

고강도 할로젠광으로 중합한 복합레진 수복재의 경도

박종석 · 이광희 · 김대업 · 김성형 · 안호영

원광대학교 치과대학 소아치과학교실 · 원광치의학연구소

국문초록

복합레진의 광중합시간 단축과 관련하여 최근에 개발된 고강도 할로젠광 중합기를 기존의 중강도 할로젠광 중합기와 비교 평가하기 위하여, 세 종류의 광중합용 복합레진을 두께가 2, 3, 4, 5mm인 스테인레스 스틸 몰드에 충전하고, 레진 상면을 중강도 할로젠광은 (1) 400mW/cm²으로 40초간, 고강도 할로젠광은 (2) 10초동안 100mW/cm²부터 1000mW/cm²까지 출력량이 증가하면서 중합하고 다음 10초동안 1000mW/cm²로 중합하는 ramp 모드로 20초간, (3) 1000mW/cm²의 boost 모드로 10초간, (4) 850mW/cm²의 표준 모드로 20초간 조사하고, 상면과 하면의 표면경도를 미세경도측정기로 측정된 후 실험군간의 차이를 분석하였다. 레진 상면의 경도는 중합광의 강도와 중합시간 및 레진 두께에 따른 차이가 없었다(유의수준 0.05, 이하 동일). 레진 하면의 경도는, 두께 2mm의 중강도군(1)을 제외하고, 상면의 경도보다 낮았다. 레진 하면의 경도는 두께 2mm에서 중강도군(1)이 ramp군(2) 및 boost군(3)보다 높았고 중강도군(1)과 표준군(4) 간 및 ramp군(2)과 boost군(3) 간에 차이가 없었으며, 두께 3mm에서 중강도군(1)이 가장 높았고 표준군(4)이 boost군(3)보다 높았다. 따라서, 복합레진의 중합 깊이 측면에서 볼 때, 1000mW/cm²의 고강도 할로젠광을 10초간 조사한 것은 400mW/cm²의 중강도 할로젠광을 40초간 조사한 것에 미치지 못하였으며, 레진 두께 2mm 이내인 경우에는 850mW/cm²의 고강도 할로젠광을 20초간 조사함으로써 400mW/cm²의 중강도 할로젠광을 40초간 조사한 것과 대등한 중합을 일으킬 수 있었다.

주요어 : 복합레진, 광중합, 할로젠광, 고강도, 중강도

1. 서 론

광중합 복합레진의 중합 광원으로서 초기의 자외선을 대신하여 사용되어 온 가시광선 영역의 할로젠광은 대부분의 복합레진 재료들의 경우에 40초의 광중합시간을 필요로 하며, 와동이 큰 경우에는 여러 층으로 나누거나 여러 방향에서 중합해야 하므로 시술시간이 더 길어진다. 광중합 과정에서 저분자량의 단량체가 고분자량의 중합체로 바뀌는 비율이 높을수록 바람직하나, 실제로는 기존 광중합기의 경우 55~75%에 지나지 않는 것으로 보고되었다¹⁻³⁾.

Rueggeberg 등⁴⁾은 복합레진의 광중합에 영향을 끼치는 주요인은 레진의 두께이고 그 다음은 중합광의 조사시간 및 강도라고 하였고, Nomoto 등⁷⁾은 중합광의 강도와 총 조사시간을 곱하여 산출되는 총 조사량이 일정하면 중합의 깊이가 동일하다고 하였다. 이러한 연구들은 중합광의 강도를 증가시킴으로써 복합레진의 전화도를 높이고 조사시간을 단축할 수 있음을 시사하였다.

기존 할로젠광 중합기에 비해 현저히 높은 강도를 가진 가시

광선 파장대의 아르곤이온레이저⁸⁻¹²⁾나 플라즈마 아크광 중합기¹³⁻¹⁷⁾를 사용하는 것은 광중합시간의 단축 측면에서 긍정적인 결과를 낳았다. 그러나 이러한 고강도 중합광의 사용으로 복합레진의 전화도가 높아질수록 중합수축도 증가하였으며 또 수축이 짧은 시간에 빠르게 일어남으로써 수복물의 변형 적합도를 악화시키고 미세누출을 증가시키는 문제점이 있었다¹⁸⁻²²⁾. 또한, 아르곤이온레이저나 플라즈마 아크광 중합기는 고가의 장비로서 일반 할로젠광 중합기에 비해 실용성이 부족한 단점이 있다.

최근에는 플라즈마 아크광 중합기에 비해 가격이 저렴하고 복합레진의 중합시간을 40초에서 10초로 단축시킬 수 있다고 하는 고강도 할로젠광 중합기(high-intensity halogen light curing unit)가 개발되었다. 새로운 고강도 할로젠광 중합기는 연속적인 중합 모드 외에 고강도 중합의 문제점인 중합수축을 감소시킬 수 있다고 보고된 2단계 중합 모드²³⁻²⁹⁾를 갖추고 있다.

이 연구의 목적은 레진의 중합 깊이에 따른 표면 경도를 측정함으로써 전통적인 중강도 할로젠광 중합기와 새로 개발된 고강도 할로젠광 중합기의 복합레진 중합 능력을 광중합시간의

관점에서 비교 평가하는 것이었다.

II. 연구재료 및 방법

1. 레진시편의 제작

연구재료로 사용된 복합레진의 종류와 특성은 Table 1과 같다. 각 제품의 설명서에 따르면, 1회 광중합 가능 깊이가 SureFil은 5mm, Tetric Ceram은 2.0mm, Z-100 A3는 2.5mm이며, 광중합시간은 모두 40초이다.

내경이 3mm, 두께가 2, 3, 4, 5mm인 스테인레스 스틸 mold에 각 레진을 충전하고 레진의 상면에 celluloid strip을 덮은 후 중강도 할로젠광 중합기(Optilux 360, Demetron, U.S.A.)와 고강도 할로젠광 중합기(Optilux 501, Demetron, U.S.A.)로 중합광을 조사(照射)하였다(Table 2).

전통적인 중합 모드로서 중강도 할로젠광은 400mW/cm²로 40초간 중합하였다. 고강도 할로젠광의 경우는 ramp 모드는 처음 10초동안 100mW/cm²부터 1000 mW/cm²까지 출력량이 증가하면서 중합하고 다음 10초동안 1000mW/cm²로 중합하였으며, boost 모드는 10초간 1000mW/cm²로 중합하였고, 표준 모드는 850mW/cm²로 20초간 중합하였다.

광중합 후 1주일동안 실온의 압소에 보관하였다. 레진 종류(3개), 레진시편의 두께(4개), 중합 광원 및 모드(4개)에 따른 48개 실험군당 8개의 시편을 사용하여 총 시편 수는 384개이었다.

2. 표면미세경도의 측정

Vickers diamond indenter가 부착된 미세경도측정기(MXT 70, Matsuzawa, Japan)를 사용하여 레진시편의 상면과 하면

의 경도를 측정하였다. 하중 100gm, 하중속도 0.3mm/sec, acting period 10초로 압흔을 주고 400배율로 크기를 계측하여 Vickers Hardness Number를 산출하였다. 시편의 중앙부위에서 3회 이상 반복 측정한 후 평균을 내어 1개 시편당 측정치를 정하였고, 실험군당 8개 시편 중 최상위 및 최하위 측정치가 나온 시편 2개를 제외하고 나머지 6개 시편의 측정치의 평균을 각 실험군의 측정치로 하였다.

3. 통계 분석

윈도우용 SPSS 9.0을 사용하여 자료를 분석하였다. 실험군별 평균치와 표준편차를 산출한 후 분산분석과 최소유의차검정 및 독립표본간 t검사 등을 통하여 재료 및 두께에 따른 실험군간 평균치의 차이의 유의성을 검정하였다.

III. 연구성적

1. 재료별 레진 상면 경도 (Table 3)

레진 두께 및 재료에 따른 차이의 유의성을 보면, 두께 2mm에서 Surefil은 중강도군과 ramp군이 boost군보다 높았고(유의수준 P<0.05, 이하 동일) Tetric Ceram은 boost군이 가장 낮았으며 Z-100은 표준군이 가장 높았고 그 다음은 중강도군, ramp군과 boost군의 순이었다. 두께 3mm에서 Surefil은 표준군이 가장 높았고 boost군이 가장 낮았으며 Tetric Ceram은 boost군이 가장 낮았고 Z-100은 표준군이 가장 높고 그 다음은 중강도군, ramp군과 boost군의 순이었다.

두께 4mm에서 Surefil은 중강도군과 표준군이 높았고 그 다음은 boost군이었으며 ramp군이 가장 낮았고 Tetric Ceram은 중강도군이 ramp군 및 boost군보다 높았으며 중강도군과

Table 1. Composite resin materials and instructions for use

	Shade	Manufacturer	Thickness	Curing time
SureFil	A	Dentsply, U.S.A.	5.0mm	40seconds
Tetric Ceram	A3	Vivadent, Liechtenstein	2.0	40
Z-100	A3	3M, U.S.A.	2.5	40

Table 2. Curing modes

Curing mode	Light intensity	Curing time
Conventional [#]	400mW/cm ²	40seconds
High intensity*		
Ramp (Two-step)	100 → 1000mW/cm ²	10
	1000mW/cm ²	10
Boost	1000mW/cm ²	10
Standard	850mW/cm ²	20

: Optilux 360, Demetron, U.S.A.

* : Optilux 501, Demetron, U.S.A.

Table 3. Top surface hardness according to thickness, curing mode, and material

Specimen thickness	Curing mode & time (seconds)		Vickers Hardness Number		
			SureFil	Tetric Ceram	Z-100
2mm	Conventional	40	75.42±1.44a	51.37±0.82a	91.23±1.27a
	Ramp	20	75.28±2.04a	51.35±0.83a	87.62±1.85b
	Boost	10	70.17±3.74b	47.50±0.98b	88.28±1.35b
	Standard	20	72.28±2.90ab	51.15±2.62a	93.18±0.64c
3mm	Conventional	40	75.62±1.51a	50.02±0.71ab	93.43±0.54a
	Ramp	20	76.42±2.87a	50.45±0.70a	87.17±1.22b
	Boost	10	72.07±1.78b	46.02±1.17c	86.82±0.94b
	Standard	20	80.02±3.80c	49.00±1.09b	95.72±1.59c
4mm	Conventional	40	75.30±4.04a	52.12±1.91a	92.77±0.92a
	Ramp	20	65.60±1.64b	50.00±1.00b	94.50±0.33b
	Boost	10	71.48±1.67c	49.30±1.23b	91.60±0.41c
	Standard	20	75.93±4.72a	50.85±0.92ab	91.77±0.94c
5mm	Conventional	40	72.08±0.93a	49.75±1.68a	90.70±0.25a
	Ramp	20	66.87±1.22b	48.98±0.95a	89.93±0.35b
	Boost	10	69.97±1.70c	45.67±0.55b	89.48±0.73b
	Standard	20	73.62±2.64a	45.30±1.19b	90.57±0.20a

Mean±SD, N = 6

Values in columns having the same letter were not significantly different (P>0.05).

Differences between composite resin materials were all significant (P<0.05).

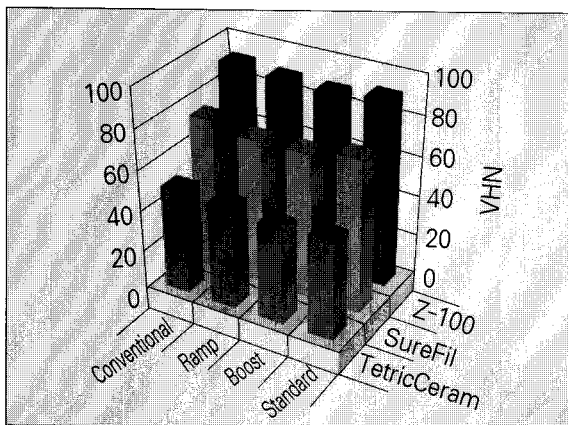


Fig. 1. Top surface hardness according to curing mode and material.

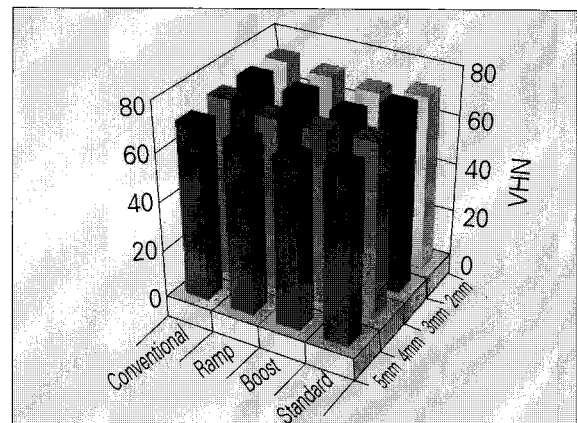


Fig. 2. Top surface hardness according to curing mode and thickness.

표준군간에 차이가 없었고 Z-100은 ramp군이 가장 높았고 그 다음은 중강도군, boost군과 표준군의 순이었다. 두께 5mm에서 Surefil은 중강도군과 표준군이 높았고 ramp군이 가장 낮았으며 Tetric Ceram은 중강도군과 ramp군이 boost군과 표준군보다 높았고 Z-100은 중강도군과 표준군이 ramp군과 boost군보다 높았다.

두께별 측정치를 재료별로 통합하여 보면(Fig. 1), Surefil은 표준군과 중강도군이 ramp군과 boost군보다 높았고 Tetric Ceram은 중강도군과 ramp군이 높았고 그 다음이 표준군이었으며 boost군이 가장 낮았고 Z-100은 표준군과 중강도군이 ramp군과 boost군보다 높았다. 재료별 경도는 Z-100이 가장 높았고 그 다음이 SureFil, Tetric Ceram의 순이었으며 세 재

료간 차이는 두께별 중합모드별 각 조합에서 모두 유의하였다.

2. 재료별 측정치를 통합한 레진 상면 경도 (Table 4, Fig. 2)

세 재료의 측정치를 통합하였을 때 각 두께에서 중합모드간에 유의한 차이가 없었다. 이것은 세 재료의 측정치간에 유의한 차이가 있었기 때문에 세 재료의 측정치를 통합하였을 때 표준 편차가 커진 결과이기도 하나, 실제로 전체 측정치가 68~75 VHN 사이에 집중되어 거의 대등한 경도를 나타내었다.

Table 4. Top surface hardness according to thickness and curing mode

Specimen thickness	Curing mode & time (seconds)	N	Vickers Hardness Number
2mm	Conventional 40	18	72.67±16.90a
	Ramp 20	18	71.42±15.57a
	Boost 10	18	68.65±17.31a
	Standard 20	18	72.21±17.79a
3mm	Conventional 40	18	73.02±18.36a
	Ramp 20	18	71.34±15.95a
	Boost 10	18	68.28±17.40a
	Standard 20	18	74.91±20.11a
4mm	Conventional 40	18	73.39±17.31a
	Ramp 20	18	70.03±19.00a
	Boost 10	18	70.79±17.81a
	Standard 20	18	71.72±17.55a
5mm	Conventional 40	18	70.84±17.26a
	Ramp 20	18	68.59±17.27a
	Boost 10	18	68.37±18.47a
	Standard 20	18	69.83±19.28a

Mean±SD

Values in columns having the same letter were not significantly different (P>0.05).

Table 5. Bottom surface hardness according to thickness, curing mode, and material

Specimen thickness	Curing mode & time (seconds)	Vickers Hardness Number			Sig*
		SureFil	Tetric Ceram	Z-100	
2mm	Conventional 40	60.55±3.08a	45.70±0.99a	84.08±1.81a	ST,SZ,TZ
	Ramp 20	44.85±3.22b	31.90±1.16b	68.57±2.95b	ST,SZ,TZ
	Boost 10	35.60±2.42c	24.32±2.32c	72.43±3.70c	ST,SZ,TZ
	Standard 20	52.50±4.51d	36.90±1.20d	83.50±1.27a	ST,SZ,TZ
3mm	Conventional 40	43.65±2.93a	32.37±1.16a	61.93±2.23a	ST,SZ,TZ
	Ramp 20	18.92±2.82b	14.38±5.12b	49.25±1.62b	ST,SZ,TZ
	Boost 10	14.83±2.03c	7.10±1.57c	34.33±1.28c	ST,SZ,TZ
	Standard 20	25.35±3.99d	18.35±1.61d	56.28±2.09d	ST,SZ,TZ
4mm	Conventional 40	12.62±1.56	< 5.00	< 5.00	ST,SZ
	Ramp 20	< 5.00#	< 5.00	< 5.00	-
	Boost 10	< 5.00	< 5.00	< 5.00	-
	Standard 20	< 5.00	< 5.00	< 5.00	-
5mm	Conventional 40	< 5.00	< 5.00	< 5.00	-
	Ramp 20	< 5.00	< 5.00	< 5.00	-
	Boost 10	< 5.00	< 5.00	< 5.00	-
	Standard 20	< 5.00	< 5.00	< 5.00	-

: below the lower limit of measurement (5.0)

Values in columns having the same letter were not significantly different (P>0.05).

* : Significant difference between two composite resin materials (P<0.05)

Values less than 5.0 were considered as 5.0.

3. 재료별 레진 하면 경도 (Table 5)

레진 두께 및 재료에 따른 차이의 유의성을 보면, 두께 2mm에서 Surefil과 Tetric Ceram은 중강도군이 가장 높았고 그 다음은 표준군, ramp군, boost군의 순이었으며 Z-100은 중강도

군과 표준군이 높았고 그 다음이 boost군, ramp군의 순이었다.

두께 3mm에서는 세 재료 모두 중강도군이 가장 높았고 그 다음은 표준군, ramp군, boost군의 순이었다. 두께 4mm에서는 Surefil의 중강도군을 제외한 나머지 모든 군은 경도가 5 VHN 미만으로서 측정이 되지 않았다. 두께 5mm에서는 모든

Table 6. Bottom surface hardness according to thickness and curing mode

Specimen thickness	Curing mode & time (seconds)	N	Vickers Hardness Number
2mm	Conventional 40	18	63.44±16.39a
	Ramp 20	18	48.44±15.81bc
	Boost 10	18	44.12±21.31b
	Standard 20	18	57.41±20.10ac
3mm	Conventional 40	18	45.98±12.71a
	Ramp 20	18	27.52±16.26bc
	Boost 10	18	18.76±11.89b
	Standard 20	18	33.33±17.16c
4mm	Conventional 40	18	7.54±3.79a
	Ramp 20	18	5.00±0.00b
	Boost 10	18	5.00±0.00b
	Standard 20	18	5.00±0.00b
5mm	Conventional 40	18	5.00±0.00a
	Ramp 20	18	5.00±0.00a
	Boost 10	18	5.00±0.00a
	Standard 20	18	5.00±0.00a

Mean±SD

Values in columns having the same letter were not significantly different (P>0.05).

Values less than 5.0 (the lower limit of measurement) were considered as 5.0.

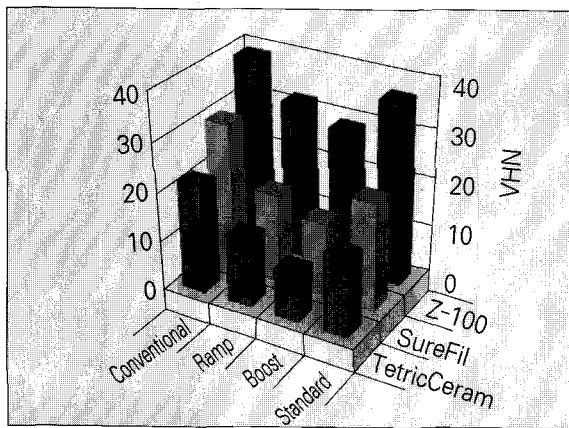


Fig. 3. Bottom surface hardness according to curing mode and material.

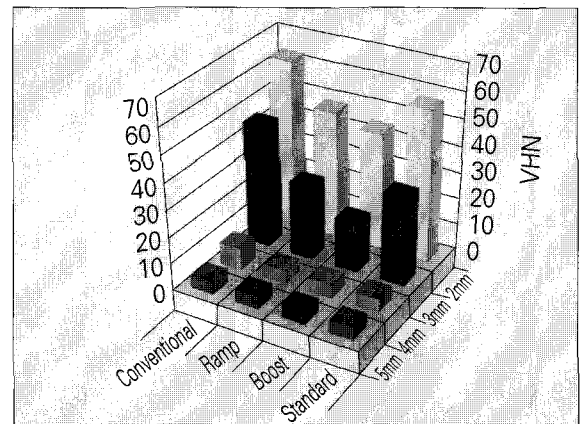


Fig. 4. Bottom surface hardness according to curing mode and thickness.

군이 측정이 되지 않았다.

두께별 측정치를 통합하여 보면(Fig. 3), Surefil과 Tetric Ceram은 중강도군이 ramp군 및 boost군보다 높았고 Z-100은 모두 유의한 차이가 없었다. 재료별 경도는 Z-100이 가장 높았고 그 다음이 SureFil, Tetric Ceram의 순이었으며 재료 간 차이는 두께 2mm와 3mm에서 모두 유의하였다.

4. 재료별 측정치를 통합한 레진 하면 경도 (Table 6, Fig. 4)

세 재료의 측정치를 두께별로 통합하였을 때 두께 2mm에서

중강도군이 ramp군 및 boost군보다 높았고 중강도군과 표준군 간 및 boost군과 ramp군 간에 유의한 차이가 없었다. 두께 3mm에서 중강도군이 가장 높았고 표준군이 boost군보다 높았다. 두께별 재료별 측정치를 하나로 통합하였을 때 전체적으로 중강도군이 ramp군 및 boost군보다 높았다.

5. 레진 두께간 비교(Table 7)

레진 두께간 비교에서 레진 상면은 모두 유의한 차이가 없었고 레진 하면은 각 중합모드에서 모두 2mm군이 가장 높았고 3mm군이 그 다음이었으며 4mm군과 5mm군이 가장 낮았다.

Table 7. Significance of difference in hardness between resin thickness groups

	Conventional		Ramp		Boost		Standard	
	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom	Top	Bottom
2mm	a	a	a	a	a	a	a	a
3	a	b	a	b	a	b	a	b
4	a	c	a	c	a	c	a	c
5	a	c	a	c	a	c	a	c

Values in columns having the same letter were not significantly different (P>0.05) ANOVA, LSD

Table 8. Significance of difference in hardness between top and bottom

Thickness	Material	Conventional	Ramp	Boost	Standard
2mm	SureFil	*	*	*	*
	Tetric Ceram	*	*	*	*
	Z-100	*	*	*	*
	Total	NS	*	*	*
3mm	SureFil	*	*	*	*
	Tetric Ceram	*	*	*	*
	Z-100	*	*	*	*
	Total	*	*	*	*
4mm	SureFil	*	*	*	*
	Tetric Ceram	*	*	*	*
	Z-100	*	*	*	*
	Total	*	*	*	*
5mm	SureFil	*	*	*	*
	Tetric Ceram	*	*	*	*
	Z-100	*	*	*	*
	Total	*	*	*	*

t-test, 2-tailed

NS : Not Significant; * : P<0.05

6. 레진 상면과 하면간 비교(Table 8)

레진 상면과 하면간 비교에서 유일하게 차이가 없었던 것은 두께 2mm, 중강도군에서 세 재료를 통합한 측정치의 경우였고, 나머지는 모두 유의한 차이가 있었다.

IV. 총괄 및 고찰

복합레진 수복이 성공하기 위한 기본 조건은 수복재로서 필요한 경도를 가질 수 있도록 중합반응이 충분히 일어나는 것이며, 광중합 복합레진의 경우에는 중합광이 레진 전체에 골고루 침투하고 충분한 시간 동안 조사되어야 한다. 실제 치아에서는 레진 표면으로 직접 조사되는 빛 외에도 법랑질이나 상아질을 통해 와동 측방으로 간접적으로 침투되는 빛에 의해서도 중합이 일어난다. 임상적으로 중합광의 적정 강도와 관련하여, 직접 중합 및 법랑질과 상아질을 통한 간접 중합을 위한 최소 조사량은 아직 알려지지 않았다³⁰⁾.

복합레진의 광중합에 영향을 끼치는 요인들에 관하여 연구한 Rueggeberg 등⁴⁾은 레진 상면은 충전재, 조사시간, shade의 영

향을 주로 받았고, 1mm 깊이에서는 조사시간, 충전재, 광원의 강도의 순서로 영향을 받았으며, 2mm 이상에서는 거의 전적으로 광원의 강도와 조사시간의 영향을 받았다고 하였다. 따라서, 주된 요인은 레진의 두께이고 그 다음은 중합광의 조사시간 및 강도이며 shade와 충전재는 영향이 적다고 하였고⁵⁾, 레진의 두께는 2mm를 초과하지 말아야 하며 1mm가 이상적이며, 400mW/cm²이상의 강도를 가진 광원으로 60초간 중합하여야 한다고 하였다⁶⁾.

그러나 임상에서 1mm 단위로 레진을 쌓아 올리면서 60초씩 중합하는 것은 와동이 큰 경우에 시술시간이 늘어나고 비협조적인 어린이 환자의 경우에는 수복의 질도 감소하게 된다. 따라서 많은 연구자들은 짧은 시간에 보다 두꺼운 레진을 광중합할 수 있는 방법을 모색해 왔다. 아르곤이온레이저⁸⁻¹²⁾나 플라즈마 아크광¹³⁻¹⁷⁾과 같이 강도가 매우 높은 중합광의 사용은 중합시간을 단축시킬 수 있지만 복합레진의 중합수축이 짧은 시간에 더 많이 일어남으로써 변연 적합도를 악화시키는 문제점이 있었다¹⁸⁻²²⁾. 또한, 아르곤이온레이저 장비나 플라즈마 아크광 중합기는 값이 비싸기 때문에 기존 할로겐광 중합기를 대체할 수가 없었다.

최근에 개발된 고강도 할로겐광 중합기(high-intensity halogen light curing unit)는 가격이 비교적 저렴하고 광중합 시간을 40초에서 10초로 단축할 수 있다고 선전하고 있으며, 기존의 연속적인 중합 모드 외에 복합레진의 중합수축을 감소시킬 수 있다고 보고된 2단계 중합(steped polymerization)²³⁻²⁹⁾을 할 수 있다. 낮은 강도의 중합광이 변연 적합도를 증가시키고 중합수축을 감소시키는 것^{31,32)}은 경화 초기에 유동성이 높은 상태가 오래 지속되기 때문이라고 해석되고 있다.

연구성적에서, 세 재료의 측정치를 통합하였을 때 레진 상면의 경도는 중합광원, 중합시간, 레진 두께에 따른 차이가 없었다. 재료별로는 중합모드 간에 부분적으로 차이가 있었으나 그 패턴이 재료간에 일치하지 않았고 표준편차가 매우 작아 유의성 있는 결과가 나왔을 것을 감안할 때 임상적으로 의미를 갖는 것으로 보기는 어려웠다. 따라서 레진 상면의 중합은 중합광의 강도나 중합시간의 영향을 거의 받지 않았다고 생각되었다. 유사한 연구를 수행한 배¹⁴⁾의 성적에 비해 상면의 경도는 더 높고 하면의 경도는 더 낮게 나타난 경향이 있는 것은 스테인레스 스틸 mold에서 측방으로 침투하는 빛이 차단되었던 것이 한 가지 원인이라고 추정되었다.

레진의 중합 깊이로 평가하였을 때 고강도 할로겐광 중합은 레진의 두께가 2mm인 경우에 20초간 850mW/cm²로 조사한 경우를 제외하고 40초간 400mW/cm²로 조사하는 기존의 중강도 할로겐광 중합에 미치지 못하였다고 볼 수 있으며, 고강도 할로겐광 중합기의 제조회사에서 주장하는 10초의 중합시간은 기존 중강도 할로겐광 중합을 기준으로 하였을 때 충분하지 않다는 결론을 내릴 수 있다.

Koran과 Kurschner²⁶⁾는 순차적 광중합과 연속적 광중합을 비교하였을 때, 총 조사량이 레진이 완전히 중합될 수 있을 만큼 충분하다면 표면경도의 차이가 없다고 하였다. 저자의 연구에서 중합광의 총 조사량을 계산해 보면, 중강도 할로겐광이 16,000, 고강도 할로겐광의 경우에는 ramp 모드가 15,500, boost 모드가 10,000, 표준 모드가 17,000(mW · sec/cm²)이었다. 따라서, boost 모드의 경우에는 총 조사량이 부족하였기 때문에 중합이 가장 적게 일어났다고 볼 수 있다. 그 차이는 레진의 상면에서는 작게 나타났으나 레진의 하면에서 크게 나타났다.

요약하면, 복합레진의 중합 깊이 측면에서 볼 때, 1000mW/cm²의 고강도 할로겐광을 10초간 조사한 것은 400mW/cm²의 중강도 할로겐광을 40초간 조사한 것에 미치지 못하였으며, 레진의 두께가 2mm 이내인 경우에는 850mW/cm²의 고강도 할로겐광을 20초간 조사함으로써 400mW/cm²의 중강도 할로겐광을 40초간 조사한 것과 대등한 중합을 일으킬 수 있었다.

V. 결 론

복합레진의 광중합시간 단축과 관련하여 최근에 개발된 고강도 할로겐광 중합기를 기존의 중강도 할로겐광 중합기와 비교 평가하기 위하여, 세 종류의 광중합용 복합레진을 두께가 2, 3,

4, 5mm인 스테인레스 스틸 몰드에 충전하고, 레진 상면을 중강도 할로겐광은 (1) 400mW/cm²으로 40초간, 고강도 할로겐광은 (2) 10초동안 100mW/cm²부터 1000mW/cm²까지 출력량이 증가하면서 중합하고 다음 10초동안 1000mW/cm²로 중합하는 ramp 모드로 20초간, (3) 1000mW/cm²의 boost 모드로 10초간, (4) 850mW/cm²의 표준 모드로 20초간 조사하고, 상면과 하면의 표면경도를 미세경도측정기로 측정한 후 실험군간의 차이를 분석하였다.

1. 레진 상면의 경도는 중합광의 강도와 중합시간 및 레진 두께에 따른 차이가 없었다(유의수준 0.05, 이하 동일).
2. 레진 하면의 경도는, 두께 2mm의 중강도군(1)을 제외하고, 상면의 경도보다 낮았다.
3. 레진 하면의 경도는 두께 2mm에서 중강도군(1)이 ramp 군(2) 및 boost군(3)보다 높았고 중강도군(1)과 표준군(4) 간 및 ramp군(2)과 boost군(3) 간에 차이가 없었으며, 두께 3mm에서 중강도군(1)이 가장 높았고 표준군(4)이 boost군(3)보다 높았다.

참고문헌

1. Ferracane JL, Greener EH : The effect of resin formulation on the degree of conversion and mechanical properties of dental restorative resins. J Biomed Mater Res 20:121-131, 1986.
2. Eliades G, Vougiouklakis G, Palaghias G : Degree of double bond conversion in light-cured composites. Dent Mater 3:19-25, 1987.
3. Ruyter IE, Oysaed H : Analysis and characterization of dental polymers. Critical Rev Biocompat 4:247-279, 1988.
4. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW, Davis HC : Factors affecting cure at depths within light-activated resin composites. Am J Dent 6:91-95, 1993.
5. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis JW Jr, Davis HC : A predictive model for the polymerization of photo-activated resin composites. Int J Prosthodont 7:159-166, 1994.
6. Rueggeberg FA, Caughman WF, Curtis Jr JW : Effect of light intensity and exposure duration on cure of resin composite. Oper Dent 19:26-32, 1994.
7. Nomoto R, Uchida K, Hirasawa T : Effect of light intensity on polymerization of light-cured composite resins. Dent Mater J 13:198-205, 1994.
8. 장기택, 이광수, 이상훈 : 아르곤 레이저와 가시광선의 복합레진 및 glass ionomer 중합에 관한 연구. 대한소아치과학회지 23:136-137, 1996.
9. 전상언, 김용기 : 가시광선과 아르곤 레이저에 의한 복합레

- 진 중합효과의 비교 연구. *대한소아치과학회지* 23:327-346, 1996.
10. 주상호, 최형준, 김성오, 이종갑 : 아르곤 레이저를 이용한 광중합 수복재의 물리적 성질에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 25:368-382, 1998.
 11. Vargas MA, Cobb DS, Schmit JL: Polymerization of composite resins: argon laser vs conventional light. *Oper Dent* 23:87-93, 1998.
 12. Fleming MG, Mailliet WA : Photopolymerization of composite resin using the argon laser. *J Can Dent Assoc* 65:447-450, 1999.
 13. 김정옥 : 중합방법과 중합시간이 치면열구전색재의 미세경도와 마모도에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위논문, 2000.
 14. 배상만 : 중합 광원과 중합 시간이 복합레진의 표면 경도에 미치는 영향. 원광대학교 대학원 박사학위논문, 2000.
 15. Peutzfeldt A, Sahafi A, Asmussen E : Characterization of resin composites polymerized with plasma arc curing units. *Dent Mater* 16:330-336, 2000.
 16. Hofmann N, Hugo B, Schubert K : Comparison between a plasma arc light source and conventional halogen curing units regarding flexural strength, modulus, and hardness of photoactivated resin composites. *Clin Oral Investig* 4:140-147, 2000.
 17. Munksgaard EC, Peutzfeldt A, Asmussen E : Elution of TEGDMA and BisGMA from a resin and a resin composite cured with halogen or plasma light. *Eur J Oral Sci* 108:341-345, 2000.
 18. Sakaguchi RL, Douglas WH, Peters MCRB : Curing light performance and polymerization of composite restorative materials. *J Dent* 20:183-188, 1992.
 19. Bouschlicher MR, Vargas MA, Boyer DB : Effect of composite type, light intensity, configuration factor and laser polymerization on polymerization contraction forces. *Am J Dent* 10:88-96, 1997.
 20. Feilzer AJ, Dooren LH, de Gee AJ, Davidson CL : Influence of light intensity on polymerization shrinkage and integrity of restoration-cavity interface. *Eur J Oral Sci* 103:322-326, 1995.
 21. Unterbrink GL, Muessner R : Influence of light intensity on two restorative systems. *J Dent* 23:183-189, 1995.
 22. Davidson-Kaban SS, Davidson CL, Feilzer AJ, de Gee AJ, et al : The effect of curing light variations on bulk curing and wall-to-wall quality of two types and various shades of resin composites. *Dent Mater* 13:344-352, 1997.
 23. Mehl A, Hickel R, Kunzelmann KH : Physical properties and gap formation of light-cured composites with and without 'softstart-polymerization'. *J Dent* 25:321-330, 1997.
 24. Kanca J 3rd, Suh BI : Pulse activation: reducing resin-based composite contraction stresses at the enamel cavosurface margins. *Am J Dent* 12:107-112, 1999.
 25. Oberlander H, Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, Kopp A : Clinical performance of polyacid-modified resin restorations using "softstart - polymerization". *Clin Oral Investig* 3:55-61, 1999.
 26. Koran P, Kurschner R : Effect of sequential versus continuous irradiation of a light-cured resin composite on shrinkage, viscosity, adhesion, and degree of polymerization. *Am J Dent* 11:17-22, 1998.
 27. Burgess JO, DeGoes M, Walker R, Ripps AH : An evaluation of four light-curing units comparing soft and hard curing. *Pract Periodontics Aesthet Dent* 11:125-132, 1999.
 28. Rueggeberg FA, Caughman WF, Chan DC : Novel approach to measure composite conversion kinetics during exposure with stepped or continuous light-curing. *J Esthetic Dent* 11:197-205, 1999.
 29. Friedl KH, Schmalz G, Hiller KA, Markl A : Marginal adaptation of Class V restorations with and without "softstart-polymerization". *Oper Dent* 25:26-32, 2000.
 30. Silikas N, Eliades G, Watts DC : Light intensity effects on resin-composite degree of conversion and shrinkage strain. *Dent Mater* 16:292-296, 2000.
 31. Losche GM : Marginal adaptation of Class II composite fillings: guided polymerization vs reduced light intensity. *J Adhes Dent* 1:31-39, 1999.
 32. Sakaguchi RL, Berge HX : Reduced light energy density decreases post-gel contraction while maintaining degree of conversion in composites. *J Dent* 26:695-700, 1998.

Abstract

HARDNESS OF COMPOSITE RESIN CURED BY HIGH INTENSITY HALOGEN LIGHT

Jong-Seok Park, Kwang-Hee Lee, Dae-Eup Kim, Seong-Hyeong Kim, Ho-Young Lee

*Department of Pediatric Dentistry, Wonkwang Dental Research Institute,
College of Dentistry, Wonkwang University*

The purpose of this study was to compare the effect of the high intensity halogen light (850~1000 mW/cm²) with that of the conventional halogen light (400 mW/cm²) on the hardness of composite resin. Three resin composites (Z-100, 3M, U.S.A.; Tetric Ceram, Vivadent, Liechtenstein; SureFil, Dentsply, U.S.A.) were filled in the stainless steel moulds which were 4mm in diameter and 2, 3, 4, and 5 mm in depth, respectively. They were cured under the four different modes : (1) conventional mode, 40 seconds at 400 mW/cm²; (2) 'ramp' mode, 10 seconds at 100 to 1000 mW/cm² plus 10 seconds at 1000 mW/cm²; (3) 'boost' mode, 10 seconds at 1000 mW/cm²; and (4) 'standard' mode, 20 seconds at 850 mW/cm². The surface hardnesses of the top and the bottom of the resin samples were measured with a microhardness tester (MXT70, Matsuzawa, Japan). The top surface hardness was not significantly different among the curing modes. The bottom surface hardness was generally the highest in the conventional mode and the lowest in the high intensity boost mode. There was no significant difference in the bottom surface hardness between the conventional mode and the high intensity standard mode in 2mm depth. The results suggest that the curing time of the high intensity halogen light (850 mW/cm²) should be at least 20 seconds to produce the equal level of the bottom surface hardness of 2mm resin composite as compared to the hardness produced by the conventional halogen light (400 mW/cm²).

Key words : Composite resin, Light-curing, Halogen light, High intensity, Conventional