 이렇게 강한 산성보다 중성에 가까운 pH의 용액이 높은 색차를 보이는 경우가 몇 몇 실험에서 보고되었다. Bagheri 등(26)은 수복에 이용되는 6개 종류의 복합레진을 가지고 2주간 침전 실험하였는데, 5 종류의 레진에서 커피(pH 5.01)와 차(pH 5.38)가 콜라(pH 2.7)보다 더 높은 색차값을 보였다. 세 가지 착색액과 세 가지 의치상레진으로 착색 후 세 가지 세정제를 적용하여 의치 색안정성을 실험하였던 Hollis 등(33)에 의하면, 콜라(pH 2.2~2.8)와 커피(pH 6~6.0)에 4주간 침전 후 물로 세척된 열중합형시편의 색차가 각기 12.54, 13.18로 커피에서 약간 더 높은 색차를 나타내었다고 한다.

G1과 G2 에서도 pH 7.0과 pH 2.0에서 높은 색차를 나타내었으나, 그룹내에서 pH 사이의 색차가 유의하게 차이를 보이지는 않았다. 이것은 아마도 G1과 G2 시편의 표면조도가 G0에 비해 매우 매끄러웠고 두 그룹간에 표면조도가 차이가 거의 없었기 때문

으로 추정된다.

본 실험에서 실험온도는 상온 25 ℃로 설정하였다. 의치는 미착용 시에 일반적으로 상온에서 물에 담가 보관하기는 하지만, 의치의 외인성 변색을 유발하는 식음료 등의 접촉은 주로 구강 내에서 이루어진다. 이를 고려할 때 향후 연구에서는 구강 내 환경에 가까운 37 ℃의 실험온도 조건이 보다 적합할 것으로 보이며, 실험환경에서 구강 내 미생물 조건 등 구강 내 환경을 모두 재현하기는 어려울지라도 구강 내 환경을 재현하기 위한 시도는 계속 필요할 것이다.

본 실험의 결과 내에서 의치상의 표면조도가 거칠수록 색차가 현저하게 크게 나타났다. 기공실연마를 시행한 의치상 시편에서 가장 적은 색차를 나타내었으나, 진료실 연마와 통계학적인 유의성은 없었다. 그리고, 모든 시편에서 착색용액의 pH가 염기일 때, 의치상의 색차가 가장 낮았으며, pH 가 중성이나 강산일 때 색차가 높게 나타났으며, 표면이 거칠수록 색차는 현저하게 나타났다.

결론

본 연구는 의치상용 레진의 연마방법과 pH 농도가 의치의 표면에서 일어나는 색조변화에 어떠한 영향을 주는 지 알아보고자 하였다. 본 실험의 결과내에서, 의치상의 표면조도가 높을수록 침전실험 후 유의한 색조변화를 보였다. 염기성의 pH에서 의치상의 색조변화가 통계학적으로 유의하게 적었으며, 중성이나 강한 산성의 pH에서 의치상의 의치상용 레진의 착색이 뚜렷하였다. 따라서, 의치의 제작 및 수정 후에는 의치상의 색안정성을 유지하기 위해 반드시 의치의 연마과정이 필요할 것으로 사료되며, 염기성 pH의 의치보관 방법개발이 필요할 것으로 사료된다.

사사

이 논문은 2021년도 조선대학교 치과병원 학술연구비의 지원을 받아 연구되었음.

참고문헌

1. Donovan TE, Derbabian K, Kaneko L, Wright R. Esthetic considerations in removable prosthodontics. Journal of esthetic and restorative dentistry. 2001;13(4):241-53.
2. Lee Y-I, Cho I-H, Lee J-S. The effect of various foods on the color stability of artificial teeth. J Korean Acad Prosthodont. 2009;47(1):82-90.
3. Lee YJ, Cho LR. Color stability of ceromers after thermocycling and brushing. J Korean Acad Prosthodont. 2001;39(1):37-48.
4. Jeong YJ, Lim JH, Cho IH, Lim HS. Color stability of ceromers in three food colorants. J Korean Acad Prosthodont. 2003;41(2):136-47.
5. Jeon Y-M, Lim H-S, Shin S-Y. The effect of fermented foods on the color and hardness change of denture base acrylic resins. J Korean Acad Prosthodont. 2004;42(4):344-55.
6. May KB, Razzoog ME, Koran A, 3rd, Robinson E. Denture base resins: comparison study of color stability. J Prosthet Dent. 1992;68(1):78-82.
7. Shotwell JL, Razzoog ME, Koran A. Color stability of long-term soft denture liners. J Prosthet Dent. 1992;68(5):836-8.
8. Buyukyilmaz S, Ruyter IE. Color stability of denture base polymers. Int J Prosthodont.

1994;7(4):372-82.

9. Hersek N, Canay S, Uzun G, Yildiz F. Color stability of denture base acrylic resins in three food colorants. J Prosthet Dent. 1999;81(4):375-9.
10. Mutlu-Sagesen L, Ergün G, Ozkan Y, Bek B. Color stability of different denture teeth materials: an in vitro study. Journal of oral science. 2001;43(3):193-205.
11. Polyzois GL. Denture cleansing habits. A survey. Australian dental journal. 1983;28(3):171-3.
12. Um CM, Ruyter IE. Staining of resin-based veneering materials with coffee and tea. Quintessence international. 1991;22(5):377-86.
13. Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M. Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. Dental materials. 1997;13(4):258-69.
14. McLundie AC, Murray FD. Comparison of methods used in finishing composite resin-a scanning electron microscope study. J Prosthet Dent. 1974;31(2):163-71.
15. Morgan TD, Wilson M. The effects of surface roughness and type of denture acrylic on biofilm formation by Streptococcus oralis in a constant depth film fermentor. Journal of applied microbiology. 2001;91(1):47-53.
16. Koran A III. Prosthetic applications of polymers. In: Craig RG, Powers JM, editors. Restorative Dental Materials. 11th ed. St. Louis: Mosby; 2002. p 635-689.
17. Rudd KD, Morrow RM, Eissmann HF. Flasking, processing, deflasking, and finishing. In: Dental Laboratory Procedures, Vol. 3. St. Louis: Mosby; 1981. p. 394-397.
18. O'Donnell EF, Radford DR, Sinclair GF, Clark RK. Chairside polishing of heat-cured acrylic resin: an SEM and EDA study. Int J Prosthodont. 2003;16(3):233-8.
19. Ivkovic N, Božović D, Ristic S, Mirjanić V, Janković O. The residual monomer in dental acrylic resin and its adverse effects. Contemporary Materials. 2013;IV:84-91.
20. Ogle RE, Sorensen SE, Lewis EA. A new visible light-cured resin system applied to removable prosthodontics. J Prosthet Dent. 1986;56(4):497-506.
21. Wang X, Powers JM, Connelly ME. Color stability of heat-activated and chemically activated fluid resin acrylics. J Prosthodont. 1996;5(4):266-9.
22. Wang RL, Moore BK, Goodacre CJ, Swartz ML, Andres CJ. A comparison of resins for fabricating provisional fixed restorations. Int J Prosthodont. 1989;2(2):173-84.
23. Berger JC, Driscoll CF, Romberg E, Luo Q, Thompson G. Surface roughness of denture base acrylic resins after processing and after polishing. J Prosthodont. 2006;15(3):180-6.
24. Hwang S-S, Im Y-W, Kim S-C, Han M-S. Evaluation of surface roughness of heat-polymerized denture base resin according to the polishing step. J Korean Acad Dent Tech. 2015;37(4):205-12.
25. Liporoni P, Paulillo LA, Cury JA, Dos Santos Dias CT, Paradella TC. Surface finishing of resin-modified glass ionomer. General dentistry. 2003;51(6):541-3.

26. Bagheri R, Burrow MF, Tyas M. Influence of food-simulating solutions and surface finish on susceptibility to staining of aesthetic restorative materials. Journal of dentistry. 2005;33(5):389-98.
27. Alshahrani FA, AlToraibily F, Alzaid M, Mahrous AA, Al Ghamdi MA, Gad MM. An Updated Review of Salivary pH Effects on Polymethyl Methacrylate (PMMA)-Based Removable Dental Prostheses. Polymers. 2022;14.
28. Baliga S, Muglikar S, Kale R. Salivary pH: A diagnostic biomarker. Journal of Indian Society of Periodontology. 2013;17(4):461-5.
29. Humphrey SP, Williamson RT. A review of saliva: normal composition, flow, and function. J Prosthet Dent. 2001;85 2:162-9.
30. Johnston WM, Kao EC. Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. J Dent Res. 1989;68(5):819-22.
31. Kuehni RG, Marcus RT. An Experiment in Visual Scaling of Small Color Differences. Color Research & Application. 1979;4(2):83-91.
32. Ruyter IE, Nilner K, Moller B. Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. Dental materials. 1987;3(5):246-51.
33. Hollis S, Eisenbeisz E, Versluis A. Color stability of denture resins after staining and exposure to cleansing agents. J Prosthet Dent. 2015;114(5):709-14.

의치상용 레진의 연마방법과 pH 농도에 따른 색조변화

김재훈[1], 김종원[2], 황숙영[2], 김희중[1*]

[1] 조선대학교 치과대학 치과보철학교실

[2] 조선대학교 대학원 치의학과

본 연구는 의치상용 레진의 연마방법과 pH 농도가 의치의 표면에서 일어나는 색조변화에 어떤 영향을 주는 지 알아보고자 하였다. 10 x 10 x 4 mm 크기의 열중합 의치상용 레진 시편을 제작하여, 제작 후 아무런 표면 연마과정을 거치지 않은 군(G0), 의치기공용 버(acrylic carbide bur, silicone rubber points, brush wheel 등)와 핸드피스를 이용하여 연마한 군(G1), 핸드피스를 이용하여 연마한 후 치과용 고속연마기(lathe)를 사용하여 루즈(rouge)를 도포한 군(G2)으로 준비하였다. G0, G1, G2 세 그룹의 시편은 서로 다른 완충용액(pH 2, pH 4, pH7, pH 9.18)과 염색약을 섞은 용액에 14일간 침전시켰다. 원자현미경(AFM; atomic force microscope)을 이용하여 표면조도(Ra)를 측정하였고, 디지털 현미경을 통해 표면을 관찰하였으며, 분광측색계(spectrophotometer)를 이용하여 측정한 CIE Lab 색공간 수치를 통해 색조를 평가하였다. 디지털 현미경으로 관찰하였을 때, 표면 연마과정이 진행되지 않은 G0 표면에서 가장 많은 염색약 침착이 관찰되었고, 그 다음으로 G2, G1 순으로 관찰되었다. pH 9.18을 제외한 다른 pH에서 G0가 G1과 G2 보다 유의한 색차(ΔE^*)를 보였다. 동일한 그룹의 pH에 따른 색차를 비교하였더니, 세 그룹 모두 pH 9.18의 용액에서 가장 적은 색조변화를 보였다. 특히, G0 그룹의 pH 7.0, pH 2.0에서 침전 후 가장 뚜렷한 색차를 보였으며($P < 0.05$). G1과 G2는 서로 다른 pH 농도에서의 색차 사이에 유의성을 보이지 않았다($P > 0.05$). 표면조도가 높은 의치상레진 시편이 표면조도가 낮은 의치상레진 시편에 비해 침전 후 뚜렷한 색조변화를 보였다. 또한, 염기성의 pH 보다는 중성이나 산성의 pH에서 침전 후 뚜렷한 색조변화를 보였다.

색인단어 : 열중합레진, 연마방법, pH, 표면조도, 색조변화, 색조 안정성