

치과용 아크릴 의치상 레진의 연마 방법에 따른 표면조도와 광택도

황성식¹, 임용운², 김시철², 전수경², 이해형^{2,3*}

¹경동대학교 치기공학과, ²단국대학교 치과대학 생체재료학교실, ³단국대학교 조직재생공학연구소

Influence of polishing methods on surface roughness and gloss of acrylic denture base resins

Seong-Sig Hwang¹, Yong-Woon Im², Si-Chul Kim², Soo-Kyung Jun², Hae-Hyoung Lee^{2,3*}

¹Department of Dental Technology, Kyungdong University, Goseong, Korea, ²Department of Biomaterials Science, College of Dentistry, Dankook University, ³Institute of Tissue Regeneration Engineering, Dankook University, Cheonan, Korea

(Received: Dec. 3, 2014; Revised: Dec. 10, 2014; Accepted: Dec. 10, 2014)

DOI : <http://dx.doi.org/10.14815/kjdm.2014.41.4.305>

ABSTRACT

This study investigated the influence of polishing methods on the surface roughness and gloss of three acrylic denture base resins. Two polishing methods were applied to the resin specimens: high polishing by laboratory lathe with pumice and rouge (HP) and chairside polishing kit with three silicone points (SP). Specimen preparation and surface polishing procedures were conducted to manufacturer's recommendation. Surface roughness and gloss were measured by a contact type tester and a LED gloss checker with dual measurement mode (20°, 60°), respectively. Data were analyzed by one-way ANOVA and Scheffe's post hoc test. P<0.05 was considered as significant. Within the limitation of this study, following conclusions were drawn. For all acrylic resins, HP method produced a significantly lower surface roughness (Ra, Ry, Rz) than did SP method (P<0.05). SP procedure of specimens marked a higher surface roughness (Ra) over the threshold roughness minimizing plaque attachment, 0.2 μm. Surface gloss units of specimens at 60° were higher than 20° illumination, but 20° gloss produced materials difference than 60° gloss. A strong negative correlation between all gloss units (8°/20°/60°) and Ra, 60° gloss showed the highest correlation coefficient.

Key words: Surface roughness, Gloss, Acrylic resin, Polishing method, Correlation

서론

Polymethyl methacrylate (PMMA)레진은 높은 심미성과 화학적, 물리적 안정성, 상대적으로 낮은 독성 등 의치상 재료로서 우수한 장점을 가지고 있다 (Takamata and Setcos, 1989; Vallittu, 1995; Lee et al., 2010). 이러한 아크릴 의치상 레진은 총의치 및 국소의치로 구강 내에서 상실된 조직을 대체함으로써 치은과 치아의 심미적, 기능적 회복을 담당한다. 일반적으로 치과 수복물들은 구강내 환경에서 흡수와 흡착으로 변색이 일어나고 구강내 세균의 침착과 음식물 잔사와 함께 치태의 축적이

일어난다 (Bollen et al., 1997; Gungor et al., 2014). 특히 세라믹에 비하여 경도가 낮으며 흡습성이 높은 의치를 비롯한 폴리머 재료들에서 이러한 현상이 빈번하다고 볼 수 있다. 따라서 의치상 레진의 심미성과 수명을 위하여는 표면이 매끄럽고 광택을 유지하여야 한다 (Bae et al., 2009).

재료의 표면 거칠기는 기공과정 또는 구강내에서의 연마법에 따라 다르게 나타난다. 의치상 레진의 표면을 연마하기 위해서 기공과정에서 고속회전 기구에서 펄미스와 연마제를 사용하여 실시하는 기계적 연마법, 가열된 모노머 액에 침적시키는 화학적 연마법 그리고 진료실에서 실시하는 Polishing kit에 의한 연마법이 소개되어 사용되고 있다 (Rahal et al., 2004; Kuhar and Funduk,

* 교신저자 : 충남 천안시 동남구 단대로 119 (우)330-714 단국대학교 치과대학 생체재료학교실 이해형(haelee@dku.edu)

Table 1. Denture base resins used in this study

Product	Code	Manufacturer	Powder/Liquid Mixing ratio	Batch no.(P/L)
Vertex RS	VT	Vertex, Netherlands	21.5 g / 10 ml	YX111P04/YG505L01
Luciton 199	LUC	Dentsply, USA	21 g / 10 ml	1001111/1011110
Acryshot	AS	BMG, Japan	-	KLDOH005

2005; Berger et al., 2006; Oliveira et al., 2008; Al-Rifaiy, 2010; Al-Kheraif, 2014; Gungor et al., 2014).

일반적으로 의치는 가공실에서 중합된 의치상 레진의 과도한 돌출부분을 카바이드 버를 장착한 전동기구를 이용하여 제거한 후 커친 실리콘 포인트를 사용하여 일차적으로 표면을 매끄럽게 연마한다. 그리고 고속회전이 가능한 연마기(Lathe)에 퍼미스를 사용하여 연마한 후 루즈(rouge)를 연마 휠에 묻혀서 기계적 고풍택 연마를 실시한다(Berger et al., 2006; Al-Kheraif, 2014). 이러한 방법은 의치상 레진의 연마에 전통적으로 사용되어 왔으나 의치의 구강내에서 시적 후 형태수정이 다르게 되며 이때 시간 단축을 위하여 진료실 연마키트(chairside polishing kit)를 사용하여 마무리하게 된다. 이 과정은 대부분 거친 정도가 3단계로 나누어져 있는 실리콘 포인트(silicon point)를 순차적으로 사용하고 있다 (Berger et al., 2006). 기계적 연마법의 수고와 시간을 단축하기 위하여 또 다른 연마법으로 화학적 연마법이 소개되었으나 기계적 연마법에 비하여 표면 조도가 높으며 재료에 따라 영향을 받는다 (Rahal et al., 2004; Oliveira et al., 2008).

재료 표면의 조도 변화는 육안적으로 표면 광택도(gloss)의 차이를 만든다. 따라서 의치 표면 연마 방법은 표면조도와 광택도에 큰 영향을 미칠 것이다. 그간 치과용 복합레진 수복체에 있어서 연마법과 이에 따른 표면 조도 및 광택도의 변화에 대한 많은 연구가 있어왔다 (O'Brien et al., 1984; Da Costa et al., 2007; Ohara et al., 2009). 그러나 의치상 레진에 대한 이런 연구는 드문 편이다. 이에 본 연구는 제조사의 지시에 따라 중합한 수종의 아크릴 의치상 레진에서 기계적 연마법과 진료실 연마법에 의한 표면조도와 광택도의 차이를 조사하였고 또한 표면조도와 광택도간의 상관성을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 의치상 레진 시편

본 연구에서는 시중에서 널리 사용되는 의치상 재료

인 2종의 열중합 아크릴 레진(Vertex RS, Lusiton 199)과 1종의 열가소성 아크릴 레진(Acryshot)이 사용되었다 (Table 1).

일반적인 열중합 레진인 VT와 LUC는 금속 플라스크 내에 형성된 직경 20 mm, 두께 2 mm의 석고 몰드에 제조사 지시대로 혼합한 병상기 레진을 전입하고 유압 프레스를 이용하여 가압한 다음 중합하였다. 열가소성 아크릴 레진인 AS는 전용 사출기를 이용하여 제작하였다 (Kim et al., 2014). 각 시편의 중합조건은 다음과 같다.

(1) Vertes RS (VT)

분말과 액을 제조사의 지시대로 30초간 혼합하고 15분간 계류시킨 후 병상기에서 레진을 전입한 수 열중합기 (Seki, Seoul, Korea)를 이용하여 100°C에서 20분 동안 중합하였다.

(2) Luciton 199

분말과 액을 제조사의 지시대로 15~30 초간 잘 혼합하여 병상기에서 전입한 후 72°C에서 90분간 유지 후 10 0°C에서 30분간 중합하였다.

(3) Acryshot

사용 전 레진 입자들을 80~90°C에서 5시간을 건조시킨 후 전용 사출성형기(Resinart system, Denken, Japan)을 이용하여 240~260°C에서 30분 가열하여 사출하였다. 각 군별로 총 5개의 디스크 시편이 제작되었다.

2. 표면 연마

제조사별로 제작된 시편(n=5)의 양면은 각각 다른 연마법에 의하여 연마를 실시하였다: 퍼미스와 루즈를 사용한 기계적 고풍택 연마 (HP, high polishing), 진료실에서 사용하는 실리콘 연마키트를 사용한 연마(SP, silicone polishing). HP 연마 처리는 러버 포인트(Dedeco, USA)로 표면을 닦은 기공용 Lathe(26A Red Wing Lathe, USA) 장비를 사용하여 저속(1725 rpm)에서 1분간 퍼미스 연마를 실시한 후, 고속(3450 rpm)에서 연마재(rouge)를

Table 2. Polishing instrument used in this study

Processing	Product	Manufacturer	Color	Batch no.
SP/HP	Dedeco classic Rubber cylinders	Dedeco Inc/USA	Green	No.4590
SP	Silicon point 1 step	Edenta/Swiss standard	Green	
	Silicon point 2 step	Edenta/Swiss standard	Gray	
	Silicon point 3 step	Edenta/Swiss standard	Yellow	
HP	Pumice	Whip mix/USA		17183
	Rouge	Daiei Dental/Japan		

Table 3. Mean value (μm) and standard deviation of roughness parameters of acrylic resins

Materials	R_a		R_y		R_z	
	SP	HP	SP	HP	SP	HP
LUC	0.25 (0.03) ^a	0.13 (0.00) ^a	1.91 (0.22) ^b	1.09 (0.08) ^a	1.33 (0.07) ^a	0.85 (0.09) ^a
AS	0.21 (0.03) ^a	0.14 (0.02) ^a	1.53 (0.19) ^a	1.16 (0.19) ^a	1.21 (0.14) ^a	0.97 (0.12) ^a
VT	0.32 (0.03) ^b	0.13 (0.01) ^a	2.40 (0.08) ^c	1.18 (0.18) ^a	1.57 (0.06) ^b	0.99 (0.15) ^a

사용하여 1분간 최종 광택 연마를 실시하였다 (Table 2). SP 연마는 치과 진료실에서 사용하는 3개의 의치상 레진 연마용 실리콘 포인트로 구성된 키트에 따라 순차적으로 연마하였다. 연마에 사용한 기구들은 Table 2에 정리하였다.

3. 표면 조도와 광택도 측정

의치상 레진 시편들은 연마 후 증류수에서 5분간 세척 후 표면을 티슈 페이퍼로 물기를 닦아낸 후 표면 조도와 광택도를 측정하였다. 표면조도는 표준시편으로 조정된 접촉식 표면조도측정기(SJ-400, Mitutoyo, Japan)을 이용하여 이송속도 0.5 mm/s 로 중앙부위에서 4.0 mm의 거리를 측정하였다. 이때 단면곡선에서 필터를 통해 파장을 제거하는 컷 오프(Cut-off, λ_c) 값은 0.8 mm이었다. 각각의 시편 표면에서 서로 다른 방향으로 3회 측정하여 산술 평균조도(R_a), 최대 peak-to-valley 거리(R_y), 십점 평균조도(R_z)의 평균값을 나타내었다 (Bae et al., 2009).

시편의 광택도 측정은 의치상 레진의 표면에서 LED 광원을 이용하여 20°와 60°의 광택도 측정기(IG-331, Horiba Ltd, Japan)를 사용하였다. 부착 표준 광택판으로 캘리브레이션 후 측정 광택도(GU; gloss unit)는 0-100 범위로 결정된다. 시편들의 8° 광택도는 색차측정기(CM-2600d, Konica Minolta, Japan)를 사용하여 측정경 8 mm, SCE(specular component excluded) 방식에서 D65 광원으로 측정하였다. 한 시편당 각각 3회 측정 후 평균값을 광택도로 결정하였다.

연마 방법에 따른 각 의치상 레진 시편의 표면조도와 광택 표면을 관찰하기 위해서 주사전자현미경(S-3000H, Hitachi, Tokyo, Japan)을 사용하여 연마된 표면의 상태

를 관찰하였다.

4. 통계처리

의치상 레진의 표면조도와 광택도의 통계처리는 각각의 데이터를 SPSS V 21.0을 이용하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였고, 유의수준 $P=0.05$ 에서 scheffe's 로 사후검정을 하였다. 표면 연마법 HP와 SP에 의한 조도와 광택도의 통계적 차이는 t-test로 조사하였다. 모든 시편의 표면조도와 광택도는 선형회귀분석으로 상관성을 조사하였다.

결 과

의치상 레진의 연마법에 따른 표면조도 측정 결과는 Table 3에 정리하였다. 본 연구에서 사용한 모든 아크릴 의치상 레진은 모든 표면조도 파라미터에서 HP는 SP연마보다 유의하게 낮은 표면조도를 나타냈다 (t-test, $P<0.05$). HP 연마시 모든 시편은 통계적 차이가 없이 낮은 표면조도($R_a \sim 0.14 \mu\text{m}$) 를 나타냈다. 그러나 SP 연마법에서 VT는 LUC/AS에 비하여 유의하게 높은 평균 R_a 값을 보였다 ($P<0.05$).

시편들의 평균 8°/20°/60° GU는 Figure 1에 나타나 있다. 각 측정 조건에 따라 결과값은 다르게 나타났다. 같은 측정기를 사용하여 동시에 측정한 60°GU는 20°GU보다 높게 측정되었다. 그러나 전체적으로 HP연마는 SP보다 유의하게 높은 광택도를 나타냈다. (46-58 vs. 75-84). 다른 광택도 측정기 결과인 8° GU는 60° GU와 유사한 결과를 나타냈다. 재료간의 차이에서 AS는 20° GU에서 유의한 차이를 나타냈으나 8°/60° GU에서는 유의한 차이

가 없었다.

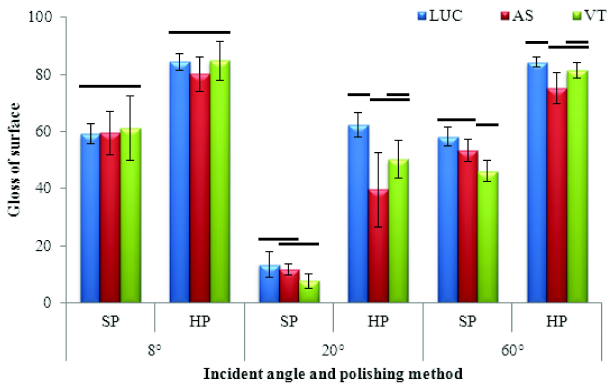


Figure 1. Surface gloss units of polished specimens. Groups connected by horizontal bars indicate that they are not statistically significant at $P < 0.05$ level.

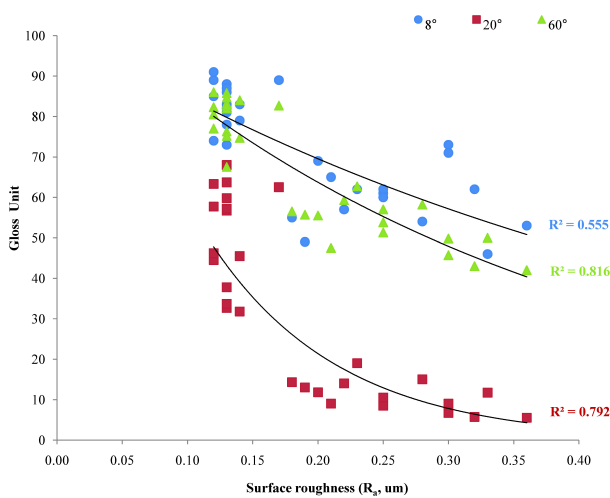


Figure 2. Correlation of surface roughness with surface gloss.

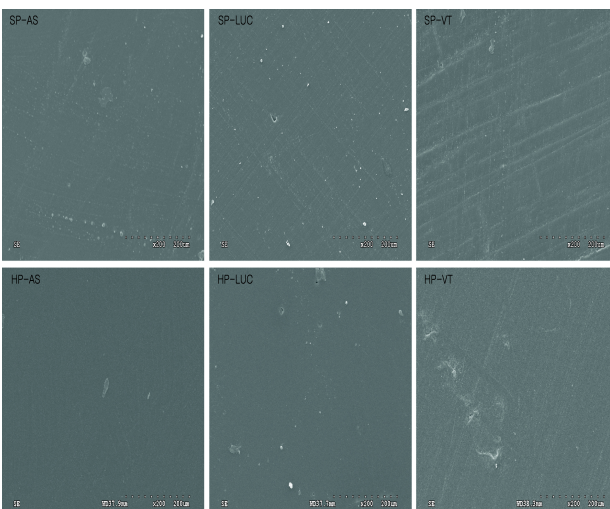


Figure 3. Scanning electron microscope image of polished resin surfaces. silicon polishing(SP) and high polishing(HP).

표면조도(R_a)와 광택도(GU)의 상관관계는 Figure 2에 표시하였다. 표면조도와 광택도는 모두 높은 지수함수 상관성을 보였으며 (r^2)0.56), 60° 일 때 가장 높은 상관 계수(r^2)0.83)를 나타냈다. Figure 3은 의치상 레진 시편의 연마 후 SEM 상을 나타내고 있다. 모든 시편에서 SP에 비하여 HP연마 시편은 매끄러운 표면 상태를 보였다.

고찰

치과용 보철수복 재료들은 치태와 다양한 세균이 존재하는 구강 내에서 사용한다. 따라서 그간 많은 연구에서 의치상을 비롯한 폴리머 수복재에서 세균과 치태의 활발한 부착에 대한 많은 연구가 있어왔다 (Weitman and Eames, 1975; Yamauchi et al., 1990; Bollen et al., 1997; Radford et al., 1998; Berger et al., 2006; Al-Kheraif, 2014). 수복물에서 이와 같은 치태, 세균의 부착은 심미적으로 문제가 될 뿐 아니라 전신건강에도 영향을 미친다. 또한 수복물의 변색을 일으키며, 수복물의 수명을 단축시킬 수 있다. 대부분의 연구에서 이러한 부착을 줄이기 위하여는 수복물의 표면조도가 가장 중요한 요인으로 지적하고 있다.

Bollen et al.(1997)은 치태 침착을 줄이기 위해서 수복물의 표면조도(R_a)는 0.2 μm 이하 수준으로 제한하였으며, 이 수치는 치태침착의 임계조도(threshold R_a)로 많은 연구에서 언급되고 있다 (Quirynen et al., 1996; Bollen et al., 1997; Zissis et al., 2000; Kuhar and Funduk, 2005; Abuzar et al., 2010; Gungor et al., 2014). 본 연구의 결과에서 HP연마는 0.2 μm 이하였으나 SP 처리한 면에서 R_a 는 모두 0.2 μm 이상의 결과를 보였다. 이는 그간의 많은 연구와 일치하는 결과로 의치상 레진의 표면조도는 Polishing kit에 의한 간이 연마법(SP)보다 회전연마기를 이용한 기계적 고풍택 연마법(HP)이 더 낮게 나타남을 입증하고 있다. 주사전자현미경(SEM) 관찰에서도 의치상 레진에 따라 이와 같은 결과를 확인할 수 있었다 (Figure. 3). 그러나 연마에 있어서 치태 침착을 줄이기 위한 임상적 한계인 0.2 μm 이하 수준의 표면조도를 얻기 위해서 표면 연마 시 회전하는 연마기의 최대 허용 압력 등을 동일한 조건으로 통제하는 것은 쉽지 않다 (Kuhar and Funduk, 2005; Gungor et al., 2014). 따라서 의치 표면의 연마에 있어서 충분한 연마 시간을 확보가 필요하다.

재료의 광택도는 표면에서 빛이 반사하는 양에 대한 값으로 나타나는 광학적 현상이다 (Keyf and Etikan, 2004;

Nadal et al., 2006). 따라서 표면 입사각에 따라 반사율이 다르며 표면 마무리 정도에 따라서도 심미성에 영향을 미치는 광택도는 다르다. 그러므로 표면조도와 함께 광택도 측정은 표면의 성질을 이해하는데 중요한 요인이다. 광택도 측정에 관한 NIST SP 250-70은 거의 모든 광택면에 대하여는 입사각 60°를 기준으로 측정하고, 이보다 높은 광택도를 갖는 재료는 20°-45° 각도에서, 낮은 광택도를 갖는 재료는 75°-85° 높은 각도에서의 측정을 추천하고 있다 (Nadal et al., 2006). 따라서 재료의 특성과 광택도에 따라 적절한 측정 각도가 선정되어야 한다.

선행 연구들에서 치과용 수복재인 콤포짓트 레진의 표면조도와 광택도는 연마 시스템에 따라 크게 영향을 받는다고 보고하고 있다 (Hannah and Smith, 1973; O'Brien et al., 1984). 또한 이들 수복재료에 있어서 표면 연마 시스템에 따라서 표면 조도와 광택도는 상호 밀접한 관련성을 보고하고 있다 (Da Costa et al., 2007; Kakaboura et al., 2007; Ohara et al., 2009). 본 연구에서도 표면조도(R_a)와 광택도의 상관성을 분석해 본 결과 표면조도와 모든 입사각의 광택도는 비교적 높은 상관성을 보였으며, 그 중에서 표준적 광택도인 60° GU가 가장 높은 상관성을 보였다 (Figure. 2). 이와 같은 결과는 대부분의 국제규격에서 광택도의 표준 측정각도로 60°를 제시하는 것과 일치한다 (Kakaboura et al., 2007).

본 실험에서도 3종의 의치상 레진들의 연마 후 광택도는 모든 재료의 광택도 측정에 있어서 표준광택도인 60°일 때 모든 재료는 >75 GU으로 나타나 입사각이 20°일 때보다 유의하게 높은 광택도를 보였다 (Figure 2). 그러나 HP연마의 20° GU는 60°보다 재료간 차이를 크게 나타내 높은 변별력을 나타냈다. 따라서 광택도 측정에서 측정각도는 한 각도에서 결정하는 것보다 다양한 각도에서 분석하는 것이 필요할 것으로 보인다. 색차색측계의 부가적 기능에 의한 8° 광택도는 60° 광택도와 유사한 값을 나타내었다. 그러나 이 광택도에서 재료간의 차이는 거의 나타나지 않았다. Figure 2에서 나타난 아크릴 레진의 광택도는 전체적으로 $R_a \sim 0.2 \mu m$ 전후에서 큰 차이를 나타냈다. 따라서 아크릴 레진의 치태 침착억제 임계조도 (<0.2 μm)는 고광택도 발현의 기준점으로도 고려할 수 있으나 추가 연구가 필요할 것이다.

결 론

본 연구에서 아크릴 의치상 레진에 있어서 고속회전 기구와 퍼미스와 연마제를 사용하여 기공실에서 실시하

는 기계적 고광택 연마법(HP)과 진료실에서 실리콘 포인트에 의하여 실시하는 연마법(SP)에 의한 표면조도와 광택도를 측정하고 분석하여 다음과 같은 결론이 얻었다.

1. 모든 아크릴 레진의 HP처리는 SP처리에 비하여 표면 조도(R_a , R_y , R_z)는 유의하게 낮았으며, 광택도는 유의하게 높은 연마면을 만들었다 ($p < 0.05$).
2. 의치상 레진의 SP처리는 치태침착의 임계조도(threshold R_a) 0.2 μm 를 상회하였다.
3. 아크릴 레진의 광택도(GU)는 입사각이 20°일 때보다 60°일 때 더 높은 값을 보였으나, 재료간의 광택도 차이에 대한 분별력은 20°일때가 더 컸다.
4. 표면조도(R_a)와 모든 측정각도(8°/20°/60°)에서의 GU는 모두 음의 상관성을 보였으며, 60° 일 때 가장 높은 상관성(r^2 0.83)을 보였다.

참 고 문 헌

- Abuzar MA, Bellur S, Duong N, Kim BB, Lu P, Palfreyman N *et al.* (2010). Evaluating surface roughness of a polyamide denture base material in comparison with poly (methyl methacrylate). *J Oral Sci* 52(4): 577-581.
- Al-Kheraif AA (2014). The effect of mechanical and chemical polishing techniques on the surface roughness of heat-polymerized and visible light-polymerized acrylic denture base resins. *Saudi Dent J* 26(2):56-62.
- Al-Rifaiy MQ (2010). The effect of mechanical and chemical polishing techniques on the surface roughness of denture base acrylic resins. *Saudi Dent J* 22(1):13-17.
- Bae JY, Kim SC, Lee HH (2009). Evaluation of surface roughness of dental porcelains by two polishing systems. *J Kor Res Soc Dent Mater* 36(4):283~292.
- Berger JC, Driscoll CF, Romberg E, Luo Q, Thompson G (2006). Surface roughness of denture base acrylic resins after processing and after polishing. *J Prosthodont* 15(3):180-186.
- Bollen CM, Lambrechts P, Quirynen M (1997). Comparison of surface roughness of oral hard materials to the threshold surface roughness for bacterial plaque retention: a review of the literature. *Dent Mater* 13(4): 258-269.
- Da Costa J, Ferracane J, Paravina RD, Mazur RF, Roeder

- L (2007). The effect of different polishing systems on surface roughness and gloss of various resin composites. *J Esthet Restor Dent* 19(4):214-224; discussion 225-216.
- Gungor H, Gundogdu M, Yesil Duymus Z (2014). Investigation of the effect of different polishing techniques on the surface roughness of denture base and repair materials. *J Prosthet Dent* 112(5):1271-1277.
- Hannah CM, Smith GA (1973). The surface finish of composite restorative materials. *Br Dent J* 135(11):483-488.
- Kakaboura A, Fragouli M, Rahiotis C, Silikas N (2007). Evaluation of surface characteristics of dental composites using profilometry, scanning electron, atomic force microscopy and gloss-meter. *J Mater Sci Mater Med* 18(1):155-163.
- Keyf F, Etikan I (2004). Evaluation of gloss changes of two denture acrylic resin materials in four different beverages. *Dent Mater* 20(3):244-251.
- Kim GR, Kim D, A., Kim NS, Yang TH, Lee HH (2014). Effects of indentation load and immersion period in water on Vickers hardness of denture base resins. *Kor J Dent Mater* 41(3):155-160.
- Kuhar M, Funduk N (2005). Effects of polishing techniques on the surface roughness of acrylic denture base resins. *J Prosthet Dent* 93(1):76-85.
- Lee CJ, Bok SB, Bae JY, Lee HH (2010). Comparative adaptation accuracy of acrylic denture bases evaluated by two different methods. *Dent Mater J* 29(4):411-417.
- Nadal ME, Early EA, Thompson EA (2006). Specular gloss. NIST Special Publication SP 250-70.
- O'Brien WJ, Johnston WM, Fanian F, Lambert S (1984). The surface roughness and gloss of composites. *J Dent Res* 63(5):685-688.
- Ohara N, Koizumi H, Matsumoto Y, Nakayama D, Ogino T, Matsumura H (2009). Surface roughness and gloss of indirect composites etched with acidulated phosphate fluoride solution. *Acta Odontol Scand* 67(5):313-320.
- Oliveira LV, Mesquita MF, Henriques GE, Consani RL, Fragoso WS (2008). Effect of polishing technique and brushing on surface roughness of acrylic resins. *J Prosthodont* 17(4):308-311.
- Quirynen M, Bollen CM, Papaioannou W, Van Eldere J, van Steenberghe D (1996). The influence of titanium abutment surface roughness on plaque accumulation and gingivitis: short-term observations. *Int J Oral Maxillofac Implants* 11(2):169-178.
- Radford DR, Challacombe SJ, Walter JD (1998). Adherence of phenotypically switched *Candida albicans* to denture base materials. *Int J Prosthodont* 11(1):75-81.
- Rahal JS, Mesquita MF, Henriques GE, Nobilo MA (2004). Surface roughness of acrylic resins submitted to mechanical and chemical polishing. *J Oral Rehabil* 31(11):1075-1079.
- Takamata T, Setcos JC (1989). Resin denture bases: review of accuracy and methods of polymerization. *Int J Prosthodont* 2(6):555-562.
- Vallittu PK (1995). A review of methods used to reinforce polymethyl methacrylate resin. *J Prosthodont* 4(3):183-187.
- Weitman RT, Eames WB (1975). Plaque accumulation on composite surfaces after various finishing procedures. *J Am Dent Assoc* 91(1):101-106.
- Yamauchi M, Yamamoto K, Wakabayashi M, Kawano J (1990). In vitro adherence of microorganisms to denture base resin with different surface texture. *Dent Mater J* 9(1):19-24.
- Zissis AJ, Polyzois GL, Yannikakis SA, Harrison A (2000). Roughness of denture materials: a comparative study. *Int J Prosthodont* 13(2):136-140.