Hydroxyethyl methacrylate (HEMA)와 Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)가 실험적 복합레진의 특성에 미치는 영향

경희대학교 치과대학 치과보철학교실

한만형 · 최부병 · 우이형

Ⅰ. 서 론

치과용 복합레진의 주성분으로 사용되는 Bis-GMA는 점도가 높아서 제조와 조작상의 어려움이 있기 때문에 희석제를 배합하여 복합레진 점도를 감소시킨다. 이 목적으로 널리 사용되어 온 것이 Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)이다.[1]

TEGDMA는 분자 구조중에 수산기(-OH)나 카르복실기(-COOH)를 가지지 않으므로 친수성이 나쁘고 이에 따라 결합강도가 낮다. 따라서 상아질접착제와 같이 치질결합을 목적으로 하는 제품에는 희석제와 함께 친수성기를 가지고 있는 Hydroxyethyl methacrylate (HEMA)가 주로 사용되며, TEGDMA와 Bis-GMA를 주성분으로 사용하지는 않는다.

HEMA의 가장 큰 특징은 상아질에 대한 친화성과 침투성이며, 그 때문에 상아질접착제의 결합강도를 증가시키는 성분으로 사용되고 있다.[2] 일반적으로 상아질접착시에는 상아질접착제를 도포하고 그위에 복합레진을 결합시킨다. 복합레진 성분에 HEMA를 배합하면 복합레진의 상아질에 대한 결합강도가 증가할 가능성이 있으며, 그러한 경우에는 별도의 상아질접착제 도포과정이 생략될 수 있다. 아울러 HEMA의 친수성으로 인한 부피팽창을 가정할 수 있으며, 이와 같은 부피팽창은 레진의 중합수축을 보상하는 효과를 나타낼 수도 있다.

HEMA의 상아질에 대한 친화성과 침투성에 관하여는 많은 보고가 되어 왔는데, Gerzina와 Hume[3]은 TEGDMA와 HEMA의 상아질 침투성에 관한 연구에서 치수강내에 압력을 가하여 단량체가 상아질 표면으로부터 침투하기 어려운 조건을 부여하여도 HEMA는 여전히 높은 침투성을 보인다고 하였다. HEMA는 그것의 우수한 침투성 때문에 상아질 접착제의 주성분으로 사용되고 있다.

Gerzina와 Hume[4]은 HEMA는 상아질에 대한 침투성이 우수하기 때문에 HEMA와 TEGDMA를 함께 사용할 경우 TEGDMA의 침투성까지 증진시킬 수 있다고 하였으며, Hamid와 Hume[5]은 Bis-GMA와 TEGDMA 그리고 HEMA의 상아질 침투 및 투과성을 분석하였는데, 그 결과에 따르면, HEMA는 1190.21nmol이 침투되는 것으로 나타났으며, TEGDMA는 86.21nmol을, Bis-GMA는 전혀 침투되지 않는 것으로 나타났다. 즉, HEMA는 TEGDMA에 비해 10배 이상 상아질에 대한 침투성향을 가지며, 만약 Bis-GMA로만 복합레진을 제조한다면 상아질에 대한 결합강도가 전무함을 의미한다.

이와 같은 HEMA의 침투성은 비닐라텍스도 침투하여 통과할 수 있으며, 치과용 레진의 성분들이 비닐라텍스를 통과하는데 소요되는 시간에 관하여 보고한 Munksgaard[6]에 의하면 HEMA의 경우 최대 7.54분이 소요되고, TEGDMA는 다소 길어진 8.61분이었으며, 반면 Bis-GMA는 최대 100분 이상이라고 하였다.

또한 HEMA는 TEGDMA에 비하여 생체친화성이 우수하다. Geurtsen등[7]에 의하면 광중합형 글래스아

이오노머나 콤포머 성분중에서 세포독성을 일으키는 것은 HEMA가 아니라 TEGDMA와 광중합 개시제 성분으로 사용되는 diphenyliodoniumchloride (DPICI) 라고 하였다.

HEMA는 분자량이 130.14로 TEGDMA의 286.33에 비해 작기때문에 점도가 TEGDMA 보다도 낮아서 복합레진의 희석제 성분으로 사용할 수 있다. 일반적으로 HEMA를 사용하였을 때 기계적 성질은 크게 저하되지 않는 것으로 보고되어 왔다.

Asmussen과 Peutzfeldt[8]는 Bis-GMA 25%와 희석제 75% 조건에서 75%를 모두 TEGDMA로 한 경우와 그중 50%를 HEMA로 치환한 경우를 비교한 결과 굴곡강도는 134MPa로 동일하게 나타났다고 하였으며, Peutzfeldt와 Asmussen[9]은 Bis-GMA 20%와 희석제 20% 조건에서 희석제를 HEMA와 TEGDMA로 한 경우 인장강도는 각각 69MPa와 68MPa로 나타났고, 굴곡강도는 198MPa과 170MPa로 나타났다고 하여, HEMA에 의해 인장강도는 거의 변하지 않으나 굴곡강도는 현저히 높아질 수 있음을 보고하였다.

Peutzfeldt와 Asmussen[10,31]은 Urethane dimethacrylate (UDMA)와 HEMA를 혼합하여 제조한 복합레진의 물성은 Bis-GMA와 TEGDMA를 혼합하여 제조한 복합레진의 물성에 비하여 우수하다고 하였고, Eliades와 Palaghias[11]는 HEMA의 경우 빛의 산란이 적기 때문에 중합깊이에 문제가 없다고 하였다.

HEMA는 TEGDMA에 비하여 분자량이 작기 때문에 HEMA를 복합레진 희석제로 사용할 경우, 예상하지 못한 문제점이 발생할 수 있다.

Yap과 Lee[12]는 HEMA가 첨가된 수복재에서 나타나는 현저한 흡수도를 측정 보고하였으며, Catani-Lorente등[13]은 HEMA가 첨가된 글래스아이오노머나 콤포머류에서 수분 흡수를 보고하여, 흡수도 증가로 인한 문제점이 발생할 수 있음을 시사하였다.

이상과 같이 HEMA는 TEGDMA에 비해 다른 형태의 장점과 단점을 가질 수 있으나, 이에 관한 연구가 시행된 바는 없다.

이 연구는 TEGDMA 대신에 HEMA를 복합레진 희석제로 사용하였을 때 나타나는 특성 변화를 검토하므로서 복합레진 희석제로서 HEMA의 유효성을 연구하고자 계획되었다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

1. 실험재료

8가지의 실험적 복합레진을 제조하여 실험에 사용하였다. Bis-GMA와 TEGDMA 혹은 HEMA를 혼합하여 모노머를 제조하였으며, 이때 희석제의 함량이 15%, 20%, 25% 30%가 되도록 하였다. 모든 모노머에는 1% 실란으로 처리된 분쇄형 25마이크론 크기의 실리카를 필러로 하여 무게비 75%가 되도록 첨가하였다. 광중합을 할 수 있도록 Camphoroquinone을 0.4% 첨가하였다. 모든 시약은 Aldrich (Sigma-Aldrich Co., USA)사의 것을 사용하였다.

이 실험에 사용한 TEGDMA와 HEMA의 분자구조는 Fig. 1 및 Fig. 2와 같다.

실험군의 수는 8개이었고, Bis-GMA에 대해서 TEGDMA 혹은 HEMA를 15%, 20%, 25%, 30% 비율로 혼합하였으므로, 최종 제조된 실험적 복합레진내에서 TEGDMA와 HEMA의 함량은 무게비로

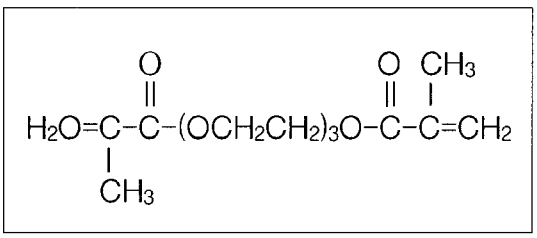

Fig. 1. Molecular structure of triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA).

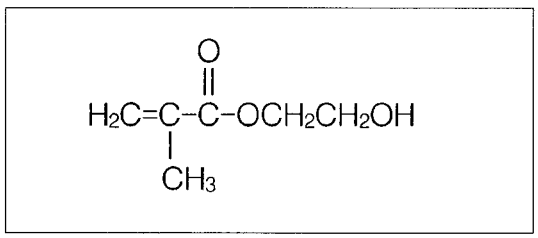

Fig. 2. Molecular structure of hydroxyethyl methacrylate (HEMA).

Table I. Components of Each Experimental Group

Groups	Bis-GMA	TEGDMA	HEMA	Filler	Total	Diluent/Monomer Concentration(%)
T-1	21.25	3.75	-	75	100	15%
T-2	20.00	5.00	-	75	100	20%
T-3	18.75	6.25	-	75	100	25%
T-4	17.50	7.50	-	75	100	30%
H-1	21.25	-	3.75	75	100	15%
H-2	20.00	-	5.00	75	100	20%
H-3	18.75	-	6.25	75	100	25%
H-4	17.50	-	7.50	75	100	30%

Unit : Weight %.
T : TEGDMA, H : HEMA.

각각 3.75%, 5.00%, 6.25%, 7.50%이었으며, 이것을 요약하면 Table I과 같다. 제조된 실험적 광중합형 복합레진은 실험에 사용할 때까지 냉암소에 보관하였다.

2. 실험방법

① 중합깊이

ISO 4049에 제시된 방법에 준한 내경 4mm 깊이 10mm의 몰드내에 복합레진을 채운 후 상부 노출부에만 40초간 광조사하여 중합시키고 몰드로부터 꺼낸 후 1kg의 하중을 가하여 하부의 미중합층을 제거하였다. 하중에 의해 변형되지 않은 부분의 높이를 중합깊이로 하였다. 실험군당 시편의 수는 10개였다.

② 굴곡강도

2mm×2mm×25mm 의 몰드에 레진을 충전한 후 5mm 간격으로 40초씩 10회를 광조사하여 경화된 시편을 얻었다. 만능강도시험기(4467, Instron Co., USA)의 굴곡강도 측정용 하중장치위에 시편을 놓고 분당 1mm의 하중속도로 시편을 파절시켜 최대하중을 구하였고, 다음 공식에 의거하여 굴곡강도를 구하였다. 시편수는 군당 10개이었다.

$FS=3WL/2bd^2$

W: Load
L: Distance
b: Width
d: Thickness

③ 법랑질과의 결합강도

소의 하악중절치를 발거하여 치근을 제거하고 레진블럭에 포매하여 직경 2.5cm 높이 2.0cm의 원기둥이 되도록 하였다. 레진블럭에 포매된 치아의 법랑질면을 600번 사포에서 평활하게 연마하여 법랑질면이 직경 3mm 이상 노출되도록 하였다.

노출된 법랑질 면을 37% 인산 수용액으로 60초간 산부식한 후 흐르는 물에 수세 및 건조하고 내경 3mm 깊이 1mm 의 금속링을 부착한후 레진을 충전하고 40초간 광조사하여 치아에 레진을 결합시켰다. 결합된 시편은 37℃의 증류수내에 24시간을 침지시켜둔 후 꺼내어 전단결합강도 측정용 지그에 고정하고, 만능시험기에서 분당 1mm의 하중을 가하여 전단결합강도를 측정하였다. 군당 시편의 수는 10개였다.

④ 상아질과의 결합강도

소의 하악중절치를 발거하여 치근을 제거하고 레진블럭에 포매하여 직경 2.5cm 높이 2.0cm의 원기둥이 되도록 하였다. 레진블럭에 포매된 치아의 법랑질면을 제거하고 600번 사포에서 평활하게 연마하여 상아질면이 직경 3mm 이상 노출되도록 하였다.

노출된 상아질 면을 10% 인산 수용액으로 30초간 산부식한 후 흐르는 물에 수세 및 건조하고 내경 3mm 깊이 1mm의 금속링을 부착한후 레진을 충전하고 40초간 광조사하여 치아에 레진을 결합시켰다. 결합된 시편은 37℃의 증류수내에 24시간을 침지시켜둔 후 꺼내어 전단결합강도 측정용 지그에 고정하

고, 만능시험기에서 분당 1mm의 하중을 가하여 전단결합강도를 측정하였다.

군당 시편의 수는 10개였으며, 별도의 상아질 접착제는 사용하지 않았다.

⑤ 흡수도와 용해도

ISO 4049에 제시된 방법에 준하여 내경 16mm 깊이 1mm의 몰드에 복합레진을 채우고 5mm 간격으로 40초씩 광조사하여 중합시켰다. 중합된 원판형 시편은 37℃ 건조기에서 24시간동안 보관한 후 10^{-4}g 단위로 무게를 측정하였다.

37℃ 증류수내에 시편을 7일간 침지시킨 후 증류수로부터 꺼내어 압지에 눌러 수분을 제거하고 다시 무게를 달아, 증가된 무게를 구하였고 그것을 시편의 부피로 나누어 $\mu g/mm^3$단위로 흡수도를 구하였다.

동 시편을 건조기에 넣어 약 11일간 건조시켜 무게가 변화되지 않게 되었을 때 무게를 달아, 감소된 무게를 구하였으며, 그것을 역시 시편의 표면적으로 나누어 용해도로 하였다.

⑥ 통계분석

중합깊이, 굴곡강도, 결합강도, 흡수도, 용해도 실험의 각군의 실험치의 산술평균을 해당 실험군의 평균으로 하였고, 희석제의 증량에 따른 결과를 회귀분석하였다.

모두 8개 실험군에 대해서는 Duncan's multiple range test를 시행하여 각 군간의 유의차를 0.05 수준에서 검정하였고, 희석제의 종류 및 함량에 의한 영향은 Two-way ANOVA를 시행하여 이원분석하였다.

Ⅲ. 실험성적

1. 중합깊이

Table II는 8개 실험군에서 측정된 중합깊이의 평균을 요약한 것이다. TEGDMA의 증량에 따라 중합깊이는 3.67mm, 4.57mm, 4.49mm, 4.71mm로 다소 증가되었고, HEMA의 증량에 의해서는 4.00mm, 4.21mm, 4.62mm, 4.56mm로 증가되었다.

Fig. 3은 이것을 막대그래프로 비교한 것이다. 희석제의 증량에 따라 중합깊이가 증가하는 것으로 나타났으며, 희석제의 모노머중 함량이 25% 이상에서는 희석제의 종류에 따른 차이가 나타나지 않았다.

Fig. 4는 회귀분석결과이다. 희석제의 증량에 따른 중합깊이의 증가가 명백히 나타나 있다. 그러나 두 희석제간의 차이는 명백하지 않다.

Table III의 ANOVA 분석결과에 따르면 중합깊이는 희석제의 종류에 의해서는 영향을 받지 않으며 ($p=0.695$) 그 농도에 의해서 현저히 영향을 받는다 ($p<0.001$).

Table II. Depth of Cure on Each Experimental Composite

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
T-1	3.67	0.16	4.40	3.93	3.50	C
T-2	4.57	0.24	5.18	5.02	4.25	A
T-3	4.49	0.36	7.96	5.15	3.93	A
T-4	4.71	0.37	7.96	5.35	4.24	A
H-1	4.00	0.19	4.81	4.26	3.67	B
H-2	4.21	0.27	6.36	4.63	3.87	B
H-3	4.62	0.30	6.51	5.08	4.28	A
H-4	4.56	0.32	7.07	4.88	3.95	A

Unit: mm, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.
Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

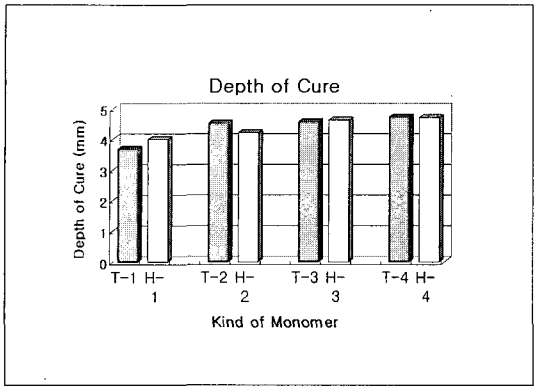

Fig. 3. Comparison of depth of cure. Increase of the contents of diluents made the depth of cure deeper. At high contents groups such as 3 or 4, any significant differences were not detected (Abbreviation, T:TEGDMA, H:HEMA).

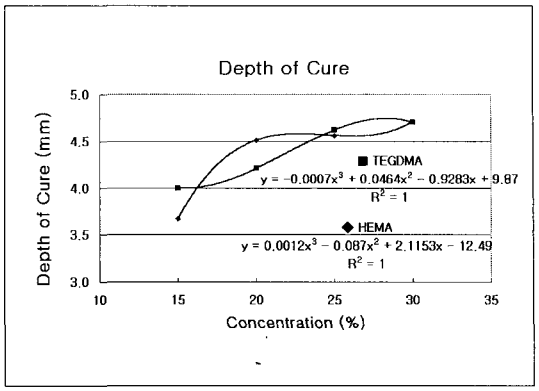

Fig. 4. Result of regression analysis for depth of cure obtained by two diluents. Increase of the depth of cure was obvious.

Table III. Result of ANOVA test for Depth of Cure

ANALYSIS OF VARIANCE
SCORE
BY X1 MATERIALS
X2 CONCENTRATION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	DF	F	Signif of F
Main Effects	7.732	4	1.933	29.007	.000
X1	.010	1	.010	.155	.695
X2	7.730	3	2.577	38.666	.000
2-way Interactions	.887	3	.296	4.438	.007
X1 X2	.887	3	.296	4.438	.007
Explained	8.619	7	1.231	18.477	.000
Residual	3.998	60	.067		
Total	12.617	67	.188		

2. 굴곡강도

굴곡강도는 TEGDMA의 증량에 따라 112.01MPa, 120.47MPa, 119.34MPa, 124.85MPa로 미약하게 증가되는 것으로 나타났고, HEMA의 증량에 의해서는 108.76MPa, 116.33MPa, 118.30MPa, 127.75 MPa의 순서로 증가하였다.

Table IV에 이와 같은 결과를 요약하였으며, Fig. 5에 비교하였다.

Fig. 6은 회귀분석의 결과이다. 희석제의 증량에 따른 굴곡강도의 증가추세가 나타나 있다.

Table V의 ANOVA 분석결과에 따르면 굴곡강도는 희석제의 종류에 의해서는 영향을 받지 않으며 ($p=0.766$) 그 농도에 의해서 현저히 영향을 받는다 ($p=0.011$).

Table IV. Flexural Strength of Each Experimental Group

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
T-1	112.01	12.82	11.44	129.72	93.48	B
T-2	120.47	11.59	9.62	132.39	99.72	A
T-3	119.34	8.50	7.12	132.17	105.53	A
T-4	124.85	15.16	12.14	143.77	102.63	A
H-1	108.76	18.60	17.10	136.11	74.63	C
H-2	116.33	17.42	14.97	142.88	93.71	A
H-3	118.30	8.67	7.33	129.06	107.39	A
H-4	127.75	14.21	11.12	149.58	107.15	A

Unit: MPa, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.
Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

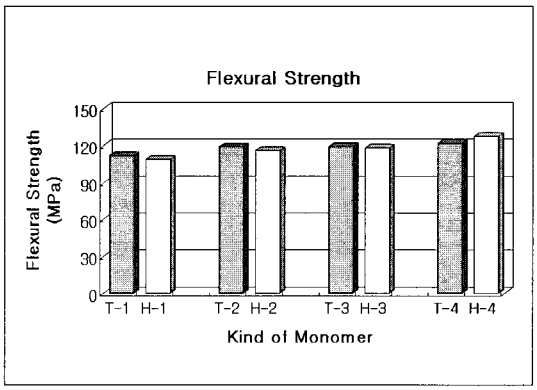

Fig. 5. Comparison of the flexural strength. Slight increase of flexural strength by the increase of the diluents was exhibited. But the significant differences between diluents were not clear (Abbreviation, T:TEGDMA, H:HEMA).

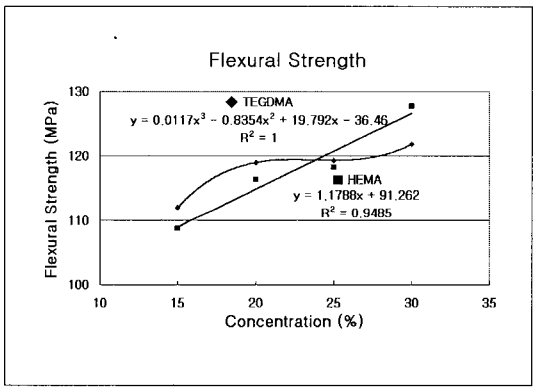

Fig. 6. Regression analysis result.

Table V. Result of ANOVA test for Flexural Strength

ANALYSIS OF VARIANCE
SCORE
BY X1 MATERIALS
X2 CONCENTRATION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	DF	F	Signif of F
Main Effects	2311.756	4	577.939	3.020	.024
X1	17.167	1	17.167	.090	.766
X2	2293.900	3	764.633	3.996	.011
2-way Interactions	102.410	3	34.137	.178	.911
X1 X2	102.410	3	34.137	.178	.911
Explained	2414.166	7	344.881	1.802	.102
Residual	12056.368	63	191.371		
Total	14470.534	70	206.722		

3. 법랑질과의 결합강도

법랑질에 대한 전단결합강도를 Table VI에 요약하였다. TEGDMA의 증량에 의해서 법랑질에 대한 전단결합강도는 29.13MPa, 30.28MPa, 35.93MPa 까지 증가한 후 26.51MPa로 감소하였으며, HEMA에 의해서는 14.35MPa, 30.80MPa, 36.31MPa로 증가한 후 27.01MPa로 다시 감소하였다.

이것을 Fig. 7에 비교하였으며, T-2와 H-2, T-3와 H-3, T-4와 H-4사이에는 거의 차이가 없음을 나타내고 있다.

Fig. 8.은 회귀분석의 결과이다. 모노머 대비 희석제함량 15%에서는 HEMA가 다소 낮은 결합강도를 보이고 있으나, 20%, 25%, 30%에서는 HEMA와 TEGDMA가 거의 유사한 곡선으로 중첩이 되어 있다. 즉 이와 같은 함량에서는 희석제의 종류에 따른 차이는 없으며, 희석제의 함량이 25%인 경우가 최적인 것으로 나타났다.

Table VII의 ANOVA 분석결과에 따르면 법랑질에 대한 결합강도는 희석제의 종류에 의해서는 영향을 받지 않으며 ($p=0.186$) 그 농도에 의해서 현저히 영향을 받는다 ($p<0.001$).

Table VI. Shear Bond Strength to Enamel

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
T-1	29.13	5.37	18.43	37.01	22.65	A
T-2	30.28	8.73	28.82	39.24	13.98	A
T-3	35.93	5.12	14.24	42.81	27.05	A
T-4	26.51	6.93	26.15	37.78	19.56	B
H-1	14.35	7.37	51.35	28.16	7.82	C
H-2	30.80	9.88	32.08	48.07	21.90	A
H-3	36.31	10.67	29.39	45.17	16.43	A
H-4	27.01	7.76	28.72	37.89	17.66	B

Unit : MPa, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.
Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

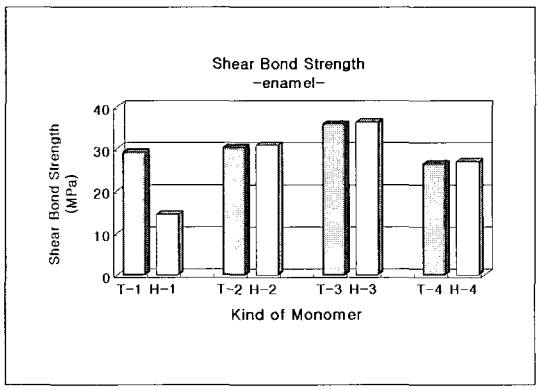

Fig. 7. Comparison of shear bond strength to bovine enamel. Both of diluents showed the peak at code-3 groups (Abbreviation, T:TEGDMA, H:HEMA).

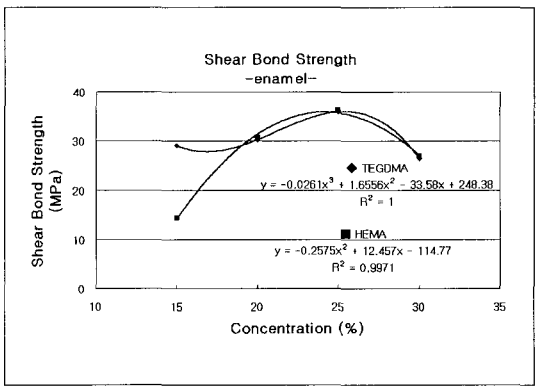

Fig. 8. Result of regression test for enamel bond strength. At 20%, 25%, 30%, two curves were overlapped.

4. 상아질과의 결합강도

상아질에 대한 결합강도는 HEMA가 TEGDMA에 비해 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 Table VIII에 요약되어 있으며 Fig. 9에 비교되어 있다.

TEGDMA의 경우 증량에 따라, 8.55MPa, 8.59MPa, 8.31MPa, 11.91MPa로 증가하였으나, HEMA의 경우에는 12.38MPa, 15.07MPa, 13.77 MPa, 20.33MPa로 증가하였다.

Fig. 10은 회귀분석의 결과로서 HEMA의 곡선이 TEGDMA의 곡선에 비해 상방에 위치하므로서 상아질에 대한 전단결합강도는 TEGDMA에 비해서 HEMA가 더 높은 것을 나타내고 있다.

Table IX의 ANOVA 분석결과에 따르면 상아질에 대한 결합강도는 희석제의 종류 ($p<0.001$)에 의해서 현저히 영향을 받으며, 그 농도에 의해서도 영향을 받는다 ($p=0.010$).

Table VII. Result of ANOVA test for Enamel Bond Strength

ANALYSIS OF VARIANCE
SCORE
BY X1 MATERIALS
X2 CONCENTRATION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	DF	F	Signif of F
Main Effects	2130.123	4	532.531	8.190	.000
X1	116.500	1	116.500	1.792	.186
X2	1966.539	3	655.513	10.081	.000
2-way Interactions	635.932	3	211.977	3.260	.028
X1 X2	635.932	3	211.977	3.260	.028
Explained	2766.055	7	395.151	6.077	0.00
Residual	3901.481	60	65.025		
Total	6667.536	67	99.515		

Table VIII. Shear Bond Strength to Bovine Dentin

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
T-1	8.55	1.19	13.88	9.84	6.71	C
T-2	8.59	1.98	23.01	10.62	6.15	C
T-3	8.31	2.32	27.97	10.95	5.92	C
T-4	11.91	8.98	75.46	29.84	5.37	B
H-1	12.38	5.20	41.98	19.45	7.82	B
H-2	15.07	4.72	31.33	23.03	9.84	A
H-3	13.77	3.83	27.82	22.25	9.28	B
H-4	20.33	4.42	21.74	26.94	12.07	A

Unit: MPa, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.
Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

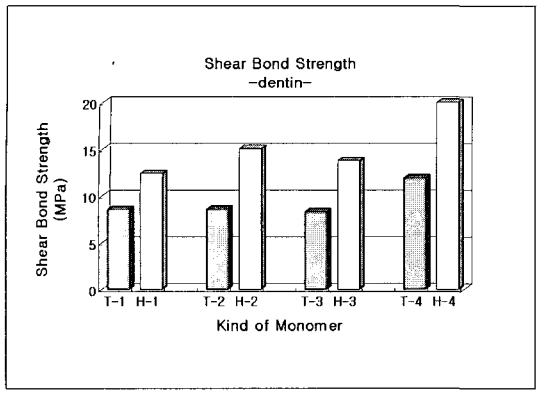

Fig. 9. Comparison of shear bond strength between HEMA and TEGDMA. HEMA always showed the higher bond strength to dentin than TEGDMA (Abbreviation, T:TEGDMA, H:HEMA).

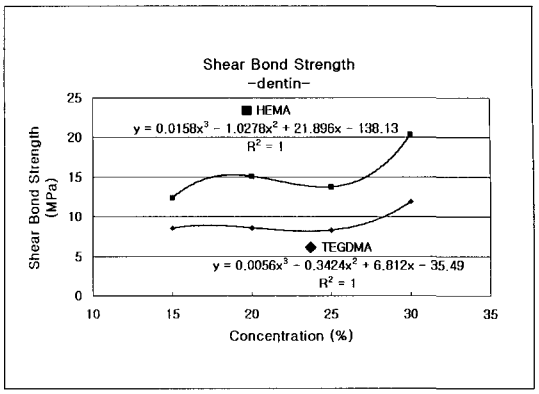

Fig. 10. Regression curves with r2 as 1.0 showing the higher bond strength of HEMA to dentin

Table IX. Result of ANOVA test for Dentin Bond Strength

ANALYSIS OF VARIANCE
SCORE
BY X1 MATERIALS
X2 CONCENTRATION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	DF	F	Signif of F
Main Effects	792.652	4	198.163	8.131	.000
X1	528.128	1	528.128	21.669	.000
X2	304.844	3	101.615	4.169	.000
2-way Interactions	40.213	3	13.404	.550	.651
X1 X2	40.213	3	13.404	.550	.651
Explained	832.865	7	118.981	4.882	0.00
Residual	1194.241	49	24.372		
Total	2027.106	56	36.198		

5. 흡수도 용해도

흡수도는 Table X에 보이는 바와 같이 HEMA의 경우가 TEGDMA에 비해 항상 많은 것으로 나타났다. TEGDMA의 경우에는 증량에 따라 16.60㎍/mm³, 16.28㎍/mm³, 19.31㎍/mm³, 18.86㎍/mm³로 거의 변화를 보이지 않았으나, HEMA의 경우는 22.93㎍/mm³, 21.08㎍/mm³, 24.02㎍/mm³, 45.32㎍/mm³으로 급격히 증가하였다.

이와 같은 결과는 Fig. 11에 나타나 있으며, 항상 HEMA가 TEGDMA에 비해 높은 흡수도를 보이며 HEMA의 양이 30%인 경우에는 급격히 증가되는 것으로 나타났다.

Fig. 12는 회귀분석의 결과로서 TEGDMA의 곡선에 비해 HEMA의 곡선이 30%에서 급격히 상승하고 있음을 나타내고 있다.

Table XI의 ANOVA 분석결과에 따르면 흡수도는 희석제의 종류 ($p=0.002$)에 의해서 현저히 영향을 받으며, 그 농도에 의해서도 영향을 받는다($p=0.022$).

Table X. Water Absorption of Each Experimental Group

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
T-1	16.60	3.506	21.1	25.87	13.43	B
T-2	16.28	1.318	8.10	19.40	14.93	B
T-3	19.31	2.466	12.8	22.89	15.92	B
T-4	18.86	1.248	6.60	20.90	16.42	B
H-1	22.93	5.220	22.8	37.31	18.41	B
H-2	21.08	1.376	6.50	28.88	19.40	B
H-3	24.02	4.528	18.9	32.84	18.91	B
H-4	45.32	45.60	96.2	173.6	20.90	A

Unit: ㎍/mm2, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.
Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

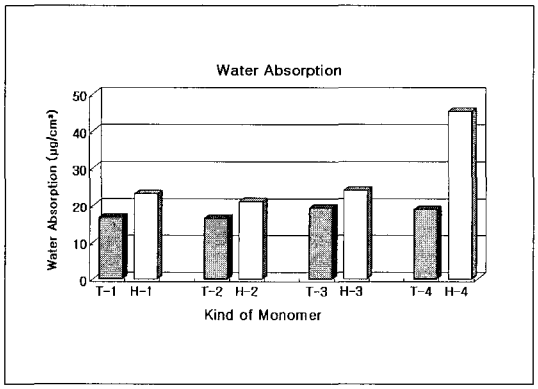

Fig. 11. Comparison of water absorption. Significant increase of water absorption was occured at 30% HEMA containing monomer group (Abbreviation, T:TEGDMA, H:HEMA).

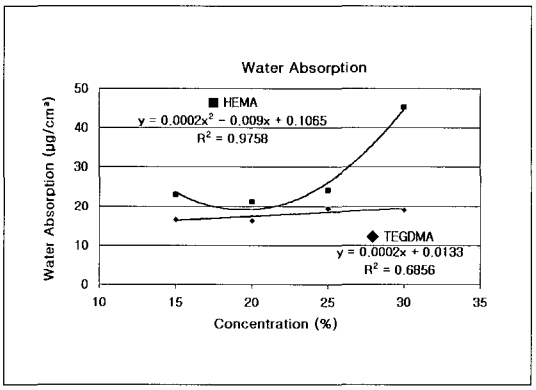

Fig. 12. Regression test result showing the sudden increase of water absorption at 30% HEMA containing monomer. TEGDMA showed almost unchanged trends compared to HEMA.

Table XI. Result of ANOVA test for Water Absorption

ANALYSIS OF VARIANCE
SCORE
BY X1 MATERIALS
X2 CONCENTRATION

Source of Variation	Sum of Squares	DF	DF	F	Signif of F
Main Effects	.005	4	.001	5.040	.001
X1	.002	1	.002	10.014	.002
X2	.003	3	.001	3.382	.022
2-way Interactions	.002	3	.001	2.515	.064
X1 X2	.002	3	.001	2.515	.064
Explained	.007	7	.001	3.958	0.01
Residual	.020	80	.000		
Total	.027	87	.000		

Table XII. Solubility of Composites in Water

Groups	Mean	S.D.	C.V.	Max.	Min.	Duncan's Group
T-1	-4.839	1.022	21.1	-3.483	-6.468	B
T-2	-3.890	0.537	13.8	-2.985	-4.478	A
T-3	-4.342	0.805	18.5	-2.985	-5.473	B
T-4	-2.669	1.224	45.9	+0.000	-3.980	A
H-1	-7.598	1.836	24.2	-4.795	-11.443	C
H-2	-7.779	0.870	11.2	-5.970	-8.955	C
H-3	-9.227	2.390	25.9	-4.478	-11.940	D
H-4	-8.277	3.257	39.3	-2.985	-13.433	C

Unit: ㎍/mm2, S.D.: Standard Deviation, C.V.: Coefficient of Variance.
Same characters written in column of Duncan's group mean no statistical differences between groups at 0.05 level.

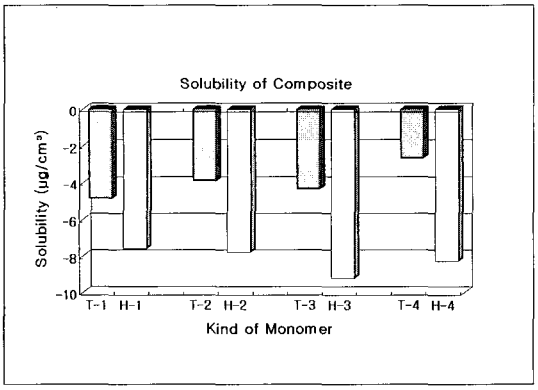

Fig. 13. Solubility in water (Abbreviation, T: TEGDMA, H:HEMA).

용해도는 Table XII에 있는 바와 같이 TEGDMA 와 HEMA 모두 마이너스의 값을 나타내었으며, 이는 희석제 성분의 흡수성 때문에 나타난 결과로 생각된다.

이 결과는 Fig. 13에 비교하였다. HEMA의 용해도가 적은 것으로 나타나 있으나, 역시 이것은 흡수량이 많았기 때문에 상대적으로 용해도가 적게 측정된 것으로 생각된다.

Ⅳ. 총괄 및 고안

Triethylene glycol dimethacrylate (TEGDMA)는 대표적인 희석제로서 접착용레진에 30%내지 50%가 배합되며 복합레진에는 15%내지 25%가 배합된다. 이에 비하여 2-Hydroxyethyl methacrylate (HEMA)는 희석제와 상아질결합제의 기능을 가지며 접착용 레진에 30% 내지 55%가 배합된다.[14]

이와 같은 HEMA가 상아질 표면의 스메어층을 통과할 수 있다는 것을 Qvist등[15]이 보고하였고, 관간상아질에 침투하여 형성하는 하이브리드 층의 정의는 Asmussen등[16]에 의해 내려졌다.

HEMA와 TEGDMA의 비교에서 가장 중요한 것은 HEMA의 상아질에 대한 침투성이며, 이와 같은 사실은 Gerzina와 Hume[3]에 의해 실험된 바 있다. 이들은 TEGDMA 와 HEMA를 상아질 표면에 도포한 후 치수강내에 압력을 부여하여 모세관현상에 의해 두 단량체가 내부로 침투하는 것을 방해하는 실험을 하였는데, 그 결과에서 TEGDMA는 상대적 침투량이 50nmol 정도로 나타난 반면 HEMA는 상대적 침투량이 150nmol 정도인 것으로 나타나 침투를 방해하는 실험조건에서도 HEMA는 여전히 우수한 침투성을 보이는 것으로 보고되었다.

Hamid와 Hume[17]은 Bis-GMA와 TEGDMA 및 HEMA를 대상으로 하여 상아질에 대한 침투성을 HPLC (High Performance Liquid Chromatograph)로 분석하여 보고하였다. Bis-GMA는 상아질에 대해 전혀 침투성향을 가지지 않았으며, TEGDMA에 비해 HEMA는 13배가량의 상아질 침투성을 가지는 것으로 보고되었다.

이러한 친화성과 친수성을 이용하여 HEMA는 콘택트렌즈의 소재로 사용되게 되었으며,[18] 치의학 영

역에서는 상아질 접착제의 기본성분으로 사용하고 있으며, 이 연구는 이와 같은 특성을 강조하여 복합레진에 혼합하였을 경우 상아질에 대한 결합강도가 증가할 것을 기대하여 시행되었다.

연구 결과에 의하면 HEMA와 TEGDMA를 희석제로 Bis-GMA에 대해서 30%가 되도록 혼합하였을 때 상아질과의 결합강도는 각각 20.33MPa와 11.91 MPa로서 HEMA가 두배 가까운 높은 결합강도를 보이는 것으로 확인되었다.

HEMA의 농도에 따른 상아질에 대한 결합강도에서는 Bis-GMA대비 25%까지는 현저한 증가가 없다가 30%에서 유의하게 증가하는 양상을 보였다. 이때의 전체대비 농도는 7.5%로서 HEMA가 유의하게 높은 상아질 결합강도를 나타내기 위해서는 7.5% 혹은 그 이상이 반드시 배합되어야 함을 의미한다.

HEMA의 배합에 의해 복합레진의 상아질 결합강도가 증가된 결과는 향후 지속적인 연구를 통하여 복합레진의 접착성이 더욱 우수해질 경우, 상아질 접착제의 사용이 불필요해 질수 있음을 나타낸다.

그러나 이 연구의 상아질 결합강도는 24시간후의 것으로서 HEMA가 가지는 친수성 및 그로 인하여 발생할 수 있는 가수분해 가능성을 감안하면, 장기간 보관 후의 결합강도 측정에서도 높은 결합강도를 보일 수 있는지가 점검되어야 할 것이다.

법랑질에 대한 결합강도는 HEMA와 TEGDMA 모두 Bis-GMA대비 15% 내지 30%에서는 거의 동일하게 나타났다. 이와 같은 현상은 법랑질의 경우 상아질과는 달리 산부식구조 크기 이하의 미세한 구조에 대한 침투는 결합강도에 영향을 미치지 않음을 의미한다.

법랑질에 대한 결합강도가 Bis-GMA 대비 희석제 함량 25%에서 최대값을 보이고 다시 감소하는 것은 이때부터 저분자량의 희석제의 중합에 의한 수축량이 급격히 커지기 때문이었을 것으로 추정된다.[19]

HEMA를 수복재의 성분으로 사용하였을 때 물성을 저하시키지 않음은 이미 보고된 바 있다. Donly와 Ingram[20]은 기존의 글래스아이오노머 시멘트에 HEMA를 첨가하여 광중합형 글래스아이오노머 시멘트를 제조하였을 때 물성이 나빠지지 않으며, 우식을 억제하는 효과도 감소하지 않는다고 하였다.

따라서 복합레진의 성분으로 HEMA를 사용하였을 때 복합레진이 이미 가지고 있던 항우식능을 감소시키지는 않을 것으로 생각된다.

HEMA의 이와 같은 특성을 이용하여 개발된 광중합형 글래스아이오노머 시멘트는 Dragoo[21]와 Vaikuntam[22]에 의해 소아치과 영역에서 아말감 대체가능물질로 검토되기 까지 하였다.

그러나 HEMA를 포함하는 상아질 접착제의 독성에 대해서 Qvist등[23]의 지적이 있었으며, 역시 HEMA를 첨가하는 것으로 알려진 광중합형 글래스아이오노머 시멘트의 독성이 문제시되었으며, Pertot등[24]과 Schmalz등[25]에 의해 이와 같은 사실이 보고되었다.

그러나 Guertsen등[26]에 의해 시행된 연구에서는 이와 같은 재료로부터 HEMA와 TEGDMA 및 Camphoroquinone (CQ) 그리고 Diphenyliodoniumchloride (DPICI)등이 유리되는 것을 확인하였는데, 그중에서 현저한 세포독성을 보이는 것은 TEGDMA와 DPICI이라고 하였다.

따라서 TEGDMA를 HEMA로 대체하는 것은 생물학적 친화성 관점에서 문제가 없을 것으로 생각된다.

Bis-GMA에 희석제를 증량한 경우에는 HEMA와 TEGDMA 공히 굴곡강도가 증가하였다. 이 결과는 희석제로 사용된 성분의 분자량은 Bis-GMA의 분자량에 비해 현저히 작으므로 생성되는 고분자의 물성 역시 낮을 것으로 예상하였던 것과는 상반된 결과였다.

희석제의 증량이 물성을 저하시키지 않은 이 연구의 결과는 Peutzfeldt와 Asmussen[10]의 연구보고에서도 일부가 나타나 있는데, TEGDMA의 경우 희석제의 증량에 따라 굴곡강도가 126MPa에서 155MPa로 증가함을 보고하였다.

이와 같은 현상은 Bis-GMA 의 반응성이 저분자량의 희석제에 비해 낮기 때문인 것으로 추정된다. 그러나 희석제의 함량을 이 연구에서 사용한 것 보다 증량하여 50%를 초과하게 되면 다시 물성의 저하가 나타날 것으로 생각된다.

이 연구 결과에서는 희석제로 사용된 HEMA와 TEGDMA간에 굴곡강도의 차이가 없는 것으로 나타났다. 일반적으로 메타크릴레이트류의 단량체로부터 얻어진 중합체의 굴곡강도는 단량체간의 반응정도에 의해 결정되므로, 이 결과는 두 희석제가 실험적 복합레진의 메타크릴레이트 단량체의 중합도에는 영향을 미치지 않음을 의미한다.

이에 관련된 연구로서 Rueggeberg[27]는 MMA, TEGDMA, HEMA의 중합도를 FT-IR (Fourier

Transform Infrared Spectroscopy)로 분석하여 약 75.2% 정도의 중합도를 보였다고 하였으며, 단량체간의 차이는 확인하지 못하였다고 하였다. 또한 Peutzfeldt[28]는 중합률이 낮은 경우에 기계적 성질의 저하가 나타날 수 있음을 실험보고하였다. 이 결과는 중합률이 높을 경우 기계적 성질과 결합력이 더욱 증가될 수 있음을 의미하는 것이다. 따라서 향후 이 연구 실험재료들에 관하여 중합율을 분석하는 실험이 추가되어야 한다고 생각된다.

HEMA를 배합한 복합레진의 굴곡강도 실험에서는 이 연구 결과와 상반되는 결과를 보인 연구는 없었다.

Asmussen과 Peutzfeldt[8]은 Bis-GMA의 함량을 25%로 하고, 희석제를 75%로 하였을 때, 희석제 75%를 전부 TEGDMA로 한 경우, TEGDMA 25%와 UDMA 25%로 한 경우, TEGDMA 25%와 UDMA 25% 그리고 HEMA 25%를 첨가한 경우, 그리고 TEGDMA 25%와 HEMA 50%로 한 경우등 4조건을 실험하였다. 그 결과 인장강도는 53MPa, 58MPa, 60MPa, 55MPa로 나타났고, 굴곡강도는 134MPa, 181MPa, 186MPa 그리고 134MPa로 나타났다고 하였다. 이 연구의 조건과 유사한 TEGDMA 75%로 한 실험군과 TEGDMA 25%와 HEMA 50%를 혼합한 실험군을 비교하면, 인장강도는 53MPa과 55MPa로 HEMA를 넣은 경우가 다소 증가하였고, 굴곡강도는 두 군 공히 134MPa로 나타났다고 하여 이 연구의 결론과 동일한 결과를 제시하고 있다. 이 연구에는 TEGDMA의 경우 124.85 MPa 그리고 HEMA의 경우 127.75MPa로 나타났으며 HEMA가 근소하게 높았다. 이 연구에서는 Asmussen과 Peutzfeldt[8]가 행한 실험에 비해 희석제의 함량이 적었으므로 함량을 증량하면 굴곡강도는 다소 증가될 것으로 생각된다.

Asmussen과 Peutzfeldt[29]에 의하면 TEGDMA를 30%, 40%, 50%, 60%, 70% 까지 증량하였을 때 인장강도는 52MPa, 52MPa, 52MPa, 54MPa, 53MPa로 변하였고, 굴곡강도는 140MPa, 149MPa, 152MPa, 140MPa, 141MPa로 변화되어 50%를 기점으로 하여 증가후 감소된다고 하였다.

이 연구에서는 시행하지 않았으나, Asmussen과 Peutzfeldt[8]는 UDMA의 첨가에 의해 굴곡강도와 인장강도가 증가되는 것으로 보고하였다. 향후 이 성분이 각종 특성에 미치는 영향에 관한 연구가 시행되어야 할 것이다.

Peutzfeldt와 Asmussen[9]은 단량체의 성분으로 사용되는 물질이 중합도를 증가시키거나 가교결합을 형성하는 정도는 중합환경에 의해 영향을 받는다고 하였다. 따라서 이 연구에서 사용한 광중합조건 이외에 Wendt[30]가 시행한 열중합조건이나 자가중합조건의 경우에도 HEMA를 사용한 실험적 복합레진의 굴곡강도가 TEGDMA를 사용한 복합레진의 굴곡강도와 유사하다는 결과가 적용될 수 있는지는 향후 확인되어야 할 것이다.

Peutzfeldt와 Asmussen[31]은 Bis-GMA와 TEGDMA를 배합한 복합레진과 UDMA와 HEMA를 배합한 복합레진의 인장강도 굴곡강도를 비교실험하였다. 이 결과에서는 Bis-GMA의 함량을 감소시키는 경우 인장강도와 굴곡강도가 증가하였다고 하여, 부분적으로 이 연구의 결과와 동일한 결과를 보고하였으며, 특징적으로는 희석제의 다른 성분으로 디아세틸을 사용하고 있었다.

Peutzfeldt[32]에 의하면 디아세틸과 프로파놀과 같은 구조는 Bis-GMA의 경화반응중 중합되지 않은 미반응 단량체의 메타크릴레이트 부분과 가교결합을 형성하여 물성을 증진할 수 있다고 하였으며, 향후 다른 특징을 가지는 희석제로 사용될 수 있을 것이라고 하였다.

이 연구 결과에 의하면 TEGDMA를 HEMA로 대체한 경우 중합깊이가 영향을 받지 않으며, HEMA의 증량에 따라 중합깊이가 증가하는 것으로 나타났는데, 이에 관하여 Eliades와 Palaghias[11]은 HEMA가 빛의 산란이 적기 때문에 중합깊이에 문제가 없다고 하였다.

이 연구 결과중에 HEMA를 사용할 경우 문제점으로서 높은 흡수성이 확인되었다. 이와 같은 흡수성은 중합수축을 작게할 수 있는 이점이 있으나, 수화팽창으로 인한 문제점이 유발될 수 있다.

TEGDMA의 흡수도는 Matsukawa등[33]에 의해 보고된 바 있다. 이들은 UDMA, Bis-GMA, TEGDMA, MMA의 중합체의 흡수도, 수축율, 굴곡강도 등을 실험하였다. 흡수도는 각각 2.71%, 3.17%, 5.85%, 2.27%로 나타나 TEGDMA의 흡수도가 Bis-GMA에 비해 다소 큰 것으로 나타나있다. HEMA의 흡수도는 이에 비하여 더 클 것으로 추정되었다.

Yap과 Lee[12]는 HEMA가 첨가된 수복재에서 나타

나는 현저한 흡수도를 측정 보고하였으며, 지나치게 큰 흡수도가 나타남으로 해서 용해도의 측정이 불가능하다고 하였다. 이 연구에서도 흡수도가 크게 나타남에 따라 용해도의 분석이 불가능하여 용해도에 관한 데이터는 결과로 채택하지 않았다.

Catani-Lorente등[13]은 HEMA가 첨가된 글래스아이오노머나 콤포머류에서 수분의 흡수를 보고하였으며, 아울러 희석제이외에 사용된 단량체의 분자구조에 의해 수분의 흡수속도가 영향을 받을 수 있다고 하였다.

Koike등[34]은 HEMA를 주성분으로 사용하는 접착제의 경우 미세틈새가 적게 나타난다고 하였으며, 이는 중합체의 흡수로 인한 팽창에 기인하는 것으로 생각된다. Lee등[35]은 흡수로 인하여 나타나는 팽윤을 전자현미경으로 관찰하여 보고하였다.

즉, 이 연구결과에서 나타난 HEMA를 배합한 복합레진의 흡수도 증가는 중합수축을 보상하는 효과를 보일 수 있다.

HEMA의 흡수에 의한 결합강도의 저하를 막는 방법으로서 Arima등[36]은 가교제의 첨가를 제안하였으며, Tanaka[36]는 O-methacryloyl-N- acryl tyrosines (MAATY)의 첨가를 제안하였고, Fukushima등[38]은 N-methylolacrylamide (MEAA)와 N-methylol-methacrylamide (MEMA)의 사용을 제안하였으며, MEAA의 경우 5년간 결합강도의 저하를 초래하지 않는다고 하였다.

기존의 TEGDMA와 HEMA를 비교한 이 연구의 결과에서는 HEMA는 TEGDMA에 비하여 중합깊이, 굴곡강도, 법랑질에 대한 전단결합강도는 열등하지 않으며, 상아질에 대한 결합강도는 더욱 우수한 것으로 나타났다.

그러나 TEGDMA에 비해서 흡수도는 더 큰 것으로 나타났다.

이 결과에 의하면 복합레진의 희석제로 HEMA를 사용할 경우 상아질에 대한 결합강도가 크므로 누출을 감소시킬 수 있을 것으로 생각되며, 흡수도에 의한 영향을 비교적 덜받는 깊은 와동용이나 이장용으로 적합할 것으로 생각된다.

V. 결 론

이 연구의 목적은 복합레진의 희석제 성분으로서 TEGDMA와 HEMA를 비교하는 것이었다.

8가지 종류의 실험적 광중합형 복합레진을 제조하여 실험에 사용하였다. 실험레진들의 필러의 함량과 모노머의 함량은 동일하였고, 모노머의 함량중 희석제의 함량을 15%, 20%, 25%, 30%로 달리하였고, 희석제의 종류를 두가지로 달리하여 모두 8군의 실험군이 실험되었다. 대조군은 25% TEGDMA 실험군이었다.

중합깊이, 굴곡강도, 법랑질에 대한 전단결합강도, 상아질에 대한 전단결합강도, 그리고 용해도와 흡수도가 측정되었다. 각 실험군당 시편의 수는 10개였고, 각 실험군에서 측정된 수치의 산술평균을 그 실험군의 평균값으로 하였고, 모든 실험항목에 대해서 희석재의 종류와 함량에 따른 회귀분석을 시행하였으며, 실험군간의 비교는 0.05수준에서 Duncan's test로 시행하였고, 종류와 함량 두 변수에 대해서는 Two-way ANOVA test로 검정하였다.

실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. HEMA와 TEGDMA의 중합깊이와 굴곡강도 그리고 법랑질에 대한 결합강도는 유의차가 없었다 ($p>0.05$).
2. 희석제의 증량에 따라 중합깊이($p<0.001$)와 굴곡강도($p<0.05$)는 증가하였다.
3. HEMA를 배합한 복합레진의 상아질에 대한 전단결합강도가 TEGDMA를 배합한 복합레진의 것에 비해 높았다 ($p<0.001$).
4. HEMA를 배합한 복합레진의 흡수도가 TEGDMA를 배합한 복합레진의 것에 비해 컸다 ($p<0.01$).

참고문헌

1. Asmussen, E. : NMR-analysis of monomers in restorative resins, Acta.Odontol.Scand., 33:129- 34, 1975.
2. Van Meerbeek, B., Vanherle, G., Lambrechts, P., and Braem, M. : Dentin- and enamel-bonding agents, Curr. Opin.Dent., 2:117-27, 1992.
3. Gerzina, T.M., and Hume, W.R. : Effect of hydrostatic pressure on the diffusion of monomers through dentin in vitro, J.Dent.Res., 74:369-73, 1995.

4. Gerzina, T.M., and Hume, W.R. : Diffusion of monomers from bonding resin-resin composite combinations through dentine in vitro, J.Dent., 24:125-8, 1996.
5. Hamid, A., and Hume, W.R. : The effect of dentine thickness on diffusion of resin monomers in vitro, J.Oral Rehabil., 24:20-5, 1997.
6. Munksgaard, E.C. : Permeability of protective gloves to (di)methacrylates in resinous dental materials, Scand.J.Dent. Res., 100:189-92, 1992.
7. Geurtsen, W., Spahl, W., and Leyhausen, G. : Residual monomer/additive release and variability in cytotoxicity of light-curing glass- ionomer cements and compomers, J.Dent.Res., 77:2012-9, 1998.
8. Asmussen, E., and Peutzfeldt, A. : Mechanical properties of heat treated restorative resins for use in the inlay/onlay technique, Scand.J.Dent. Res., 98:564-7, 1990.
9. Peutzfeldt, A., and Asmussen, E. : Influence of carboxylic anhydrides on selected mechanical properties of heat-cured resin composites, J.Dent.Res., 70:1537-41, 1991.
10. Peutzfeldt, A., and Asmussen, E. : Influence of aldehydes on selected mechanical properties of resin composites, J.Dent.Res., 71:1522-4, 1992.
11. Eliades, G., and Palaghias, G. : In vitro characterization of visible light-cured glass ionomer liners, Dent.Mater., 9:198-203, 1993.
12. Yap, A., and Lee, C.M. : Water sorption and solubility of resin-modified polyalkenoate cements, J.Oral Rehabil., 24:310-4, 1997.
13. Cattani-Lorente, M.A., Dupuis, V., Moya, F., Payan, J., and Meyer, J.M. : Comparative study of the physical properties of a polyacid-modified composite resin and a resin-modified glass ionomer cement, Dent.Mater., 15:21-32, 1999.
14. Nakabayashi, N., and Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin, Dent.Mater., 8:125-30, 1992.
15. Qvist, V., Qvist, J., and Johannessen, L. : Microstructure of inner surfaces on composite restorations related to filling procedure, Scand.J.Dent.Res., 85:561-6, 1977.
16. Asmussen, E., Hansen, E.K., and Peutzfeldt, A. : Influence of the solubility parameter of intermediary resin on the effectiveness of the gluma bonding system, J.Dent.Res., 70:1290-3, 1991.
17. Hamid, A., and Hume, W.R. : Diffusion of resin monomers through human carious dentin in vitro, Endod.Dent.Traumatol., 13:1-5, 1997.
18. Holly, F.J., and Refojo, M.F. : Wettability of hydrogels. I. Poly (2-hydroxyethyl methacrylate), J.Biomed.Mater.Res., 9:315-26, 1975.
19. Obici, A.C., Sinhoreti, M.A., de Goes, M.F., Consani, S., and Sobrinho, L.C. : Effect of the photo-activation method on polymerization shrinkage of restorative composites, Oper.Dent., 27:192-8, 2002.
20. Donly, K.J., and Ingram, C. : An in vitro caries inhibition of photopolymerized glass ionomer liners, ASDC J.Dent.Child., 64:128-30, 1997.
21. Dragoo, M.R. : Resin-ionomer and hybrid-ionomer cements: part II, human clinical and histologic wound healing responses in specific periodontal lesions, Int.J.Periodontics Restorative Dent., 17:75-87, 1997.
22. Vaikuntam, J. : Resin-modified glass ionomer cements (RM GICs) implications for use in pediatric dentistry, ASDC J.Dent.Child., 64:131-4, 1997.
23. Qvist, V., Stoltze, K., and Qvist, J. :

Human pulp reactions to resin restorations performed with different acid-etch restorative procedures, Acta Odontol.Scand., 47:253-63, 1989.
24. Pertot, W.J., Stephan, G., Tardieu, C., and Proust, J.P. : Comparison of the intraosseous biocompatibility of Dyract and Super EBA, J.Endod., 23:315-9, 1997.
25. Schmalz, G., Garhammer, P., and Schweiki, H. : A commercially available cell culture device modified for dentin barrier tests, J.Endod., 22:249-52, 1996.
26. Summitt, J.B., Howell, M.L., Burgess, J.O., Dutton, F.B., and Osborne, J.W. : Effect of grooves on resistance form of conservative Class 2 amalgams, Oper.Dent., 17:50-6, 1992.
27. Rueggeberg, F.A. : Determination of resin cure using infrared analysis without an internal standard, Dent.Mater., 10:282-6, 1994.
28. Peutzfeldt, A. : Quantity of remaining double bonds of diacetyl-containing resins, J.Dent.Res., 73:511-5, 1994.
29. Asmussen, E., and Peutzfeldt, A. : Influence of UEDMA BisGMA and TEGDMA on selected mechanical properties of experimental resin composites, Dent.Mater., 14:51-6, 1998.
30. Wendt, S.L. Jr. : The effect of heat used as secondary cure upon the physical properties of three composite resins. II. Wear, hardness, and color stability, Quintessence Int., 18:351-6, 1987.
31. Peutzfeldt, A., and Asmussen, E. : Ketones in resin composites. Effect of ketone content and monomer composition on selected mechanical properties, Acta Odontol.Scand., 50:253-8, 1992.
32. Peutzfeldt, A. : Retention of propanal and diacetyl in experimental resins, Acta Odontol. Scand., 55:94-100, 1997.
33. Matsukawa, S., Hayakawa, T., and Nemoto, K. : Development of high-toughness resin for dental applications, Dent.Mater., 10:343-6, 1994.
34. Koike, T., Hasegawa, T., Manabe, A., Itoh, K., and Wakumoto, S. : Effect of water sorption and thermal stress on cavity adaptation of dental composites, Dent.Mater., 6:178-80, 1990.
35. Lee, S.Y., Greener, E.H., Covey, D.A., and Menis, D.L. : Effects of food/oral simulating fluids on microstructure and strength of dentine bonding agents, J.Oral Rehabil., 23:353-61, 1996.
36. Arima, T., Hamada, T., and McCabe, J.F. : The effects of cross-linking agents on some properties of HEMA-based resins, J.Dent.Res., 74:1597-601, 1995.
37. Tanaka, J., Ishikawa, K., Yatani, H., Yamashita, A., and Suzuki, K. : Correlation of dentin bond durability with water absorption of bonding layer, Dent.Mater.J., 18:11-8, 1999.
38. Fukushima, T., Inoue, Y., Miyazaki, K., and Itoh, T. : Effect of primers containing N-methylolacrylamide or N-methylolmethacrylamide on dentin bond durability of a resin composite after 5 years.

Reprint request to:

Boo-Byung Choi, D.M.D., D.D.Sc.
Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung Hee University
#1, Hoigi-Dong, Dongdaimun-Gu, Seoul, 130-701, Korea
bbchoi@khu.ac.kr

ABSTRACT

EFFECT OF HEMA AND TEGDMA ON THE PROPERTIES OF EXPERIMENTAL COMPOSITE RESINS

Man-Hyun Han, D.M.D., M.S.D., Boo-Byung Choi, D.M.D., D.D.Sc.,
Yi-Hyung Woo, D.M.D., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, Division of Dentistry, Graduate School, Kyung-Hee University, Seoul, Kores

Purpose : The purpose of this study was to compare HEMA and TEGDMA as diluents for the composite resin.

Material and methods : Eight kinds of experimental light curable composite resins were prepared and used. Concentrations of monomer and filler were same for all experimental composites, except, the diluent's ratios to the monomer. The ratio of diluents to Bis-GMA were 15%, 20%, 25%, and 30%, and two kinds of diluents were used, so total experimental groups were eight including one control group of 25% TEGDMA.

Results : Depth of cure, flexural strength, shear bond strength to bovine enamel, shear bond strength to bovine dentin, water absorption and solubility of composites in water were measured. Sample size for each groups were 10. Arithmetic means were used as each groups representative values, and regression test for two diluents and four concentrations, Duncan's multiple range test, and Two-way ANOVA test were done for kinds of diluents and its concentrations at level of 0.05.

Conclusion :

Following results were obtained:

1. There were not significant differences in effects of HEMA and TEGDMA to depth of cure, flexural strength of composites and shear bond strength to bovine enamel ($p>0.05$).
2. Increase of the concentrations of the diluents made the depth of cure ($p<0.001$) and flexural strength ($p<0.05$) a little higher.
3. Shear bond strength to dentin was higher on HEMA containing composites than TEGDMA containing composites ($p<0.001$).
4. Water absorption was higher on HEMA containing composites than TEGDMA containing composites ($p<0.01$).

Key words : HEMA, TEGDMA, depth of cure, flexural strength, Shear bond strength.