KDHS 한국치위생과학회
THE KOREAN SOCIETY OF DENTAL HYGIENE SCIENCE

J Dent Hyg Sci Vol. 15, No. 3, 2015, pp.259-264
http://dx.doi.org/10.17135/jdhs.2015.15.3.259

RESEARCH ARTICLE

치과 교정용 자가중합형 Resin의 중합 온도 변화에 따른 굽힘 특성

이규선 †
동남보건대학교 치기공과

Flexural Properties according to Change of Polymerization Temperature of Autopolymerized Resin for Orthodontic

Gyu Sun Lee †
Department of Dental Technology, Dongnam Health University, Suwon 440-714, Korea

For this experiment, specimen was manufactured by injecting polymer and monomer into silicon mold with volume ratio of 2.5:1 based on ISO 20795-2 so that average thickness, width and length of specimen would be maintained as 3.3 mm, 10.0 mm and 65.0 mm, respectively depending on spray on technique. Specimen was divided into 3 groups (25°C, 40°C, 70°C) depending on polymerization temperature and 10 specimen was manufactured for each group and it was polymerized in water tank of ±1°C under the setting condition of polymerization time of 15 minutes and pressure of 3 bar. After keeping specimen in distilled water of 37°C for over 48 hours before experiment, flexural strength (FS) and elasticity modulus (EM) of specimen being tested by using Intron (3344; Instron; Instron). SPSS ver. 16.0 was used for analysis and post-hoc test of Scheffe was performed after using one-way ANOVA. When comparing mean value of FS of resin for orthodontics, it was represented in the range of 71.500 MPa for 25°C group, 74.920 MPa for 40°C group and 76.880 MPa for 70°C group and difference was shown in the order of 25°C group <40°C group <70°C group but such difference was not significant statistically (p=0.052). Result of EM mean value of resin for orthodontics was more polymerization temperature was high, the more was significant difference represented in the order of 25°C group <40°C group <70°C group (p <0.039).

Key Words: Autopolymerizing acrylic resin, Flexural strength, Polymerization temperature

서 론

가철성 치과 교정 장치 제작에 사용되고 있는 acrylic resin system은 치의학 분야에서 널리 사용되고 있는 polymer의 일종으로서 retainer, splint, active plate 등의 제작에 주로 사용되고 있다[1].

Acrylic resin system의 중합 반응은 polymethyl methacrylate (PMMA-중량체)와 개시제가 들어있는 분말과 methyl methacrylate (MMA-단량체) 및 소량의 억제제가 들어있는 용액의 혼합에 의해서 반응이 일어나며 그 반응 방식에 따라 열중합형 레진, 자가중합형 레진, 광중합형 레진으로 나뉜다.

열중합형 레진은 외부에서 부가적으로 추가되는 열에 의해 benzoyl peroxide의 이중 결합이 파괴되면서 생성된 자유 라디칼들이 단량체와 결합하며 반응이 완성되는 방식인 반면 자가중합형 레진의 반응은 외부 조건의 자극 없이 실온에서도 단량체에 포함된 3차 아민에 의해 benzoyl peroxide의 결합이 파괴되면서 자유 라디칼들을 형성해 반응하는 방식이다[1,2].

이런 MMA는 실온에서 투명한 액체의 형태며 열에 비교적 안정적이다. 125°C～200°C 사이의 온도에서 중합이 깨지며 증기압이 높고 점도는 낮으며 매우 단단한 투명한 레

Received: March 19, 2015, **Revised:** April 16, 2015, **Accepted:** April 17, 2015
ISSN 1598-4478 (Print) / ISSN 2233-7679 (Online)

†**Correspondence to:** Gyu Sun Lee
Department of Dental Technology, Dongnam Health University, 50 Cheoncheon-ro 74beon-gil, Jangan-gu, Suwon 440-714, Korea
Tel: +82-31-249-6494, Fax: +82-31-249-6499, E-mail: orthoart123@gmail.com

Copyright © 2015 by the Korean Society of Dental Hygiene Science
This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

진으로 250 mm까지의 범위에서 자외선을 투과한다. 또한 누프 경도는 18～20, 밀도는 1.19 g/cm^2, 인장 강도는 60 MPa, 탄성률은 2.4 GPa인 기계적 특성을 갖고 있다[1,3]. 치과 교정 장치 제작 시 주로 사용되는 레진은 자가중합형 레진으로서 열중합형 레진에 비해 중합 수축률이 적고 구강 내 적합률이 높으며 중합 반응 시간이 빠른 장점을 가지고 있으나 열중합형 레진에 비해 중합도가 완전하지 않다는 단점을 가지고 있다[1]. 열중합형 레진에 비해 낮은 중합도는 자가중합형 레진의 기계적 강도를 저하시키거나 구강 내 변색 등의 문제가 되기도 한다[4,5].

특히 치과 교정 장치는 active element로서의 역할과 retentive element 유지의 역할, screw나 spring에 의한 교정력을 치아나 bone에 전달하는 역할 등을 할 뿐만 아니라 치료 기간인 약 2～3년간 파절이나 변형 없이 교정력이나 교합력에 견뎌야 하기 때문에[6] 기계적 강성에 대한 연구는 꾸준히 이루어지고 있는 추세이다.

보통 중합도를 결정짓는 요인으로는 중합 시의 압력이나, 중합의 시간, 개시제의 농도, 중합의 온도 등이 있으며[1] 자가중합형 레진의 기계적 강도를 높이고자 이런 요인들에 다양한 변화를 두어 그 상관관계를 알아보고자 하는 목적으로 여러 연구가 진행되어 왔다[3,7].

따라서 본 연구에서도 중합 온도의 변화가 자가중합형 레진에 미치는 기계적 특성의 영향과 그 상관관계를 알아보고자 중합 온도를 세 group으로 나누어 각 group 간의 굽힘 강도(flexural strength, FS)와 탄성 계수(elasticity modulus, EM)를 비교 분석함으로써, 중합 온도 변화가 치과 교정용 아크릴릭 재료인 자가중합형 레진의 기계적 성질을 개선할 수 있는지 실험해 보고자 한다.

연구대상 및 방법

1. 실험 재료

본 실험에 사용된 재료는 Ortho-Jet (Lang Dental Manufacturing Co., Inc., Wheeling, IL, USA) 자가중합형 resin이다. 이 재료의 구성은 Table 1과 같이 polymer인 PMMA와 monomer인 MMA로 구성되어 있다.

Table 1. Orthodontic Resin Material Used in This Study

Product	Code	Batch no. (powder/ liquid)
Ortho-Jet (Lang Dental Manufacturing Co., Inc., Wheeling, IL, USA)	L	1334-13BA

2. 실험 장비

1) 주형

치과 교정용 자가중합형 resin 시편 제작에 필요한 65×12×5 mm 규격의 실리콘 주형을 제작하였다(Fig. 1)

2) 중합 장치

치과 교정용 자가중합형 resin의 시편 제작에 필요한 중합 장치는 수조의 온도를 ±1°C로 유지하며 압력은 6 bar까지 올릴 수 있는 multi curing unit (Vertex, Ziest, Netherlands)를 사용하였다.

3) 만능 물성 실험기

본 실험에 사용된 만능 물성 실험기는, 지속적인 크로스헤드 속도가 30.00 mm/min이며 하중 비율이 50±16 N/min이며, 표점 거리가 15±0.1 mm인 평행 지지대 휨 장치(bending apparatus) 및 직경 2 mm인 제3의 막대를 갖춘 Instron (3344; Instron; Instron, Norwood, MA, USA)을 사용하였다.

4) 마이크로미터

완성된 시편의 규격을 측정하기 위하여 오차범위 ±0.01 mm인 Digimatic Caliper (Mitutoyo, Kawasaki, Japan)를 사용하였다.

3. 시편 제작

1) Resin 시편 제작

본 실험의 변수인 중합 온도가 각 25°C인 group, 40°C인 group, 70°C인 group으로 나누어(Table 2) 각각 10개씩의

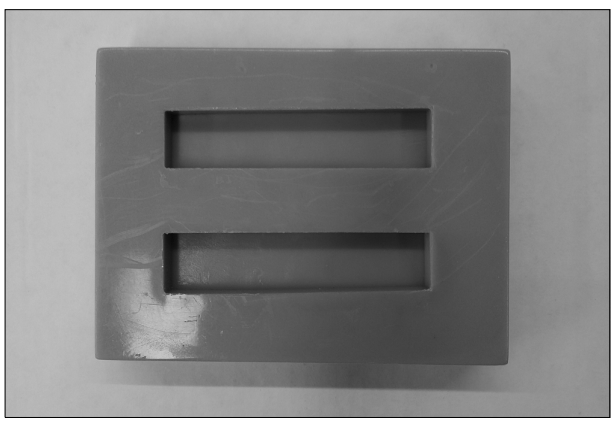

Fig. 1. Silicon mold of this study.

Table 2. Curing Conditions of Orthodontic Resin Used in This Study

Product	Time	Pressure	Powder/liquid ratio	Temperature	Group
Ortho-Jet (Lang Dental Manufacturing Co., Inc., Wheeling, IL, USA)	15 minutes	3 bar	2.5:1	25°C	25°C
Ortho-Jet	15 minutes	3 bar	2.5:1	40°C	40°C
Ortho-Jet	15 minutes	3 bar	2.5:1	70°C	70°C

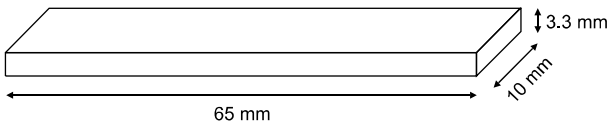

Fig. 2. Dimension of flexural specimen.

시편을 제작하였다. 시편 제작은 실내 온도 25°C를 유지하는 실험실에서 폴리머와 모노머의 부피 비를 메스실린더를 이용하여 2.5:1로 맞추고 제작된 실리콘 주형에 spray on technique 방식으로 채웠다(Fig. 1).

시편의 제작을 위한 중합 시간은 15분, 중합 압력은 3 bar로 통일하고 초기 경화 이전에 중합하였다.

이렇게 1차 완성된 시편은 ISO 20795-2의 국제 규격에 맞추어 성형 연삭기(JFG-520M; Jinyoung, Hwaseong, Korea)로 1차 기계 연마한 후, 시편의 평균 두께 3.3 mm, 너비 10.0 mm, 길이 65.0 mm가 되도록 냉각수를 공급하면서 #800, #1200 sic paper를 이용하여 2차로 습식 연마하였다. 그리고 Digimatic Caliper를 이용하여 평균 두께, 너비, 길이를 측정하였다(Fig. 2).

4. 실험 방법

실험 전까지 37°C의 증류수에 48시간 이상 보관하였던 최종 시편은 ISO 20795-2의 국제 규격에 따라 3점 FS 및 EM을 구하는 실험을 위하여 두 지점 간의 거리 40 mm, 하중 속도 5 mm/min, 하중 크기 2 N/min인 Instron (3344)을 이용하여 시편에 수직의 하중을 가하고 초기 균열이 발생하여 stress strain curve에서 파절되기 시작하는 점을 측정하였다.

이 때 파절 시의 FS의 값인 σ는 다음 식에 대입하여 계산하였다[8].

$$\sigma = \frac{3Fl}{2bh^2}$$

F=maximum load, in newtons, exerted on the specimen

l=distance, in millimeters, between the supports, accurate to ±0.01 mm

b=width, in millimeters, of the specimen measured immediately prior to water storage

h=height, in millimeters, of the specimen measured immediately prior to water storage

5. 통계 분석

본 실험을 통해 얻은 값들은 중합 온도가 기계적 특성에 미치는 상관관계를 알아보기 위해 SPSS ver. 16.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 분석하였고, 세 group 시편간의 width, thickness, maximum flexure load, flexure stress at maximum flexure load, modulus (automatic)의 평균과 표준 편차를 구하기 위해 기술 통계 분석을 실시하였으며, 중합 온도 상승에 따른 세 group 시편간의 차이를 알아보기 위해 일원 배치 분산 분석(one-way ANOVA) 후 Scheffe의 사후 검정을 실시하였다.

결 과

본 실험의 결과는 FS의 경우, 25°C group은 59.9～78.8 MPa, 40°C group은 67.2～80.0 MPa, 70°C group은 72.6～85.7 MPa의 범위였으며, 평균값을 비교해 보았을 때 25°C group은 71.500±5.546 MPa, 40°C group은 74.920±4.237 MPa, 70°C group은 76.880±4.304 MPa로 나타났으며 25°C group＜40°C group＜70°C group 순으로 차이가 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.052; Table 3).

EM의 경우, 25°C group은 2.026～2.240 GPa, 40°C group은 2.193～2.345 GPa, 70°C group은 1.923～2.416 GPa의 범위였으며, 평균값은 25°C group이 2.164±0.073 GPa, 40°C group은 2.258±0.069 GPa, 70°C group은 2.282±0.147 GPa의 값을 보였으며 25°C group＜40°C group＜70°C group 순으로 중합 온도가 높을수록 유의한 차이를 보였다(p＜0.039; Fig. 3).

고 찰

본 연구에서는 Ortho-Jet 자가중합형 레진을 선택하여 치과 교정용 자가중합형 레진의 중합 온도가 물리적, 기계적

Table 3. Result of One-Way Analysis of Variance & Mechanical Properties Tested by Scheffe Test

Dependent variable	25°C	40°C	70°C	p-value
Width (mm)	9.990±0.019	9.986±0.005	9.988±0.008	0.765
Thickness (mm)	3.343±0.005[a]	3.343±0.008[b]	3.329±0.012[b]	0.002*
Maximum flexure load (MPa)	106.400±8.189	111.470±6.155	113.490±6.827	0.089
Flexure stress at maximum flexure load (MPa)	71.500±5.546	74.920±4.237	76.880±4.304	0.052
Modulus (automatic) (GPa)	2.164±0.073[a]	2.258±0.069[a,b]	2.282±0.147[b]	0.039*

Values are presented ad mean±standard deviation.
[a,b]Mean values grouped with the same superscripts mean statistically insignificance at $p < 0.05$ level.
*$p < 0.05$ one-way ANOVA, post hoc test: Scheffe.

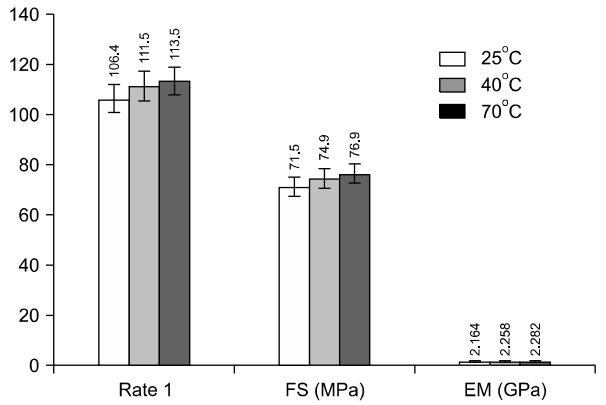

Fig. 3. Graph of flexural strength and elastic modulus. FS: flexural strength, EM: elasticity modulus.

성질에 미치는 영향을 알아보았다. 연구에 사용된 레진은 일반적인 다른 치과 교정용 자가중합형 레진처럼 자가 중합 방식을 갖고 있으며 실험의 시편 제작 및 연구를 위한 실험은 ISO 20795-2 국제 규격에 맞추어 실행하였다.

실험의 변수로 작용한 중합 온도는 25°C, 40°C, 70°C로 하여, 각 group 당 10개씩의 시편을 제작하였다. 제작된 최종 시편은 ISO 20795-2의 규격에 따라 실험 전까지 37°C의 증류수에 48시간 이상 담근 뒤, 수조 밖에서 만능 물성 실험기인 Instron (3344)을 이용하여 FS 및 EM을 구하는 실험을 하였다.

초기 치의학에서는 3점 FS 실험 시 37°C의 증류수가 담긴 수조 속에서 실험을 하였으나, 본 실험에서는 37°C의 증류수에 48시간 이상 담근 뒤 수조 밖에서 실험하였다. 이는 Swaney 등[9]이 보고한, 증류수가 담긴 수조 안에서 실험한 FS의 실험 결과가 수조 밖에서 실험한 결과보다 더 낮게 나왔다는 것을 고려하여 실험을 한 것이며, 따라서 본 실험의 결과 값은 Swaney 등[9]의 결과 값보다 다소 높게 나올 수도 있다는 것을 미리 밝혀둔다.

시편의 실험은 두 지점 간의 거리 40 mm, 하중 속도 5 mm/min, 하중 크기 2 N/min로 하였으며, 본 실험의 FS 측정은 시편이 파절되기 시작하는 점에서 초기 균열이 발생하여 stress strain curve 곡선에서 stress 수치가 감소되는 점을 측정하였다.

25°C, 40°C, 70°C 세 group의 측정값을 비교한 결과는 다음과 같다.

FS의 경우, 25°C group은 59.9～78.8 MPa, 40°C group은 67.2～80.0 MPa, 70°C group은 72.6～85.7 MPa의 범위였으며, 25°C group의 FS의 평균값은 71.5 MPa였으며, 40°C group의 경우 74.9 MPa, 70°C group의 경우는 76.9 MPa였다.

EM의 경우, 25°C group은 2.026～2.240 GPa, 40°C group은 2.193～2.345 GPa, 70°C group은 1.923～2.416 GPa의 범위였으며, 25°C group의 EM의 평균값은 2.164 GPa, 40°C group의 경우 2.258 GPa, 70°C group의 경우는 2.282 GPa였다.

Fortes 등[10]은 자가중합형 레진의 중합 조건 중 압력과 온도의 변화를 통한 치과 교정용 장치의 기계적 특성을 연구 보고 하였는데, 온도와 압력이 높을수록 기계적 특성이 더 좋아진다고 하였다. 본 실험의 결과 역시 그와 동일한 양상을 보이고 있으나 FS의 경우 통계적 유의성이 나타나지 않았다. 그러나 평균적으로 FS의 실험값은 온도가 높을수록 더 높게 나타났다.

Dogan 등[11]은 중합 시간과 중합 온도가 높아질수록 잔류 모노머의 양이 감소하면서 강도가 증가한다고 발표하였다. 본 연구에서도 비록 FS 값의 경우 통계적 유의성은 없으나, 평균값들이 높아짐을 볼 때 높은 중합 온도는 자가중합형 레진의 강도에 영향을 미칠 것이라 사료된다.

Sun[12]은 단량체가 불완전하게 중합되었을 경우 용해도가 증가하기 때문에 구강 내에서 타액에 용해되어 인체 내로 유입되어 유해성의 문제점도 있다고 하였다.

Gjerdet[13]는 온도와 압력이 자가중합형 레진의 기포 발생에 미치는 영향을 연구 발표하였는데, 그 내용을 보면 23°C, 40°C, 60°C로 중합 온도의 변수를 두어 실험한 결과, 중합

온도가 높을수록 기포의 발생이 감소하고, Choi 등[14]은 레진의 다공성 때문에 색 변화는 여전히 일어나고 있다는 보고를 하였다. 따라서 본 실험에서도 중합 온도가 높을수록 기포는 감소하는 반면 중합체의 밀도는 높아짐에 따라 강도도 증가할 것이라고 예상하였으나 실험 결과, FS에서는 유의성이 없었으며 EM에서만 통계적 유의성이 있었다.

또한 Ogawa 등[15]의 자가중합형 레진을 온도에 따라 다르게 중합한 강도 보고를 살펴보면, 같은 중합 온도에서 중합을 할 경우 수중에서 중합하는 것이 대기 중에서 중합하는 것보다 기계적 성질이 우수했으며, 특히 중합 온도가 높아질수록 기계적 성질이 우수하였다고 보고하였다. 그러나 본 실험에서는 중합 온도가 높아짐에도 불구하고 평균값들이 높아지기만 할 뿐 예상했었던 통계적 유의성은 없었다. 이것은 지나치게 높은 중합 온도로 인하여 중합 반응이 일어나기 전, 레진의 표면이 먼저 굳어버려 오히려 중합 반응이 제대로 일어나지 않았을 수도 있다고 생각된다.

Vallittu 등[16]의 연구에서도 과한 압력이 레진 표면에 많은 산소를 부여함에 따라 중합 반응이 제대로 일어나는 것을 방해하여 강도가 약해졌다는 보고도 있다. 이런 경우 Lee와 Han[17]은 교정 장치가 구강 내에 장착됨으로써 치아와 치아 주위조직, 구강 내 청결상태 등에 영향을 미치게 되어 치아우식 발생 가능성이 높아질 수도 있다고 하였다. 이는 본 실험의 결과와도 관련 있다고 생각되나, 본 실험에서는 그 뚜렷한 원인을 밝혀내지는 못하였다.

또한 본 실험은 자가중합형 레진의 중합도를 결정짓는 여러 요인 중 중합 온도라는 하나의 요인만을 변수로 두어 기계적 특성을 살펴보았다. 그러나 중합도를 결정짓는 요인은 중합 온도 외에도 여러 가지가 있으므로 각각의 여러 요인들에 의한 기계적 특성에 대한 연구나, 각 요인들 간의 상관관계에 대한 연구 역시 필요하리라 본다.

따라서 본 실험에서 미처 다루지 못한 부분에 대한 향후 연구가 필요하다고 생각된다.

본 실험으로 미루어 보았을 때 치과 교정용 자가중합형 레진의 중합 온도는 장치의 기계적, 물리적 강성에 통계적 유의성을 보일만큼 큰 영향을 미치지는 않았으나, 평균적인 값들은 증가한 추세를 보이고 있으므로 기계적 성질을 높이기 위해 일정 수준의 중합 온도 증가 역시 간과하여서는 안 될 것이라고 생각된다.

요 약

치과 교정용 자가중합형 레진의 중합 온도가 기계적 특성에 미치는 영향을 알아보기 위하여 폴리머와 모노머의 부피비는 2.5:1로 하고, 중합 온도를 25°C, 40°C, 70°C의 세 group으로 나누었다.

실험을 위해 각 group 당 10개씩의 시편을 중합 시간 15분, 중합 압력 3 bar로 통일하여 제작하였다.

그 후 시편을 실험 전까지 37°C의 증류수에 48시간 이상 보관한 다음, Intron (3344)을 이용하여 각 시편의 FS 및 EM을 측정하였다.

이렇게 하여 얻어진 값들은 SPSS ver. 16.0을 사용하여 일원 배치 분산 분석을 하였으며 Scheffe의 사후 검정을 실시하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

치과 교정용 자가중합형 레진의 FS 평균값을 비교해 보았을 때 25°C group은 71.500±5.546 MPa, 40°C group은 74.920±4.237 MPa, 70°C group은 76.880±4.304 MPa의 범위였으며, 25°C group＜40°C group＜70°C group 순으로 차이가 있었으나 통계적으로 유의한 차이는 없었다 (p=0.052).

치과 교정용 자가중합형 레진의 EM 평균값은 25°C group이 2.164±0.073 GPa, 40°C group은 2.258±0.069 GPa, 70°C group은 2.282±0.147 GPa의 범위였으며, 25°C group＜40°C group＜70°C group 순으로 중합 온도가 높을수록 유의한 차이를 보였다(p＜0.039).

이상의 실험 결과로 미루어 볼 때 EM 값은 25°C group＜40°C group＜70°C group 순으로 통계적 유의성이 인정되는 수준의 상승이 있었던 반면, FS 값은 통계적 유의성은 보이고 있지 않으나 강도의 증가에 영향을 미치고 있으므로, 치과 교정 장치 제작 시 일정 수준의 중합 온도 상승은 장치의 기계적 물성을 증가시킬 것이라고 판단된다.

감사의 글

이 연구는 2012년 동남보건대학교 연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

References

1. Kenneth J: Anusavice: science of dental materials. The 11st ed. Phillips, New York, pp.143-169, 734-735, 2006.
2. Peutzfeldt A: Resin composites in dentistry the monomer systems. Eur J Oral Sic 105: 97-116, 1997.
3. Yoo JW, Jang KT, Kim CC: A study on the degree of polymerization of autopolymerized resin for removable orthodontic appliance according to curing time and curing method. J Korea Acad Pediatr Dent 26: 296-329, 1999.

4. Iça RB, Oztürk F, Ates B, Malkoc MA, Kelestemur U: Level of residual monomer released from orthodontic acrylic materials. J Angle Orthod 84: 862-867, 2014.
5. Flehcher AM, Purnaveja S, Amin WM, et al.: The level of residual monomer in self curing denture base materials. Dent Res 62: 118-120, 1983.
6. Kim NJ, Park GS, Yoo JH, et al.: Science of dental orthodontics. The 2nd ed. Daihak, Seoul, pp.99-102, 2009.
7. Noh HS, Kim JM, Kim S, Jeong TS: Effect of curing conditions on the monomer elution of orthodontic acrylic resin. J Korean Acad Pediatr Dent 35: 477-484, 2008.
8. International Organization for Standardization Committee: Dentistry-base polymers-part 2: orthodontic base polymers. ISO, Geneva, pp.8-9, 2008.
9. Swaney CA, Paffenbarger GC, Caul HJ, Sweeney WT: American dent association specification for dental base resin. J Am Dent Assoc 46: 54, 1953.
10. Fortes CB, Collares FM, Machado CV: Effect of different curing condition on material properties of acrylic resin for orthodontic appliances. Orthod Wave 69: 18-22, 2010.
11. Dogan A, Bek B, Cevik NN, Usanmaz A: The effect of preparation condition of acrylic denture base materials on the level of residual monomer properties and water absorption. J Dent 23: 313-318, 1995.
12. Sun GJ: Photopolymerization efficiency of dental resin composites with novel liquid amine photoinitiators. J Dent Hyg Sci 8: 109-115, 2008.
13. Gjerdet BE: The effect of pressure and curing temperature on porosity of two chemically activated acrylics. Dent Mater 1: 205-208, 1985.
14. Choi EJ, Moon SH, Mun SR, et al.: Color change of food staining and bleaching on composite resin. J Dent Hyg Sci 12: 477-485, 2012.
15. Ogawa T, Tanaka M, Kyano K: Effect of water temperature during polymerization on strength autopolymerizing resin. J Prosthet Dent 84: 222-224, 2000.
16. Vallittu PK, Ruyter IE, Buykuilmaz S: Effect of polymerization temperature and time on the residual monomer content of denture base polymer. Eur J Oral Sci 106: 588-593, 1998.
17. Lee JH, Han GS: Oral health behavior levels and oral hygiene condition in fixed type orthodontic appliances. J Dent Hyg Sci 11: 489-495, 2011.