

극초단파의 출력과 적용시간이 의치상용 레진의 물리적 성질에 미치는 영향

부산대학교 치과대학 치과보철학교실

정대성 · 임장섭 · 정창모 · 전영찬

I. 서 론

열중합 의치상용 레진의 온성을 위한 열원으로는 온수, 건열, 증기 그리고 적외선 및 극초단파가 있으며, 1968년 Nishii¹⁾에 의해 처음으로 소개된 극초단파 온성법이란 magnetron oscillator에 의해 생성되어지는 전자기파를 이용하는 것인데^{2,4)}, 단량체에 작용하며 전자기장내에서 methylmethacrylate 분자에 전자파가 가해지면 분자간 충돌과 마찰이 일어나서 급속하게 열이 발생되어 중합반응이 일어난다. 이 온성법에 사용되어지는 장비로는 극초단파 에너지의 투과가 가능하면서 충분한 강도를 갖는 fiberglass reinforced plastics(FRP) 플라스크와 일반적인 주방용 전자렌지가 있다⁵⁻⁹⁾.

극초단파 온성법의 장점으로는 짧은 온성 시간, 우수한 색조 안정성과 내면 적합도, 청결한 작업과정, 소량의 잔존 단량체 및 의치상용 레진과 인공치의 우수한 결합강도 등이 있으며^{2,3,5-7,10-15)}, 단점으로는 이 온성법에 사용되어지는 FRP 플라스크가 고가이고, 조작시 플라스크와 bolt의 파절 가능성이 있으며 임상적인 문제점으로는 과열시 의치상 내부의 기포 발생 가능성이 높다는 점이다.

의치상 내부의 기포는 의치상의 강도를 저하시키고, 응력 집중부위로 작용하여 응력이 완화됨에 따라 의치의 변형을 야기시킬 수 있으며, 표면의 기포는 음식물 침착이나 세균 증식을 촉진시켜 구취, 착색, 치석침착 등의 심미적 손상이나 구내염을 일으킬 수 있다^{8,14-16)}.

일반적으로 기포는 의치상의 표층부보다 두꺼운 의치상의 심부에서 더 많이 발생하는데 그 이유는 레진 중합시 발생하는 열이 의치상의 표면에서는 주위의 매물체를 통하여 쉽게 발산되지만 두꺼운 의치상의 내부에서는 열발산이 느려서 내부온도가 단량체의 비등점(100.8℃)이상으로 상승되기 때문이다. 따라서 이러한 부작용을 최소화하기 위하여 수조 온성법의 경우에는 낮은 온도에서 장시간 온성하는 방법을⁴⁾, 극초단파를 이용한 온성법의 경우에는 methylmethacrylate 단량체보다 비등점이 높은 methyl-ethylmethacrylate 또는 dimethacrylate 와 같은 단량체의 사용을 추천하고 있으며¹⁰⁾, 또한 중합반응의 초기와 말기에 발생하는 과열반응을 예방하기 위하여 microprocessor-regulated control system의 이용이 제안되기도 하였다.

통상적인 수조 온성법과 극초단파 온성법 사이의 기공률이나 물성에 관한 비교 연구에서, 정^{15,17)}은 기공률에 있어서는 2가지 온성법사이에 차이가 없다고 하였으며, 굽힘강도의 경우 극초단파 온성법이 우수하였고 표면경도의 측정에서는 수조 온성법이 더 우수하다고 하였다. 그러나 Reitz 등⁶⁾은 두가지 온성법사이의 기공률과 표면경도, 횡단강도 등의 물리적 성질에 차이가 없다고 하였다.

극초단파 온성용 레진의 물리적 성질과 기공률에 영향을 미치는 요인으로는 의치상의 두께, 단량체의 종류, 온성 후 냉각방법, 적절한 극초단파 출력과 적용 시간의 조합, 매물체의 부피, 매물체에 포함된 수분의 양, 레진의 혼액비, 플라스크의 열전도성 및 극

초단파 투과성 등이 있으며 이외에도 적절한 극초단파 에너지 등이 있다.

이러한 극초단파 에너지가 의치상용 레진에 미치는 영향에 대해서, De Clerk⁴⁾은 극초단파 온성시에는 중합반응이 진행되어감에 따라 단량체의 상대적인 비례감소가 일어나게 되고 따라서 같은 양의 에너지를 점점 적은 양의 단량체가 흡수하게 되어 단량체분자의 활성화도가 증가할 뿐만 아니라 단량체 분자의 능동적인 이동으로 인해 내부와 외부에서 열이 발생하여 통상적인 수조 온성법에 비해서 잔존 단량체의 양이 적은 완전한 중합반응을 기대할 수 있다고 하였으나, Gettleman 등¹⁹⁾은 극초단파에 의한 과도한 열이 중합반응 중에는 기포를 발생시킬 뿐만 아니라 중합반응 후에는 중합체의 해중합을 야기시켜 의치상의 인장강도를 1/8~1/6로 감소시킬 수 있다고 보고하였다.

극초단파 에너지의 절대적인 양은 극초단파의 출력 크기와 적용 시간에 의해 조절되어지는데, Bafle 등¹⁰⁾은 여러 가지 극초단파 출력과 적용 시간을 조합한 실험군들간의 기공률을 비교한 실험에서 극초단파 온성용 레진을 사용한 경우 모든 실험군들 사이에 차이가 없었다고 보고하였으며, Wallace 등³⁾은 다양한 극초단파의 출력 크기와 적용 시간에 따른 상악 의치상의 체적 안정성을 수조 온성법과 비교한 결과 극초단파 온성법이 수조 온성법보다 우수한 체적 안정성을 나타내었으며 극초단파 온성용 레진을 이용한 실험군간에는 차이가 없다고 하였다.

이상의 보고에서처럼 기존의 수조 온성법과 극초단파 온성법의 물성에 관한 비교 연구나 극초단파 출력과 적용 시간의 여러 가지 조건에 의한 기공률과 체적 안정성에 대한 비교연구가 보고된 바 있으나 극초단파 출력과 적용 시간의 조건에 따른 극초단파 온성용 레진의 물성에 대한 연구는 매우 희소한 실정이다. 따라서 본 실험에서는 극초단파를 이용한 의치상용 레진 온성시, 내부기포가 적고 표면경도와 3점굽힘강도가 우수한 레진을 만들 수 있는 적절한 출력과 적용 시간의 조건을 알아보기 위하여 국내에서 쉽게 구할 수 있는 주방용 전자렌지로 극초단파 온성을 시행하여 다소의 지견을 얻었기에 보고하고자 한다.

II. 실험재료 및 방법

1. 레진시편제작

표면경도 및 3점굽힘강도의 측정을 위하여 3.5×10×60mm, 시편내 기공률의 측정을 위하여 5×12×60mm 크기의 플라스틱 표준시편을 제작하고 통법에 따라 FRP 플라스틱(G.C. Dental Ind. Co., Japan)에 경석고(Hi-Koseton, Maruishi Gypsum Co., Japan)로 매몰하여 경화시킨 후 상, 하합을 분리하고 플라스틱 표준시편을 제거하여 상, 하합 사이에 분리제(Acro-Sep, G.C. Dental Industrial Co., Japan)를 도포하고, 극초단파 온성용 레진인 Acron MC(G.C. Dental Industrial Co., Japan)를 제조사의 지시대로 혼액비 43cc/100gm으로 혼합하여 단량체가 증발되지 않는 밀폐된 용기에서 20분간 병상형성시킨 후 레진을 주입하고 500W(Model ER-4380B, 금성사)와 700W(Model RE-440G, 삼성전자)주방용 전자렌지에서 2분, 3분 그리고 4분동안 온성하였다(Table 1). 온성된 시편들을 bur와 사포(No. 800, 1000)로 연마, 조정하여 Digimatic Micrometer(Mitutoyo Co., Japan)로 규격을 확인하였다. 기공률 측정용 시편은 실험군당 6개씩 총 36개, 표면경도와 3점굽힘강도용 시편은 실험군당 8개씩 총 48개를 제작하였다.

2. 기공률 측정

시편 제작 후 1주일간 건조상태로 용기에 보관한 다음 표면 경화 활택제인 Light Lock(Toho Dental Product Co., Ltd., Japan)을 각 시편 표면에 얇게 도포하고 Twinkle Q(東邦齒科産業株式會社, 日本)에서

Table 1. Combination of wattage and time for microwave energy

Group	Wattage(W)	Curing time(min.)
I	500	2
II	500	3
III	500	4
IV	700	2
V	700	3
VI	700	4

중합시켜 수중무게 측정시 레진시편의 내부로 물이 흡수되는 것을 방지하였다. 공기중 시편 무게와 수중 시편 무게는 측정정도가 .0000g인 Analytical Plus(Model AP210-0, OHAUS, Switzerland)를 이용하여 측정하였고 기포 부피와 시편 부피를 아래의 표준 방정식을 이용하여 계산 후 기공률을 산출하였다.

- 식 1. 공기중 시편무게 = 중력상수*×(레진밀도-공기밀도)×(시편부피-기포부피)
- 식 2. 수중 시편무게 = 중력상수*×(레진밀도-물밀도)×(시편부피-기포부피) + 중력상수*×(공기밀도-물밀도)×기포부피

$$\text{식 3. 기공률} = \frac{\text{시편내 기포 부피}}{\text{시편 부피}} \times 100(\%)$$

- 레진밀도 = 1.198 gm/cm³
- 공기밀도 = 1.23 kg/m³
- 물밀도 = 1000 kg/m³
- 중력상수* = 9.8066 m/sec²

3. 표면경도

각 시편의 폭 중앙부에서 10mm간격으로 Vickers 경도 측정기를 이용하여 압입하중 50g, 하중시간 5초로 지정, 측정하였으며 5개의 지점에서 얻어진 값의 평균치를 구하였다.

4. 3점굽힘강도의 측정

표면경도 측정에 사용되었던 시편을 이용하여 3점 굽힘강도를 측정하였다. 만능 시험기(Instron :

Table 2. Means and standard deviations of percent porosity(%)

Group	Mean	SD	No
I	1.053	0.089	6
II	1.045	0.103	6
III	1.121	0.151	6
IV	1.118	0.119	6
V	1.223	0.179	6
VI	1.254	0.232	6

Model 4301, England)를 이용하여 지점간 거리 50mm에서 crosshead speed 5mm/min.로 하중을 가하여 시편의 파절음과 함께 하중의 갑작스런 감소가 나타나는 시점의 하중치를 기록하였다. 이 하중치를 아래의 공식에 대입하여 각 시편의 3점굽힘강도를 산출하였다.

$$S = \frac{3LP}{2bd^2}$$

P : 파절시 하중(Kg)
L : 지점간 거리(cm)
b : 시편너비(cm)
d : 시편두께(cm)

5. 통계 처리

기공률, 표면경도, 3점굽힘강도의 실험에서 각 실험군간 평균치의 유의한 차이를 알아보기 위하여 95%의 유의 수준에서 Student's t test를 실시하였다.

Ⅲ. 실험 결과

1. 기공률

시편내 기공률의 평균값과 표준편차는 Table 2와 같으며, 실험군간 상호비교를 용이하게 하기 위하여 Fig. 1에 평균값을 도표로 나타내었다. 모든 실험군간 평균치의 유의차를 알아보기 위하여 Student's t-test를 시행하여 Table 3에 정리하였다. 그 결과 모든

Table 3. Statistical test results(Student's t test) comparing the percent porosity values of different wattage/curing time conditions

Group	I	II	III	IV	V	VI
I	-					
II	-	-				
III	-	-	-			
IV	-	-	-	-		
V	-	-	-	-	-	
VI	-	-	-	-	-	-

- : No statistically significant difference (p>0.05).
+ : Significant difference (p<0.05).

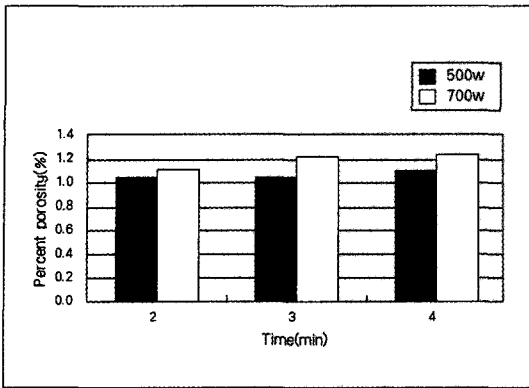


Fig. 1. Percent porosity of test group with different wattages and curing times.

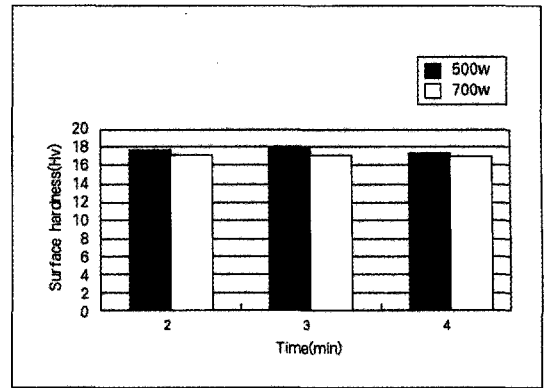


Fig. 2. Surface hardness of test group with different wattages and curing times.

Table 5. Means and standard deviations of surface hardness (Hv)

Group	Mean	SD	No
I	17.72	0.83	8
II	17.91	0.44	8
III	17.49	0.52	8
IV	17.27	0.47	8
V	17.00	0.63	8
VI	16.97	0.45	8

Table 7. Means and standard deviations of three-point bending strength(kg/cm²)

Group	Mean	SD	No
I	886.51	53.58	8
II	946.40	55.09	8
III	892.13	65.91	8
IV	892.98	66.28	8
V	880.11	36.33	8
VI	846.35	70.37	8

실험군들간에 유의한 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

2. 표면경도

표면경도의 평균값과 표준편차는 Table 4와 같으며, 실험군간 상호비교를 용이하게 하기 위하여 Fig. 2에 평균값을 도표로 나타내었다. 모든 실험군간 평균치의 유의차를 알아보기 위하여 Student's t test를 시행하여 Table 5에 정리하였다. 그 결과 500W/3

Table 6. Statistical test results(Student's t test) comparing the surface hardness values of different wattage/curing time conditions

Group	I	II	III	IV	V	VI
I	-					
II	-	-				
III	-	-	-			
IV	-	+	-	-		
V	-	+	-	-	-	
VI	+	+	+	-	-	-

- : No statistically significant difference ($p > 0.05$).
+ : Significant difference ($p < 0.05$).

Table 8. Statistical test results(Student's t test) comparing the three-point bending strength values of different wattage/curing time conditions

Group	I	II	III	IV	V	VI
I	-					
II	+	-				
III	-	-	-			
IV	-	-	-	-		
V	-	+	-	-	-	
VI	-	+	-	-	-	-

- : No statistically significant difference ($p > 0.05$).
+ : Significant difference ($p < 0.05$).

분 실험군이 700W/2분, 3분 및 4분 실험군들보다 높은 평균값을 나타내었고($p < 0.05$), 700W/4분 실험군은 500W/2분, 3분 및 4분 실험군들보다 낮은 평균값을 나타내었으며($p < 0.05$), 나머지 실험군들

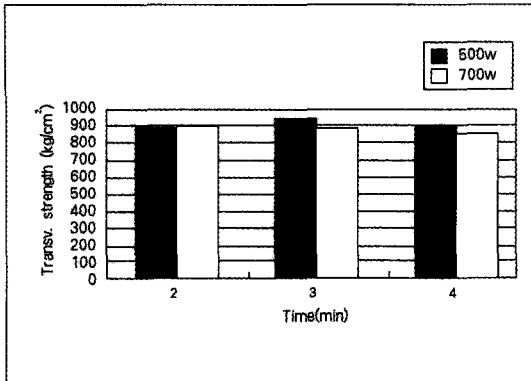


Fig. 3. Three-point bending strength of test group with different wattages and curing times.

간에는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

3. 3점굽힘강도

3점굽힘강도의 평균값과 표준편차는 Table 6과 같으며, 실험군간 상호비교를 용이하게 하기 위하여 Fig. 3에 평균값을 도표로 나타내었다. 모든 실험군간 평균치의 유의차를 알아보기 위하여 Student's *t*-test를 시행하여 Table 7에 정리하였다. 그 결과 500W/3분 실험군이 500W/2분, 700W/3분, 4분 실험군들보다 높은 평균값을 나타내었고($p < 0.05$), 나머지 실험군들간에는 유의성 있는 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$).

IV. 총괄 및 고찰

극초단파 에너지를 이용한 의치상용 레진의 온성법은 레진의 중심부와 변연부를 동시에 가열함으로써 온성 시간과 의치상 내부의 잔존 단량체 감소 등의 장점이 있으나 급격한 온도 상승과 중합시 발생하는 발열 반응에 의하여 methylmethacrylate 단량체의 비등점(100.8℃)을 초과함으로써 단량체가 기화되어 기포 발생 가능성이 높아지게 되며, 또한 중합반응 후에 과도한 에너지가 공급되어 의치상용 레진의 온도가 125℃이상으로 상승될 경우 중합체의 해중합(depolymerization)을 야기하여 레진의 여러 가지 물리적 성질에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있다^{4,21)}.

의치상용 레진 온성시 기포 발생의 원인으로는 첫째, 레진내의 온도가 단량체의 비등점보다 높아질 때 단량체가 기화되어 발생할 수 있으며 둘째, 단량체와 분말이 충분히 혼합되지 못하면 부위에 따라 분말대용액비가 달라 용액비율이 높은 부위는 중합시 더 많이 수축하여 기포가 발생하게 된다. 그리고 셋째로는, 중합시 레진에 적절한 압력을 가하지 못한 경우나, 몰드 내에 병상기 레진이 부족할 때도 기포가 발생한다. 의치상용 레진내에서 기포는 응력의 집중부위가 되고 이로인하여 의치상내에 균열이 전파되고 강도가 저하되어 파절 발생의 초기 원인이 될 수 있으며, 표면의 기포는 의치의 세척을 어렵게 하고, 의치의 외관을 심미적으로 부적절하게 만들 수도 있다^{8,14-16,21)}.

한편, 극초단파 온성용 레진의 기공률에 영향을 미치는 요소로는 의치상의 두께, 단량체의 종류, 온성 후 냉각방법, 온성 시간과 극초단파 출력 등이 있는데 이러한 기포발생은 단순히 한가지 원인 요소에 의한 것이라기 보다는 여러 가지 요인의 복합 현상으로 나타난다고 보고된다^{4,7,10)}.

Reitz 등⁶⁾과 Wolfaadt 등⁸⁾은 두꺼운 단면을 갖는 시편 중앙부에서 다수의 기포를 관찰할 수 있다고 보고하였다. 또한, Bafle 등¹⁰⁾과 정¹⁵⁾은 단량체의 종류에 따라 기공률에 차이가 있음을 보고하였는데, 극초단파 온성용 단량체를 사용한 경우에는 전통적인 수조 온성법에 비하여 기포 발생에는 별 차이가 없었으나 methylmethacrylate 단량체를 사용한 경우에는 육안으로도 관찰가능한 내, 외부 기포가 많이 발생한다고 보고하였다.

온성 후 냉각방법에 따른 기공률에 관해서, Sanders 등¹¹⁾은 극초단파 에너지를 이용하여 의치상용 레진을 온성한 후 급냉시키는 것이 서냉시키는 것보다 기포 발생률이 적다고 보고하였으나, Kimura 등²⁾은 공기중, 수도수내, 차가운 얼음물내에서의 냉각방법 순으로 기포 발생량이 많았다고 보고하였다.

본 실험에서는 선학들의 연구 결과를 토대로, 기공률 측정을 위한 시편 제작시 시편의 두께는 5mm로 규격화하였고 methylmethacrylate 단량체보다 비등점이 높은 극초단파 온성용 레진 단량체를 사용하였으며 냉각방법은 제조자의 지시대로 실온에서 30분간 서냉 후 실온 수도수에서 냉각시켰다. 이렇게 함

으로써 의치상의 두께, 단량체의 종류, 온성 후 냉각 방법의 차이로 인한 기공률의 변화는 배제하였다. 극초단파 출력의 크기(500W 또는 700W)나 적용 시간(2분, 3분, 4분)의 조건으로 실험한 결과, 5mm 두께의 극초단파 온성용 레진 의치상에서는 시편내 기공률의 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 3).

Asad 등²⁰⁾은 표면경도를 압흔에 대한 저항이라고 정의하며, 의치상용 레진의 표면경도 측정치는 저작 시 적용되어지는 힘에 어느 정도 저항할 수 있는가를 의미한다고 하였다. 표면경도에 관한 본 실험에서는 500W/3분 실험군이 700W/2분, 3분, 4분 실험군들보다 더 높은 표면경도를 나타내었고 500W/2분, 4분 실험군들이 700W/4분 실험군보다 더 높은 표면경도를 나타내었는데 이는 700W/4분 실험군에서 극초단파 에너지가 과도하게 발생하여 중합체의 해중합을 일으킨 결과로 사료된다(Table 5).

극초단파 에너지의 적용을 달리하여 중합시킨 의치상용 레진의 파절강도를 비교하기 위하여 3점굽힘 강도를 측정하였다. 레진의 굽힘강도는 중합도가 낮을수록 약해지며, 건조한 상태일 때보다 물을 흡수한 상태에서 더 낮아진다. 또한 의치를 연마할 때 발생하는 열은 의치에 응력을 발생시켜 변형의 원인이 되며, 연마시 발생하는 심한 열은 부분적인 해중합을 초래하여 중합도가 낮아져 강도를 저하시킨다²¹⁾. 따라서 본 실험에서는 시편 제작시 물흡수로 인한 강도 변화를 방지하고자 시편 표면에 표면 경화 활택제를 균일하게 적용하였으며, 플라스틱 표준시편을 이용하여 모든 시편 규격이 같도록 하고 최종 연마가공을 최소화함으로써 연마시 발생하는 열로 인한 강도 변화를 줄이고자 노력하였다. 실험 결과에서 500W/2분 실험군이 500W/3분 실험군보다 더 낮은 굽힘강도를 나타내었으며 이는 중합시 적용된 극초단파 에너지가 불충분하여 잔존 단량체의 양이 많은 불완전한 중합의 결과로 사료되어지는데, Barfile 등¹⁰⁾은 잔존 단량체의 양이 많은 경우 이것이 기포 발생의 직접 원인이 되기도 하고 온성후 응력이 완화되면서 체적의 변화를 야기하여 의치상용 레진의 물리적 성질을 저하시킨다고 하였다. 또한 500W/3분 실험군보다 700W/3분, 4분 실험군들이 더 낮은 굽힘강도를 보이는데 700W 출력으로 3분이상 적용할 경우 극초단파 에너지가 과도하게 적용되어 중합체의 해중합을 일으키는 것으로 사료된다(Table 7).

이상의 실험 결과를 종합해 보면, 본 실험에서 사용된 두께로 극초단파 온성용 레진을 중합할 때 에너지 변화로 인한 기공률의 차이는 없었고, 또한 과도한 극초단파 에너지로 인한 과열은 레진 중합체의 해중합을 일으키는 반면 적용된 극초단파 에너지가 충분하지 못한 경우에는 잔존 단량체의 양이 많은 불완전한 중합을 야기하여, 레진의 물리적 성질에 좋지 않은 결과를 나타내었다. 결과적으로 500W의 극초단파 출력을 가진 전자렌지에서 3분간 온성시키는 방법이 표면경도나 3점굽힘강도 등과 같은 물리적 성질에 있어 가장 유리한 것으로 사료된다.

이와같이 극초단파 에너지를 이용하여 의치상을 온성시킬 때 적절한 크기의 극초단파 출력과 적용 시간의 조합을 사용한다면 과도한 열발생 없이 보다 완전한 중합을 이루어 잔존 단량체의 양도 최소로 할 수 있으며, 중합 후 과도한 극초단파 에너지로 인한 중합체의 해중합을 방지할 수 있을 것으로 생각된다. 그러나 더 낮은 출력과 더 긴 적용 시간에서의 실험 조건을 병행하는 것이 더욱 적절한 온성 조건을 결정하는데 도움이 될 것으로 생각된다. 또한 기포 발생이나 물리적 성질에 영향을 미치는 요인들인 의치상의 두께, 단량체의 종류, 온성 후 냉각방법, 적절한 극초단파 출력과 온성시간의 조합, 매물체의 부피, 매물체에 포함된 수분의 양, 레진의 혼액비, 플라스크의 열전도성 및 극초단파 투과성 등의 상호작용에 대해서도 추가로 연구한다면 극초단파 에너지를 이용하는 의치상용 레진의 중합에 관한 제조조건을 더욱 충실히 보완할 수 있으리라 사료된다.

V. 결 론

극초단파의 출력과 적용 시간이 의치상용 레진의 물리적 성질에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 2가지 출력 조건(500W 또는 700W)과 3가지 적용 시간(2분, 3분, 4분)으로 의치상용 레진 시편을 제작하여 표면경도, 3점굽힘강도 및 기공률을 측정 후 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 기공률은 모든 실험군간에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).
2. 표면경도는 500W/3분 실험군이 700W/2분, 3분과 4분 실험군들보다 높았으며($p < 0.05$), 700W/4분 실험군은 500W/2분, 3분과 4분 실험군들보다

낮았고($p < 0.05$), 나머지 실험군들간에서 유의한 차이가 없었다($p > 0.05$).

3. 3점굽힘강도는 500W/3분 실험군이 500W/2분, 700W/3분, 4분 실험군들보다 높은 평균값을 나타내었고($p < 0.05$), 나머지 실험군들간에서 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

이상의 결과를 종합해 보면, 본 실험에 사용된 시편두께의 의치상에서는 극초단파 온성용 레진을 사용함으로써 극초단파의 출력 크기(500W 또는 700W)나 적용 시간(2 - 4분)의 차이로 인한 기포발생의 문제가 작고 700W의 출력으로 3분 이상 온성시키는 것은 중합체의 해중합을 일으킨다는 것을 알 수 있었으며, 500W에서 3분간 온성시키는 방법이 표면경도나 굽힘강도 등 물리적 성질에 있어 가장 우수한 결과를 보였다.

참 고 문 헌

1. Nishii M. Studies on the curing of denture base resins with microwave irradiation: with particular reference to heat-curing resins. *J Osaka Dent Univ* 1968;2:23-40.
2. Kimura H, Teraoka F, Ohnishi H et al. Application of microwave for dental technique(part 1)-Dough forming and curing acrylic resins. *J Osaka Univ Dent Sch* 1983;23:43-9.
3. Wallace PW, Graser GN, Myers ML et al. Dimensional accuracy of denture resin cured by microwave energy. *J Prosthet Dent* 1991;66:403-9.
4. J. P. De Clerck. Microwave polymerization of acrylic resins used in dental prostheses. *J Prosthet Dent* 1987;57:650-8.
5. Kimura H, Teraoka F, Saito T. Application of microwave for dental technique(part 2)-Adaptability of cured acrylic resins. *J Osaka Univ Dent Sch* 1984;24:21-9.
6. Reitz PV, Sanders JL, Levin B. The curing of denture acrylic resins by microwave energy. Physical properties. *Quintessence international* 1985;16:547-551.
7. Levin B, Sanders JL, Reitz PV. The use of microwave energy for processing acrylic resins. *J Prosthet Dent* 1989;61:381-3.
8. Wolfaardt JF, Cleaton-Jones P, Fatti P. The occurrence of porosity in a heatcured poly(methyl-methacrylate) denture base resin. *J Prosthet Dent* 1986;55:393-400.
9. Zissis AJ, Polyzois GL. Fracture energy of denture bases: The effect of activation mode polymerization. *QDT* 1993;154-8.
10. Bafile M, Graser GN, Myers ML et al. Porosity of denture resin cured by microwave energy. *J Prosthet Dent* 1991;66:269-274.
11. Sanders JL, Levin B, Reitz PV. Porosity in denture acrylic resins cured by microwave energy. *Quintessence international* 1987;218:453-6.
12. Kimura H, Teraoka F, Sugita M. Application of microwave for dental technique(part3)-Development of Model Materials for Microwave Polymerization. *J Osaka Univ Dent Sch* 1987;27:41-50.
13. Takamata T, Setcos JC, Phillips RW et al. Adaptation of acrylic resin dentures as influenced by the activation mode of polymerization. *JADA* 1989;119:271-6.
14. Turck MD, Richards MW. Microwave processing for denture relines, repairs, and rebases. *J Prosthet Dent* 1992;69:340-3.
15. 정창모. 극초단파에너지에 의해 온성된 의치상용레진의 다공성에 관한 연구. *대한치과보철학회지* 1996;34:816-821.
16. The Academy of Denture Prosthetics. The final report of the workshop on the clinical requirement of ideal denture base material. *J Prosthet Dent* 1968;20:101-5.
17. 정창모. 수종의 가열 중합방법에 따른 의치상용레진의 물리적 성질에 관한 비교연구. *치과 연구* 1990;28:59.
18. Geerts GAVM, Jooste CH. A comparison of the bond strength of microwave and water bath-cured denture material. *J Prosthet*

- Dent 1990;70:406-9.
19. Gettleman L, Nathanson D, Myerson RL Effect of rapid curing procedures on polymer implant materials. *J Prosthet Dent* 1977;37:74-82.
 20. Asad T, Watkinson AC, Huggett R. The effect of various disinfectant solutions on the surface hardness of an acrylic resin denture base material. *Int J of Prosthodontics* 1993;6:9-12.
 21. 김경남, 김교한, 김형일 등. 치과재료학. 제 1 판 1995:159-189.

ABSTRACT

THE INFLUENCE OF WATTAGE AND CURING TIME OF MICROWAVE ENERGY ON PHYSICAL PROPERTIES OF THE DENTURE BASE RESIN

Dae-Sung Jeong, Jang-Seop Lim, Chang-Mo Jeong, Young-Chan Jeon

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of wattage and curing time on surface hardness, three-point bending strength and internal porosity of microwave curing denture base resin.

Two sizes of resin specimens were made of Acron MC® ; 3.5×10×60mm for surface hardness and three-point bending strength measurement and 5×12×60mm for internal porosity measurement. They were cured by microwave energy at varying wattages(500W, 700W) and curing times(2min., 3min., 4min.) to determine if a certain wattage/curing time combination would improve physical properties. Surface hardness was measured with Vickers hardness tester, three-point bending strength with universal testing machine and internal porosity was calculated by measuring the weight in air and in water.

The results obtained were as follows:

1. There was no significant difference in percent porosity among experimental groups($p>0.05$).
2. 500W/3min. group showed the higher surface hardness than 700W/2, 3, 4min. groups($p<0.05$), and 700W/4 min. group showed the lower surface hardness than 500W/2, 3, 4min. groups($p<0.05$), but there was no significant difference among others($p>0.05$).
3. 500W/3min. group yielded the higher value of bending strength than 500W/2min., 700W/3, 4min. groups($p<0.05$), but there was no significant difference among others($p>0.05$).