

# 실험을 통한 복합레진 및 상아질 결합제의 물리적 성질



교수 백병주

전북대학교 치과대학 소아치과학 교실

## I. 개 요

전통적으로 치과수복재료로서 이용되어 왔던 아말감은 색깔이 치아와 달라 심미적인 관점에서는 우수한 재료라고 할 수는 없다. 또한 수은을 함유하고 있어 독성에 관한 염려를 포함하고 있으며 충전물 변연에서의 이차 치아우식증을 유발하기 쉽고 치아와 접착되는 성질을 가지고 있지 못하여 치아나 충전물에 가해지는 외력에 저항할 수 없기 때문에 저작시 교두외측으로 가해지는 강한 압력에 치아파절 등을 일으킬 수 있다(그림 1).

이에 반하여 복합레진은 치아와 만족할만한 색조의 균형을 이룰 수 있으며, 접착되어 함께 외력에 저항하고 시술상의 간편함등의 장점을 가지고 있지만 중합시에 수축이 될 수 있고 레진재료의 치수 자극, 또한 마모가 쉽게 일어날 수 있다는 문제점들을 내포하고 있어 심미적인 치료를 요하면서 교합력이 작용하지 않는 전치부에서는 폭넓게 이용되고 있지만 구치부의 수복재료로서는 널리 사용되고 있지는 않는 것 같다.

그러나 복합레진이 중합될 때 일어날 수 있는 중합수축은 수축방향과 정도를 참작하여 세심하게 주의를 기울이면 감소시킬 수 있으며 치아에 대한 자극도 산이나 레진성분보다는 세균에 의한 것이라는 논리가 지배적이다.

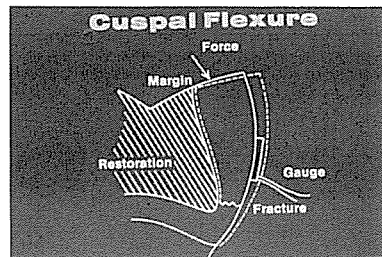


그림 1. 수복물 및 외력이 가해졌을 때의 교두양상.

치아와의 접착력이 없을 때 파절이 나타날 수 있고 Gauge 를 이용하여 외력의 크기도 측정할 수 있다

마모에 대한 문제점도 복합레진내의 마모가 쉽게 일어날 수 있는 레진 기질을 줄여주고 filler의 비율을 높여줌으로서 현재 사용할 수 있는 구치부 충전용의 레진은 아말감과 거의 유사한 마모정도를 가지고 있다.

치아 충전재료는 수복시에 치아를 기능적으로, 심미적으로 완전하게 회복시켜 주어야 함은 물론 치료 후에도 오랜기간 그와 같은 기능을 유지할 수 있어야 한다. 즉 만족할만한 수준의 강도와 접착도를 가지고 있어야 하는데 복합레진은 주의깊게 이용하면 그와 같은 조건을 만족시켜 줄 수 있다.

치아의 법랑질은 상아질과 조성성분과 구조에서 차이가 있다.

법랑질은 97%의 무기질과 3%의 유기질 및 수분으로 구성되어 있으며, 상아질의 경우에는 70%의 무기질, 18%의 유기질, 12%의 수분으로 구성되어 있다.

따라서 무기질이 많고 수분이 적은 법랑질의 경우에는 결합력에 거의 문제가 없는 것으로 되어 있다. 상아질의 경우에는 수분이 많이 존재하며, 무기질이 적어 법랑질에 훨씬 미치지 못하는 결합력의 문제점을 가지고 있어 현재까지도 상아질과의 결합력을 증진시킬 수 있는 상아질 결합제에 관한 연구가 진행되고 있다.

상아질 결합제는 표면처리제(conditioner), 전처리제(primer), 결합제(bonding agent)로 분류된다. 물론, 표면처리제와 전처리제가 복합된 상아질 결합제도 존재한다.

표면처리제는 citric acid(10%), ferric chloride(3%), calcium chloride(20%), phosphoric acid(40%, 39%, 10%), nitric acid 등으로, 전처리제는 HEMA, META, MMA, NTG-GMA, BPDM, PENTA등으로, 결합제는 Bis-GMA, HEMA, UDMA, Urethane resin등으로 구성된다.

상아질 결합제는 제1세대, 제2세대, 제3세대, 제4세대 상아질 결합제로 발전되어 왔다.

제1세대 상아질 결합제는 상아질 표면을 부식시키고, MA계통의 소수성 monomer를 이용하여 결합력

을 증진 시키는 효과를 노렸지만 가수분해 효과가 커서 임상적으로 사용 가능한 만큼의 결합력을 보이지 못했다.

제2세대 상아질 결합제는 MA대신 Bis-GMA를 사용하여 상아질에 대한 화학적 결합을 시도하였지만 역시 가수분해 효과 때문에 그다지 좋은 효과를 나타내지 못하였다.

제3세대 상아질 결합제는 상아질 삭제시의 도말층을 제거하거나 변형시켜서 결합력을 증가시킨다.

smear plug나 관주상아질은 손상시키지 않고 결합 에너지가 낮은 표층부의 도말층만 제거 시키며 Tenure, Prisma Universal Bond 2, 3, Scotch Bond 2, Mirage Bond, All bond, Clearfil Photobond, Gluma 등이 이에 속한다.

제4세대 상아질 결합제는 전처리제에 BPDM을 첨가시켜, 아말감이나 금속, 레진 등 어디에나 접착시킬 수 있는 만능 결합제로 소개되고 있다.

어쨌든 치아에 접착되는 접착제는 법랑질이나 상아질 또한 충전용 재료에도 접착되는 성질을 가져야 한다.

치아 삭제시에 상아질 표면에 도말층이 형성되며 1~5 $\mu$ m의 두께를 가진다. 상아세관이 노출되면 투과도가 4~9배 증가하기 때문에 도말층의 존재가 상아세관을 자연적으로 봉쇄해주는 역할을 하고 산등에 대해 치수를 보호하며 상아세관액의 이동을 막아 상아질 접착제의 효과를 증가시킨다고도 하나 일부에서는 도말층의 표면은 에너지가 낮고 조성이나 구조적인 면에서 정상 상아질과 다르기 때문에 오염물질로 작용하여 오히려 결합력이 감소한다는 주장도 함께 존재 한다.

최근의 상아질 결합제는 도말층의 일부는 제거하고 일부는 변형시켜 결합력을 증가시킨다. 상아질 표면의 부식은 표면의 roughness를 증가시켜 전처리제와 상아질과의 접촉각을 감소시켜 레진을 효과적으로 퍼지게 하고 타액과 같은 오염요소들도 제거되며 전체적으로 10 $\mu$ m이상 까지 용해시킨다.

또한 상아질층을 변형된 콜라겐층, 탈회된 콜라겐층, 부분적으로 탈회된 상아질층, 탈회되지 않은 상

아질층으로 형태를 변화시켜 전처리제와 상아질과의 결합에 기여하게 된다.

레진과 상아질과의 결합에는 기계적 결합, 화학적 결합, 복합적 결합이 있으며, 화학적 결합에는 상아질내의 칼슘과 접착제의 phosphate기가 결합하는 무기질 성분과의 결합, 콜라겐의 amine기를 전처리제의 aldehyde기가 공격하고 이어서 HEMA와 반응하는 유기질 성분과의 결합이 있다. 이것의 대표적인 결합제는 Clearfil Newbond와 Gluma이다.

결합제를 바를 때는 최소한 15 $\mu$ m 이상 되어야 공기로 인한 증합방해 반응을 막아줄 수 있다. 상아질의 결합강도를 비교하여 보면 유치에서의 결합강도가 영구치에서 보다 낮게 나타나고 영구치의 경우도 젊은이에서 보다는 노인의 경우가 높게 나타나며 같은 치아에서도 교합면보다는 협설측에서 20~50% 높고, 발치후 1주일 경과된 치아가 3개월 경과된 치아보다 높으며 상아질에서 치수까지의 거리가 1mm일 때 보다 상아법랑 경계부에서 30~40% 높게 나타난다. 참고로 살펴보면 상아법랑질 경계부의 상아세관은 0.8 $\mu$ m, 치수부의 직경은 2.5 $\mu$ m 정도이다.

## II. 실험과 관련된 요소들

치아우식이 없이 발거되어 생리식염수에 4 $^{\circ}$ C로 냉장보관된 건전한 상하악 대구치를 대상으로, 가능하면 발거 즉시 사용하였다.

치아를 깨끗히 하여 치근부를 절단하고 협설면으로 나누어 시편을 준비한 후 법랑질면을 삭제하여 상아질을 노출시켜 상아질 결합제를 적용시켰으며 복합레진은 Z100과 Clearfil Photo-posterior 그리고 Prisma AP.H를 사용하였다.

상아질 결합제들의 이용방법을 간략히 소개하면 다음과 같다.

### i) Gluma Bonding System

Etching(Gluma 1 etchant), rinsing, drying(부식액의 상아질 접촉에 조심한다.)

→ 상아질의 Cleaning(Gluma 2 cleanser), rinsing,

drying(과하지 않도록 한다.)

→ 상아질의 Priming(Gluma 3 Primer), 조심스럽게 blowing

→ 법랑질, 상아질 부위의 Sealing(Gluma 4 Sealer), blowing

### ii) All-Bond 2

Etching(법랑질에 국한시에는 Unietch, 상아질도 부식시엔 All-etch사용), rinsing, drying(상아질 부위는 습윤상태를 유지시킨다)

→ Priming(5~6회), 조심스럽게 blowing

→ Bonding resin, curing

### iii) Super Bond D-Liner

Etching(법랑질, 상아질), rinsing, drying

→ 상아질부의 Priming, 조심스럽게 blowing

→ Lining(Liquid+Catalyst), 조심스럽게 blowing

### iv) Scotch bond Multi-Purpose Dental Adhesive System

Etching, rinsing, drying

→ 상아질부의 Priming, 조심스럽게 blowing

→ 법랑질, 상아질부의 접착제 application, 조심스럽게 blowing

→ 증합

### v) AElite Bond System

Primer 를 혼합하지 않고 사용하며, Primer의 도포를 2회로 줄여서 하기 때문에 편리하며 기타 사항은 All-Bond 2와 거의 동일하다.

### vi) Prisma Universal Bond 3

priming, 30초간 공기중에서 건조, 조심스럽게 blowing

→ 결합제 도포→증합

### vii) Clearfil Photobond

Etching, rinsing, drying

→ 결합제 도포(Catalyst+Universal liquid), 조심스럽게 blowing

→ 증합

위와 같은 방법들을 이용하여 상아질 표면을 처리한 후 수복용 복합레진의 충전을 위한 레진접착용

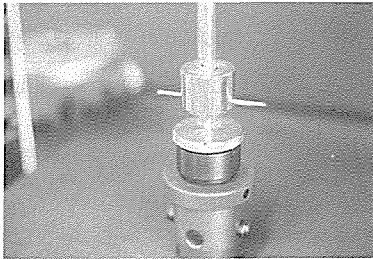


그림 2. 인장결합강도 측정장치

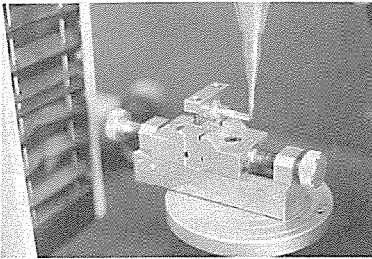


그림 3. 굽힘결합강도를 측정하기 위하여 조작한 Instron

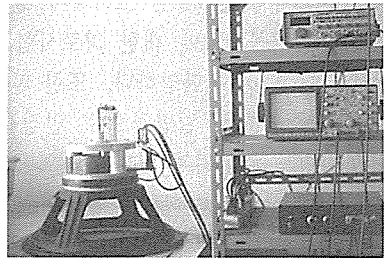


그림 4. Counter, Oscilloscope, Function Generator 등이 부착된 Fatigue Testing Machine

장치를 이용하여 직경 4mm, 높이 3mm의 레진을 접착한 후 인장 결합강도와 전단결합강도를 재료 시험기를 이용하여 측정하였다(그림 2).

또한 형성된 레진 돌기에 굽힘 응력을 가하기 위한 하중봉을 접착시키기 위하여 중심선 정렬장치를 사용하여 중심선을 일치시켜 치면과 하중봉의 끝단이 31.5mm가 되도록 고정하고 동일한 복합레진으로 굽힘시험용 하중봉을 부착한 후 굽힘 결합강도를 측정하였다(그림 3)

Thermocycling 전후의 결합강도를 비교해보기 위하여 각각의 시편에 다른 횟수를 적용시켜 thermocycling을 또한 실시 하였다.

구강내의 저작압은 압축, 인장, 전단 등의 다양한 부하가 가해지는 복합체이므로 결합강도를 측정하는데 있어서도 단순한 전단 및 인장실험보다는 반복되는 부하에 의한 수복재료의 재질의 변화를 나타내는 피로를 이용하여 평가 하는 것이 더욱 유용한 실험이라 할 수 있다. 이에 따라 상아질면과 복합레진과의 접착부에 피로시험을 시행함으로써 상아질 결합체의 피로수명과 접착계면의 피로특성을 평가하고자 피로시험을 실시하였다(그림 4)

피로파괴란 금속이나 수복재료 등이 반복응력이나 변동하중을 받으면 단일 하중에 의해 파괴가 일어나는 응력보다 훨씬 작은 응력에서 파괴가 일어나는 것과 같이 반복하중에 의해 상당기간이 지난 후 누적된 피로때문에 발생하는 파괴를 말한다. 피로파

괴를 일으키는데는 다음의 세가지 필수요인이 충족되어야 하는데 최대인장응력이 충분히 커야하며, 부과응력의 변동과 진폭이 충분히 커야하고, 마지막으로 응력사이클이 충분히 가해져야 한다. 이 밖에도 응력의 집중, 과부하, 대상물의 구조, 잔류응력 등의 피로파괴의 조건을 변화시킬 수 있는 요인들이 관여하는 것으로 알려져 있다.

피로수명은 반복응력하에서 재료가 파괴될 때까지의 하중의 반복회수로서 최대응력과 응력진폭(stress amplitude)의 범위에 크게 영향을 받으며, 응력진폭의 범위가 어떤 한계 이하로 감소되면 피로에 의한 파괴가 일어나지 않게 되는데 이러한 응력치를 피로한계(fatigue limit)라고 한다. 피로시험은 피로응력의 작용방식에 따라 양진응력과 편진응력하의 피로시험으로 분류되며, 피로하중의 작용방식에 따라 인장압축, 평면굽힘, 회전굽힘, 비틀림 및 복합응력하의 피로시험으로 분류한다.

상아질결합체의 사용에 따른 상아질과 복합레진 접착계면의 피로특성을 파악하기 위하여 정현파형의 양진굽힘응력을 가하여 피로수명을 측정하였으며, 반복회수 2,000,000cycles에 도달시에도 파절이 일어나지 않았을 때 이를 피로한계로 설정하여 실험을 중단시켰다.

피로시험에서 가해지는 부하의 속도는 구강내 저작속도인 1.25Hz와 유사한 조건이 이상적이나, 수복물의 파절시까지 소요되는 시간이 장기간 소요된다

는 점등의 제한요소를 고려하지 않을 수 없다. 일반적으로 수복재료에 대한 피로시험시 부하주파수는 0.5~37.5Hz까지 다양하다. 또한 피로시험시 가해지는 부하수준은 일반적으로 인장결합강도의 40~60% 정도로 알려져 있다.

### III. 결 론

복합레진 및 상아질 접착제의 결합강도 및 피로시험에 대한 결과들을 종합하여 보면 대략 다음과 같다.

- i) 인장접착 강도의 크기는 Z100, Prisma AP.H, Clearfil Photo-p 순이었으나 통계학적 유의성은 없었다.
- ii) Knoop 경도 값은 Z100이 Prisma AP.H보다 컸으며 thermocycling 횟수의 증가에 따라 표면층에서 경도의 감소를 나타냈다.
- iii) 피로수명도 Z100, Prisma AP.H, Clearfil Photo-p 순이었다.
- iv) 상아질면에 대한 인장 결합강도는 Superbond D-Liner, All-Bond 2군에서 Prisma Universal Bond 3, Clearfil Photobond군보다 높았다.
- v) 피로 시험후 접착계면의 변연누출은 Superbond D-Liner, All-Bond 2, Prisma Universal Bond 3군에서 Clearfil photobond군보다 적었다.
- vi) 상아질면에 대한 인장결합강도에서 All-Bond 2, AElite, Scotchbond Multi-Purpose 군이 Gluma군에 비해 높게 나타났다.
- vii) 피로수명에 있어서도 Gluma 군이 현저하게 낮았으며 All-Bond 2, AElite, Scotchbond Multi-Purpose 군에서는 통계적 유의 차가 없었다.
- viii) 피로파면을 주사전자 현미경으로 관찰한 결과 All-Bond 2, AElite, Scotchbond Multi-Purpose 군은 레진간 파괴 양상을 보였으나, Gluma군에서는 상아질면과 복합레진 계면에서 파절되는 계면 파괴 양상을 나타냈다.
- ix) Thermocycling 전후의 인장 및 전단 결합강도

에서, thermocycling후에 감소하는 경향이 많았지만 상아질 접착제의 종류에 따라 증가하는 경향을 보인 경우도 존재 하였으며 thermocycling 횟수에 관한 결과도 일정치 않았다.

- x) 법랑질 표면을 건조시킨 군과 습윤시킨 군에서 전단결합강도의 차이는 통계학적인 유의성이 없었다.
- xi) 상아질 표면을 건조시킨 군에서 습윤시킨 군보다 전단결합강도가 낮았다(All-Bond 2).
- xii) 동일한 상아질 결합제를 사용할 경우에도 복합레진의 종류에 따라 결합력에 차이가 있을 수 있다.
- xiii) 유치에 비해 영구치에서 상아질에 대한 결합력이 크게 나타났다.

### 참 고 문 헌

1. Bowen, R.L., Marjenhoff, W.A. : Development of an adhesive system for bonding to hard tooth tissues, J. Esthet. Dent. 3 : 86-90, 1991.
2. Chappell, R.P., Eick, J.D., Theisen, F.C., and Casrracho, A.J.L. : Shear bond strength and SEM observation of current dentinal adhesives Quintessence Int. 22 : 745-752, 1991.
3. Chappell, R.P., Eick, J.D., and Morgan, R. : Shear bond strength and SEM observation of the newest dentin adhesives [abstract 513]. J. Dent. Res. 71 : 170, 1992.
4. Chappell, R.P., Eick, J.D., Theisenm F.C., and Carracho, A.J.L. : Shear bond strength and SEM observation of current dentinal adhesives. Quintessence Int. 22 : 831, 1991.
5. Eick, J.D., Robinson, S.J., Chappell, R.P., Cobb, C.M., Spencer, P. : The dentinal surface : Its influence on dentinal adhesion. PartIII. Quintessence Inter. Vol.24, No.8 pp571-582, 1993.
6. Fissore, B., Nicholls.J.I., and Yuodelis, R.A. : Load fatigue of teeth restored by a dentin bonding agent and a posterior composite resin. J. Prosthetic. Dent. 65 : 80-85, 1991.
7. Gwinnett, A.J. : Moist versus dry dentin : Its effect on shear bond strength. Am. J. Dent. 5 : 127-129, 1992.
8. Gwinnett, A.J., Kanca, J. : Micromorphology of the bonded dentin interface and its relationship to bond

- strength. *Am. J. Dent.* 5 : 73-77, 1992.
9. Llobell, A., Nicholls, J.I., Kois, J.C., and Daly, C.H. : Fatigue life of porcelain repair systems. *Int. J. Prosthodont.* 5 : 205-213, 1992.
  10. McCabe, J.F., Carrick, T.E., Chadwick, R.G., and Walls, A.W.G. : Alternative approaches to evaluating the fatigue characteristics of materials. *Dent. Mater.*, 6 : 24, 1990.
  11. Nakabayashi, N., Nakamura, M., and Yasuda, N. : Hybrid layer as a dentinbonding mechanism, *J. Esthet. Dent.* 3 : 133-138, 1991.
  12. Nakabayashi, N., and Takarada, K. : Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent. Mater.* 8 : 125-130, 1992.
  13. Nicholls, J.I., Llobell, A., Kois, J.C., and Daly, C.H. : Fatigue life of porcelain repair systems. *Int. J. Prosthodont.* 5 : 205-213, 1992.
  14. Perdigao, J., Swift, F.J., Denehy, G.E., Wefel, J.S., Donly, K.J. : In vitro bond strengths and SEM evaluation of dentin bonding systems to defferent dentin substrates. *J. Dent. Res.* 73 : 44-55, 1994.
  15. Prati, C., Nucci, C., and Montanari, G. : Shear bond strength and microleakage of dentin bonding systems. *J. Prosthet. Dent.* 65 : 401-407, 1991.
  16. Salama, F.S. : Gluma bond strength to the dentin of primary molars *J.of Clinic. Ped. Dent.* Vol, 19 : 35-39, 1994.
  17. Tagami, J., Tao, L., and Pashley, D.H. : Correlation among dentin depth permeability, and bond strength of adhesive resins. *Dent. Mater.*, 6 : 45-50, 1990.
  18. Tam, L.E., Dilliar, R.M. : fracture surface characterization of dentin-bonded interfacial fracture toughness specimens. *J. Dent. Res.* 73 : 607-619, 1994.
  19. Tay, F.R., Gwinnett, A.J., Pang, K.M., and Wei, S.H.Y. : Structural evidence of a sealed tissue interface with a total-etch wet-bonding technique in vivo. *J. Dent. Res.* 73 : 629-636, 1994.
  20. Triolo, P.T., and Swift, E.J. : shear bond strengths of ten dentin adhesive systems. *dent. Mater.* 8 : 370-374, 1992.
  21. Went, S.L. : The effect of two smear layer cleansers on shear bond strength to dentin. *Dent. Mater.*, 6 : 1-4, 1990.
  22. Xie, J., Powers, J.L., Chappell, R.P., Glastos, A.G., purk, J.H., and Eick, J.D. : The effect of adhesives. *Quintessence Int.* 22 : 745-752, 1991.
  23. Zidan, O., and Aljabab, A. : Evaluation of the bond mediated by eight DBA' s to enamel and dentin. *Den. Mater.* 6 : 158-161, 1990.
  24. 김미경, 백병주 : 상아질 표면처리후 복합레진 수복시의 피로파괴에 관한 연구. *대한소아치과학회지* 제21권 제1호 1994.
  25. 백남규, 김재곤, 백병주 : 범랑질 복합레진 수복시 접착부의 피로파괴에 관한 실험적 연구. *대한소아치과학회지* 제20권 제2호 1993.
  26. 이영수, 김재곤, 백병주 : 범랑질과 복합레진 접착부의 피로파괴에 관한 실험적 연구, *월간 치과임상* 제12월호 1994.