

수종의 지각과민 처치제와 Bonding Resin
도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질
투과도에 미치는 영향

연세대학교 대학원

치 의 학 과

박 노 제

수종의 지각과민 처치제와 Bonding Resin
도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질
투과도에 미치는 영향

지도 이 근 우 교수

이 논문을 석사 학위논문으로 제출함




2001년 12월 일

연세대학교 대학원

치 의 학 과

박 노 제

박노제의 석사 학위논문을 인준함

심사위원 송 根友 
심사위원 김 경남 
심사위원 심 주석 

연세대학교 대학원

2001년 12월 일

감사의 글

논문을 완성한 기쁨보다도 부족한 논문을 세상에 내놓게 되어 많은 분들께 송구한 마음이 더 합니다. 일천한 경험의 후학이 첫 발을 내딛는 것으로 어여뻐 여겨주시기를 바라며 먼저 본 논문이 완성되기까지 한결같은 사랑과 관심으로 격려하시고 지도해주신 이근우 교수님께 깊은 감사의 말씀을 올립니다. 또한 귀한 조언과 배려를 주신 김경남 교수님, 심준성 교수님께도 진심으로 감사 드립니다. 그리고 오늘의 제가 있기까지 많은 가르침을 주시고 경험을 쌓게 하여주신 보철과의 이호용 교수님, 정문규 교수님, 한동후 교수님, 한종현 교수님, 전영식 교수님, 문홍석 교수님께도 감사를 드립니다. 아울러 지금은 개업의로 계신 강 우진 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

항상 관심과 애정으로 많은 가르침을 주신 모교 경희대 보철과의 최대균 교수님께도 자주 인사드리지 못한 죄송스런 마음과 감사의 마음을 전하고 싶습니다. 본 연구를 위하여 많은 도움을 주고 배려해 준 보철과 의국원 여러분께도 감사를 드리며, 어려운 작업 과정에 기쁜 마음으로 많은 도움을 준 심우현, 이상화 선생님과 치과재료학 교실의 이상배 선생님께 또한 감사를 드립니다.

끝으로 어떤 어려움 속에서도 끊임없는 희생과 사랑으로 저를 키워주신 아버지, 어머니와 사랑하는 누나들과 동생 성제와 기쁨을 함께 하고 싶고 오랜 시간 좋은 친구이자 연인으로 함께 해준 소연에게도 이 작은 기쁨을 드립니다.

2001년 12월
박 노제 드림

목 차

도표 목차	iii
국문 요약	v
I. 서 론	1
II. 실험재료 및 방법	4
가. 시편제작	4
나. 스플릿 챔버 장치 및 실험 설계	4
다. 실험재료	7
라. 시편의 처리	9
마. 상아질 투과도	10
바. 주사 전자 현미경 사진 관찰	12
사. 통계분석	12
III. 실험성적	13
가. 약제의 처리 전과 처리 후의 hydraulic conductance(L_p)값의 변화와 퍼센트(%)변화량	13
나. 주사 전자 현미경 소견	22
IV. 총괄 및 고찰	30
V. 결 론	40
참고 문헌	42
영문 요약	48

도표 목차

Fig. 1. Schematic presentation of split chamber device	5
Fig. 2. Photographs of Pashley's device	6
Fig. 3. Toothbrush abrasion testing machine	8
Fig. 4. All-Bond [®] 2 and All-Bond [®] 2 + Bonding resin: Mean percentage(%) change values of hydraulic conductances	15
Fig. 5. Seal & Protect [®] and Seal & Protect [®] + Bonding resin: Mean percentage(%) change values of hydraulic conductance	16
Fig. 6. Gluma [®] and Gluma [®] + Bonding resin: Mean percentage(%) change values of hydraulic conductance	17
Fig. 7. MS Coat [®] and MS Coat [®] + Bonding resin: Mean percentage(%) change values of hydraulic conductance	18
Fig. 8-13. All-Bond [®] 2: SEM of dentinal surface	24,25
Fig. 14-17. Seal & Protect [®] : SEM of dentinal surface	25,26
Fig. 18-22. Gluma [®] : SEM of dentinal surface	26,27
Fig. 23-27. MS Coat [®] : SEM of dentinal surface	28,29
Table 1. Desensitizing agents and bonding resin used in this study	6
Table 2. All-Bond [®] 2 and All-Bond [®] 2 + Bonding resin: Hydraulic conductances and percentage(%) change values	15
Table 3. Seal & Protect [®] and Seal & Protect [®] + Bonding resin: Hydraulic conductances and percentage(%) change values	16
Table 4. Gluma [®] and Gluma [®] + Bonding resin: Hydraulic conductances and percentage(%) change values	17

Table 5. MS Coat [®] and MS Coat [®] + Bonding resin: Hydraulic conductances and percentage(%) change values	18
Table 6. Mean of L _p values and percentage(%) change values	19
Table 7. Comparison of percentage(%) change values before and after treatment in 8 groups (Wilcoxon signed rank test)	19
Table 8. Comparison of percentage(%) change values before and after treatment in 8 groups (Mann-Whitney test)	21

국문 요약

수종의 지각과민 처치제와 Bonding resin 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향

임상에서 흔히 볼 수 있는 증상 중 하나인 상아질 지각과민증은 상아질이 구강 내 환경에 직접 노출되어 생기는 것으로 이의 치료를 위해 사용되는 지각과민 처치제의 효과는 일시적인 것으로 보인다. 지각과민 처치제의 효과가 충분히 지속되지 않는 것은 상당부분 칫솔질에 의한 마모에 기인하는 것으로써, 지각과민 처치제의 칫솔질에 의한 마모를 감소시키고 그 효과를 장기간 지속시키기 위해 bonding resin을 지각과민 처치제위에 추가로 도포하여 칫솔질 시행 후 상아질 투과도의 변화에 대해 연구하였다. 상아질 투과도는 hydraulic conductance (Lp)에 비례하므로 hydraulic conductance (Lp)를 측정하여 칫솔질에 의한 상아질 투과도의 변화를 정량적으로 나타내고자 하였다.

우식이 없는 치아를 이용하여 1mm두께의 치관부 상아질 디스크를 제작한 다음, Pashely가 고안한 스플릿 챔버 장치를 이용하여 All-Bond[®] 2, Seal & Protect[®], Gluma[®], MS Coat[®]의 네 종류의 지각과민 처치제만을 처리한 시편과 그 위에 Dentin/Enamel Bonding Resin[®] 을 추가로 도포한 시편에 대해 처리하기 전과 처리한 후, 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)에 해당하는 칫솔질을 적용한 후에 측정한 hydraulic conductance(Lp)와 주사 전자 현미경 사진을 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 지각과민 처치제만을 처리한 군과 bonding resin (Dentin/Enamel Bonding Resin[®])을 추가 도포한 군 모두에서 처리 직후 hydraulic conductance가 급격히 감소하였다.
2. All-Bond[®] 2, MS Coat[®] 만을 처리한 시편에서는 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후에 계속적으로 hydraulic conductance가 증가하였고, Seal & Protect[®]와 Gluma[®] 만을 처리한 시편에

서는 2주(280회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후까지 hydraulic conductance가 증가하였다.

3. All-Bond[®] 2, Gluma[®]와 bonding resin을 처리한 시편에서는 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후에도 hydraulic conductance의 증가는 없었다. Seal & Protect[®]와 bonding resin을 처리한 시편에서는 2주(280회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후 hydraulic conductance가 증가하였다. MS Coat[®] 와 bonding resin을 처리한 시편에서는 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후에 hydraulic conductance가 계속적으로 증가하였다.
4. 지각과민 처치제만을 처리한 군과 bonding resin을 추가 도포한 군 간의 hydraulic conductance를 비교한 결과 All-Bond[®] 2, Gluma[®], MS Coat[®] 와 bonding resin을 도포한 군에서는 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후 hydraulic conductance가 지각과민 처치제만을 도포한 군에 비해 현저히 낮았고, Seal & Protect[®]에서는 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후에만 같은 결과를 보였다.
5. 주사 전자 현미경 관찰에서는 처리 직후에는 지각과민 처치제만을 처리한 군과 bonding resin을 추가로 도포한 군 모두에서 상아 세관이 완전히 폐쇄되거나 일부만 폐쇄되어 상아세관의 내경이 감소된 양상을 볼 수 있었으나, 6주(840회 왕복) 칫솔질 시행 후에는 bonding resin을 추가 도포한 군에서만 현저하게 폐쇄 또는 내경이 감소된 상아세관이 관찰되었다.

이상의 연구 결과로 보아 지각과민 처치제 처리 후 수복치료를 하지 않는 경우에 지각과민처치제의 효과를 지속시키기 위해 unfilled resin 성분의 bonding resin (Dentin/Enamel Bonding Resin[®])을 추가 도포하는 것이 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 본 실험은 6주간의 칫솔질 후 결과이므로 향후 보다 장기간에 걸친 연구와 구강내 환경에서의 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

핵심되는 말: 상아질 투과도, 지각과민 처치제, 상아질 지각과민증, bonding resin

수종의 지각과민 처치제와 Bonding Resin 도포 후 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향

연세대학교 대학원 치의학과

(지도 이근우 교수)

박노제

I. 서론

상아질 지각과민증은 임상에서 흔히 볼 수 있는 증상 중 하나로서 상아질이 구강내 환경에 직접 노출되어 생기는 것이다. 이러한 상아질의 구강 내 노출은 부적절한 칫솔질이나 치은 퇴축으로 인한 치경부 노출, 수복치료를 위한 치아삭제나 치주 치료 과정에서 일어날 수 있다. Gillam등¹⁾에 의하면 상아질 지각과민증은 인구의 8~35% 에서 발현한다고 하며, 또 다른 연구에 의하면 전 세계적으로는 인구의 15% 에서 발현된다고 보고 된 바 있다²⁾. 상아질 지각과민증은 치질의 실질결손을 동반하지 않는 경우와 다수치에 걸친 경우가 많아 치료에 어려움이 있는 경우가 많다³⁾.

상아질의 지각을 설명하는 이론은 transducer 이론, modulation 이론, gate control 이론, hydrodynamic 이론 등이 있으며, 이중 hydrodynamic 이론이 최근에 가장 널리 받아들여지고 있다. 이 이론에 따르면 상아질이 노출되면 탈수, 열자극,

냉자극, 고장액 등에 의해 상아세관 내 액체의 움직임이 생기고 그로 인해 조상아 세포, 신경말단, 혈관 등에 기계적 자극, 손상 등을 주어서 통증이 유발되는 것이다^{4,5)}. 따라서 상아세관을 통한 액체의 움직임을 차단함으로써 상아질 지각과민을 감소시킬 수 있다.

상아질 지각과민증은 상아세관의 크기와 개방도에 직접 관련되어 일어나는데, Holland⁶⁾의 총설에 따르면 Brännström 과 Ishikawa는 지각 과민이 있는 상아질에서는 상아세관이 개방되어 있음을 입증했고, Absi, Addy 와 Adams, 그리고 Yoshiyama등은 지각과민증을 보이는 상아질에서 상아세관 크기가 2배 정도 더 큰 사실을 발견했다. Addy 등¹⁴⁾은 주사전자현미경과 염색 침투를 통한 실험에서 지각과민 상아질에서는 단위면적당 59.9 개의 개방된 세관을, 정상 상아질에서는 단위 면적당 7.47 개의 개방된 세관을 관찰하였으며, 평균 직경은 지각과민 상아질에서 0.83 μm , 정상 상아질에서 0.43 μm 이었다고 보고하였다.

상아질 투과도를 측정하는 가장 쉬운 방법은 hydraulic conductance (Lp)를 정량적으로 계산하는 것이다. hydraulic conductance (Lp)는 단위 압력하에서 단위 시간 당 상아질의 단위 면적을 통과하는 액체의 양으로서 상아질의 hydraulic conductance(Lp)는 치수 내 압력, 상아세관의 길이, 액체의 점도, 상아세관의 수와 직경 등 다양한 변수에 영향을 받게 되는데 가장 중요한 변수는 상아세관의 수와 직경이다. Poiseuille's law에 따르면 상아질의 hydraulic conductance (Lp)는 상아세관 직경의 네 제곱에 비례하므로 직경이 감소하면 상아질 투과도가 급격히 감소하게 된다. 따라서 상아질 투과도를 줄이기 위해서는 상아세관 입구의 폐쇄 상태가 가장 중요한데 도말층 등으로 입구가 덮인 상아세관은 낮은 hydraulic conductance(Lp)를 보인다고 보고 되어 있다⁷⁾.

상아질 지각과민증의 해결을 위해 역사적으로 여러 방법이 제시되었는데, 자극을 가해 이차 상아질 형성을 촉진하거나 도말층을 형성하여 상아세관을 폐쇄시키거나 약제를 사용하여 상아세관의 폐쇄를 유도하는 방법 등이 시도되어 왔다. Mjor 등⁴⁾에 의하면 치수의 손상을 막기 위해서는 이차 상아질 형성을 촉진시키기 보다는 상아질의 투과도를 감소시키는 방향으로 치료를 진행하는 것이 바람직하다고 했으며 이에 따라 상아세관의 폐쇄를 유도하는 다양한 약제들이 지각과민

처치제로 추천되었다. 이러한 약제로는 calcium hydroxide, silver nitrate, sodium fluoride, glucocorticoids, resin (unfilled bonding resin), 치약, oxalate 등이 사용되어 왔으며, 최근 들어서는 국소적으로 적용할 수 있는 간편한 방법들이 선호되고 있는데 수복재료를 이용하거나 제 4, 5 세대 상아질 접착 시스템을 이용하거나 Pashley 에 의해 소개된 oxalate 등을 많이 사용하고 있다¹⁵⁾.

그러나 이러한 지각과민 처치제는 일상적인 칫솔질에 의한 마모 때문에 그 효과가 급속히 감소될 수 있는데 이 등¹¹⁾에 의하면 All-Bond[®] 2 desensitizer, Seal & protect[®], Gluma desensitizer[®], MS Coat[®] 의 경우 약제 도포 직후에는 모두 급격한 상아질 투과도의 감소를 보이거나 이후 1주, 2주 칫솔질 후에는 상아질 투과도가 증가하는 것으로 나타났다.

이러한 지각과민 처치제의 칫솔질에 의한 마모로 인한 급격한 효과감소를 막기 위해 Pashley⁵⁵⁾와 Masahiro등³⁾이 제시한 바와 같이 임상적으로 용이하게 선택할 수 있는 unfilled resin 성분의 bonding resin 을 지각과민처치제 위에 도포하여 지각과민 처치제의 마모를 지연시키는 방법을 생각해 볼 수 있다. 이전의 연구들은 주로 임상적 보고 형태였으며 실험적인 분석을 통한 상아질 투과도의 변화량 및 표면 관찰에 대한 연구는 거의 시행되지 않았다.

따라서, 본 연구에서는 All-Bond[®] 2 desensitizer(Bisco Inc., Illinois,U.S.A.), Seal & Protect[®](Dentsply Co., Pennsylvania,U.S.A.), Gluma[®] desensitizer (Heraeus Kulzer Inc., Indiana, U.S.A.), MS Coat[®](Sun medical Co., Shiga, Japan) 네 종류의 지각과민 처치제를 도포한 상아질 시편과 그 위에 unfilled resin 성분의 bonding resin (Dentin/Enamel Bonding resin[®] (Bisco,Inc., Illinois,U.S.A.))을 추가로 도포한 시편간의 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향을 비교하였다. Hydraulic conductance (Lp) 측정을 통해 상아질 투과도를 정량적으로 비교하고자 하였고, 주사전자현미경 (Scanning Electron Microscopy)으로 상아질 시편의 표면을 관찰하였다.

II. 실험재료 및 방법

가. 시편제작

우식이 없는 발거된 대구치 56개를 선택해서 투명 레진으로 치아를 매몰한 후 중합하였다. 저속 다이아몬드 휠 톱(Isomet Buehler Co., Lake Bluff, Illinois, U.S.A.)을 이용하여 교합면 법랑질을 제거하고, 치수상부의 치관부 상아질을 저속 다이아몬드 휠 톱으로 절단하여 1mm 두께의 상아질 디스크를 제작하였다. 상아질 디스크는 직경이 10 mm 정도가 되도록 삭제하여 챔버 내에 안정되게 위치될 수 있는 크기로 시편을 제작하였다. 시편제작 직후 치수쪽 면의 가장 자리에 유성펜으로 표시하여 실험 기간 동안 시편의 치수쪽, 치관쪽 면을 구분할 수 있게 하였다.

각 상아질 디스크에서 치관쪽 표면을 320 grit 연마지로 30초간 연마하고, 치관쪽, 치수쪽 디스크 표면을 37% 인산으로 2분간 산 부식시킨 후 시편을 증류수에 넣어 초음파 세척기에서 1시간동안 초음파 처리(ultrasonification)하였다. 완성된 상아질 디스크는 실험기간 동안 생리식염수에 보관하였다.

나. 스플릿 챔버 장치 및 실험 설계

상아질 디스크를 PTFE (polytetrafluoroethylene)로 제작된 스플릿 챔버 장치의 위쪽 챔버와 아래쪽 챔버 사이에 위치시키고 각 챔버와 디스크 사이에는 확실한 밀폐를 얻고, 투과되는 상아질 디스크의 표면적이 일정하도록 고무로 된 내경지름 4 mm, 외경 지름 10 mm의 고무 'O' 링을 사용하였으며, 그 결과 생리식염수가 통과하는 상아질 디스크의 표면적은 $\pi \times (0.2\text{cm})^2 = 0.126 \text{ cm}^2$ 로 일정하게 유지되었다. 챔버의 양쪽은 생리식염수로 채웠고, 아래 챔버 쪽으로 도입관을 통해서 200mmHg의 정수압으로 생리식염수가 유입되도록 하였다(Fig. 1.).

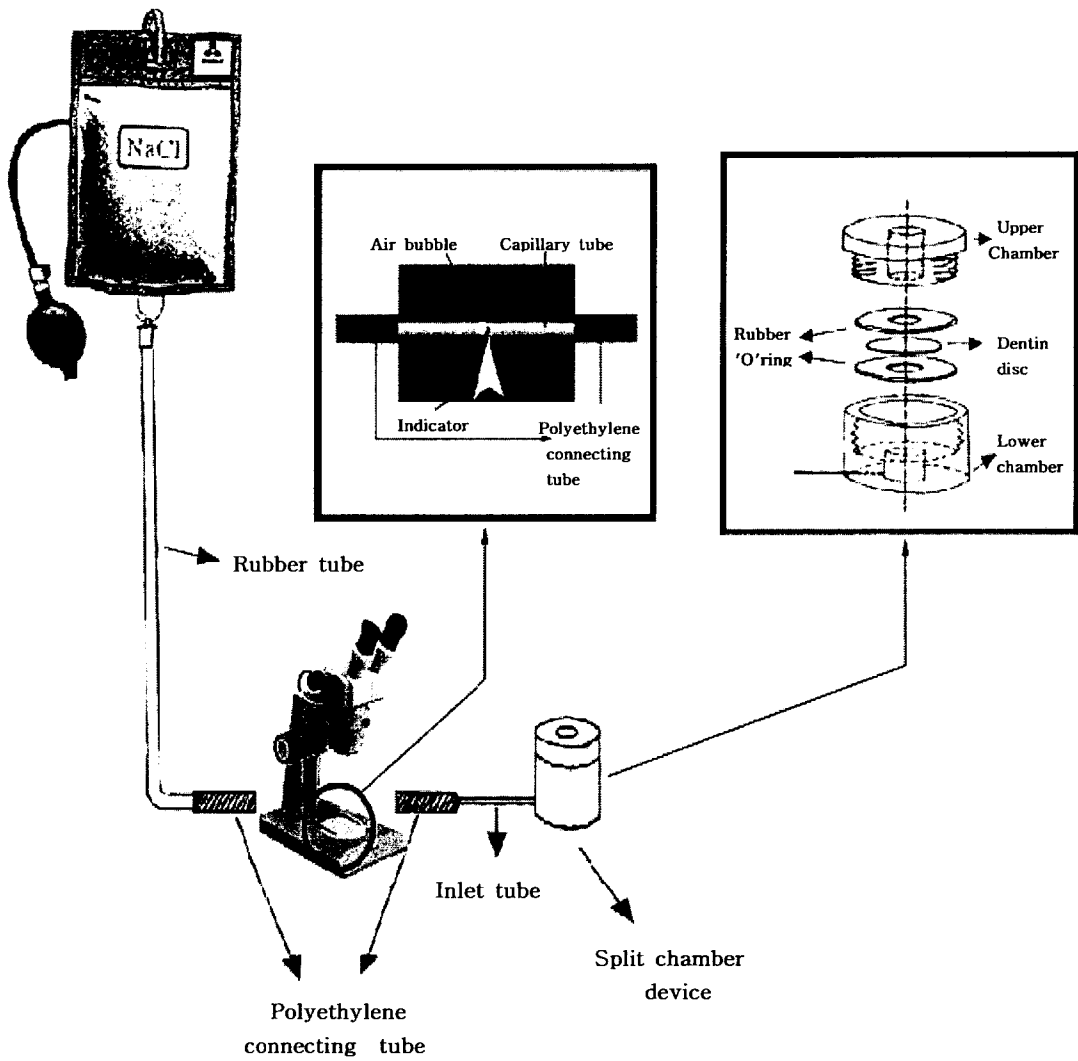


Fig.1. Schematic view of Pashley's device used to measure hydraulic conductance of dentin disc.

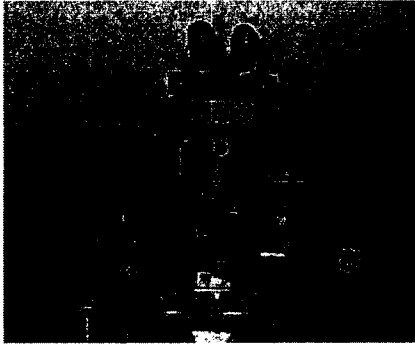


Fig.2. Photograph of Pashley's device used to measure hydraulic conductance of dentin disc (left); digital micrometer (right).

정수압을 일정하게 가하기 위해서 임플란트 수술 시 사용하는 pressure cuff (Nobelpharma, Göteborg, Sweden)를 사용하였다. 이 pressure cuff에 생리식염수 팩을 장착하고 200mmHg의 압력을 가하면 생리식염수가 고무관을 통해 흘러가고 폴리에틸렌 연결관과 연결된 내경 1 mm, 길이 75 mm 의 모세관을 거쳐서 다른 연결관, 도입관을 지나 스플릿 챔버 장치에 이르게 된다.

실험에서 모세관 내에 공기방울이 형성되게 했고, 발생된 공기방울의 이동거리를 알기 위해서 디지털 마이크로미터가 장착된 장치를 고안하였다(Fig.2). 모세관을 이 장치의 가로방향의 홈에 위치시킨 후 상부의 레버를 돌려서 고정시킨다. 실험적으로 상아질 디스크의 투과도를 알기 위해서 hydraulic conductance를 측정하였는데, 이는 200mmHg의 일정한 정수압 하에서 10분간의 일정 시간 동안 모세관을 통해서 공기방울이 이동한 거리를 측정하여 얻었다. 이때, 스플릿 챔버 장치 쪽으로 일정 시간동안 이동한 공기방울의 이동 거리가 클수록 생리식염수에 대한 상아질 디스크의 투과도가 높은 것이다.

생리식염수 팩과 모세관 연결관 까지는 수액주사용 1회용 주사바늘 세트를 이용하여 도입관으로 사용하였다. 모세관 내에 공기방울을 형성시킨 직후 디지털 마이크로미터에 부착된 indicator를 공기방울의 가장 앞쪽과 일치되게 위치시키고, 디지털 마이크로미터의 계기판의 버튼을 눌러 영점 조정한다. 이후 주사바늘 세트

에 부착된 조절장치를 개방시켜 모세관을 통해 정수압이 전달되도록 하고, 10분 후 디지털 마이크로미터의 indicator를 공기방울의 가장 앞쪽까지 이동시켜 일치시키면 그 위치까지의 공기방울의 이동거리가 액정화면으로 표시된다. 공기방울과 indicator의 위치를 정밀하게 일치시키기 위해 실체 현미경(SMZ-1, Nikon, Tokyo, Japan)을 사용하여 관찰하였으며 이를 위해 디지털 마이크로미터를 현미경의 재물대에 장착하였다. 본 실험에서는 각각의 시편에 대해 20분간 관찰했으며 매 10분마다 이동거리를 측정하여 두 측정값의 평균값을 이용하여 hydraulic conductance를 측정하였다.

다. 실험 재료

본 실험에서는 아래와 같은 네 가지의 지각과민 처치제와 한 가지의 bonding resin을 사용하였다. 사용된 재료는 Table 1.과 같다.

Table 1. Desensitizing agents and bonding resin used in this study

	Composition	Manufacturer
All-Bond® 2 desensitizer	<ul style="list-style-type: none"> · N-tolyglycine-glycidyl methacrylate(NTG-GMA) · Biphenyl dimethacrylate (BPDM) · Acetone 	Bisco Inc., Illinois, U.S.A.
Seal & Protect®	<ul style="list-style-type: none"> · PENTA · Di,Trimethacrylate · Nanofiller · Acetone · Triclosan 	Dentsply Co., Pennsylvania, U.S.A.
Gluma® desensitizer	<ul style="list-style-type: none"> · Hydroxyethylmethacrylate(HEMA) · Glutaraldehyde · Purified water · Mequinol 	Heraeus Kulzer Inc., Indiana, U.S.A.
MS Coat®	<ul style="list-style-type: none"> · Polystyrene sulfonic acid · Polymethyl methacrylate(PMMA) · Oxalic acid 	Sun medical Co., Shiga, Japan
Dentin/Enamel Bonding Resin®	<ul style="list-style-type: none"> · BIS-GMA · HEMA 	Bisco Inc., Illinois, U.S.A.

라. 시편의 처리

실험에 사용된 총 56개의 상아질 디스크를 임의로 14개씩 네 개의 군으로 분류하였고, 각 군은 다시 임의로 7개씩 두 개의 하위 군으로 분류하였다. 생리식염수에 보관한 상아질 디스크 시편을 꺼내어 치관쪽 디스크 표면이 아래 챔버 쪽을 향하게 하도록 챔버 장치에 위치시킨 뒤 압력을 가하고 공기방울의 이동거리를 측정하여 이를 이용해서 약제 처치 전 hydraulic conductance (L_p)값(L_{p0})을 구하였다.

그 다음 각 군마다 서로 다른 지각과민 처치제를 제조회사의 지시대로 도포했는데, 각 군마다 7개의 시편은 지각과민 처치제만을 도포하고, 나머지 7개의 시편에는 지각과민 처치제를 도포한 후 bonding resin을 추가로 도포하였다. 이를 이전과 같은 방법으로 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하고 이를 이용해서 L_p 값(L_{p1})을 구하였다.

이후 칫솔질에 의한 마모가 약제 처치된 상아질의 투과도에 미치는 영향을 알아보기 위하여 마모실험을 시행하였다. Putty type의 부가중합형 고무인상재를 이용하여 시편을 마모시험기(model K236, Tokyo-Giken Co. Ltd., Tokyo, Japan) (Fig.3.) 챔버 내의 마운트에 고정한 후 마모시험기의 챔버에는 증류수를 채웠다. 치약의 입자성분에 의한 상아세관의 폐쇄 효과를 배제하기 위해 마모시험에서 치약은 사용하지 않았다. 시편 위에 320g의 중량을 가하여 마모실험을 진행하였는데 이는 Naomi등¹⁸⁾이 제시한 350g, Mandikos등¹⁹⁾이 제시한 450g에 근접한 중량이다. 칫솔질 횟수는 하루에 2번 그리고 한번 칫솔질 하는데 10회 왕복의 칫솔질을 시행하는 것으로 계산하여 1주일에 140회 왕복으로 정하였는데 이는 Mandikos등¹⁹⁾에 의해 제시된 기준인 하루 당 편도 44회의 칫솔질 횟수와 유사하다. 시편을 마모시험기 챔버 내에 위치시키고 약제가 도포된 표면에 1주일의 칫솔질 횟수에 해당하는 140회 왕복의 칫솔질을 마모 시험기를 이용하여 시행한 후 시편을 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하고 계산에 의하여 L_p

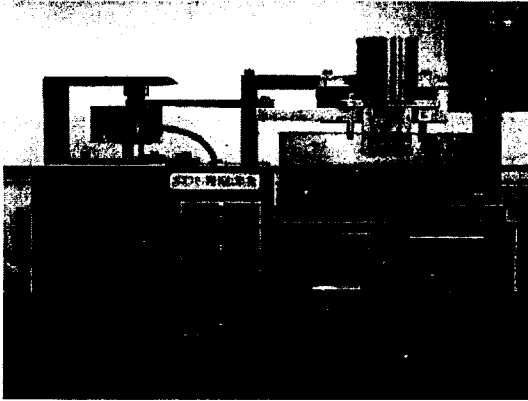


Fig.3. Toothbrush abrasion testing machine (model K236, Tokyo-Giken Co. Ltd., Tokyo, Japan).

값(L_p2)을 구하였다. 그 다음은 1주일에 해당하는 140회 왕복의 칫솔질(총 280회)을 추가하여 같은 방법으로 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하고 이를 가지고 L_p 값(L_p3)을 구하였다. 마지막으로 4주일에 해당하는 560회 왕복의 칫솔질(총 840회)을 추가한 후 같은 방법으로 스플릿 챔버 장치에 위치시켜서 공기방울의 이동거리를 측정하여 이를 이용하여 L_p 값(L_p4)을 구하였다.

마. 상아질 투과도

(1) Hydraulic conductance

Hydraulic conductance(L_p) 는 상아질 디스크를 통한 생리식염수의 투과량을 나타내며¹⁵⁾, 이는 다음의 공식에 의해 계산된다.

$$L_p = \frac{F}{P \times (SA) \times t} \quad \text{----- } \textcircled{1} \quad 20,21)$$

L_p : hydraulic conductance of dentin in $\mu\ell\text{cm}^{-2}\text{min}^{-1}\text{mmHg}^{-1}$

F : filtration rate in $\mu\ell$

P : hydrostatic pressure difference across dentin in mmHg

SA : dentin surface area in cm^2

t : time in minute

여기서 P(200mmHg), SA($\pi \times (0.2\text{cm})^2 = 0.126\text{cm}^2$), t(10minutes)의 3개의 변수는 항상 일정하므로 L_p 는 F에 비례한다고 볼 수 있다.

$$L_p \propto F \text{ ----- } \textcircled{2}$$

F는 모세관을 통해 이동한 공기방울의 거리를 $x\text{mm}$ 라고 할 때 다음과 같이 구해진다.

$$F = \pi \times (0.5)^2 \times x \times 10^3 \text{ ----- } \textcircled{3}$$

따라서 ②와 ③으로부터 L_p 는 x 에 비례한다고 볼 수 있다.

$$L_p \propto x \text{ ----- } \textcircled{4}$$

결과적으로 hydraulic conductance(L_p)는 공기방울의 이동거리(x)가 길어질 수록 커진다. ①에 각각의 값을 넣어서 계산하면 다음과 같다.

$$L_p = \frac{F}{P \times (SA) \times t} = \frac{\pi \times (0.5)^2 \times x \times 10^3}{200 \times \pi \times (0.2)^2 \times 10} = \frac{25x}{8} \text{ ----- } \textcircled{5}$$

(2) 퍼센트(%) 변화량

각 디스크 당 약제를 처치하기 전과 약제를 처치한 후의 L_p 값의 변화를 %변화량으로 나타내면 다음과 같다.

$$\% \text{변화량} = \frac{\text{처치후 } L_p t - \text{처치전 } L_p(L_p0)}{\text{처치전 } L_p(L_p0)} \times 100 \text{ ----- } \textcircled{6}$$

%변화량1: 약제 처리한 직후의 $L_p(L_{p1})$ 와 처리하기 전의 $L_p(L_{p0})$ 의

%변화량

%변화량2: 칫솔질 1주(왕복140회) 시행 후의 $L_p(L_p2)$ 와 처리하기 전의 $L_p(L_p0)$ 의 %변화량

%변화량3: 칫솔질 2주(왕복280회) 시행 후의 $L_p(L_p3)$ 와 처리하기 전의 $L_p(L_p0)$ 의 %변화량

%변화량4: 칫솔질 6주(왕복840회) 시행 후의 $L_p(L_p4)$ 와 처리하기 전의 $L_p(L_p0)$ 의 %변화량

바. 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscopy) 사진 관찰

각 지각과민 처치제 군 당 임의로 선정된 한 개의 상아질 디스크 표면을 주사 전자 현미경으로 관찰하였다. 시편처리 단계별로 각 시편을 분할하였는데, 시편 처리 전, 그리고 지각 과민 처치제만 도포한 군에서는 처리 후, 2주, 6주 칫솔질 시행 후, 지각과민 처치제와 Dentin/Enamel Bonding resin[®]을 도포한 군에서는 처리 후, 2주, 6주 단계로 분할하여 시편을 준비하였다. 각 시편은 완전히 건조시킨 후에 SEM stud에 부착한 후 gold sputter-coating하고 3,000배의 배율로 관찰하였다⁹⁾.

사. 통계분석

각 상아질 디스크 당 약제를 처치하기 전과 처치한 후, 그리고 칫솔질한 후의 L_p 값에 변화가 있는지 알아보기 위해서 Wilcoxon signed rank test를 사용했고, 지각 과민 처치제만을 도포한 군과 bonding resin을 추가로 도포한 군 간의 차이를 알아보기 위해서 Mann-Whitney test를 이용하여 통계분석 하였으며, SPSS Ver. 10.0 (SPSS Inc., Illinois U.S.A.) 프로그램을 사용하여 유의수준 5%로 시행하였다.

Ⅲ. 실험 성적

가. 약제의 처치 전과 처치 후, 칫솔질 시행 후의 hydraulic conductance(L_p)값과 퍼센트(%) 변화량

총 56개의 상아질 디스크 시편의 약제 처치 전과 처치 후의 L_p 값, %변화량을 Table 2~5 와 Fig. 4~7에 나타내었다. 각 약제의 L_p 값과 %변화량의 평균은 Table 6과 같다.

All-Bond[®] 2 만을 도포한 경우에 있어서 처치한 직후에는 평균 %변화량이 -89.1%로 상아질 투과도가 급격히 감소하였으나 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회) 시행하면 평균 %변화량이 각각 -53.2%, -16.7%로 상아질 투과도가 처치 직후에 비해 증가하고, 6주(840회) 시행 후에는 199.5%로 상아질 투과도가 계속 증가하여 6주 칫솔질 후에는 처치 전 보다 두 배에 가까운 상아질 투과도를 나타내었다.

All-Bond[®] 2 와 Dentin/Enamel bonding resin[®]을 도포한 경우에 있어서는 처치한 직후 평균 %변화량은 -97.7%로 상아질 투과도가 급격히 감소하였다. 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회), 6주(840회)시행한 결과 평균 %변화량이 각각 -98.4%, -93.9%, -98.9% 로서 칫솔질 횟수와 관계없이 상아질 투과도가 감소된 상태가 계속 유지되었다.

Seal & Protect[®] 만을 도포한 경우에 있어서는 처치한 직후에는 평균 %변화량이 -96.3%로 역시 상아질 투과도가 급격히 감소하였다. 칫솔질을 1주(140회) 시행한 후에는 평균 %변화량이 -96.8%로 계속 감소된 상태가 유지되었고, 2주(280회), 6주(840회) 시행한 결과 평균 %변화량이 각각 -87.2%, -71.9%로 처치 직후에 비해 증가하였으나, 처치 전에 비해서는 낮은 상아질 투과도를 나타내었다.

Seal & Protect[®] 와 Dentin/Enamel bonding resin[®]을 도포한 경우는 처치한 직후 평균 %변화량은 -97.9%로 상아질 투과도가 급격히 감소하였다. 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회) 시행한 결과 평균 %변화량이 각각 -96.3%, -92.4%로 증가하여 처치 직후에 비해 상아질 투과도가 증가하였으나, 칫솔질을 6주(840회) 시

행한 결과 평균 %변화량은 -98.1%로서 처치 전보다 상아질 투과도의 감소를 보였다. 즉, 칫솔질 횟수와 관계없이 처치 전에 비해서는 낮은 상아질 투과도를 나타내었다.

Gluma[®] 만을 도포한 시편에서는 처치한 직후에 평균 %변화량이 -90.2%로 상아질 투과도의 급격한 감소를 나타냈다. 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회), 6주(840회) 시행한 결과 평균 %변화량이 각각 -31.2%, 113.7%, 184.6%로 급격한 증가를 보였고, 특히 칫솔질 2주 후부터는 처치 전보다도 높은 상아질 투과도를 나타내었다.

Gluma[®] 와 Dentin/Enamel bonding resin[®]을 도포한 경우에는 처치한 직후 평균 %변화량이 -96.8%로서 상아질 투과도가 급격히 감소하였다. 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회), 6주(840회) 시행한 결과 평균 %변화량이 -96.4%, -90.2%, -85.9% 로 칫솔질 횟수의 증가에 따라 상아질 투과도가 약간 증가하였다.

MS Coat[®] 만을 도포한 시편에서는 처치한 직후의 평균 %변화량이 -79.8% 로 상아질 투과도의 급격한 감소를 나타냈다. 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회), 6주(840회) 시행한 결과 평균 %변화량이 각각 -48.9%, 34.3%, 53%로 처치 직후에 비해 급격한 증가를 보였고, 칫솔질 2 주 시행 후부터는 처치전보다 높은 상아질 투과도를 보였다.

MS Coat[®] 와 Dentin/Enamel bonding resin[®]을 도포한 경우는 처치한 직후 평균 %변화량이 -96.7%로 상아질 투과도가 급격히 감소하였다. 칫솔질을 1주(140회), 2주(280회), 6주(840회) 시행한 결과 평균 %변화량이 -87.8%, -58%, -56.2%로서 칫솔질 횟수의 증가에 따라 처치 직후에 비해 상아질 투과도가 증가하였다.

Table 2. All-Bond[®] 2 and All-Bond[®] 2 + Bonding resin: Hydraulic conductances and percentage(%) change values

	Lp0	Lp1	%change1 (%)	Lp2	%change2 (%)	Lp3	%change3 (%)	Lp4	%change4 (%)
All Bond[®] 2									
1	4.880	0.339	-93.1	0.608	-87.5	0.845	-82.7	0.286	-94.1
2	14.675	3.248	-77.9	16.761	14.2	26.384	79.8	97.656	565.5
3	13.488	2.078	-84.6	6.933	-48.6	7.666	-43.2	50.122	271.6
4	18.952	0.383	-98	3.648	-80.8	5.131	-72.9	14.523	-23.4
5	8.323	0.231	-97.2	0.491	-94.1	0.697	-91.6	4.592	-44.8
6	15.422	2.178	-85.9	3.520	-77.2	14.552	-5.6	29.344	90.3
7	5.016	0.348	-93.1	5.830	-16.2	12.031	139.9	45.344	804.1
All Bond[®] 2 + Bonding resin									
8	40.866	0.063	-99.9	0.217	-99.5	1.211	-97	0.163	-99.6
9	2.031	0.672	-66.9	0.092	-95.5	0.263	-87.1	0.022	-98.9
10	2.881	0.109	-96.2	0.106	-96.3	0.222	-92.3	0.017	-99.4
11	2.691	0.000	-100	0.181	-93.3	0.722	-73.2	0.208	-92.3
12	2.961	0.186	-93.7	0.186	-93.7	0.159	-94.6	0.038	-98.7
13	4.206	0.238	-94.4	0.141	-96.7	0.620	-85.3	0.077	-98.2
14	3.000	0.105	-96.5	0.000	-100	0.381	-87.3	0.097	-96.8

(L_p : hydraulic conductance of dentin in $\mu\text{L cm}^{-2} \text{min}^{-1} \text{mmHg}^{-1}$)

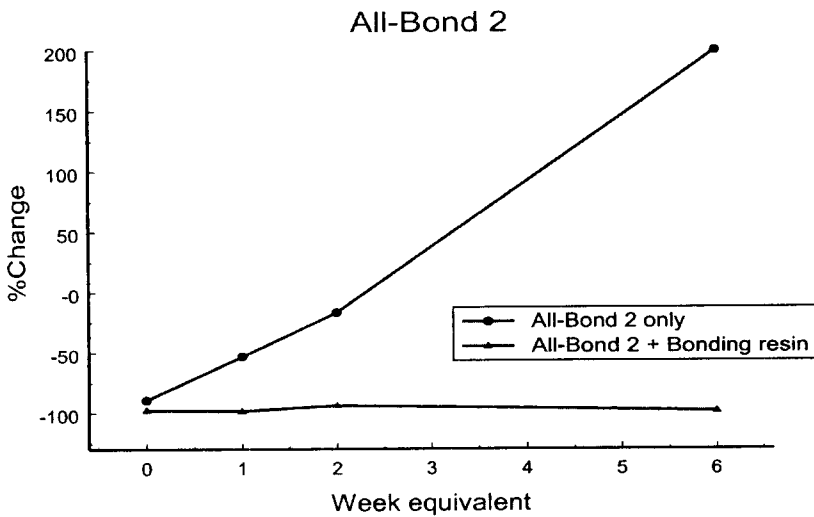


Fig.4. All-Bond[®] 2 and All-Bond[®] 2 + Bonding resin: Mean percentage(%) change values of hydraulic conductances.

Table 3. Seal & Protect[®] and Seal & Protect[®] + Bonding resin: Hydraulic conductances and percentage(%) change values

	Lp 0	Lp 1	%change1 (%)	Lp 2	%change2 (%)	Lp 3	%change3 (%)	Lp 4	%change4 (%)
Seal & Protect[®]									
1	4.488	0.209	-95.3	0.052	-98.9	0.100	-97.8	3.209	-28.5
2	5.863	0.220	-96.2	0.459	-92.2	0.925	-84.2	0.345	-94.1
3	5.016	0.098	-98.0	0.000	-100	0.177	-96.5	0.095	-98.1
4	7.469	0.191	-97.5	0.097	-98.7	2.125	-71.6	6.302	-15.6
5	23.342	0.283	-98.8	0.022	-99.9	0.036	-99.9	1.838	-92.1
6	1.305	0.505	-61.4	0.261	-80	1.470	12.7	2.103	61.2
7	2.194	0.317	-85.5	0.689	-68.6	1.539	-29.8	0.075	-96.6
Seal & Protect[®] + Bonding resin									
8	14.227	0.156	-98.9	0.338	-97.6	0.481	-96.6	0.334	-97.7
9	21.161	0.203	-99.0	0.631	-97	0.713	-96.6	0.050	-99.8
10	13.513	0.175	-98.7	1.000	-92.6	2.513	-81.4	0.000	-100
11	11.452	0.175	-98.5	0.600	-94.8	0.581	-94.9	0.855	-92.5
12	4.683	0.128	-97.3	0.341	-92.7	0.555	-88.2	0.238	-94.9
13	15.256	0.453	-97.0	0.086	-99.4	1.519	-90.1	0.056	-99.6
14	6.211	0.492	-92.1	0.220	-96.5	0.233	-96.2	0.094	-98.5

(L_p : hydraulic conductance of dentin in $\mu\text{lcm}^{-2}\text{min}^{-1}\text{mmHg}^{-1}$)

Seal & Protect

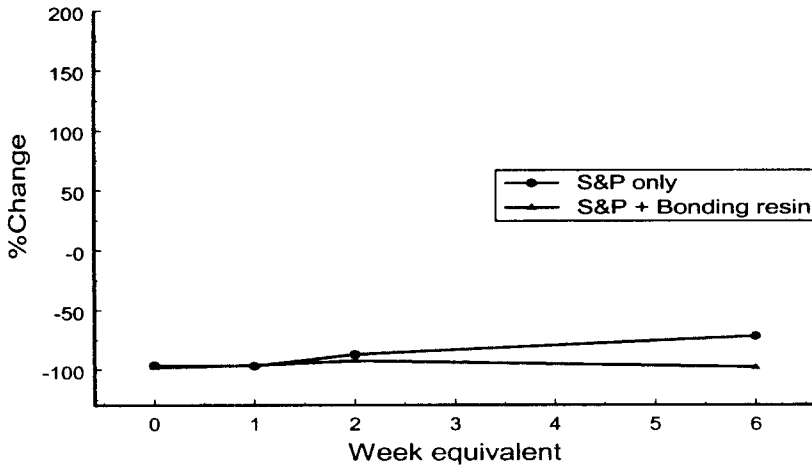


Fig.5. Seal & Protect[®] and Seal & Protect[®] + Bonding resin: Mean percentage(%) change values of hydraulic conductance.

Table 4. Gluma[®] and Gluma[®] + Bonding resin: Hydraulic conductances and percentage(%) change values

	Lp 0	Lp 1	%change1 (%)	Lp 2	%change2 (%)	Lp 3	%change3 (%)	Lp 4	%change4 (%)
Gluma[®]									
1	11.411	2.106	-81.5	15.822	38.7	53.925	372.6	35.475	210.9
2	8.442	0.641	-92.4	6.934	-17.9	17.986	113.1	46.509	450.9
3	9.322	3.520	-62.2	23.803	155.4	49.380	429.7	95.313	922.5
4	4.123	0.844	-79.5	8.234	99.7	38.903	843.5	34.994	748.7
5	24.663	1.061	-95.7	3.502	-85.8	15.631	-36.6	20.781	-15.7
6	9.580	0.077	-99.2	0.295	-96.9	2.050	-78.6	4.652	-51.4
7	18.205	0.117	-99.4	0.441	-97.6	5.353	-70.6	6.283	-65.5
Gluma[®] + Bonding resin									
8	7.175	0.227	-96.8	0.209	-97.1	0.513	-92.9	0.648	-91.0
9	7.434	0.305	-95.9	0.078	-98.9	0.250	-96.6	0.227	-96.3
10	9.227	0.173	-98.1	0.372	-96.0	0.270	-97.1	0.070	-99.2
11	12.142	0.195	-98.4	0.314	-97.4	0.303	-97.5	0.423	-96.5
12	13.408	0.609	-95.5	0.997	-92.6	3.377	-74.8	7.034	-47.5
13	7.817	0.708	-91.0	0.755	-90.4	2.709	-65.3	1.814	-76.8
14	18.202	0.222	-98.8	0.020	-99.9	0.000	-100.0	0.336	-98.2

(L_p : hydraulic conductance of dentin in $\mu\text{cm}^{-1}\text{min}^{-1}\text{mmHg}^{-1}$)

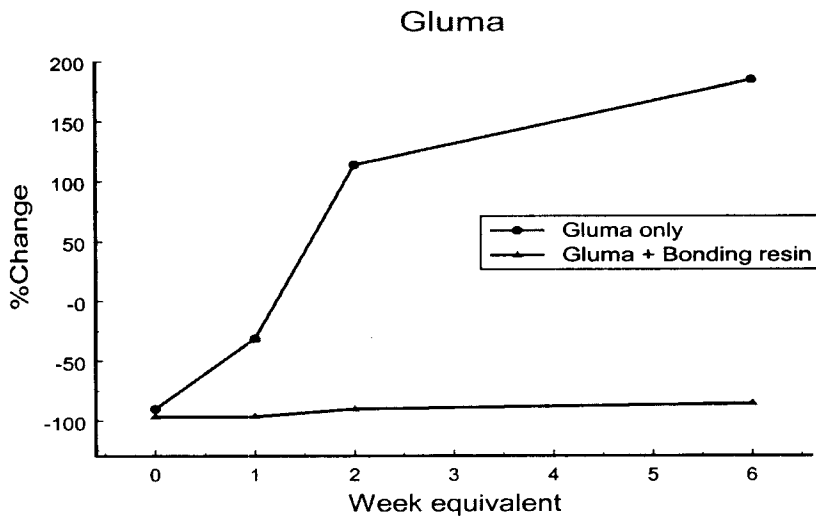


Fig.6. Gluma[®] and Gluma[®] + Bonding resin: Mean percentage(%) change values of hydraulic conductance.

Table 5. MS Coat[®] and MS Coat[®] + Bonding resin: Hydraulic conductances and percentage(%) change values

	Lp 0	Lp 1	%change1 (%)	Lp 2	%change2 (%)	Lp 3	%change3 (%)	Lp 4	%change4 (%)
MSCoat[®]									
1	19.153	9.613	-49.8	16.711	-12.8	30.844	61.0	7.891	-58.8
2	3.644	0.559	-84.7	0.866	-76.2	2.941	-19.3	4.422	21.4
3	6.955	1.402	-79.9	4.884	-29.8	15.170	118.1	24.547	252.9
4	6.797	0.234	-96.6	4.070	-40.1	17.297	154.5	28.992	326.6
5	7.659	0.000	-100.0	1.447	-81.1	4.580	-40.2	13.767	79.7
6	2.545	0.464	-81.8	2.291	-10.0	9.569	275.9	12.897	406.7
7	14.322	0.095	-99.3	0.919	-93.6	1.592	-88.9	0.906	-93.7
MSCoat[®] + Bonding resin									
8	10.789	0.000	-100.0	0.809	-92.5	9.741	-9.7	0.834	-92.3
9	14.491	0.278	-98.1	2.302	-84.1	6.877	-52.6	8.941	-38.3
10	11.727	0.217	-98.2	0.648	-94.5	0.653	-94.4	0.147	-98.8
11	12.125	0.183	-98.5	0.450	-96.3	1.364	-88.8	1.428	-88.2
12	3.730	0.681	-81.7	1.092	-70.7	2.319	-37.8	2.313	-38.0
13	12.128	0.000	-100.0	0.178	-98.5	1.988	-83.6	0.244	-98.0
14	34.970	1.989	-94.3	6.678	-80.9	19.063	-45.5	29.909	-14.5

(L_p : hydraulic conductance of dentin in $\mu\text{l cm}^{-2} \text{min}^{-1} \text{mmHg}^{-1}$)

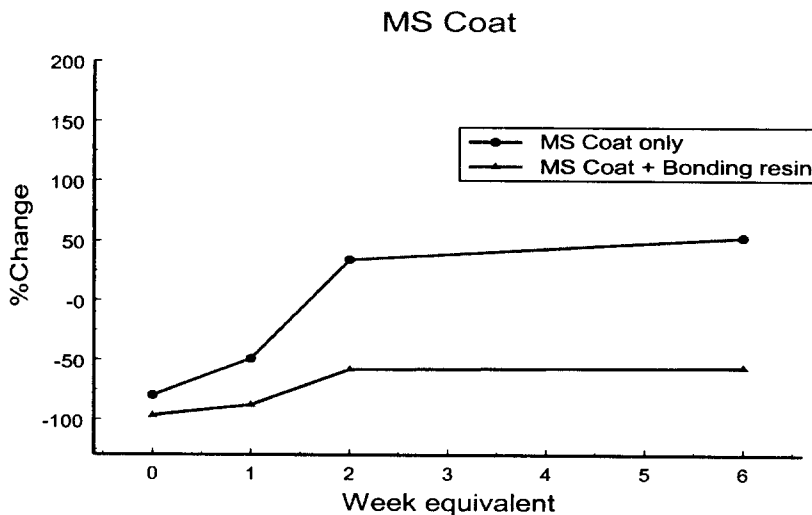


Fig.7. MS Coat[®] and MS Coat[®] + Bonding resin: Mean percentage(%) change values of hydraulic conductance.

Table 6. Mean of Lp values and percentage(%) change values

	Lp 0	Lp 1	%change1 (%)	Lp 2	%change2 (%)	Lp 3	%change3 (%)	Lp 4	%change4 (%)
All-Bond [®] 2	11.536	1.258	-89.1	5.399	-53.2	9.615	-16.6	34.552	199.5
All-Bond [®] 2 + Bonding resin	8.379	0.196	-97.7	0.132	-98.4	0.511	-93.9	0.089	-98.9
Seal&Protect [®]	7.096	0.260	-96.3	0.226	-96.8	0.910	-87.2	1.995	-71.9
Seal&Protect [®] + Bonding resin	12.357	0.255	-97.9	0.459	-96.3	0.942	-92.4	0.232	-98.1
Gluma [®]	12.249	1.195	-90.2	8.433	-31.2	26.175	113.7	34.858	184.6
Gluma [®] + Bonding resin	10.772	0.348	-96.8	0.392	-96.4	1.060	-90.2	1.515	-85.9
MS Coat [®]	8.725	1.767	-79.8	4.455	-48.9	11.713	34.3	13.346	53.0
MS Coat [®] + Bonding resin	14.280	0.478	-96.7	1.737	-87.8	6.000	-58.0	6.259	-56.2

(L_p : hydraulic conductance of dentin in $\mu\text{Lcm}^{-2}\text{min}^{-1}\text{mmHg}^{-1}$)

Table 7. Comparison of percentage(%) change values before and after treatment in 8 groups (Wilcoxon signed rank test)

	%change2-%change1	%change3-%change2	%change4-%change3
All-Bond [®] 2	0.018*	0.018*	0.028*
All-Bond [®] 2+Bonding resin	0.463	0.028*	0.018*
Seal&Protect [®]	0.612	0.018*	0.499
Seal&Protect [®] + Bonding resin	0.310	0.028*	0.063
Gluma [®]	0.018*	0.018*	0.398
Gluma [®] + Bonding resin	0.735	0.176	0.612
MS Coat [®]	0.018*	0.018*	0.091
MS Coat [®] + Bonding resin	0.018*	0.018*	0.735

*: p<0.05, statistically significant

약제의 처치 전과 처치 후, 칫솔질 시행 후의 L_p 값의 통계학적인 차이를 알기 위하여 Table 7의 Wilcoxon signed rank test를 시행한 결과, All-Bond[®]2 만 도포한 경우는 약제 처치 전과 처치 직후, 칫솔질 1주와 처치 직후, 칫솔질 2주와 1주, 6주와 2주에서 모두 상아질 투과도가 통계학적인 유의차를 보였다.

All-Bond[®] 2 와 Bonding resin을 도포한 경우는 약제 처치 전과 처치 직후, 칫솔질 2주와 칫솔질 1주, 6주와 2주에서의 상아질 투과도의 차이가 있는 것으로 나타났다.

Seal & Protect[®] 만 도포한 경우는 약제 처치 전과 처치 직후, 칫솔질 2주와 칫솔질 1주에서만 차이가 있는 것으로 나타났고, Seal & Protect[®]와 Bonding resin을 도포한 경우는 약제 처치 전과 처치 직후, 칫솔질 2주와 1주, 6주와 2에서 차이가 있는 것으로 나타났다.

Gluma[®] 만을 도포한 경우는 약제 처치 전과 처치 직후, 칫솔질 1주와 처치 직후, 칫솔질 2주와 1주간에 상아질 투과도의 차이가 있었고, Gluma[®]와 Bonding resin을 도포한 경우는 약제 처치 전과 처치 직후 사이에만 차이가 있었다.

MS Coat[®] 만을 도포한 경우에는 약제 처치 전과 처치 직후, 칫솔질 1주와 처치 직후, 칫솔질 2주와 1주, 6주와 2주사이에 차이가 있었고, MS Coat[®] 와 Bonding resin을 도포한 경우에는 약제 처치 전과 처치 직후, 칫솔질 1주와 처치 직후, 칫솔질 2주와 1주에 상아질 투과도에 차이가 있었다($p < 0.05$).

약제의 처치 전과 처치 후, 칫솔질 시행 후의 L_p 값의 % 변화량에 차이가 있는지 보기 위한 Wilcoxon signed rank test결과에 있어서도 위에 기술한 것과 같은 양상을 보였다($p < 0.05$ Table 7.).

Table 8. Comparison of %change values before and after treatment
in 8 groups (Mann-Whitney test)

	%change1	%change2	%change3	%change4
All-Bond [®] 2				
vs				
All-Bond [®] 2 + Bonding resin	0.225	0.004*	0.013*	0.003*
Seal&Protect [®]				
vs				
Seal&Protect [®] +Bonding Resin	0.142	0.848	0.565	0.018*
Gluma [®]				
vs				
Gluma [®] +Bonding resin	0.338	0.035*	0.006*	0.004*
MS Coat [®]				
vs				
MS Coat [®] + Bonding resin	0.223	0.025*	0.048*	0.035*

*: p<0.05, statistically significant.

지각과민 처치제만 도포한 군과 지각과민 처치제와 bonding resin을 같이 도포한 군간에 처치 직후, 칫솔질 1주, 2주, 6주 시행후 효과가 차이가 있는지 알아보기 위해서 Mann-Whitney test를 시행하였다.

그 결과 All-Bond 2[®] 군에서는 칫솔질 1주, 2주, 6주에서 All-Bond 2[®] 만 도포한 군과 Bonding resin을 추가로 도포한 군간에 상아질 투과도에 차이가 있었고, Seal & Protect[®] 군에서는 칫솔질 6주에서만 Seal & Protect[®] 만을 도포한 군과 Bonding resin을 추가로 도포한 군간에 차이가 있었다.

Gluma[®] 군과 MS Coat[®] 군에서는 칫솔질 1주,2주,6주에서 두 군간에 차이가 있었다 (p<0.05, Table 8.).

나. 주사 전자 현미경 소견

Fig.8~13 에서는 All-Bond[®] 2 로 처리한 시편의 모습을 보여주고 있다. Fig. 8은 All-Bond[®] 2 처리전의 시편으로서 초기 시편처리 직후에 개방된 상아세관을 볼 수 있다. Fig.9 는 All-Bond[®] 2 만을 처리 한 시편으로 전반적인 상아세관의 내경의 감소와 몇 개의 폐쇄된 세관이 관찰된다. Fig.10과 11은 각각 칫솔질 2주, 6주 후의 사진으로서 칫솔질로 인한 마모로 상아세관이 점차로 개방된 것을 볼 수 있다.

Fig.12 는 All-Bond[®] 2 와 Bonding resin을 도포한 시편의 사진으로 Bonding resin 에 의해 거의 모든 세관이 완전히 막혀있다. Fig.9 와 비교했을 때 그 폐쇄 양상이 더 확실하다. Fig.13은 All-Bond[®] 2 와 Bonding resin을 도포한 시편에서 6주 칫솔질 시행후 사진으로 마모 양상은 나타나지만 아직 다수의 세관이 폐쇄되어 있다.

Fig.14~17 에서는 Seal & Protect[®]로 처리한 시편의 모습을 보여주고 있다. Fig.14는 Seal & Protect[®] 처리 전 시편의 모습이고, Fig.15는 Seal & Protect[®] 로 처리한 직후의 시편 사진으로 상아세관이 완전히 폐쇄되어 있다. Fig.16은 Seal & Protect[®] 만 처리한 시편을 6주간 칫솔질한 후의 모습으로 세관 내가 거의 막혀 있는 양상이다. Fig.17 은 Seal & Protect[®]와 Bonding resin을 도포 후 6주 칫솔질 시행한 시편의 사진이다. 세관이 완전히 막혀있는 모습을 볼 수 있다.

Fig.18~22 는 Gluma[®] 로 처리한 시편의 사진들이다. Fig.19 에서는 Gluma[®] 처리 직후 상아세관의 직경이 감소하거나 일부 폐쇄된 세관의 양상을 보여준다. Fig.20, 21 에서는 Gluma[®] 만 처리한 시편에 각각 2주,6주 에 해당하는 칫솔질을 시행한 후의 모습을 보여주는데 세관의 개방 정도가 비슷한 것을 볼 수 있다. Fig. 22 는 Gluma[®] 와 Bonding resin을 도포한 시편의 6주 칫솔질 후 사진인데 여전히 세관이 완전히 막혀 있는 양상이다.

Fig.23~27 는 MS Coat[®]로 처리한 시편의 모습을 보여준다. Fig.23은 MS Coat[®]처리 직전의 시편으로 상아세관이 완전히 개방되어 있다. Fig.24는 MS Coat

®를 처리한 직후의 사진으로 세관직경의 감소와 일부 세관의 폐쇄를 볼 수 있다. Fig.25, 26은 2주, 6주에 해당하는 칫솔질을 함으로써 MS Coat®층이 마모되어 가는 양상을 보여준다. Fig.27은 MS Coat®와 Bonding resin을 같이 도포한 시편의 6주 칫솔질 후 양상을 보여주는데, Fig.26과 비교하면 현저한 세관의 내경 감소와 폐쇄 상태를 관찰할 수 있다.

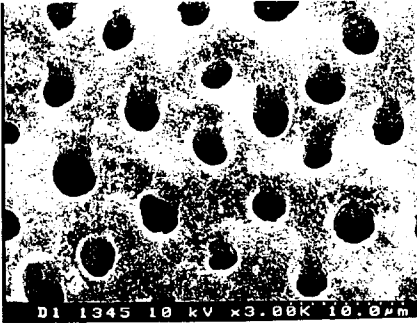


Fig.8. All-Bond[®] 2 : SEM of dental surface before agent treatment.

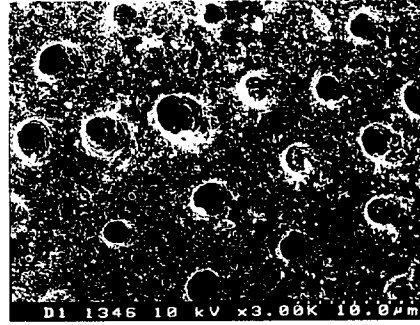


Fig.9. All-Bond[®] 2 : SEM of dental surface after agent treatment.

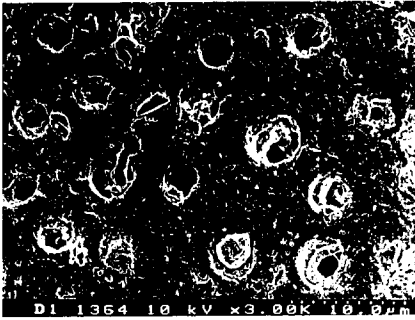


Fig.10. All-Bond[®] 2 : SEM of dental surface after 2-week toothbrushing.

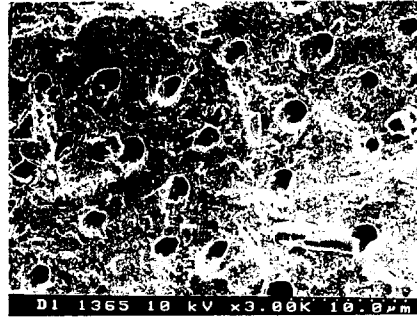


Fig.11. All-Bond[®] 2 : SEM of dental surface after 6-week toothbrushing.

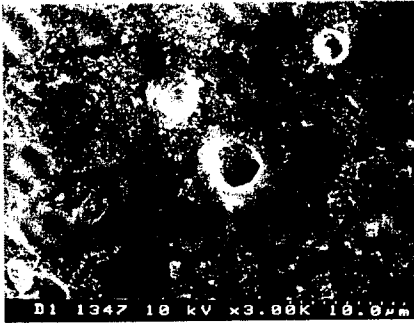


Fig.12. All-Bond[®] 2 + Bonding resin : SEM of dental surface after agent treatment.

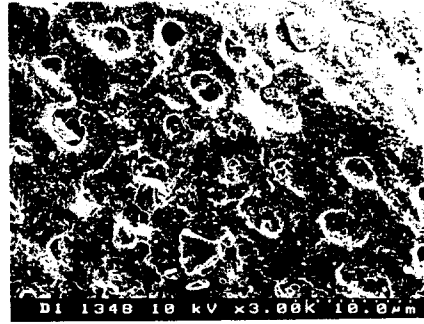


Fig.13. All-Bond[®] 2 + Bonding resin : SEM of dental surface after 6-week toothbrushing.

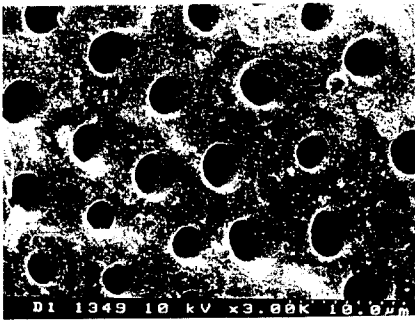


Fig.14. Seal & Protect[®] : SEM of dental surface before agent treatment.

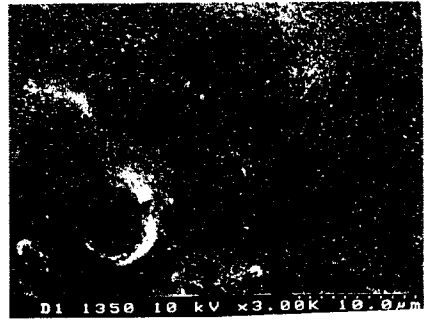


Fig.15. Seal & Protect[®] : SEM of dental surface after agent treatment.



Fig.16. Seal & protect[®] : SEM of dental surface after 6-week toothbrushing.

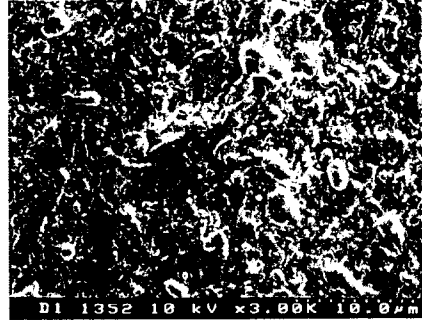


Fig.17. Seal & Protect[®] + Bonding resin : SEM of dental surface after 6-week toothbrushing.

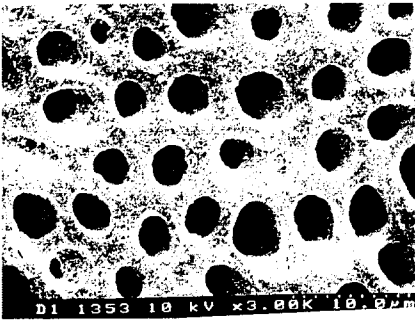


Fig.18. Gluma[®]: SEM of dental surface before agent treatment.

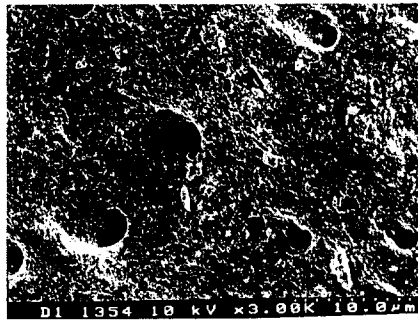


Fig.19. Gluma[®]: SEM of dental surface after agent treatment.

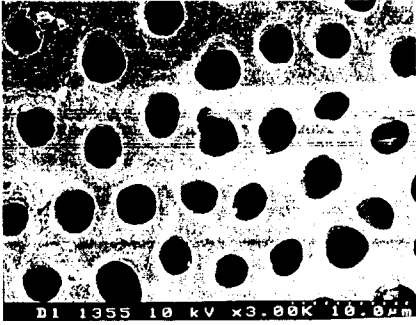


Fig.20. Gluma[®] : SEM of dentinal surface after 2-week toothbrushing.

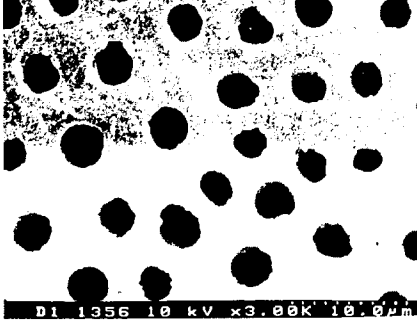


Fig.21. Gluma[®] : SEM of dentinal surface after 6-week toothbrushing.

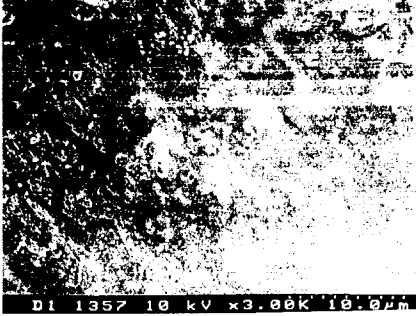


Fig.22. Gluma[®] + Bonding resin : SEM of dentinal surface after 6-week toothbrushing.

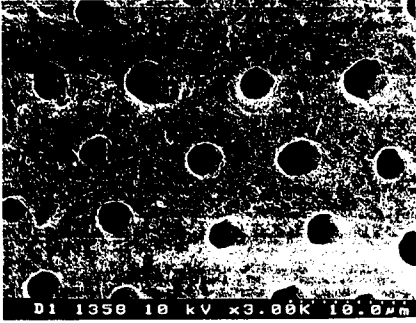


Fig.23. MS Coat[®]: SEM of dental surface before agent treatment.



Fig.24. MS Coat[®]: SEM of dental surface after agent treatment.

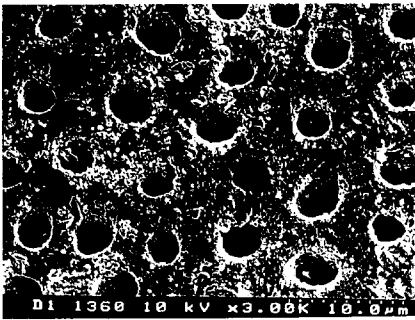


Fig.25. MS Coat[®]: SEM of dental surface after 2-week toothbrushing.

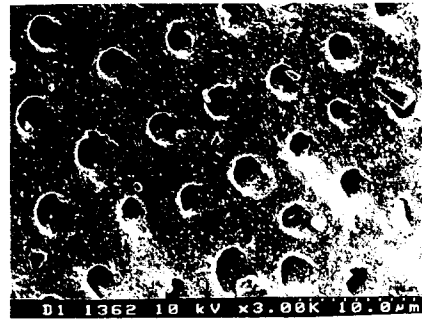


Fig.26. MS Coat[®]: SEM of dental surface after 6-week toothbrushing.



Fig.27. MS Coat[®] + Bonding resin : SEM of dentinal surface after 6-week toothbrushing.

IV. 총괄 및 고찰

Brännström⁵¹⁾은 형태학적인 연구 결과 상아질의 주변부에는 신경섬유가 없음을 알아내었다. 이를 바탕으로 상아질의 통증 전달에는 새로운 기전이 있음을 주장하였는데 이것이 유체역학 이론(hydrodynamic theory)의 시초이다. 임상적으로도 상아질은 신경섬유가 분포된 부위에서 통증을 유발하는 자극에 반응하지 않는다. 예를 들어, 등장액의 염화칼륨은 상아질에서는 통증을 유발하지 않으며, 치수와 직접 접촉할 때만 통증을 유발한다. 이렇게 시작된 유체역학 이론에 의하면, 치아삭제 등으로 상아질이 노출되면 상아세관내의 수분은 열, 삼투압, 증발, 촉각 자극 등에 의해 움직이게 되고, 이 액체의 움직임이 조상아세포, 신경말단, 혈관 등에 기계적 자극, 손상 등을 주어서 통증이 유발된다⁵⁾. 이러한 상아세관을 통한 세관 액의 이동을 세관내 투과라고 하며^{23,24)}, 이는 노출된 상아질이나 보상 상아질(reparative dentin)의 지각과민을 일으키고⁸⁾ 치수로부터 바깥방향을 향하는 세관 액의 이동과 연관되어 있다²⁴⁾. 상아질을 산 부식시키면 상아질 표면의 도말층과 도말층 충전물이 제거되어 투과도가 증가하며 동시에 약 2-7 μ m 정도의 관간 상아질의 무기물질까지 제거 된다. 그 결과 남아 있는 교원섬유소 사이로 무기물질들이 있던 공간이 생기게 되고 이 공간으로 레진이 젖어들 수 있게 되는데²⁵⁾ 이와 같이 외부물질이 세관간 상아질로 유입되는 것과 관련된 것이 세관간 투과이다^{23,24)}. 따라서 상아질의 산 부식 후 개방된 세관을 막아주어서 지각과민과 변연 누출을 방지하는 것은 세관내 투과와 관련되며 본 연구에서 말하는 투과도는 주로 세관내 투과도를 의미한다. 자극이 상아질을 관통해서 치수신경에 전달되는 것은 유체역학적인 액체의 이동과 확산에 의한 것이다. 자극의 전달이 확산에 의한 것이든 액체의 움직임에 의한 것이든 상아세관이 개방된 곳에서 일어난다. 따라서, 상아질 지각과민증은 상아세관의 크기와 개방도에 직접 관련된다⁶⁾.

무기물질과 유기물질(교원섬유)이 상아질 구성 성분의 80% 정도를 차지하며, 상아질은 상아세관이라는 특징적인 구조를 가지는데 이는 상아-법랑 경계에서 또

는 백악질에서 치수강까지 연결된 통로로서 조상아세포에 의해 생긴 것이다. 해부학적으로 상아세관의 수는 상아-법랑 경계 부근에서는 mm^2 당 15,000 개, 치수 근처에서는 65,000 개이고, 각각의 상아세관은 역 삼각뿔 형태로서 크기가 상아-법랑 경계에서 가장 작고 치수 부근에서 가장 크다. 상아-법랑 경계에서부터 멀어질수록 상아세관의 밀도와 직경이 증가하므로 상아질의 투과도는 상아-법랑 경계에서 가장 낮고 치수에서 가장 높다. 상아세관의 밀도는 상아질의 위치에 따라 다른데, 상아-법랑 경계에서는 가장 밀도가 작고, 치수강과 경계를 이루는 전상아질(predentin)의 표면에서 밀도가 가장 높다. 치관부 상아질과 치근부 상아질의 상아세관의 밀도에도 차이가 있는데 치근부 상아질이 치관부 상아질보다 그 밀도가 낮다. 상아세관내에는 조상아세포의 돌기와 상아세관액이 존재한다. 상아세관의 내강은 무기질 성분이 많은 관내 상아질(intratubular dentin)로 구성된다. 이 관내 상아질은 유기물질은 거의 없고 대부분이 아파타이트 결정(apatite crystal)으로 구성되어져 있다. 이런 관내 상아질의 외부에는 아파타이트에 의해 강화된 type I 교원섬유로 구성된 관간 상아질(intertubular dentin)이 존재한다. 상아세관의 직경은 상아질의 내부와 외부에 따라 다른데 치수 근처에서는 평균 $2.5\mu\text{m}$, 상아-법랑 경계에서는 평균 $0.8\mu\text{m}$ 이다⁵⁰. 측면 상아질은 교합면 상아질 보다 훨씬 투과성이 높으며, 전부금관을 위한 지대치 형성시에 구치부에서는 1cm^2 당 3-4백만 개의 노출된 상아세관이 존재한다⁷.

상아질 투과도가 임상적인 지각과민증과 관련됨을 입증하고 지각과민증을 치료하기 위한 많은 연구가 진행되어 왔다. Brännström 등⁸)은 압력, 온도, 모세관 작용 등이 상아세관 내 액체의 흐름에 미치는 영향에 대한 연구를 통하여, 따뜻한 물은 치수반대방향으로 액체의 움직임을 유발하고, 차가운 물과 공기는 치수 쪽으로 액체의 움직임을 유발하였으며, 액체의 움직임은 초당 1mm 정도로 빠른 속도였다고 보고하였다. Outwaite 등⁹)에 의해 상아질의 hydraulic conductance(L_p)를 이용하여 상아질 투과도를 측정하는 방법이 처음으로 소개되었고, 그 후 hydraulic conductance를 정량적으로 측정하기 위해 스플릿 챔버장치가 고안되었다¹⁰. 또한 Pashley¹²)는 타액, 세균부유물, 혈장단백질, fibrinogen, glycoprotein, 혈소판, α -, β - globulin 등의 분자량이 큰 물질들에 의해 L_p 값의 감소가 야기됨을

보고하였다. 1983년에는 산 부식된 상아질과 부식되지 않은 상아질간의 온도에 따른 생리식염수의 이동속도에 대한 비교를 하였다. 온도가 증가할수록 투과도도 높아졌고, 특히 산 부식된 상아질에서 더 크게 증가하였는데, 이는 hydrodynamic 한 자극의 조절에 도말층의 역할이 중요함을 보여주는 것이었다¹³⁾.

도말층은 치과용 기구사용에 의해 형성되는데, 석회화된 치아조직을 치과용 수작업 기구 혹은 회전절삭 기구로 삭제하였을 때 생성된다. 이는 상아질의 정상적인 구조를 덮고, 상아세관 내로 수 μm 까지 도말층 충전물을 형성한다. 도말층은 부분적으로 변성된 교원질과 무기물의 혼합이며, 서로 긴밀히 연결된 미세 결정 입자로 이루어진 조직 과편으로서 물로 제거되지 않으나 산으로 처리하면 용해된다. 보통 1~5 μm 정도의 두께로 덮여 있으며 절삭기구의 종류에 따라서 그 두께가 달라질 수 있다^{25,27)}. Dippel 등²⁶⁾에 의하면 실제 임상에서는 치아삭제 시 다이아몬드 바, 카바이드 바, 치즐 같은 수작업 기구로 삭제 후 발생하는 도말층은 사용된 바의 종류나 회전속도에 관계없이 산 부식후 비슷한 세관개방의 효과를 나타낸다고 하였다. 본 연구에서는 도말층의 효과를 재현하기 위해서 320grit의 연마지로 상아질 디스크 표면을 30초 동안 문질러서 도말층을 생성시켰다.

역사적으로 수복 치료 중 도말층의 처리여부에 대해서 다양한 논쟁이 있어왔는데, Pashely 등은 도말층이 상아세관의 입구를 폐쇄시킴으로써 치수로 전해지는 유해물질의 확산을 막을 수 있고 여러 박테리아가 치수로 침범하는 것을 막아주는 장벽 역할을 하며 와동 이장재 보다도 상아질 투과도를 더 잘 감소시킬 수 있는 점들을 들어서 도말층을 남겨야한다고 주장했다^{28,29,30)}. 반면, Brännström 등³²⁾은 도말층이 남아있을 경우 복합 레진과 접착시 결합강도를 약화시키고, 이로 인한 상아질 표면과의 부착력이 제한되는 결과 변연 누출이 일어나는 단점을 지적하고 도말층을 제거하면 이장재료와 수복재료의 결합력이 증가하기 때문에 이를 제거해야 할 필요가 있다고 했다³³⁾. 기타 다른 연구에 의하면 특정 수복재를 사용시에만 선택적으로 도말층을 제거할 것을 주장하였다. 예를 들어 Garcia 등³³⁾은 글래스아이오노머 수복물 사용시 도말층을 제거하는 것이 유리하다고 했고, Srisawaski 등³⁴⁾은 글래스아이오노머 이장재가 없는 복합 레진 수복시에는 도말층을 유지할 것을 주장하였다. Bonding 과정에서 도말층을 유지하는 경우 단점은

도말층 자체가 그 하방의 상아질과 5MPa 정도로 낮은 결합강도를 가지는 것이다. 따라서, 최근의 접착 시스템에서는 도말층을 완전히 제거하고 관주 상아질(peritubular dentin)과 관간 상아질까지 산 부식하거나, 도말층 충전물 만을 남겨서 상아질 투과도를 감소시키고 관간 상아질을 산 부식한다²⁵⁾.

Gillam 등¹⁾에 의하면 상아질 지각과민증은 인구의 8~35% 에서 발현한다고 하며, 또 다른 연구에 의하면 미국에서는 4천만명의 성인에서 발현되고, 전 세계적으로는 인구의 15 % 에서 발현된다고 한다²⁾. 유체역학이론에 따르면 지각과민 증상을 나타내는 상아질은 개방된 상아세관을 가진 상아질이라 생각되어진다. 실제로 Absy 등¹⁴⁾은 지각과민 증상을 보이는 상아질은 정상적인 상아질보다 개방된 상아세관의 수가 많고 직경이 더 크다고 보고하였다. 따라서 상아질 지각과민증의 해소를 위해서는 상아세관을 통한 액체의 이동을 줄이거나 차단해야 한다.

역사적으로 상아질 지각과민증 해소를 위한 지각과민 처치제로 다양한 약제들이 사용되어 왔다. Calcium hydroxide 는 관주 상아질(peritubular dentin)의 광화를 촉진시키는 작용을 하여 Greenhill등⁴⁰⁾ 에 따르면 상아질 투과도를 21% 감소시켰으며 Levin 등⁵³⁾에 의하면 118개의 치아를 대상으로 한 연구결과 98%에서 매우 효과적이었다. Silver nitrate는 단백질을 침전작용이 있어 세관내 단백질을 침전시킴으로써 지각과민을 감소시킨다. Sodium Fluoride는 Lukomsky 등⁵⁴⁾에 의해 국소적인 불소도포로 지각과민증을 치료하려는 시도에 사용되었고, 보상 상아질 형성을 촉진하거나 세관내에 calcium fluoride를 침전시키는 작용을 한다. Glucocorticoids도 사용되었는데 Mjor³⁵⁾ 에 의하면 스테로이드를 도포하면 관주상아질의 광화가 촉진되어 세관내 직경이 감소하므로써 상아질 지각과민이 해소된다고 보고하였으나 그 기전은 아직 분명하지 않다. Resin에 의해 상아세관을 폐쇄하는 방법도 있는데, Brännström 과 Nordenvall³⁶⁾에 의하면 unfilled resin 성분의 bonding agent를 침투시켜 상아질 통증이 감소됨을 보고하였는데 unfilled resin은 치수에 염증 작용이 거의 없고 Brännström 등³⁷⁾은 unfilled resin을 도포하여 20명의 환자에 대해 2-12 개월 간 관찰한 결과 즉각적이고도 지속적인 지각차단효과를 얻었다. 치약도 같은 목적으로 사용되는데 치약의 연마제 입자가 상아세관을 막아서 지각과민증을 감소시키는 효과를 한다⁴⁾.

이에 비해 지각과민 처치제를 사용했을 때 효과가 오래가지 않는 경우의 원인, 즉 지각과민 처치제의 마모에 대한 연구는 아직까지는 미미한 상태이다. 이 등¹¹⁾에 의하면 All-Bond[®] 2 desensitizer, Seal & protect[®], Gluma[®] desensitizer, MS Coat[®]의 경우 약제 도포 직후에는 모두 급격한 상아질 투과도의 감소를 보이나 이후 1주, 2주 칫솔질 후에는 상아질 투과도가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 지각과민처치제가 칫솔질에 의해 쉽게 마모되는 것을 보여주는 것으로, 6주에 이르면 다시 상아질 투과도의 감소를 보이는데 이는 칫솔질의 마모효과에 의해 도말층이 형성되었기 때문이라고 하였다. 그러나 실제 환자에서는 지각과민증이 재발하게 되면 적절한 칫솔질이 어려우므로 칫솔질에 의한 도말층 형성을 기대하는 것에는 무리가 있을 것이다. 따라서 지각과민처치제의 효과가 칫솔질에 의한 마모에도 불구하고 더 지속 되도록 하는 노력이 필요하다. 이를 위해 본 실험에서는 지각과민처치제 도포 후에 임상에서 쉽게 적용할 수 있는 재료로서 bonding resin을 추가 도포하여 마모에 의한 영향을 알아보고자 하였다.

치약이 상아질 지각과민증에 미치는 효과의 기전은 치약의 성분이 개방된 상아세관을 막거나 상아질 표면을 마모시켜 도말층을 형성하는 것이다³⁹⁾. 구강 내에서 치약을 사용하여 칫솔질을 하는 경우에 치약성분과 도말층의 혼합이 일어나 불용성이고 항산성이며 재광화된 성분을 형성하고 이들이 세관내에 개재되어 기계적인 차단 막을 형성한다³⁶⁾. Mostafa 등¹⁶⁾은 상아세관을 폐쇄하여 지각과민을 감소시키는 치약의 효과에 대해 주사 전자 현미경과 X-ray 회절 분석을 이용하여 연구하였는데 미세한 실리카 입자를 가지는 치약에서 이런 효과가 우수했다. 본 실험에서는 마모시험기에 칫솔을 부착하고 치약은 사용하지 않았으며 마모시험기의 챔버에는 증류수만을 채웠다. 이는 치약에 의한 영향을 배제하고 칫솔질에 의한 마모효과만을 보기 위함이다. 칫솔은 Oral-B[®] (nylon-tufted, Oral-B Inc., Belmont, CA, U.S.A.) 칫솔을 사용하였다.

본 실험에서 치약 없이 칫솔질에 해당하는 마모실험을 시행한 결과 지각과민 처치제만을 처치한 시편에서 칫솔질 횟수가 증가함에 따라 상아질 투과도도 계속적으로 증가함을 볼 수 있었다. 이는 이 등¹¹⁾의 실험과 다른 결과로서 이 등이 주장한 바와 같이 칫솔질에 의해 도말층이 형성되어 상아질 투과도가 감소하였다기

보다는 치약입자에 의한 상아세관 폐쇄가 주원인이었을 것으로 사료된다. 반면, Masaru 등¹⁷⁾에 의하면 연마제로서 calcium hydrogen phosphate 를 함유한 치약을 이용하여 칫솔질을 하는 경우 상아세관이 개방되고 반면 치약을 사용하지 않고 칫솔질을 시행한 결과 pellicle을 함유한 유기물에 의해 상아세관의 폐쇄가 일어나 상아질 지각과민증 해결에 유리하다고 하였다. 그러나 본 실험에서는 시편 처리 과정에서 산부식에 의해 상아질 표면의 유기물 성분이 상당히 제거되었을 것으로 생각할 수 있으므로 이런 효과는 기대할 수 없다.

지각과민을 치료하는 지각과민 처치제와 bonding resin의 칫솔질에 의한 마모가 상아질 투과도에 미치는 영향을 알아보기 위해서 Pashely가 고안한 스플릿 챔버 장치를 이용하였고 hydraulic conductance(L_p)값을 측정하여 투과도를 정량화시켰다. 총 네 개의 군으로 크게 나누고 각 군당 14개씩의 상아질 디스크를 가지고 실험하였다. 각 군은 다시 7개씩의 작은 군으로 나누었는데 그중 7개는 지각과민처치제만을 나머지 7개는 그 위에 bonding resin까지 도포하였다. 정확한 비교를 위해서 상아질 디스크는 단위면적 당 같은 양의 상아세관을 가져야 하고 상아세관의 잘린 각도가 일정해야 하며 각 세관들의 직경이 같아야 한다. 본 연구에서는 상아-법랑 경계 아래와 치수 각 위 사이의 1mm두께(시편의 평균 두께: $1.06 \pm 0.096\text{mm}$)의 치관부 상아질 디스크를 사용하였는데 치관부 상아질의 경우 치수에서 상아-법랑 경계 부위로 갈수록 상아세관수가 점차 줄어들며 세관의 직경도 점차 감소하는 양상을 보이므로²⁶⁾ 균질화된 디스크 표본을 얻기가 힘들었다. 이 때문에 초기 시편들의 hydraulic conductance(L_{p0}) 값이 큰 편차를 보였다.(Table 2.~5.) 치관부 상아질은 이러한 차이가 별로 없기 때문에 치관부 상아질을 표본으로 사용했으면 비균질화된 표본 사용으로 인한 표본 오차를 좀 더 줄일 수 있었을 것이라고 생각되어지나, 치관부 상아질은 치수 위의 치관부 상아질보다는 상아세관의 밀도가 적기 때문에 상아질 투과도의 효과의 극대화를 위해 치관부 상아질을 사용하기로 하였다. 각 약제간의 처치 전과 처치 후 그리고 칫솔질을 시행한 것이 상아질 투과도에 미치는 영향을 비교하기 위해서 L_p 값의 %변화량을 사용하였는데, 이는 약제 처치 전 상아질 디스크 자체가 가지고 있는 생물학적인 다양성으로 인해 시편 간의 초기 hydraulic conductance(L_{p0}) 값이 큰 편차를 가지는

차를 고려한 것이다⁴⁰⁾.

본 실험에서는 각 시편을 37% 인산으로 2분간 산부식 후 초음파세척을 시행하였는데, 이는 실제임상에서 시행되는 것에 비해 과도한 정도의 처리이다. 또한 가해진 정수압이 200mmHg(26.7kPa)로 실제 치수강내 압력으로 Bernard 등⁴¹⁾이 제시한 14.1cmH₂O(10.34mmHg, 1.38kPa), Andrews 등⁴²⁾이 제시한 13.6cmH₂O(9.97mmHg, 1.33kPa) 등에 비하면 매우 큰 압력임을 알 수 있다. Camp 등⁴³⁾은 다양한 압력 하에서 hydraulic conductance 의 시간에 따른 변화를 관찰하였는데, 1.3kPa(9.74mmHg) 이나 53.3kPa(399mmHg) 의 압력 하에서는 측정시간에 관계없이 일정한 값을 나타냄을 보고하였으며, 낮은 압력 하에서 짧은 시간동안 측정할 것을 권장하였다. 단, 이를 위해서는 정밀한 측정장치가 필수요소라고 하였다. 그러나 본 실험에서는 예비실험결과 짧은 시간에 상아질 투과도를 측정할 수 있도록 다소 과도한 산 부식과 좀 더 큰 압력을 가하였다.

All-Bond[®] 2 는 resin-based adhesive로서 primer A, B로 구성 되어 있다. primer는N-tolyglycine-glycidylmethacrylate(NTG-GMA)와biphenyldi-methacrylate의 polymer matrix이다. Ianzano 등⁴⁵⁾은 8명의 환자에서 42개의 치아를 대상으로 All-Bond[®] 2의 효과를 연구한 결과 도포 후 6개월 동안 치경부 지각과민에 효과가 있다고 발표하였다. Tay 등⁴⁶⁾은 in vivo에서 All-Bond[®] 2의 레진과 상아질과의 계면을 연구했는데, acetone에 들어 있는 primer와 레진이 상아질로 침투해서 혼합층(hybrid layer)를 형성한다고 하였다. 또 효과적인 폐쇄효과를 나타내는 기전은 혼합층(hybrid layer)를 형성하여 상아세관의 내면 직경을 줄이고, 줄여진 상아세관을 레진 globule이 hollow resin sheath의 inner zone을 형성해 상아세관을 폐쇄한다고 설명하였다.

Seal & Protect[®]는 결합을 증진시키고, 젖음성과 crosslink를 개선하는 PENTA라는 물질과 di-,trimethacrylate resin, 마모에 저항하는 nanofiller, 광중합 개시제, acetone, 세균의 증식을 억제하는 triclosan, 불소를 방출하는 CAHF 등으로 구성되어 있다. Buchalla 등⁴⁹⁾에 의하면 14주에 해당하는 칫솔질 후에도 Seal & Protect[®] 막의 58 % 정도가 유지되어 마모 저항성이 우수함을 보고하였다.

Gluma[®] desensitizer는 5% glutaraldehyde와 35% hydroxyethylmethacrylate (HEMA)가 주성분인데, Glutaraldehyde는 상아세관내 단백질과 결합하여 침전물을 형성하는 기전으로 상아세관을 폐쇄하고, 세균의 증식을 억제한다. HEMA의 역할은 아직 정확히 알려져 있지는 않지만, 수용성 때문에 glutaraldehyde가 상아세관내로 깊이 침투할 수 있도록 해주는 역할을 하는 것으로 사료된다. Bergenholtz 등¹⁵⁾은 Gluma[®]를 처치한 원숭이의 상아질에서는 혈장 알부민의 외부로의 유출이 완전히 중단되었다고 보고하였다. 하지만 Gluma[®]처리 후 12개월 후부터는 상아세관의 폐쇄 효과가 떨어진다는 Schüpbach의 실험 결과⁴⁴⁾를 보면 알 수 있듯이 Gluma[®]의 효과는 제한적이라 할 수 있다. 본 실험의 주사전자현미경 사진에서 Gluma[®] 만을 도포한 시편은 칫솔질 2주 이후로는 세관의 개방이 비슷하게 유지되었다. 이는 실험과정에서 상아질 디스크를 구강 내와는 달리 생리식염수에 보관하였기 때문에 상아세관내에 Gluma에 의해 침전될 단백질 성분이 현저히 적었기 때문이었을 것으로 생각된다. Camps 등¹⁵⁾이 발표한 지각과민 처치제가 상아질 투과도에 미치는 영향에 대한 연구에서 처럼 상아세관액과 비슷한 장액 (serum)을 사용하는 것이 가장 이상적이라고 생각되어지나 지각과민 처치제와 칫솔질에 대한 상아질 투과도의 변화 양상을 관찰하는 것이 이 실험의 목적이었으므로 가능한 한 상아질 투과도의 결과를 변하게 하는 변수를 제거하기로 하였다.

MS Coat[®]는 polymer-reinforced precipitate로서 polystyrene sulfonic acid, polymethylmethacrylate, oxalic acid 가 주성분이다. MS Coat[®]는 상아세관내 치질의 칼슘과 반응하여 칼슘 화합물을 상아세관에 침전시키고, reactive polymer가 침전물, 치질과 화학적으로 결합하여 상아세관을 폐쇄시킨다. Camps 등¹⁵⁾은 Protect[®], Gluma[®], MS Coat[®]가 상아질 투과도에 미치는 영향에 대해 연구하였는데, 이 세 가지 지각과민 처치제 모두 60~85%정도의 상아질 투과도를 감소시켰지만 MS Coat[®]가 가장 큰 투과도 감소(85%)를 보였다고 보고 하였다. Zhang 등⁴⁷⁾은 산 부식여부에 따라 MS Coat[®]가 상아질 투과도에 미치는 영향을 조사하였는데, MS Coat[®]처리 직후에는 산 부식여부와는 관계없이 투과도가 크게 감소하였으나, 산 부식한 경우에서 처리 한 달 후의 상아질 투과도가 처리하기 전의 상아질 투과도와 비슷한 수준으로 돌아왔다고 발표하였다. 그 이유는 산 부식한

표면에 무기물질이 부족하기 때문에 polystyrene sulfonic acid와 칼슘간의 결합이 약했기 때문이라고 사료된다. 본 실험에 있어서도 2주간 칫솔질 후에는 상아질 투과도가 처리하기 전의 상아질 투과도보다 더 커졌는데 같은 이유 때문으로 생각된다.

이번 실험에서는 지각과민을 나타내는 상아질을 표현하기 위해서 37% 인산으로 전 처리하였는데, 이 때문에 주사 전자 현미경 사진을 보면 각 지각과민 처치제로 처리하였음에도 불구하고 Seal & Protect[®]을 제외한 모든 시편에서 상아세관이 완전히 폐쇄되지는 않고 단지 상아세관의 내경이 감소하였거나 일부 세관만이 폐쇄되었음을 볼 수 있었다. 그러나 hydraulic conductance 측정 결과, 상아세관이 완전히 폐쇄되지 않았음에도 불구하고 모든 지각과민 처치제 처리 후 상아질 투과도가 급격히 낮아졌음을 알 수 있다. 이는 투과도는 직경의 네제곱에 비례한다는 Poiseuille's law 의 결과에 따라 상아세관의 직경 감소만으로도 상아질 투과도가 급격히 감소했기 때문이라고 생각된다.

지각과민 처치제에 따라 칫솔질에 따른 상아질 투과도의 변화 양상이 조금씩 차이가 있음을 알 수 있었다. 이는 각 지각과민 처치제의 성분상의 차이로 인해 상아세관의 폐쇄효과가 서로 다르고 칫솔질에 대한 마모에 대한 저항이 다르기 때문이라고 사료된다.

실험에 사용된 4가지의 지각과민 처치제들 모두 처리직후에는 상아질 투과도를 급격히 감소시켰다. 따라서 초기 상아세관의 폐쇄능력은 좋다고 할 수 있다. 그러나, Seal & Protect[®]를 제외한 약제들은 칫솔질 2주 후에는 상아질 투과도가 오히려 약제 처리전의 시편보다도 커지는 것으로 나타났다. 이는 본 실험 결과로는 지각과민처치제의 효과가 2주 정도 지속되었음을 의미한다고 사료된다. Bonding resin을 추가 도포한 군에서는 MS Coat[®]를 제외한 나머지 지각과민 처치제에서 6주 칫솔질 후에도 상아질 투과도의 증가가 매우 미미한 것으로 나타났다. 또 본 실험결과 치약을 사용하지 않은 경우 칫솔질에 의한 도말층 형성은 없었고 그에 따른 상아질 투과도의 감소도 없었다. 연구 결과로 보아 지각과민처치제 처리 후 수복치료가 시행되지 않는 한, 실험에 사용한 지각과민 처치제의 상아세관의 폐쇄능력은 장기적이라기 보다는 일시적인 것으로 보여진다. 또한 수복치

료를 하지 않는 경우에 지각과민처치제의 효과를 지속시키기 위해 unfilled resin
성분의 bonding resin을 추가 도포하는 것이 효과적임을 알 수 있었다.

V. 결론

지각과민 처치제의 칫솔질에 의한 마모를 감소시키고 그 효과를 장기간 지속시키기 위해 bonding resin을 도포하여 칫솔질 시행후 상아질 투과도의 변화에 대해 연구하였다. 우식이 없는 치아를 이용하여 1mm두께의 치관부 상아질 디스크를 제작한 다음, Pashely가 고안한 스플릿 챔버 장치를 이용하여 All-Bond[®] 2, Seal & Protect[®], Gluma[®] 및 MS Coat[®]의 4종류의 지각과민 처치제만을 처리한 시편과 그 위에 Dentine/Enamel Bonding Resin[®] 을 추가로 도포한 시편에 대해 처리하기 전과 처리한 후, 1주(140회), 2주(280회), 6주(840회)에 해당하는 칫솔질을 적용한 후에 측정된 hydraulic conductance(Lp)와 주사 전자 현미경 사진을 비교, 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다. 통계분석은 Wilcoxon signed rank test 와 Mann-Whitney test를 시행하였다.(유의수준 5%, SPSS Ver 10.0)

1. 지각과민 처치제만을 처리한 군과 bonding resin을 추가 도포한 군 모두에서 처리 후 hydraulic conductance가 급격히 감소하였다.
2. All-Bond 2[®], MS Coat[®] 만을 처리한 시편에서는 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후에 계속적으로 hydraulic conductance가 증가하였고, Seal & Protect[®]와 Gluma[®] 만을 처리한 시편에서는 2주(280회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후까지 hydraulic conductance가 증가하였다.
3. All-Bond[®] 2, Gluma[®] 와 Bonding resin을 처리한 시편에서는 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후에도 hydraulic conductance의 증가는 없었다. Seal & Protect[®]와 Bonding resin을 처리한 시편에서는 2주(280회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후 hydraulic conductance가 증가하였다. MS Coat[®] 와 bonding resin을 처리한 시편에서는 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한

후에 hydraulic conductance가 계속적으로 증가하였다.

4. 지각과민 처치제만을 처리한 군과 Bonding resin을 추가 도포한 군 간의 hydraulic conductance를 비교한 결과 All-Bond[®] 2, Gluma[®], MS Coat[®]와 bonding resin을 도포한 군에서는 1주(140회 왕복), 2주(280회 왕복), 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후 hydraulic conductance가 지각과민 처치제만을 도포한 군에 비해 현저히 낮았고, Seal & Protect[®]에서는 6주(840회 왕복)의 칫솔질을 시행한 후에만 같은 결과를 보였다.
5. 주사 전자 현미경 관찰에서는 처리직후에는 지각과민 처치제만을 처리한 군과 Bonding resin을 추가로 도포한 군 모두에서 상아 세관이 완전히 폐쇄되거나 일부만 폐쇄되어 상아세관의 내경이 감소된 양상을 볼 수 있었으나, 6주(840회 왕복) 칫솔질 시행 후에는 Bonding resin을 추가 도포한 군에서만 현저하게 폐쇄 또는 내경이 감소된 상아세관이 관찰되었다.

이상의 연구 결과로 보아 지각과민 처치제 처리 후 수복치료를 하지 않는 경우에 지각과민처치제의 효과를 지속시키기 위해 unfilled resin 성분의 Bonding resin (Dentine/Enamel Bonding Resin[®])을 추가 도포하는 것이 효과적임을 알 수 있었다. 그러나 본 실험은 6주간의 칫솔질 후 결과이므로 보다 장기간에 걸친 연구와 구강내 환경에서의 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Gillam D.G., Jackson R.J. : Prevalence of dentine hypersensitivity in patients recruited for clinical trials. J parodontol Implantol, Euro 1: 66-73, 1994.
2. Marco Ferrari, Maria C. Cagidiaco, Gerard Kugel, Carel L. Davidson: Clinical evaluation of a one-bottle bonding system for desensitizing exposed roots. Am J Dent 12: 243-249, 1999.
3. Masahiro Yoshiyama, Takeshi Kimochi, Akihisa Urayama, Takashi Matsuo: Application of current adhesive systems to clinical treatments of hypersensitivity. Quintessence 5: 45-51, 2000.
4. Louis H. Berman: Dentinal Sensation and Hypersensitivity, A review of Mechanisms and Treatment Alternatives. J Periodontol 56: 216 - 222, 1984.
5. Pashley D.H.: Dynamics of the Pulpo-Dentin Complex. Crit Rev Oral Biol Med 7: 104-133, 1996.
6. Holland G.R.: Morphological features of Dentine and Pulp related to dentine sensitivity. Archs oral Biol 39: 3-11, 1994.
7. Pashley D.H. : Mechanisms of dentin Sensitivity. DCNA 34: 449-473, 1990.
8. Brännström M.L., Linden A., Storom A.: The hydrodynamics of dentin and pulp fluid; Its significance in relation to dental pain. Caries Res 1: 310-317, 1967.
9. Outwaite W.S., Pashley D.H.: A Versatile split-chamber device for studying dentin permeability. J Dental Res 53: 1503, 1974.
10. Frank J. Sena: Dentinal permeability in assessing therapeutic agents. DCNA 34: 475-489, 1990.
11. 이종욱, 심준성, 이근우: 지각과민치료제 도포후 칫솔질에 의한 마모가

- 상아질 투과도에 미치는 영향. 대한치과보철학회지 39: 208-219, 2001.
12. Pashley D.H., Nelson R.: The effects of plasma and salivary constituents on dentin permeability. J Dent Res 61: 978-986, 1962.
 13. Pashley D.H., Thompson, S.M., Stewart, F.P.: Dentin permeability; The effects of temperature on hydraulic conductance. J Dent Res 62: 965-972, 1963.
 14. Absy E.G., Addy M., Adams D.: A study of the patency of dentinal tubules in sensitive and non-sensitive cervical dentin. J Clin Periodontol 14: 280-284, 1987.
 15. Camps J., Pizant S., Dejou J., Franquin J.C.: Effect of desensitizing agents on human permeability. Am J Dent 11: 286-290, 1998.
 16. Mostafa P., Addy M., Morgan T.: Scanning electromicroscopic X-ray diffraction analysis, atomic absorption and fluoride probe measurements of the uptake of toothpaste ingredients onto dentine. IADR Br Div Abstr.165: 1986.
 17. Masaru Kuroiwa, Tetsuo Kodaka, Mie Kuroiwa, Masayuki Abe: Dentin Hypersensitivity. Occlusion of Dentinal Tubules by Brushing With and Without an Abrasive Dentifrice. J Periodontol 65: 291-296, 1994.
 18. Naomi Tanoue, Hideo Matsumura, Mitsuru Atsuta: Wear and surface roughness of current prosthetic composites after toothbrushing/dentifrice abrasion . JPD 84: 93-97, 2000.
 19. Michael N. Mandikos et al.: A comparison of the wear resistance and hardness of indirect composite resins. JPD 85: 386-395, 2001.
 20. Prati C.: What is the clinical relevance of in vitro dentin permeability tests ? J Dent 221: 83-88, 1994.
 21. Pashley D.H., Andringa H.J., Derkson G.D., Derkson M.E. and Kalathoor S.R.: Regional Variability in the permeability of Human

- dentine. *Archs oral Biol.* 32: 519-523, 1987.
22. Gillam D.G., Khan N., Mordan N.J., Barber P.M.: Scanning electron microscopy(SEM) investigation of selected desensitizing agents in the dentine disc model. *Endod Dent Traumatol* 15: 198-204, 1999.
 23. Pashely D.H., Carvalho R.M.: Dentin permeability and dentin adhesion. *J Dent* 25: 355-372, 1997.
 24. Pashely D.H., Bernard C., Hidehiko Sano, Jack A. Horner: Permeability of dentin to adhesive agents. *Quintessence Int.* 24: 618-630, 1993.
 25. Nakabayashi N., Kojima K., Masuhara E.: Promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *J Biomed Mater Res* 16: 265-273, 1982.
 26. Dippel H.W., Borggreven J.M.P.M., Hoppenbrouwers P.M.M.: Morphology and permeability of the dentinal smear layer. *JPD* 52: 657-662, 1984.
 27. Rauschenberge C.R.: Dentin permeability. The clinical ramification. *DCNA* 36: 527-542, 1992.
 28. Pashely D.H., Michelich V., Kehl T.: Dentin permeability : Effects of smear layer removal. *JPD* 46: 531-536, 1981.
 29. Pashely D.H.: Smear layer; Physiologic considerations. *Oper Dent* 9: 13-29, 1984.
 30. Wieman A., Drake D.: Effect of smear layer on in vitro root canal bacterial colonization. *J Endodontics* 17: 189-197, 1991.
 31. Strassler H.E., Nathanson D.: The new generation dentin bonding agents. *Alpha Omega* 81: 28-32, 1988.
 32. Brännström M.: Smear layer; Pathological and treatment considerations. *Oper Dent* 3: 35-42, 1984.
 33. Garcia Godoy F.: Dentin surface treatment and shear bond strength

- of a light-cured glass ionomer. *Am J Dent* 5: 283-285, 1992.
34. Srisawaski S., Boyer D.B. Reinhardt J.W.: The effect of removal of the smear layer on microleakage of class V restorations in vitro. *Dent Mater* 4: 384-389, 1988.
 35. Mjor, I.A.: Histologic studies of human coronal dentine following the insertion of various materials in experimentally prepared cavities. *Arch Oral Biol* 12: 441-452, 1967.
 36. Brännström M., Nordenvall J.K.: Bacterial penetration, pulpal reaction and the inner surface of concise enamel bond composite fillings in etched and unetched cavities. *J Dental Res* 57: 3-10, 1978.
 37. Brännström M., Johnson G., Nordenvall J.K. : Transmission and control of dentinal pain ; resin impregnation for the desensitization of dentin. *J of ADA* 99: 612-618, 1979.
 38. Prati C., Stefano Chersoni, Alessandra Lucchese, David H. Pashley : Dentin permeability after toothbrushing with different toothpastes. *Am J Dent* 12: 190-193, 1999.
 39. Absi E.G., Addy M., Adams D.: Dentine hypersensitivity; uptake of toothpastes onto dentine and effects of brushing, washing and dietary acid - SEM in vitro study. *J Oral Rehabil* 22: 175-182, 1995.
 40. Greenhill J.D., Pashely D.H.: The effect of desensitizing agent on the hydraulic conductance of human dentin in vitro. *J Dent Res* 60: 686-698, 1981.
 41. Bernard Ciucchi, Serge Bouillaguet, Jacque Holz, David Pashely : Dentinal Fluid Dynamics in human teeth, in vivo. *J Endod* 21: 191-194, 1995.
 42. Andrews S.A., VanHassel H.J., Brown A.C.: A method for determining the physiologic basis of pulp sensory response—a preliminary report. *J Hosp Dent Pract* 6: 49-53, 1972.

43. Jean Camps, Severine Giustiniani, Jacques Dejou and Jean Claude Franquin: Low versus High Pressure for in vitro determination of hydraulic conductance of human dentine. *Arch oral Biol* 42: 293-298, 1997.
44. Schübach P, Lutz F, Finger W.J.: Closing of dentinal tubules by Gluma desensitizer. *Euro J of Oral Science* 105: 414-421, 1997.
45. Ianzano J.A., Gwinnett A.J., Westbay G.: Polymeric sealing of dentinal tubules to control sensitivity. *Periodontol Clin Invest* 15: 13-16, 1993.
46. Tay F.R., Gwinnett A.J., Pang K.M., Wei S.H.Y.: Structural evidence of a sealed tissue interface with a total etch wet bonding technique, in vitro. *J Dent Res* 73: 629-636, 1994.
47. Zhang Y., Agee K., Pashley D.H.: The effects of Pain-Free desensitizer on dentin permeability and tubule occlusion over time, in vitro. *J Clin Periodontol* 25: 884-891, 1998.
48. Jain P., Vargas M.A., Denehy G., Boyer D.B.: Dentin desensitizing agents; SEM and X-ray microanalysis assessment. *Am J Dent* 10: 21-27, 1997.
49. Buchalla W, Attin T, Hellwig E.: Brushing abrasion of cervical protective varnishes applied on dentin. *J Dent Res* 79: 3778-3787, 1999.
50. Grayson W. Marshall Jr., Sally J. Marshall et al.: The dentin substrate; structure and properties related to bonding. *J Dent* 25: 441-458, 1997.
51. Brännström M: Sensitivity of dentine. *Oral Surgery Oral Medicine Oral Pathology* 21: 517, 1966.
52. Mordan N.J., Barber P.M., Gillam D.G.: The dentine disc. A review of its applicability as a model for the in vitro testing of dentine hypersensitivity. *J Oral Rehabil* 24: 148-156, 1997.

53. Levin M.P., Yearwood L.L., Carpenter W.N.: The desensitizing effect of calcium hydroxide on hypersensitive dentin. *Oral Surg* 35: 741-746, 1973.
54. Lukomsky E.H.: Fluoride therapy for exposed dentin and alveolar atrophy. *J Dent Res* 20: 649-656, 1941.
55. Pashley D.H.: *Tooth wear and sensitivity*. Martin Dunitz Publishers, London, 2000.

ABSTRACT

The Effects of Desensitizing Agents, Bonding resin and Toothbrushing on Dentin Permeability, in vitro

NO JE PARK, D.D.S.

Department of Prosthodontics, Graduate School, Yonsei University

(Directed by Professor **KEUN-WOO LEE, D.D.S., M.S.D., Ph.D.**)

The effects of desensitizing agent are often maintained for a short duration. One of the reason is known to be the wear of desensitizing agent by toothbrushing. To reduce the wear and make the duration longer, dental bonding resin was applied and the changes of dentin permeability after toothbrushing were measured. Extracted molar teeth free from caries were chosen. Coronal dentin discs with thickness of 1mm were prepared. Using the split chamber device developed by Pashely D.H., hydraulic conductance and scanning electron microscope images(SEM) were compared before and immediately after the application of desensitizing agent/bonding resin and then after equivalent toothbrushing of 1 week, 2 weeks, and 6 weeks. Four commercially available desensitizing agents were used in this study; they were All-Bond[®] 2, Seal & Protect[®], Gluma[®] and MS Coat[®]. And Dentin/Enamel Bonding resin[®] was used. The results of this study are as followings.

1. On all specimens, the hydraulic conductance decreased after the application of tooth desensitizing agent and bonding resin.

2. The specimens treated with All-Bond[®] 2 and MS Coat[®] had an increase in hydraulic conductance after toothbrushing of 1, 2 weeks and 6 weeks. But in case of Seal & Protect[®] and Gluma[®], the specimens had an increase only after 1 and 2 weeks toothbrushing respectively.
3. The specimens treated with All-Bond[®] 2, Seal & Protect[®], Gluma[®] and plus Dentin/Enamel Bonding resin[®] showed no increase in hydraulic conductance after toothbrushing for 1, 2 weeks and 6 weeks. MS Coat[®] and Dentin/Enamel Bonding resin[®] had a small amount of increase in the hydraulic conductance after toothbrushing for 1, 2 weeks and 6 weeks.
4. Compared with the specimens treated only with desensitizer, the specimens treated with All-Bond[®] 2, Gluma[®], MS Coat[®] and plus Dentin/Enamel Bonding resin[®] had a little increase in hydraulic conductance after 1, 2 and 6 weeks toothbrushing. In case of Seal & Protect[®], the specimens showed a little increase in hydraulic conductance only after 6 weeks toothbrushing.
5. On the examination of SEM, the dentinal tubule diameter was decreased after treatment of desensitizing agents and bonding resin. And the specimens treated with All-Bond[®] 2, Seal & Protect[®], Gluma[®], MS Coat[®] and additional Dentin/Enamel Bonding resin[®] still maintained decreased dentinal tubule diameter even after 6 weeks toothbrushing.

According to the results of this study, it is effective to use bonding resin after application of desensitizer in reducing the wear by toothbrushing and making the duration of the effectiveness of desensitizer longer. In this study, just 6 week toothbrushing was performed, and it is not enough to regard it as a long-term data. So long-term and in vivo study is needed.

key words: dentin hypersensitivity, dentin permeability, desensitizing agent, bonding resin