

복합레진의 수리 시 표면처리가 결합강도에 미치는 영향

최정인 · 김영재 · 김정욱 · 이상훈 · 김종철 · 한세현 · 장기택

서울대학교 치과대학 소아치과학교실 및 치학연구소

국문초록

본 연구의 목적은 표면처리가 기존의 레진과 새로운 레진 사이의 전단결합강도에 미치는 영향을 평가하는 것이다. 준비된 레진 시편을 6군으로 임의로 배분하여 각각의 표면처리를 한 후 수리용 레진을 축조하였다. 일주일간 보관 후 전단결합강도를 측정하였고 일원분산 분석법으로 통계처리하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 3군과 4군(air abrasion)은 1군(산부식)에 비해 전단결합강도가 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$). 5군과 6군(diamond bur)은 1군(산부식)에 비해 높은 전단결합강도를 나타냈으나 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$).
2. 2군(자가부식 접착제)은 1군(산부식)에 비해 전단결합강도가 낮게 나타났으나 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).
3. 3군(air abrasion)과 4군(air abrasion + 산부식)에서 전단결합강도의 차이는 유의하지 않았다($p > 0.05$).
4. 5군(diamond bur)과 6군(diamond bur + 산부식)에서 전단결합강도의 차이는 유의하지 않았다($p > 0.05$).

결론적으로, 복합레진의 수리 시 air abrasion으로 표면처리를 했을 때의 결합강도가 가장 높았고, 산부식 방법과 처리여부는 수리강도에 유의한 영향을 미치지 않았다.

주요어 : 복합레진, 수리, 표면처리, 전단결합강도

I. 서 론

복합레진은 수복치과영역에서 널리 사용되고 있으며 필러의 마모저항성 향상, 레진 접착 시스템의 개선, 광중합 시스템과 봉쇄 시스템(sealing system)의 발달 등으로 계속 발전하고 있다¹⁾. 레진과 접착시스템의 향상으로 복합레진 수복물의 수명을 오래 지속하려는 목적이 상당부분 달성되었지만 여전히 복합레진 수복물의 파절과 실패 등의 문제점이 종종 발생하고 있다²⁾. 이런 경우에는 수복물을 완전히 제거하고 교체할 것인지 아니면 수리만 할 것인지를 결정해야 한다.

수복물을 완전히 제거하고 교체하면 균일한 응집성 수복물을 만들 수 있지만³⁾, 이것이 항상 바람직한 것은 아니다. 와동의 크기와 형태를 기존의 와동보다 증가시키지 않고는 기존의 직간접수복물을 제거하기 어렵다⁴⁾. 또한 적절한 범랑질 결합을 얻기 위해서는 새로운 범랑질을 산부식시켜야 하기 때문에 이전에 산부식된 범랑질을 모두 제거하는 것이 필요하다⁵⁾. 따라서 완전한 제거는 치질 손상이 많은 더 큰 와동을 초래하여 치아구

조를 약하게 하고²⁾, 치수자극을 일으킬 수 있기 때문에 와동이 깊은 경우 또 다른 문제점을 유발할 수 있다.

따라서 기존의 레진 수복물 표면에 새로운 레진을 결합시켜 상실된 레진 수복물을 회복시켜 주는 방법은 임상적으로 큰 의미를 가진다⁶⁾. 이에 관하여 Crumpler 등⁷⁾은 기존의 레진 수복물을 재시술 해주는 방법에 비해 가장 중요한 장점은 무엇보다도 경제성이 뛰어나고 마취의 필요성이 없다는 것이라고 했으며, 레진 수복물을 수리할 때 기존의 레진과 새로이 접착되는 레진 사이에서 충분한 결합강도를 얻을 수만 있다면 수복물을 재시술하는 방법보다 수리하는 방법이 진료 시에 선호될 것이라고 하였다.

그러나 수리부위에서의 결합강도와 수리된 수복물의 장기간 사용에 대한 우려가 완전히 해소된 것은 아니다³⁾. 오히려 수리를 함으로써 수복물이 받아들이기 어려울 정도로 약해질 가능성도 있다²⁾. 일반적으로 오래된 복합레진에 대한 계면결합은 재료자체의 강도보다 유의할 만큼 낮다고 보고되고 있으며, 레진 수리에 관한 연구에서 레진의 수리계면 결합강도는 응집성 강

교신저자 : 장기택

서울시 종로구 연건동 275-1 / 서울대학교 치과대학 소아치과학교실 / 02-2072-3819/jangkt@snu.ac.kr

원고접수일: 2008년 6월 11일 / 원고최종수정일: 2008년 10월 02일 / 원고채택일: 2008년 10월 16일

도(cohesive strength)의 25-80%까지 다양한 결과를 보인다⁸⁻¹¹⁾.

기존 복합레진의 표면을 다양한 기계적, 화학적 방법으로 처리하여 복합레진 간의 결합력을 높이기 위한 많은 방법들이 연구되어 왔다. 표면 거칠기가 결합강도에 미치는 영향에 대해서는 상반된 연구 결과가 보고되었다. 주사전자현미경 관찰과 결합강도측정을 한 일부 연구에서 수리강도에 가장 큰 영향을 미치는 것은 기계적 결합(mechanical interlocking)이라고 결론 내렸으나^{2,12)}, 다른 연구에서는 복합레진의 표면을 마쇄(grinding)하면 필러가 노출되어 결합강도가 감소됨을 보고하였다^{13,14)}. 이런 이유로 표면처리에 관계없이 표면 젖음성을 향상시키고 화학적 결합을 유도하는 중간제의 사용이 제안되었다^{15,16)}. 또한 임상에서 이전에 사용된 복합레진의 조성을 알 수 없는 경우가 빈번하기 때문에 기존의 레진과 수리용 레진 사이의 적합성에 관한 연구도 이루어졌는데, 동일한 화학적 조성의 기질을 포함한 복합레진으로 수리한 경우와 다른 화학적 조성의 기질을 포함한 복합레진으로 수리한 경우 간에 유의한 결합강도 차이를 보이지 않았다¹⁰⁾.

복합레진의 수리를 위한 표면처리 방법으로 산부식, air abrasion, diamond bur를 이용하여 표면을 거칠게 하는 처리 등이 기계적 유지형태를 증가시키기 위한 방법으로 사용되고 있고 화학적 결합을 증가시키기 위해 접착제가 사용되고 있다. 최근에는 다양한 자가부식 접착제들이 개발되어 범랑질이나 상아질 결합에 이용되고 있는데, 레진 수복물의 수리에도 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 현재 임상에서 많이 이용되고 있는 레진의 수리방법이 강도에 있어 수용할 만한 정도인지, 그리고 결합강도를 향상시키는 방법이 무엇인지 알아보는 것은 큰 의의를 갖는다고 생각된다. 따라서 본 연구는 전단결합강도(shear bond strength) 측정을 통해서 산부식, 자가부식 접착제, air abrasion, diamond bur를 사용한 표면 처리 방법이 복합레진의 수리 강도에 미치는 영향을 평가하고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

1. 연구재료

복합레진은 Filtek™ Z250(3M ESPE, USA)을 사용하였는데, 파절양상을 관찰하기 위하여 기저재료(base material)로는 A4 색조를 사용하였고, 수리재료로는 A1 색조를 사용하였다. 산부식제는 35% 인산인 Scotchbond Etchant(3M ESPE, USA)를 사용하였다. 접착제로는 Adper™ Single Bond 2(3M ESPE, USA)를 사용하였고, 2군에만 자가부식 접착제인 Adper™ Prompt L-Pop™(3M ESPE, USA)을 사용하였다. 그리고 각 재료의 광중합에는 Elipar™ FreeLight™ 2(3M ESPE, USA)를 사용하였다.

2. 연구방법

1) 시편준비

중앙에 직경 5mm, 깊이 4mm의 와동이 형성된 직경 20mm, 높이 20mm의 아크릴 레진 블록 150개를 제작하였다. 블록의 와동에 복합레진인 Z250(A4)을 두 번에 나누어 2mm씩 충전하였고 각각 20초간 광중합 하였다. 상층은 복합레진을 충전한 뒤 Mylar strip을 덮고 유리판에 수지압을 가하여 평면이 되도록 하였다. 제작된 시편은 고온(55℃)의 수조와 저온(5℃)의 수조에 각각 30초간 잠기게 하여 총 1000회의 열순환 처리(thermocycling)를 하고 실온의 증류수에 30일간 보관하였다.

2) 표면처리

25개씩 6개의 군으로 임의로 배분하여 각각 다음의 표면처리

Table 1. Experimental group

	Surface treatment
Group 1	acid etching + bonding agent
Group 2	self-etching adhesive
Group 3	air abrasion + bonding agent
Group 4	air abrasion + acid etching + bonding agent
Group 5	diamond bur + bonding agent
Group 6	diamond bur + acid etching + bonding agent

를 시행하였다(Table 1).

[1군]

35% 인산을 이용하여 15초간 산부식한 뒤 10초간 세척하고 압축공기를 사용해서 건조시킨 후 제조사의 지시에 따라 접착제를 도포하였다.

[2군]

자가부식 접착제인 Adper Prompt L-Pop을 제조사의 지시에 따라 도포하였다.

[3군]

Basic Mobil(Renfert, Germany)을 이용해서 50 μm 산화알루미나 입자를 10 mm 거리에서 60 psi의 압력으로 10초간 분사하였다. 15초 동안 세척하고 압축공기로 건조시킨 후 접착제를 도포하였다.

[4군]

3군과 동일한 방법으로 air abrasion처리를 한 후 1군과 같은 방법으로 산부식하고 접착제를 도포하였다.

[5군]

고속 핸드피스에서 fine grit diamond bur(TR-11F, MANI, JAPAN)를 이용해서 표면을 거칠게 한 후 15초 동안 세척하고 압축공기로 건조시킨 후 접착제를 도포하였다.

[6군]

5군과 동일한 방법으로 diamond bur로 표면처리를 한 후 1군과 같은 방법으로 산부식하고 접착제를 도포하였다.

3) 복합레진 시편의 접착 및 전단결합강도 측정

표면처리가 끝난 복합레진의 표면에 직경 4mm, 높이 4mm의 테플론 몰드를 수직으로 위치시키고 Z250(A1)을 두 번에

나누어 충전하였고 각각 20초씩 광중합 하였다. 중합 후에 테플론 몰드를 조심스럽게 제거하였다. 수리된 시편을 실온의 증류수에 일주일간 보관한 후에 만능물성시험기(Instron 4465, Instron Co., USA)에서 1 mm/min의 하중속도로 전단결합강도를 측정하였다(Fig. 1). 접착된 레진이 분리될 때까지 하중을 가하여 최대하중을 구하였고 이를 단위면적당 결합강도(MPa)로 환산하였다.

4) 파절양상 관찰

결합강도 측정 후에 파절면의 파절양상을 stereomicroscope(SZ6045, Olympus, Japan)에서 10배의 배율로 관찰하였다. 파절양상은 세 가지(응집성 파절, 부착성 파절, 혼합 파절)로 분류되었다.

- 응집성 파절(cohesive fracture): 복합레진 내에서 파절이 일어난 경우
- 부착성 파절(adhesive fracture): 접착층 내에서 파절이 일어난 경우

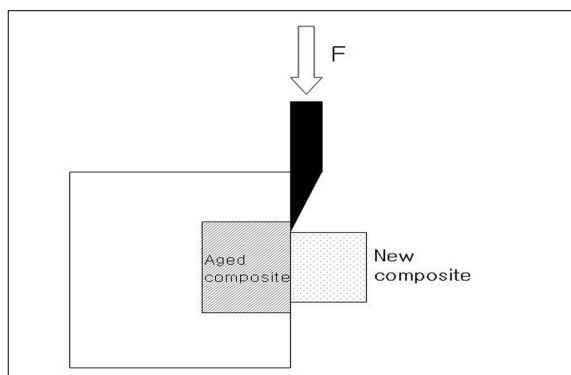


Fig. 1. Experimental setup and configuration of the specimens; shear force was applied directly at the composite - composite interface.

Table 2. Shear bond strength (Mean±SD)

	Shear bond strength (MPa)
Group 1	32.82±3.49
Group 2	30.60±4.21
Group 3	37.26±3.36
Group 4	36.04±3.92
Group 5	34.21±3.35
Group 6	34.38±3.29

Table 3. Statistical comparison between groups on the shear bond strength

	Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5	Group 6
Group 1		NS	S	S	NS	NS
Group 2			S	S	S	S
Group 3				NS	S	NS
Group 4					NS	NS
Group 5						NS
Group 6						

* S statistically significant (p<0.05)

* NS statistically not significant (p>0.05)

- 혼합성 파절(mixed fracture): 응집성 파절과 부착성 파절이 같이 일어 난 경우

5) 통계분석

각 실험군 간의 통계적 유의성 검증을 위해 one-way ANOVA를 이용하였으며, 0.05 수준에서 유의차를 인정하였다.

III. 연구결과

표면처리에 따른 각 군의 평균 전단결합강도는 다음과 같다 (Table 2).

평균 전단결합강도는 air abrasion 처리를 하고 접착제를 도포한 3군에서 37.26 MPa로 가장 높게 나타났고, 자가부식 접착제를 도포한 2군에서 30.60 MPa로 가장 낮게 나타났다. Air abrasion 처리한 군(3군, 4군)과 diamond bur로 처리한 군(5군, 6군)은 산부식과 접착제만을 도포한 군(1군, 2군)에 비해 높은 전단결합강도를 보였고, air abrasion 처리를 한 군은 통계적으로 유의하게 높은 값을 나타냈다(p<0.05).

산부식과 접착제를 도포한 1군에 비해 자가부식 접착제를 도포한 2군이 낮은 전단결합강도를 보였으나 통계적으로 유의하지 않았다(p>0.05). Air abrasion 처리군에서 접착제 도포 전 산부식을 시행한 군(4군)이 시행하지 않은 군(3군)에 비해 약간 낮은 전단결합강도를 나타냈으나 통계적으로 유의하지 않았다(p>0.05). Diamond bur 처리군에서 산부식을 한 군과 하지 않은 군의 전단결합강도는 통계학적으로 유의한 차이를 나타내지 않았다(p>0.05).

각 시편의 파절양상을 관찰해 본 결과 혼합성 파절(Fig. 2)이 가장 많이 나타났으며 부착성 파절은 일어나지 않았다(Table 4). 응집성 파절(Fig. 3)은 자가부식 접착제로 처리한 2군에서는 나타나지 않았고, air abrasion 처리한 3군과 4군에서 많이 나타났다.

Table 4. Failure mode

	Cohesive	Mixed	Adhesive
Group 1	2	23	0
Group 2	0	25	0
Group 3	11	14	0
Group 4	10	15	0
Group 5	5	20	0
Group 6	6	19	0

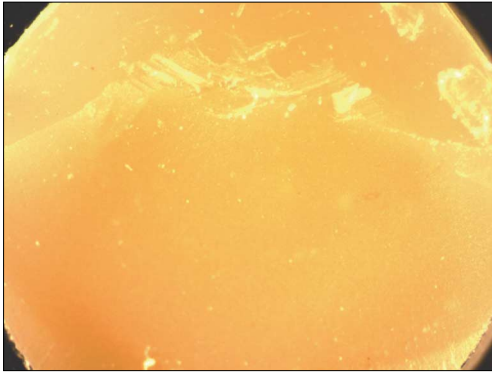


Fig. 2. Mixed fracture.

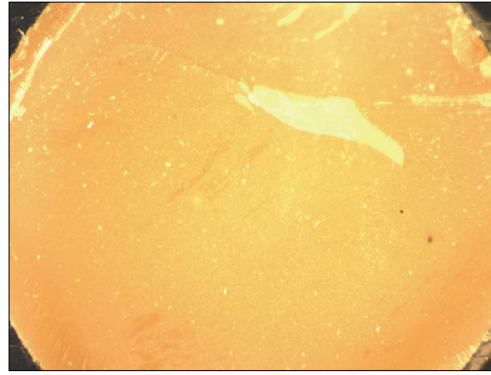


Fig. 3. Cohesive fracture.

IV. 총괄 및 고찰

복합레진의 물성은 크게 개선되었지만 마모, 변색, 파절 등으로 수복물을 수리해야 할 경우가 있다. 레진을 수리하는 것은 즉시수리와 시효경과 수리로 크게 구분할 수 있는데 즉시수리는 복합레진을 적층한 후 곧 추가하는 것으로 연속적층이라고 할 수 있다. 본 실험은 이와 구별하기 위하여 시편을 5-55℃에서 1000회의 열순환 처리를 하고 30일간 실온의 증류수에 보관하여 시효경과 처리하였다.

중합된 레진에서 methacrylate radical의 분해속도는 온도의 증가에 따라 증가하며¹⁷⁾, 열순환 시효 처리 시의 고온의 물은 복합레진의 가수분해를 가속시키고 불충분하게 중합된 레진 올리고머를 제거한다¹⁸⁾. 추가적인 중합효과를 통해 기존레진과 새로 추가되는 레진 사이의 응집성 결합 형성 가능성을 감소시키고, 또한 그냥 보관하는 경우에 비해 시효처리를 가속화 하는 효과를 얻기 위해 열순환 처리를 시행하였다.

보통 보관용액에 오래 보관할 경우 복합레진 간의 결합력이 감소된다고 한다¹⁹⁾. Söderholm과 Roberts⁵⁾, Söderholm 등²⁰⁾은 보관용액이 복합레진에 미치는 영향을 조사하였는데 시간이 경과하면서 보관용액에 넣은 복합레진은 강도가 약해졌으며 가수분해가 일어나고 충전제의 탈락이 일어난다고 했다. Boyer 등¹¹⁾의 연구에 따르면 시간의 경과에 따른 광중합형 레진의 재결합 강도를 측정 한 결과, 시간의 경과에 따라서 결합강도가 감소하였으며 이는 복합레진의 경화패턴과 양상이 일치한다고 하였다. Tezvergil 등²¹⁾은 레진 시편을 물에 보관하였을 때 중합 후 24시간이 지날 경우 표면의 자유기(free radical) 대부분이 소실된다고 하였고 보관기간이 길어질수록 미반응 단량체의 양이 감소한다고 하였다. 보관용액으로는 물이 많이 사용되며 보관기간은 다양한데 Bouschlicher 등¹³⁾은 24시간, Brosh 등¹⁴⁾은 2주, Lewis 등²²⁾은 6주, Kallio 등¹⁵⁾은 3-12개월 동안 보관하였다.

모든 군의 표면에 접착제를 도포하였는데 그 이유는 수리재료가 산부식된 복합레진 표면을 적시지 않는다는 사실이 보고되었기 때문이다⁵⁾(2군은 자가부식 접착제 도포). 낮은 젖음성(wettability)은 수리에 사용되는 복합레진의 높은 점도(viscosity) 또는 중합과정 중에 처리된 표면으로부터 레진을 끌어

당기는 중합수축에 의해 설명 될 수 있다. 임상에서 광원과 가까운 재료의 표면에서 중합이 시작되고 상대적으로 먼 결합부위가 나중에 중합되기 때문에 이러한 재료의 끌어당김 현상은 큰 문제를 야기할 수 있다.

여러 연구들은 복합레진의 수리에서 레진 간의 결합력을 향상시키기 위해서 낮은 점도의 unfilled resin을 사용하는 것이 필요하다고 보고하였다^{6,9)}. 접착제면에 unfilled resin을 적용한 복합레진 수리과정에 대한 가능성 있는 세 가지 기전은 레진 기질에 대한 화학적 결합 형성, 노출된 필러 입자에 대한 화학적 결합, 또는 기질내 미세균열로의 단량체 성분의 침투에 의한 미세 기계적 유지이다. 이중 마지막 기전이 가장 우세하고 결합력에 가장 크게 기여할 것이다^{5,23)}.

Air abrasion의 운동에너지는 입자의 질량 및 속도의 제곱에 비례하며 이에 따라 입자의 질량이 커지면 에너지가 증가되어 삭제가 쉬워지기 때문에 치아삭제를 위해서는 27 μ m의 산화알루미늄 입자를 사용하고 레진 결합을 위해서는 50 μ m의 입자를 사용한다²⁴⁾. 앞선 연구들에서도 레진결합을 위한 표면처리, 치면 열구전색제 수리를 위한 표면처리에 50 μ m의 입자를 사용하였다^{24,25)}. 본 실험에서도 복합레진을 수리하기 위한 표면처리가 목적이기 때문에 같은 크기의 입자를 선택하였다. 임과 최²⁶⁾는 복합레진과 복합레진 간의 결합을 위해 샌드블라스팅의 압력을 2-7 kgf/cm²로 달리하여 표면처리 하였을 때, 4-6 kgf/cm²에서 전단결합강도가 우수하게 나타났다고 보고하였다. 반면에 최와 민²⁷⁾은 air abrasion의 압력을 60psi와 120psi, 적용시간을 3초와 5초로 변화시켜도 상아질과 복합레진 사이의 전단결합강도에서 유의한 차이가 나타나지 않았다고 보고하였다.

본 실험에서 50 μ m 산화알루미늄 입자로 air abrasion 처리를 했을 때 결합강도가 유의하게 증가했는데, 이는 다른 연구 결과들과 일치한다^{2,12,14,28)}. Kupiec과 Barkmeier¹²⁾, Shahdad와 Kennedy²⁹⁾는 air abrasion 처리를 하고 접착제를 도포했을 때 수리강도가 복합레진의 응집강도와 비슷하게 나타났다고 했다. 이전 연구의 SEM 관찰에서 산화 알루미늄을 이용한 샌드블라스팅 처리가 미세유지형태를 형성해서 접착레진이 결합에 이용할 수 있는 표면적을 증가시킨다고 하였는데^{2,16)}, air abrasion에 의한 강한 결합력은 이것으로 설명될 수 있을 것이다.

일부 연구에서는 diamond bur로 표면을 거칠게 하였을 때

결합강도가 증가하였음을 보고하였다^{7,19)}. 그러나 본 실험에서 diamond bur를 이용한 표면처리는 전단결합강도를 다소 증가시켰으나 산부식 처리를 한 1군과 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이에 관해 Papacchini 등²⁸⁾은 air abrasion 처리에 비해 낮은 결합강도를 보이는 이유는 diamond bur 처리가 복합레진 간의 결합력을 감소시킬 수 있는 점착성의 smear layer를 형성하기 때문이라고 했다.

인산을 이용한 치아 표면의 산부식은 복합레진을 상아질과 법랑질에 결합시키기 위한 필수적인 단계이지만, 복합레진 간의 결합에서는 산부식 처리의 효과가 크지 않은 것으로 생각된다. 여러 연구에서 산부식이 레진 기질의 유지형태에 유의한 변화를 일으키지 않으며, 산부식 처리를 한 군이 산부식 처리를 하지 않은 군과 비슷한 수리결합강도를 나타냈다고 보고하였다^{2,16,19)}. 본 연구에서도 인산 처리를 한 군과 하지 않은 군 간에 유의한 결합강도의 차이가 나타나지 않았다. 그러나 Gregory 등¹⁰⁾은 산으로 레진의 표면을 처리하면 표면의 오염물질을 세척할 수 있고 경화된 레진의 표면을 재활성화할 수 있어 점착제의 도포 시 우수한 습윤이 일어나기 때문에 결합강도를 증가시킬 수 있다고 하였다. 다른 연구에서도 복합레진의 표면에서 37% 인산이 표면세정효과가 있다고 하였다^{6,28)}.

본 연구에서 자가부식 점착제로 표면처리를 했을 때의 전단결합강도가 가장 낮게 나타났다. 그러나 total-etch 점착제와 비교했을 때 차이가 통계적으로 유의하지 않았다. 자가부식 점착제와 total-etch 점착제의 결합강도의 차이에 대해서는 여러 문헌에서 보고되었으며²⁹⁻³¹⁾, 일반적으로 자가부식 점착제의 결합강도가 낮은 것으로 알려져 있다. 자가부식 점착제는 치아 조직에 적용되었을 때 똑같이 작용하지 않는다. 수리를 위한 상아질 점착과 재점착에서 점착제가 표면을 적시고 점착제의 모노머가 기질에 침투하는 것을 돕는 용매를 쓰는 것이 필수적인데^{9,16)}, 이 두 가지 핵심 요소는 도포횟수, 적용시간, 건조 등의 적용방법에 의해 영향을 받는다. Teixeira 등³²⁾은 자가부식 점착 시스템을 이용한 복합레진 수리에서 OptiBond Solo Plus SE가 가장 높은 결합강도를 보이는 이유는 점착제를 두 번 도포해서 용매와 모노머가 기질로 침투하기가 용이했기 때문일 것이라고 했다. 다른 연구에서도 자가부식 점착제를 2회 도포하는 것이 1회 도포한 경우에 비해 결합강도를 크게 증가시켰음을 보였다³³⁾. 본 연구에서 자가부식 점착제인 Adper Prompt L-Pop을 2회 도포했기 때문에 비교적 높은 전단결합강도를 나타낸 것으로 생각된다.

본 연구에는 포함되지 않았지만 불산과 실란(silane)은 기계적 결합력, 화학적 결합력을 증가시키기 위한 방법으로서 많은 연구에서 표면처리 방법으로 사용되었다^{5-7,34)}. 그러나 실험환경과 달리 임상에서는 불산이나 실란으로 복합레진을 수리할 때 불산이나 실란에 의해 치아조직이 오염되는 것을 피할 수 없다. 오염이 발생하면 치아조직에 대한 결합에 영향을 미칠 수 있는데, Pioch 등³⁵⁾은 불산이 상아질에서 인산 처리에 의해 열린 상아세관을 막는다고 했으며 불산 처리 후에는 인산으로 산부식을 해도 상아세관이 열리지 않고 레진 태그도 형성되지 않는다

고 했다. 그리고 Hannig 등³⁶⁾은 산부식된 법랑질에 실란 처리를 했을 때 유의하게 낮은 결합강도를 보인다고 했고, 실란과 결합제를 함께 처리한 경우에는 결합제만 처리한 경우와 비슷하거나 더 낮은 강도를 나타낸다고 했다. 수리 과정에서 새로 첨가된 재료가 주위의 치아조직과 결합하는 것도 중요하기 때문에 본 연구에서는 불산과 실란을 표면처리 방법에 포함시키지 않았다.

복합레진을 수리했을 때 실제 구강에서 교합기능을 견딜 수 있는 충분한 결합강도가 얼마인지에 관한 데이터는 없다. 그러나 복합레진의 수리결합강도가 18 MPa 이상이면 임상적으로 받아들여질 만하다고 보고되었다^{8,9)}. 그리고 Hannig 등³⁷⁾은 수리된 레진이 임상적으로 충분한 결합력을 제공하기 위해서는 20 MPa 또는 그 이상의 결합강도가 필요할 것이라고 했다. 본 연구에서는 모든 표면처리 방법에서 전단결합강도가 30 MPa 이상으로 매우 높게 나타났다. 그러나 시편의 보관기간이 짧았고 구강내가 아닌 이상적인 실험환경에서 시행되었기 때문에 실제 임상에서는 결합강도가 이보다 낮아질 것으로 생각된다.

본 연구결과 air abrasion 후에 점착제를 도포하는 것이 복합레진의 수리에 가장 효과적인 표면처리 방법으로 생각된다. 그리고 자가부식 점착제가 비록 가장 낮은 결합력을 나타냈지만 임상적으로 받아들여질 만한 수준이었다. 따라서 술식이 간단하다는 장점을 고려할 때 다른 표면처리 방법과 더불어 이 방법에 대해서도 앞으로 더욱 많은 연구가 이루어져야 할 것이다. 이 연구에서는 레진의 보관기간이 짧았고 몇 가지의 표면처리 방법만을 비교하였기 때문에 한계가 있었다. 향후 더욱 다양한 표면처리법을 이용한 장기간의 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

산부식, 자가부식 점착제, air abrasion, diamond bur 표면 처리가 시효경과 처리된 복합레진의 수리에 미치는 영향을 평가하기 위해 전단결합강도를 측정하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 3군과 4군(air abrasion)은 1군(산부식)에 비해 전단결합강도가 유의하게 높게 나타났다($p < 0.05$). 5군과 6군(diamond bur)은 1군(산부식)에 비해 높은 전단결합강도를 나타냈으나 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$).
2. 2군(자가부식 점착제)은 1군(산부식)에 비해 전단결합강도가 낮게 나타났으나 유의한 차이는 없었다($p > 0.05$).
3. 3군(air abrasion)과 4군(air abrasion + 산부식)에서 전단결합강도의 차이는 유의하지 않았다($p > 0.05$).
4. 5군(diamond bur)과 6군(diamond bur + 산부식)에서 전단결합강도의 차이는 유의하지 않았다($p > 0.05$).

결론적으로, 복합레진의 수리 시 air abrasion으로 표면처리를 했을 때의 결합강도가 가장 높았고, 산부식 방법과 처리여부는 수리강도에 유의한 영향을 미치지 않았다.

참고문헌

1. Bayne CS, Heymann OH, Swift EJ Jr : Update on dental Composites. *J Am Dent*, 125:687-701, 1994.
2. Shahdad SA, Kennedy JG : Bond strength of repaired anterior composite resins: an in vitro study. *J Dent*, 26:685-694, 1997.
3. Miranda FJ, Duncanson MG, Dilts WE : Interfacial bonding strengths of paired composite systems. *J Prosthet Dent*, 51:29-32, 1984.
4. Davis BR, Miller BJ, Wood DJ, et al. : Strength of secondary-cured resin composite inlay repairs. *Oper Dent*, 51:29-32, 1984.
5. Söderholm KJ, Roberts MJ : Variables influencing the repair strength of dental composites. *Scand J Dent Res*, 99:173-180, 1991.
6. Swift EJ Jr, Le Valley BD, Boyer DB : Evaluation of new methods for composite repair. *Dent Mater*, 8:362-365, 1992.
7. Crumpler DC, Bayne SC, Sockwell S, et al. : Bonding to resurfaced posterior composites. *Dent Mater*, 5:417-424, 1989.
8. Turner CW, Meiers JC : Repair of an aged, contaminated indirect composite resin with a direct, visible-light-cured composite resin. *Oper Dent*, 18:187-194, 1993.
9. Puckett AD, Holder R, O'Hara JW : Strength of posterior composite repairs using different composite/bonding agent combinations. *Oper Dent*, 16:136-140, 1991.
10. Gregory WA, Pounder B, Bakus E : Bond strengths of chemically dissimilar repaired composite resins. *J Prosthet Dent*, 64:664-668, 1990.
11. Boyer DB, Chan KC, Reinhardt JW : Build-up and repair of light-cured composites: bond strength. *J Dent Res*, 63:1241-1244, 1984.
12. Kupiec KA, Barkmeier WW : Laboratory evaluation of surface treatments for composite repair. *Oper Dent*, 21:59-62, 1996.
13. Bouschlicher MR, Reinhardt JW, Vargas MA : Surface treatment techniques for resin composite repair. *Am J Dent*, 10:279-283, 1997.
14. Brosh T, Pilio R, Bichacho N, et al. : Effect of combinations of surface treatments and bonding agents on the bond strength of repaired composites. *J Prosthet Dent*, 77:122-126, 1997.
15. Kallio TT, Lastumaki TM, Vallittu PK : Bonding of restorative and veneering composite resin to some polymeric composites. *Dent Mater*, 17:80-86, 2001.
16. Lucena-Martin C, Gonzalez-Lopez S, Navajas-Rodriguez de Mondelo JM : The effect of various surface treatments and bonding agents on the repaired strength of heat-treated composites. *J Prosthet Dent*, 86:481-488, 2001.
17. Burtscher P : Half life time of radicals after radiation curing of composite. *J Dent Res*, 69:207, 1990.
18. Bastoli C, Romano G, Maliarsi C : Water sorption and mechanical properties of dental composite. *Biomaterials*, 11:219-223, 1990.
19. Bonstein T, Garlapo D, Donarummo J Jr, et al. : Evaluation of varied repair protocols applied to aged composite resin. *J Adhes Dent*, 7:41-49, 2005.
20. Söderholm KJ, Mukherjee R, Longmate J : Filler leachability of composites stored in distilled water or artificial saliva. *J Dent Res*, 75:1692-1699, 1996.
21. Tezvergil A, Lassila LV, Vallittu PK : Composite-composite repair bond strength: effect of different adhesion primers. *J Dent*, 31:521-525, 2003.
22. Lewis G, Johnson W, Martin W, et al. : Shear bond of immediately repaired light-cured composite resin restorations. *Oper Dent*, 23:121-127, 1998.
23. Lastumaki TM, Kallio TT, Vallittu PK : The bond strength of light-curing composite resin to finally polymerized and aged glass fiber-reinforced composite substrate. *Biomater*, 23:4533-4539, 2002.
24. 이창우, 김정옥, 이상훈 : 표면 처리방법에 따른 복합레진의 미세누출에 관한 실험적 연구. *대한소아치과학회지*, 25:103-115, 1998.
25. 강명봉, 현홍근, 김영재 등 : 파손된 치면열구전색제의 수리 방법에 따른 미세누출 비교. *대한소아치과학회지*, 34:204-214, 2007.
26. 임호남, 최호영 : 레진재료의 결합을 위한 복합레진 수복물의 최적표면처리법에 관한 연구. *대한치과기재학회지*, 24:91-109, 1997.
27. 최경규, 민병순 : Microabrasive로 처리한 상아질표면에 대한 복합레진의 결합강도에 관한 연구. *대한치과보존학회지*, 22:61-75, 1997.
28. Papacchini F, Dall'Oca S, Chieffi N, et al. : Composite-to-composite microtensile bond strength in the repair of a microfilled hybrid resin: effect of surface treatment and oxygen inhibition. *J Adhes Dent*, 9:25-31, 2007.
29. Hannig M, Reinhardt KJ, Bott B : Self-etching primer vs phosphoric acid: an alternative concept for composite-to-enamel bonding. *Oper Dent*, 24:172-180, 1999.

30. Miyasaka K, Nakabayashi N : Combination of ED-TA conditioner and phenyl-P/ HEMA self-etching primer for bonding to dentin. *Dent Mater*, 15:153-157, 1999.
31. Burrow MF, Satou M, Tagami J : Dentin bond durability after three years using a dentin bonding agent with and without priming. *Dent Mater*, 12:302-307, 1996.
32. Teixeira EC, Bayne SC, Thompson JY, et al. : Shear bond strength of self-etching bonding systems in combination with various composites used repairing aged composites. *J Adhes Dent*, 7:159-164, 2005.
33. Frankenberger R, Perdigao J, Rosa BT, et al. : "No-Bottle" vs "multi-bottle" dentin adhesive—a microtensile bond strength and morphological study. *Dent Mater*, 17:373-380, 2001.
34. 최수영, 정신와, 황윤찬 등 : 수리된 복합레진 수복물의 전단결합강도 연구. *대한치과보존학회지*, 27:569-576, 2002.
35. Pioch T, Jakob H, Garcia-Godoy F, et al. : Surface characteristics of dentin experimentally exposed to hydrofluoric acid. *Eur J Oral Sci*, 111:359-364, 2003.
36. Hannig C, Hahn P, Thiele PP, et al. : Influence of different repair procedures on bond strength of adhesive filling materials to etched enamel in vitro. *Oper Dent*, 28:800-807, 2003.
37. Hannig C, Laubach S, Hahn P, et al. : Shear bond strength of repaired adhesive filling materials using different repair procedures. *J Adhes Dent*, 8:35-40, 2006.

Abstract

EFFECT OF SURFACE TREATMENTS ON THE REPAIR BOND STRENGTH OF COMPOSITES

Jung-In Choi, Young-Jae Kim, Jung-Wook Kim, Sang-Hoon Lee, Chong-Chul Kim, Se-Hyun Hahn, Ki-Taek Jang

Department of Pediatric Dentistry, College of Dentistry and Dental Research Institute, Seoul National University

The purpose of this study was to evaluate the effect of surface treatment on the shear bond strength between new and old composite resin. The prepared resin specimens were separated 6 groups, and each group then received a different surface treatment. Then the repair material was added. Shear bond strengths for repair were measured after 7 days and the results were analyzed by using one way ANOVA.

The results were as follows:

1. Group 3, 4 (air abrasion) showed significantly higher shear bond strength than Group 1 (phosphoric acid) ($p < 0.05$). Group 5, 6 (diamond bur) showed higher bond strength than Group 1 (phosphoric acid) but not significantly different ($p > 0.05$).
2. Group 2 (self-etching adhesive) showed lower shear bond strength than Group 1 (phosphoric acid) but not significantly different ($p > 0.05$).
3. There was no statistically significant difference between Group 3 (air abrasion) and Group 4 (air abrasion + etching).
4. There was no statistically significant difference between Group 5 (diamond bur) and Group 6 (diamond bur + etching).

In conclusion, the surface treatment with air abrasion resulted in higher repair bond strength than other methods. Repair bond strength was not significantly affected by acid etching.

Key words : Composite resin, Repair, Surface treatment, Shear bond strength