可視光線 復合레진의 深部硬度 測定에 關한 實驗的 硏究

서울대학교 치과대학 보존학교실

명 재 근 · 이 명 종

— 목 차 —

Ⅰ. 서 론
Ⅱ. 실험재료 및 실험방법
Ⅲ. 실험성적
Ⅳ. 총괄 및 고안
Ⅴ. 결 론
참고문헌
영문초록

Ⅰ. 서 론

수복물로서 복합레진의 사용[1,2]은 기계적 및 물리적 성질의 개선으로 종래의 아크릴릭 레진이나 실리케이트 세멘의 사용을 줄게하였다. 이러한 복합레진은 아말감이나 금합금에 비해 마모가 크며[3,4] 치수조직에 대한 자극과 열팽창계수 및 중합수축이 커서 변연누출[5,6,7,8,9,10]이 심하고 수분흡수와 마모저항도에 관한 개선등 아직도 연구되어야 할 과제가 많이 남아 있다.

현재 주로 사용하고 있는 복합레진은 광중합레진과 화학 중합레진으로 대별할 수 있으며, 이중 화학 중합레진은 경화촉진제인 aromatic tertiaryamine과 중합개시제인 benzyol peroxide가 반응하여 중합반응을 일으키는 paste-paste 형태로써 조작이 간편하나 경화시간이 짧고 실온의 영향을 많이 받는 등 실제 사용하기에 불편한 단점이 있다. 이를 개선키 위해 광중합레진이 개발되었으며 적외선 중합레진은 적외선이 benzoin alkyl ether에 작용해서 free radical을 방출케하여 중합을 유도하는 것으로 치과에는 pit와 fissure sealants로 처음 소개되었으며[15], 그후 복합수복재료로도 널리 사용케 되었다[11,12,13,14]. 적외선 중합레진은 적외선을 조사하지 않으면 중합이 일어나지 않으므로 조작시간을 자유자제로 조절할 수 있고 연화할 필요가 없기 때문에 기포의 생성을 최대한 줄여 주는 임상적 장점이 있으나 시간이 경과함에 따라 색의 변색 및 적외선이 인체에 위해작용[16,17,18]을 주는 문제점을 갖고 있으며 또한 중합도 균일하게 일어나지 않는 단점이 있다. 파장이 긴 적외선은 filler particle에 차단되거나 흡수되어 심부를 중합시킬 수 없어서 수복물을 강도를 저하시키고 레진속에 반응하기 않은 benzoyl alkyl ether와 같은 물질은 치수자극을 야기할 수 있다. 따라서 큰 와동에 있어서는 경화를 수회에 걸쳐 나누어 시행해야 하며 이런 경우는 적외선 노출이 그만큼 많아져 인체에 나쁜 영향을 미치므로 충분한 보호장치를 해서 적외선이 경조직에만 조사되도록 할 필요가 있다. 최근에는 생물학적으로 안전성이 높은 420~450nm 정도의 파장을 갖는 가시광선을 이용하여 레진 중합을 유도하는 가시광선 중합레진의 사용이 급격히 증가하고 있다. 가시광선은 적외선보다 레진을 깊게 중합시키고 lamp를 오래 쓸 수 있으며[21], 법랑질을 통해서도 레진을 중

합시킬 수 있으며 기계의 warming-up 시간이 요구되지 않는 장점이 있다.

그러나 광중합레진에 있어서 중합은 광선의 조사면에서 시작하여 레진 내부를 투과할 때 일어나며 이때 투과하는 빛은 복합레진의 화학성분[22], 빛의 투과력[26], 파장, 조사시간 및 레진과 조사기와의 거리등에 영향을 받아 레진 경화체 내부로 들어갈 수록 점차 그 투과력이 감소되어 경화가 균일하게 일어나지 않는 것이 결점의 하나로 지적되어 왔다.

Salako, Cruickshanks-Boyd[23]와 de Lange[24] 는 적외선 중합레진의 경화심도와 경화양상을 보고하였고, Cook[25]은 적외선 중합레진의 경화에 영향을 미치는 여러가지 요인들에 대해 기술했으며, Tirtha[26]등은 적외선 중합레진과 가시광선 중합레진과의 경화심도 및 광선의 투과력을 비교 검토한 바 있다. 광중합레진 경화체의 심도에 따른 각 부위에서 중합이 얼마나 이루어 졌나 검사하는 것은 간단치 않으나 경화체에 있어서 경화도는 경도와 관련이 있고 Micro-Knoop Hardness와 중합율 간에는 비례관계가 성립된다는 것을 Hirasawa[27], Asmussen[28]등이 보고하여 경화된 레진의 특정부위에서 미세경도를 측정하여 그 부위에서 간접적으로 중합율을 추정하는 것을 가능케 하였다. 레진의 경도 측정은 1984년 平澤忠이 여러가지 제품의 경도를 비교 측정하는 보고가 있었고 Leung[30]등은 레진의 경도치를 측정하여 레진의 표면으로 부터 거리가 멀어짐에 따라 경도가 감소하여 중합율이 저하됨을 관찰하였다.

이에 저자는 시판되고 있는 3종의 가시광선 중합레진에서 가시광선의 조사시간을 변경시킨 경우와 레진의 색조가 다를 경우 심도에 따른 미세 경도를 측정하여 다소의 지견을 얻은 바 있어 이에 보고하는 바이다

Ⅱ. 실험재료 및 실험방법

1) 실험재료

본 실험에서 사용한 가시광선 조사기 및 가시광선 중합레진은 Table 1과 같다.

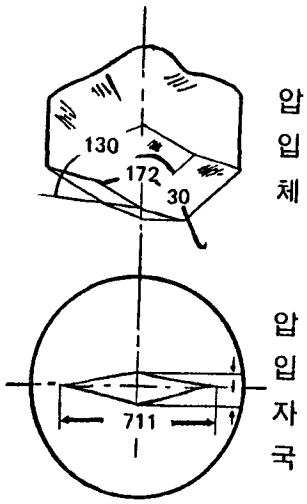
2. 실험방법

직경 5㎜, 높이 5㎜인 plastic tube를 유리판위에 놓고 이것을 와동으로 하여 상기 3종의 가시광선 중합레진을 기포가 생기지 않도록 가압 충전하여 밝은 색조와 어두운 색조를 각 30개씩으로 하여 각 색조당 가시광선을 20초, 40초, 60초 조사하여 도합 180개의 시편을 제작하였다. 가시광선 조사시는 직경 6㎜, 높이 5㎜의 공동이 뚫린 원주형 모형의 stone mold내에 삽입한 후 광선이 시편 위에서만 투과되도록 두께 1㎜의 metal plate에 직경 5㎜의 공동을 형성하서 이를 통하여 가시광선이 레진에 조사케 하였으며 조사 후 시편을 mold에서 제거하여 빛이 투과하지 않는 용기에 1일동안 보관한 후 경도를 측정하였다.

경도 측정을 하기 위해 원주형 시편을 중심부에서 fine cutter를 사용하여 재료에 변형을 가져오지 않도록 서서히 종단한 후 mounting하여 emery paper #320에서 #1200으로 연마하고 0.06μ의 Al_2O_3 부위용액을 사용해 연마천 위에서 최종연마하였다. 경도 측정방법은 시편의 표면에서 부터 0.5㎜, 1.0㎜, 1.5㎜, 2.0㎜, 2.5㎜, 3.0㎜ 깊이로 중심선에서 심부로 계측하였고 島津製 Micro Knoop Hardness Tester를 사용하여 압흔 형상이 능형이 되도록 다이아몬드 압입체에 25g의 하중을 10초동안 가한후 그 압흔을 측정하여 기술된 공식에 대입 환산하였으며 각 심도에서 경도는 5회 측정하여 평균치를 얻었다.

Table 1. Composite resins tested

Composite	Composite shade		light source	manufactuer
Heliosit	#20	#24	Heliomat	Vivadent
Durafill	L	Y0	Translux	Kulzer
Plurafil-S	U	B	Pluraflex HL150	Litema



압입체

압입자국

$$a : b = \tan\frac{172.5^\circ}{5} : \tan\frac{130^\circ}{2} = 7.11:1$$

$$H_k = \frac{P}{\frac{1}{2}a \times \frac{a}{7.11}} = 14.22\frac{P}{a^2}$$

Ⅲ. 실 험 성 적

상기 방법에 의하여 측정한 3종의 가시광선 중합레진의 미세경도는 TableⅡ, Ⅲ, Ⅳ 및 Fig. Ⅰ, Ⅱ, Ⅲ, Ⅳ과 같다.

Plurafil-Super의 색조 "U"에 가시광선을 20초, 40초, 60초씩 조사했을때 표면에서 강도의 평균은 각각 18.4±1.4, 19.2±2.1, 22.2±1.7, 이었으며 0.5mm깊이에서 20.8±0.9, 24.2±1.4, 26.5±1.1로 각기 최고의 경도치를 나타냈으며 깊이 들어갈 수록 경도가 저하하여 3.0mm에서 경도는 0.5mm 경도값의 46.2%, 42.1%, 40.8%에 이르렀다. 색조"B"에서 20초간 조사한 군에서 3.0mm깊이 일때 7개의 시편에서 레진이 중합되지 않아 경도측정이 불가능하여 본 실험에서 제외했으며 표면에서의 경도는 20초, 40초, 60초 조사한 군에서 각각 19.1±2.1, 19.8±1.9, 23.5±1.8이었으며 0.5mm에서 23.2±1.5, 24.8±1.7, 27.4±1.4이고 점차 감소하여 3.0mm에서 12.6±1.5, 13.8±1.4로 각기 최고치의 50.8%, 50.3%를 나타냈다. (TableⅡ 및 Fig. Ⅰ 참조)

Heliosit은 색조 #20 경우 표면에서 20초, 40초, 60초 조사했을 때 각각 19.4±1.2, 20.2±1.1, 21.2 1.4이고 0.5mm에서 20.1±3.0, 21.0±1.5, 21.4±1.2로 약간 증가했으며 3.0mm에서 10.9±1.3, 14.9±1.0, 15.4±1.2로 최고치의 54.2%, 69.6%, 69%로 감소했다. 색조 #24 경우 표면에서 각기 20.1±3.0, 21.0±1.5, 21.4±1.2였으며 0.5mm에서 22.7±2.6, 23.1±2.1, 23.9±1.4로 증가했고 3.0mm에서 각각 13.2±2.3, 14.9±1.9, 15.6±1.4를 나타내 최고치의 58%, 64%, 66%로 감소하였다. (TableⅢ 및 Fig. Ⅱ 참조)

Durafill은 "L"색조경우 20초, 40초, 60초 조사

Table 2. Micro-Knoop Hardness Number of Plurafil-Super at varying depth & time

Color \ Depth / Time	Surface	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
"U" 20	18.4±1.4	20.8±0.9	19.2±1.5	18.7±1.7	14.2±1.3	11.1±0.9	9.6±1.5
"U" 40	19.2±2.1	24.2±1.4	21.5±1.9	20.6±2.1	15.5±1.0	12.0±1.7	10.2±2.4
"U" 60	22.2±1.7	26.5±1.1	23.3±1.6	22.3±2.1	16.2±2.3	12.7±1.6	10.8±1.2
"B" 20	19.1±211	23.2±1.5	20.8±2.5	19.4±2.7	16.4±0.9	12.7±2.7	
"B" 40	19.8±1.9	24.8±1.7	21.8±2.3	20.0±1.9	17.9±1.7	15.17±1.1	12.6±1.5
"B" 60	23.5±1.8	27.4±1.4	24.5±2.1	23.0±1.7	20.1±1.5	18.8±1.3	13.8 ± 1.4

Table 3. Micro-Knoop Hardness Number of Heliosit at varying depth & time

Color \ Depth / Time	Surface	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
#24	20	20.1 3.0	22.7 2.6	19.9 2.7	19.2 2.4	17.9 1.8	15.9 3.0	13.21 2.3
	40	21.0 1.5	23.1 2.1	21.4 1.9	19.6 1.1	18.0 1.0	16.8 1.1	14.9 1.9
	60	21.4 1.2	23.9 1.4	22.0 2.0	20.1 1.1	19.2 2.5	17.2 1.7	15.6 1.4
#20	20	19.4 1.2	20.1 2.2	18.7 2.8	17.6 0.8	15.7 0.7	12.1 1.6	10.9 1.3
	40	20.2 1.1	21.4 1.7	19.1 1.3	17.9 2.7	17.0 2.3	15.0 2.8	14.9 1.0
	60	21.2 1.4	22.3 1.3	21.1 1.8	18.8 0.5	17.9 1.1	17.6 0.3	15.4 1.2

Table 4. Micro-Knoop Hardness Number of Durafill at varying depth & time

Color \ Depth / Time	Surface	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
"L"	20	21.9±1.9	26.7±4.4	18.1±1.1	17.6±1.2	16.2±2.5	13.5±2.0	12.5±0.7
	40	23.7±0.9	27.8±3.3	20.0±1.3	19.4±1.5	18.0±2.8	15.5±1.4	13.3±2.1
	60	25.1±1.7	29.1±2.2	24.8±1.8	23.2±1.2	21.3±2.1	17.7±9.5	15.8±2.7
"YO"	20	22.5±2.3	27.1±1.6	22.8±3.1	19.9±0.5	19.0±3.2	15.9±0.9	14.1±3.1
	40	24.3±1.7	28.0±6.0	23.2±1.5	21.3±0.9	19.5±1.7	18.0±3.5	15.9±0.7
	60	25.7±3.7	29.3±1.7	25.1±2.4	22.8±1.6	21.3±2.2	18.7±1.9	17.0±1.8

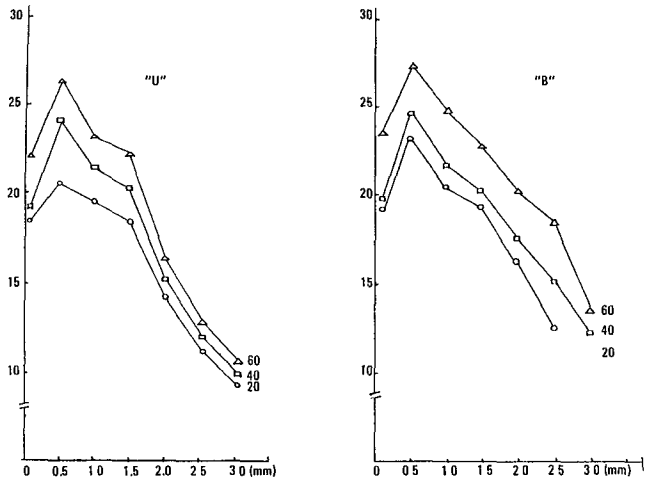


Fig. 1. Micro-Knoop Hardness Number of Plurafil-Super at varying depth & time

했을때 표면에서 21.9±1.9, 23.7±0.9, 25.1±1.7 이었고, 0.5mm에서 26.7±4.4, 27.8±3.3, 29.1±2.2로 증가했으며 3.0mm에서 12.5±0.7, 13.3±2.1, 15.8±2.7을 보여 각각 최고치의 46.8%, 47.8%, 54.2%로 감소했고, "YO"색조경우 표면에서 22.5±2.3, 24.3±1.7, 25.7±3.7, 0.5mm에서 27.1±1.6, 28.0±6.0, 29.3±1.7로 증가했고 심부로 들어가면서 점차 감소하여 3.0mm에서 14.3±3.1, 15.9±0.7, 17.0±1.8로 최고 경도값의 52.0%, 56.8%, 58.0%를 나타냈다. (TableⅣ 및 Fig. Ⅲ 참조)

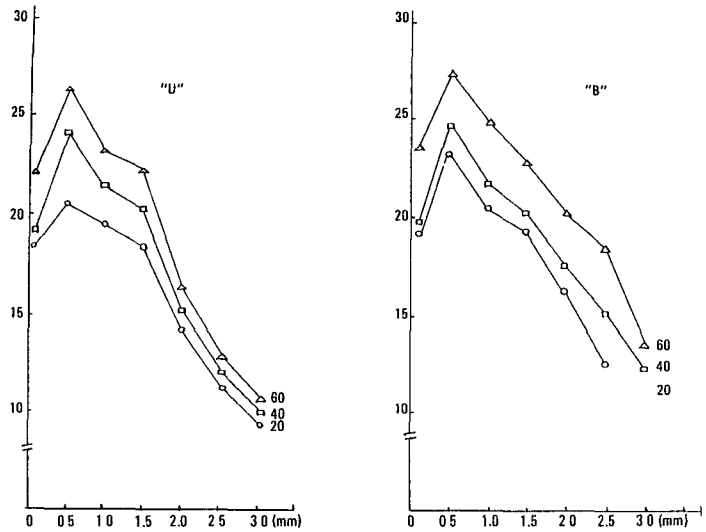


Fig. 2. Micro-Knoop Hardness Number of Heliosit at varying depth & time

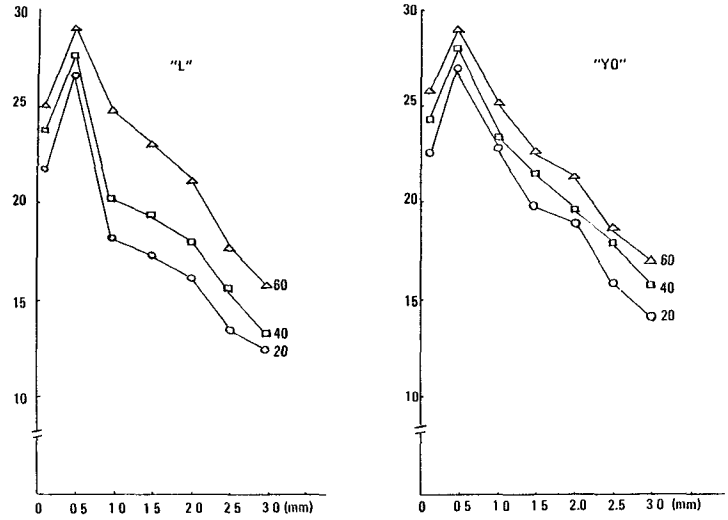


Fig. 3. Micro-Knoop Hardness Number of Durafill at varying depth & time

Ⅳ. 총괄 및 고안

Deppe[31]가 약 40년전 아크릴릭 레진을 수복재료로서 사용한 이래 Bowen[2]에 의해 복합레진이 개발 소개되고 그후 그 물리적 및 기계적 성질이 점차 개선되면서 현재 화학 중합레진이나 광 중합레진이 널리 사용케 되었다. 적외선 중합레진이 수복재료로서 치과에 처음 등장한 것은 약 10년 전으로 benzoin alkyl ether를 광활성형 중합개시제로 사용하였다. Buonocore등[8]은 복합레진 충전후 변연누출을 관찰한 실험에서 적외선 중합레진이 화학 중합레진보다 변연폐쇄에 효과적이라고 결론 지었다.

그러나 적외선은 인체조직에 위해성[16,17,18]이 있으므로 생물학적으로 안전한 가시광선을 조사하여 중합하는 레진이 개발되어 현재는 적외선 중합레진보다는 가시광선 중합레진이 훨씬 많이 사용되고 있다.

Reinhardt[32], Ruyter[19], Viohl[33], Newman[34]등에의하면 가시광선 중합레진이 적외선 중합레진보다 짧은 시간에 더 깊게 경화된다고 보고하였고 법랑질

도 효과적으로 투과함을 관찰하였다. 가시광선 중합레진을 화학 중합레진과 비교한 결과 물리적 기계적 성질이 우수하고 변화를 필요로 하지 않기 때문에 조작이 간편하여 근래에는 그 사용이 급격히 증가 추세에 있다.

광중합레진은 화학중합레진과는 달리 경화가 균일하게 되지 않으며 또한 중합 수축이 와동 심부의 치질과 레진의 경계면에 집중되는 경향이 있다.

시편 제작을 위해 치질과 굴절율이 같은 물질로 mold를 제작하는 것이 바람직하지만 본 실험에서는 시편과의 분리성이 좋아 시편을 간단하게 제거할수 있는 점을 우선적으로 고려하여 plastic tube로 제작하고 직경 5㎜인 metal plate의 공동을 통하여서만 광선이 시편에 조사되도록 하였다. Killian[37] 은 여러 종류의 test mold를 사용하여 레진의 경화도를 측정 비교한 결과 polymeric mold 경우가 metal을 사용했을 때 보다 훨씬 깊게 경화됨을 보고하였고 Denyer[38]은 빛을 투과시키지 않는 mold를 사용하여 실험을 해야만 실제 임상에 적응을 가치가 있다고 하였다. 따라서 mold의 재료와 제작법에 관해서는 더 연구할 필요가 있다고 사료된다.

Killian은 가시광선 중합레진을 경화시켜 1시간과 24시간 경과 후에 각각 경도를 측정한 결과 후자가 전자보다 그 경도치가 약간 상승하는 것으로 미루어보아 가시광선 중합레진은 가시광선의 조사가 끝난 후에도 어느 정도 경화가 계속된다고 하였다.광중합레진은 태양 광선이나 다른 인공광선에서도 경화 반응이 일어나므로 경도 측정을 정확하게 하기 위해서는 광선 조사직후 바로 암실에서 행할 필요가 있으나 본 실험에서는 기술적으로 불가능하므로 광선조사 직후 1일동안 빛이 투과하지 않는 용기에 보관하였다가 측정하였다.

빛이 광 중합레진에 조사되면 그 표면 즉 조사면에서 중합이 개시되고 내부로 투과된 빛이 중합개시제를 활성화하는 깊이까지 경화되므로 짙은 색조의 레진은 빛의 투과가 적기 때문에 밝은 색조의 레진에 비해 경화심도는 낮아진다. 본 실험에서 색조에 관계없이 광선의 조사시간을 증가시키면 전체적으로 경도가 증가하는데 이는 적외선 중합레진을 이용해 실험한 Young[40]이나 Swartz[21], Leung[30] 과 일치한다.

Cook[22], Kilian[39], Dennison[42]은 광 중합레진의 경화심도에 영향을 미치는 요인들은 복합레진의 화학적 조성, 광선의 투과력, 광선의 파장이라 하였고 Leung[30], Swartz[21], Denyer와 Shaw등[38]은 경화된 레진에서 경도를 측정하여 레진의 표면으로 부터 심부로 들어갈 수록 경도가 저하하며 平澤[41]등은 표면에서 0.5㎜정도 깊이까지는 경도치가 증가하고 그 이상 심부로 들어갈 수록 계속 감소하여 0.5㎜근방에서 경도치가 최대임을 관찰하여 본 실험의 결과와 일치하였다. 0.5㎜ 심부에서 표면으로 나올수록 경도가 저하하는 것은 산소가 레진 표면층에서 그 중합을 방해하기 때문이다. 이와 같이 경화가 불균일하게 되어 경도의 감소를 가져오고 이로 인해서 상대적으로 transverse strength를 감소시킨다고 Tirtha[26]는 언급하였고 경도값이 높으면 마모에 대한 저항이 크다고 Dennison[42]은 보고하였다. 본 실험에 사용한 3종의 가시광선 복합레진이 재료에 따라 서로 다른 경도값을 나타내는 것은 개시제와 환원제의 종류, monomer의 조성, filler의 종류 및 함유량, 광선의 파장과 강도등이 달라 이들의 인자가 서로 작용하기 때문인 것으로 사료된다.

Leung[30]은 광중합 레진의 경화 심도는 60초간 조사하여도 3.5㎜ 이하까지 경화되지 않음을 관찰하였다. 따라서 상악 중절치경우 평균 순설측 직경이 7㎜를 넘으므로 3급 및 4급 와동을 형성하여 충전할 때 순측면과 설측면 양측에서 광선을 조사하는 것이 바람직하며 1급과 4급 와동의 경우 여러면에서 조사토록하고 조사시간을 길게 연장하여 한번에 충전하는 것보다 여러번 나누어 충전하는 것이 바람직하다. 또한 레진과 광조사기 사이의 거리가 멀수록 경도가 감소되므로 광조사기를 가급적 레진에 근접시키는 것이 좋으므로 본 실험에서 가시광선 조사기는 metal plate에 접촉시켜 레진과의 거리가 약 1㎜정도 되게 하였다. 조사된 광선의 강도는 중심부가 최대이고 주변부로 이행함에 따라서 약해지므로 광 조사기를 조작함에 있어서 중심부에서 나오는 광선을 정확하게 사용하는 것이 중요하다.[41]

생물학적인 견지에서 레진이 불완전하게 경화되면 monomer가 상당량 레진에 잔유하여 이것이 치수에 대한 자극을 증가시킨다. 수복물 심층에서 이러한 잔유 monomer가 임상적으로 어떻게 반영되는지 정확히 알려져 있지는 않지만 최대 경도치와 최저 경도치의 차와 더불어 균일한 중합이 발생하는 방법을 위해서 많은 실험과 임상적 연구가 필요하다고 생각된다.

V. 결 론

저자는 시판되고 있는 Plurafil-super, Heliosit, Durafill 3종의 가시광선 중합레진의 심도 및 색조에 따른 미세 경도를 측정 비교하기 위하여 직경 5mm, 높이 5mm의 plastic tube에 상기 3종의 가시광선 중합레진을 가압 충전한 후 직경 6mm, 높이 5mm의 공동이 뚫린 원주형 모형의 stone mold 내에 삽입하고 metal plate에 직경 5mm의 공동을 형성하여 이를 통하여 가시광선이 20초, 40초, 60초 조사되도록 하여 시편을 제작하였다.

경도의 측정은 시편을 종단하여 중심선에서 표면, 0.5mm, 1.0mm, 1.5mm, 2.0mm, 2.5mm, 3.0mm 심부로 Micro-Knoop Hardness Tester를 이용하여 25g의 하중을 10초간 가한 후 압흔을 측정하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 0.5mm 심도에서 최대의 경도치를 나타냈으며 그 이상 심부로 들어갈 수록 경도가 감소하였다.
2. 조사시간을 증가시킨 경우 심도에 따른 경도는 증가하였다.
3. 밝은 색조보다 어두운 색조에서 약간 높은 경도를 보였다.
4. 경화 심도에 따른 경도 변화의 양상은 색조나 조사시간에 관계없이 유사하였다.

REFERENCES

1. Bowen, R.L.: Dental filling material comprising vinyl silane treated fused silica and a binder consisting of the reaction product of bisphenol and glycidal acrylate, U.S patent 3066112. Nov. 27, 1962.
2. Bowen, R.L.: Properties of silica reinforced polymer for dental restorations. JADA, 66:57, Jan. 1963.
3. Nuckles, D.B., and Fingar, W.W.: Six month and one year clinical evaluation of composite resin for class II restoration. JADA 91: 1017, 1975.
4. Powers, J.M., Roberts, J.C. and Craig, R.G.: Surface failure of commercial and experimental restorative resins. J. Dental Res. 55: 432, 1976.
5. Going, R.E., Massler, M., and Dute, H.L.: Marginal penetration of dental restorations by different radioactive isotopes. J. Dent. Res. 39: 273, 1960.
6. Chow, M.H.: Effects of selants placed over composite resin restorations. J. Pros. Dent, 44: 531, 1980.
7. Hembree, J.H., and Andrews, J.J.: In situ evaluation of manginal leakage using an ultvaviolet light activated resion system. JADA, 92: 414, 1976.
8. Jensen, E., Odont, C., and Handelman, S.L.: In vitro assessment of manginal leakage of six enamel sealants. J. Pros. Dent 39: 304, 1978
9. Buonocore, M.G., and Sheykholeslam, Z.: Evaluation of an enamel adhesive to prevent marginal leakage: An in vitro study. J. Dent. Child, 40: 119, 1973.
10. Rafei, S.A., and Moore, D.L.: Marginal penetration of composite resin restorations as indicated by a tracer dye. J. Pros. Dent. 34: 435, 1975.
11. Heyde, J.B.: Ultraviolet light polymerized restorative system; clinical report. J. Pros. Dent. 30: 693, 1973.
12. Warkins, J.J., and Andlom, R.J.: Restoration of fractured incisors with an ultraviolet light-polymerized composite resin. Br. Dent. J. 142: 249, 1977.
13. Lamber, D.M., Moore, D.D., and Elletson, H.H.: In vitro retentive strength of fixed bridges constructed with acrylic pontics and an ultraviolet polymerized resin. JADA,

92: 740, 1976.
14. Rock, W.P.: The use of ultraviolet radiation in dentistry. Br. Dent. J. 136: 455, 1974.
15. Buonocore, M.G.: Adhesive sealing of pits and fissures for caries prevention with use of ultraviolet light, JADA 80: 324-328, 1970.
16. Forbes, P.D.: Effects of long wave ultraviolet light on the skin of mice, Proc. Fourth Int. Con. Photobiology 1972, p. 343.
17. Zigman, S., and others: Ocular protein alterations by near UV light, Exp. Eye Res. 15: 255 Mar. 1973.
18. Birdsell, D.C., Bannon, P.J., and Webb, R.B.: Harmful effect of near ultraviolet radiation of sealant and composite resin. J. Amer. Dent. Ass. 94, 311, 1979.
19. Ryter, I.E. and Øysaed, H.: Conversion in different depth of ultraviolet and visible light activated composite materials. Acta Odontol, Scand. 1982, 40, 179-192.
20. Phillips, R.W. Skinners Science of Dental Materials, 8th ed. W.B. Saunders Co., Philadelphia 1982.
21. Swartz, M.L., Phillips, R.W., and Rhodes, B.F.: Visible light activated resins-depth of cure. JADA, 106: 634-637, 1983.
22. Cook, W.D.: Factors Affecting the depth of cure of UV polymerized composites. J Dent. Res. 59: 800-808, 1980.
23. Salako, N.O. and Cruickshanks-boyd, D.W.: Curing Depths of Materials polymerized by Ultraviolet light, Br. Dent. J. 146: 375-379, 1979.
24. de Lange, C., Bausch, J.R., and Davidson, C.L.: The curing pattern of photo-initiated Dental Composite, J. Oral Rehabil. 7: 369-377, 1980.
25. Cook, W.D.: Factors affecting depth of cure of UV- poly merized composites. J. Dent. Res. 59: 800-808, 1980.
26. Tirtha, R., Fan, P.L., Dennison, J.B., and Powers, J.M.: In vitro depth of cure of photo-activated composites. J. Dent. Res. 61: 1184-1187, 1982.
27. 平澤 忠, 永光達雄 ： 重合過程におけるタクリルレジンのかたさ變化. 歯理工誌, 15：211－218, 1974.
28. Asmussen, E.: Restorarive resins; hardness and strength vs. quantity of remaining double bond. Scand. J. Dent. Res. 90: 484-489, 1982.
29. 平澤 忠, 平林茂：可視光線重合レシンの硬化特性と光照射器の互換性(上). 歯界展望, 64：897－910, 1984.
30. Leung, R., FAN, P.L., and Johnston, W.M.: Exposure time and thickness on polymerization of visible light composite. IADR Abstracts 623, 1982.
31. Deppe, A.: Dent. Z. Wschr. H9, 115, 1942.
32. Reinhardt, K.J. and Vahl, J.: Ein vergleich lichthärtender und UV-polymerisierharer versiegler und komposite. Dtsch. zahnarztl. 34: 245-250, 1979.
33. Viohl, J.: Polymerisationstiete von photopolymerisierenden Füllungskunststoffen. Dtsch. Zahnärztl. 37: 194-196, 1982.
34. Newman, S.M., MURRAY, G.A., Yates, J.L.: Visible lughts and visible light-activated composite resins. J Pros. Dent. 50: 31, 1983.
35. 平林茂ほか：可視光線 重合型コンポシットレジンの重合の不均一性について. 歯材器, 3(5)：665－679, 1984.
36. 久光久ほか：可視光線 重合コンポシットレシンの重合収縮. 歯界展望, 57(4)：603－614, 1981.
37. Killian, R.J. and Mullen, T.J.: Light-cured composites; Dependence of test results on test parameters. IADR Progr & Abst. 59: No. 203, 1980.
38. Denyer, R. and Shaw, D.J.: Cure evaluation

of visible light composites by Knoop hardness measurements. J. Dent. Res. 61: 271, 1981.

39. Killian, R.J.: Visible light-cured composites: Dependence of cure on light intensity. IADR Progr&Abst 58: No. 603, 1979.
40. Young, K.C.,and others.: The performance of ultraviolet light to polymerize fissure sealents. J. Oral Rehabil. 4: 181-191, 1977.
41. 平澤 忠, 平林茂：可視光線重合レジンの硬化特性と光照射器の互換性(下). 歯界展望,64：1097－1111, 1984.
42. Dennison, J.R. and Crain, R.G.: Physical properties and finished surface texture of composite restorative resins. JADA. 85: 101-108, 1972.

AN EXPERIMENTAL STUDY ON HARDNESS IN VISIBLE LIGHT-CURED COMPOSITE RESIN AT VARYING DEPTH

Jae Keun Myoung, Myoung Jong Lee

Department of Operative Dentistry, Seoul National University.

≫ **Abstract** ≪

The purpose of this study was to measure the Micro-Knoop Hardness of three commercial visible light-cured composite resins (Plurafil-super, Heliosit and Durafi) according to the difference of depth and shade.

Specimens of the resin were prepapared in plastic tubes 5mm in diameter with height of 5mm, and the tubes were put into the columned holes in stone molds. The molds were exposed to the visible light through the hole 5mm in diameter in metal plate. Specimens were sectioned (longitudinally) with disk.

Knoop Hardness measurements were made at the depth of surface, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 and 3.0mm from the surface to the deep portion. Knoop Hardness numbers were taken on each depth under 20gm load for 10 seconds with Shimadzu Tester.

The following results were:

1. The highest hardness value was measured at 0.5mm depth. Then the deeper the depth, the lesser the hardness was observed.
2. The value of hardness was directly propotional to the time of exposure to the light.
3. The hardness of light shade resin was higher than the that of the dark shade.
4. The pattern of hardness change at varying depth is similar to all the experimental materials with no relation to the shade nor exposure time.