

교정 장치의 본딩을 위한 티타늄 미니스크류의 표면 처리에 대한 연구

성균관 대학교 의과대학 삼성서울병원
조교수 경 승 현

ABSTRACT

The study on the surface treatment of a miniscrew for the orthodontic bonding.

Department of Orthodontics, The Institute of Oral Health and Science
Samsung Medical Center, College Medical Center, Sung Kyun Kwan University
Assistant professor Kyung, Seung-Hyun

This study evaluated the effects of sandblasting on the surface roughness and shear bond strength in titanium orthodontic mini-screw for proper bonding of various orthodontic appliances.

10 extracted premolars, 10 titanium rods, and 10 titanium screws were tested. As a control group (Teeth Group), teeth were etched as a usual method. Ten titanium rods (Rod Group) and ten orthodontic miniscrews (Screw Group) were treated by sandblasting. Average surface roughness of the samples were examined by profilometer. The shear bond strength of all the samples were recorded by Instron after orthodontic brackets were bonded to each surfaces.

The results were as follows:

1. There was statistically significant differences among the Teeth Group, the Rod Group and the Screw Group in the average surface roughness. And the Ranks was as follows : Teeth Group > Screw Group > Rod Group

2. There was no statistically significant differences among the Teeth Group (7.31 + 4.26 MPa), the Rod Group (3.88 + 1.93 MPa) and The Screw Group (4.47 + 2.74 MPa) in the shear bond strength.

In this study, we got the 4.47 MPa as the shear bond strength between the resin bonded bracket and the orthodontic miniscrew which upper surface was treated by sandblasting. Variable attachments on the miniscrew head can be applied to orthodontic treatment, unless these attachments are exposed to the direct biting force.

Key words : orthodontic appliance, titanium orthodontic mini-screw, acid etching, sandblasting, surface roughness, shear bond strength.

서 론

미니 스크류는 전통적 고정원 보강방법에서의 단점인 환자의 협조도에 의존하는 것을 극복할 수 있다는 점과 고정원 치아의 움직임 등을 완전히 배제할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 이러한 절대 고정원의 등장은 치아 이동량이나 이동방향에 있어서 전통적 교정 치료에서 보여지는 것들과 차별화 되어 나타남으로써 양질의 치료효과, 새로운 치료법의 개발, 환자의 편의성 증대 등의 양호한 결과들을 도출하면서 교정치료의 새로운 지평을 예고 하고 있다.

그러나 사용방법에 있어서는 screw head에 탄성체를 단순히 연결하여 사용함으로써 미니 스크류가 발생시키는 힘의 종류가 single force에 제한되어 있다. 이러한 단순한 사용방법은 다양한 임상 상황에 적절히 대처할 수 없다는 면에서 한계를 나타내고 있다. 때때로 single force 와 모멘트가 적절히 조합되었을 때 좀더 효율적인 치료가 가능하기 때문이다.

한편 Chung¹⁾ 등은 스크류 헤드에 round tube를 부여 함으로써 헤드 형태에 변화를 주었으며 Costa²⁾ 등과 Maino³⁾ 등은 rectangular slot을 미니 스크류 헤드에 부여함으로써 모멘트의 발생이 가능하도록 하였다. 그렇지만 위와 같은 형태변화도 기본적으로는 탄성체의 적용을 기본으로 하고 있어 일정한 한계를 지니고 있다. 또 국내에 시판되고

있는 대부분의 교정용 미니스크류도 그 헤드 형태 자체가 탄성체만이 적용 가능한 형태로 되어 있어 다양한 임상상황이나 각 교정의사의 다양한 헤드 형태 요구에 부응하기는 어렵다.

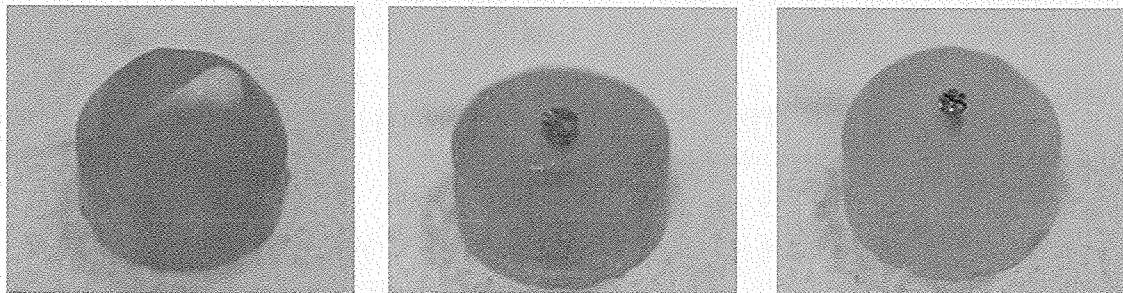
따라서 필요에 따라 술자가 쉽게 헤드 형태를 변화시키는 방법으로 screw head에 레진을 이용하여 기존의 교정장치를 부착시키는 방법이 제시되고 있다. screw head에 교정장치를 부착할 때 가장 문제 시 되는 점은 부착강도가 저하되어 나타남으로써 장치의 탈락이 비교적 빈번하게 일어난다는 점이다. 티타늄 표면에 sandblasting 하였을 때 표면 거칠기의 증가⁴⁾를 통하여 부착 강도의 증진이 시도되고 있으나 sandblasting후 티타늄 표면과 교정 장치의 결합 강도에 대한 구체적인 보고가 전무한 실정이다.

본 연구에서는 교정용 미니스크류 절삭하기 전의 형태인 티타늄 rod의 상면과 교정용 미니스크류에 각각 sandblasting 후 브라켓을 부착하였을 때 전단 결합 강도를 측정하고 임상적인 유효성에 대해 살펴보고자 한다.

연구 재료 및 방법

1) 실험 재료

- ㄱ. Teeth 군 : 건전한 협면을 가진 소구치 10개 ,
- ㄴ. Rod 군 : 지름 5mm, 높이 10mm의 티타늄



ㄱ : 발거된 소구치

ㄴ : 티타늄 rod

ㄷ : 교정용 미니스크류

그림 1. 브라켓 부착 및 전단 결합 강도 측정을 위해 레진 블록에 매복된 시편들

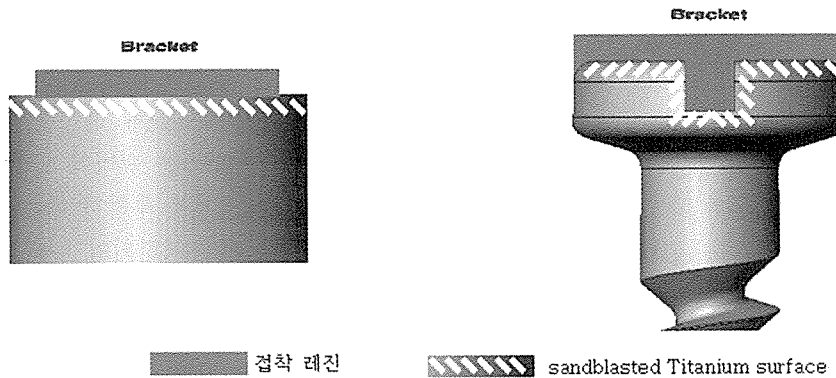


그림 2. 미니스크류 헤드의 0.28" 의 cross-slot 이 결합강도에 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 slot 내부에도 sandblasting 을 하였다.

rod (ASTM 규격 Grade V의 티타늄 rod (Ti-6Al-4V))

ㄷ. Screw 군 : head 지름 4mm, 길이 6mm의 교정용 미니스크류 10개 (ASTM 규격 Grade V의 티타늄소재의 교정용 미니스크류, K-1™, 서울, 제일메디컬)

2) 표면처리

30개의 시편은 모두 자가 중합형 교정용 레진 block을 만들어 표면 처리할 부분만을 노출시키고 매식하였다(그림 1).

가. Teeth 군 : 생리 식염수에 보관후 증류수로 표면을 세척한후 20초간 etching (35% Phosphoric acid, Ultra-Etch®, Ultradent Products,USA) 하고 증류수에 세척하였다.

나. Rod 군과 Screw군 : 브라켓을 부착할 부위인 티타늄 rod의 상면과 교정용 미니 스크류의 상면을 SiC paper (No. 1200)으로 세마하여 오염물질을 제거한 후 nozzle에서 5mm 거리에서 50 μ m aluminum oxide를 6 bar의 압력으로 10초간 sandblasting 하였다. (SMARTair®, Germany)

Yamashita등의 Sandblasting시 25 μ m 입자크기의

산화알루미늄을 사용하는 것보다 50 μ m 크기의 산화알루미늄 입자를 이용하는 것이 주조금속산화물과의 반응을 통해 더욱 강한 결합력을 얻을 수 있다는 보고⁵⁾가 있어 본 연구에서도 50 μ m 크기의 산화알루미늄을 사용하였다. 또한 미니스크류 헤드의 0.28" 의 cross-slot 이 결합강도에 영향을 미치는지를 알아보기 위하여 slot 내부에도 sandblasting 을 하였다(그림 2).

3) 표면 거칠기 측정

표면처리후 30개의 시편을 profilometer (Surftest™, Mitutoyo Co., UK)로 Arithmetical Mean roughness(Ra)를 측정하였다.

또한 산처리된 Teeth군과 Sandblasting된 Rod군, Screw군 각각의 표면 변화를 SEM(scanning electron microscopy)으로 관찰하였다.

4) 브라켓 부착

30개의 시편 모두에 중간접착제 (One-Step®, Bisco, USA)를 제조자의 매뉴얼에 따라 적용하고 10초간 광중합(Optilux™, Demetron Research Co., USA)하였다.

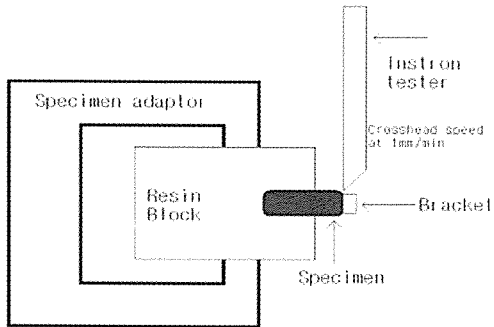


그림 3. 만능물성 시험기를 이용한 전단 결합 강도 측정의 모식도
시편을 레진 블록에 매식하고 만능 물성 시험기에 고정시켰다. 시편과 브라켓의 계면은 바닥에 수직을 이루었고 이곳에 압력을 가하여 파절되는 순간의 최고 하중을 Newton으로 기록하고 이를 브라켓면의 넓이로 나누어 MPa로 측정하였다.

Buyukyilmaz⁶⁾ 등은 sandblasting과 중간접착제 병용처리가 금합금과 브라켓과의 결합강도를 증진시킨다고 보고 하였고 Kern 등은 습윤한 상태에서 Ti의 산화막이 다른 금속의 경우보다 더 강하게 결합하므로 BisGMA와 더 강한 결합력을 나타낸다고 연구 보고하여⁷⁾ 본 연구에서도 luting adhesive agent를 사용하였다.

교정용 브라켓 (Ormesh®, Ormco, USA)의 베이스(표면적 3.0mm×3.5mm)에 레진(3M Z100™ Restorative, 3M, USA)를 적용하고 브라켓의 네모서리가 시편의 표면에 접촉하도록 손가락 힘으로 레진 분당하였다. 과잉 레진을 제거하고 40초간 광중합 하였다.

5) 전단결합강도의 측정

시편이 심겨져 있는 30개의 resin block을 적절히 고정하고 1mm/min의 crosshead speed로 만능 물성 시험기 (Instron 6022, Instron Co., USA)을 이용하여 전단강도를 측정하였다(그림 3). 전단력을 시편의 브라켓 접착 부위에 평행하게 가하여 접착이 파절되는 순간의 최고 하중을 측정하였고 이 측정치를 브라켓 면적 (10.5mm²)으로 나누어 MPa로 환산하였다.

6) 통계처리

SAS 통계 프로그램을 이용하여 각 군의 표면 거칠기 또는 전단결합강도의 평균치, 표준편차를 산출하였다. 시편의 종류 (치아, 티타늄 rod, 교정용 미니스크류)에 따른 표면 거칠기 또는 전단결합강도의 차이는 검정은 표본이 정규성을 만족한다고 보기 어려우므로 비모수적 방법인 Wilcoxon의 순위합 검정으로 분석하고 Kruskal-Wallis Test를 통하여 세군간에 roughness 와 전단결합 강도에 차이가 있는지를 보았으며 차이가 있는 경우에 Multiple Comparison test를 통하여 크기를 비교하였다. 유의차 검증은 5% 유의수준에서 판정하였다.

실험결과

1) 표면 처리된 세 시편의 주사현미경 사진

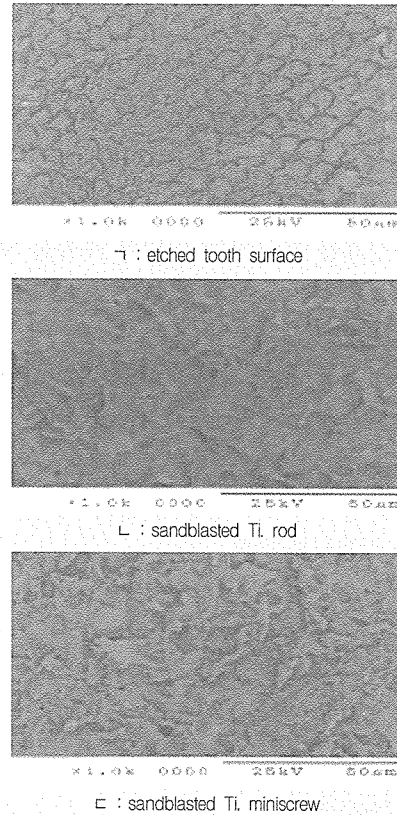


그림 4. 1000배 확대의 SEM사진.

2) 표면 거칠기 및 전단 결합 강도

표 1. 각 시편의 표면 처리후 표면 거칠기 및 전단 결합 강도 (Mean + S.D.)

	Teeth 군	Rod 군	Screw 군
표면 거칠기 (Ra, μm)	0.72 + 0.12	0.61 + 0.05	0.85 + 0.25
전단 결합 강도 (MPa)	7.31 + 4.26	3.88 + 1.93	4.47 + 2.74

3) 통계 및 분석

가. 각 군별 평균 표면 거칠기에는 Kruskal-Wallis test에서 통계학적 유의한 차이가 있었으며($p=0.0003<0.05$), Multiple comparison test에서 Teeth 군, Screw 군, Rod군 순으로 작아졌다.

나. 각 군별 평균 전단 결합강도에는 Kruskal-Wallis test에서 통계학적 유의한 차이가 없었다. ($p=0.2066>0.05$)

연구 및 토의

교정용 미니스크류는 교정치료의 범위를 확대하고, 극대화된 효과를 나타내면서 그 사용 빈도가 급격히 증가 하고 있다. 그렇지만 사용방법에 있어서는 단순히 탄성재를 연결하는 방법이 주류를 이루어 그 임상적 적용에 한계를 가지고 있다. 이를 극복 하기 위한 방법중의 하나로 스크류 헤드에 브라켓등을 레진 부착하여, 강선을 스크류에 연결함으로써 힘과 모멘트를 다양하게 응용 하는 방안이 제시되고 있다. 이때 가장 선결되어야 할 문제점은 스크류와 레진의 결합강도가 충분치 않아 그 탈락 빈도가 비교적 높다는 것이다.

골융합 임프란트에서는 표면 거칠기를 증가시켜 골융합의 강도를 증가시키기 위한 수단으로 알루미늄 등의 매질 sandblasting방법, 이온코팅⁸⁾이나 주석도금⁹⁾ 등을 이용한 화학적인 방법, Hydroxyapatite (HA) 을 통한 코팅방법, 산으로 티타늄 표면을 부식시키는 방법 등이 있다.

본 연구는 교정용 미니스크류의 레진 결합 강도

를 증진 하기 위한 티타늄 표면 처리 방법으로서 비교적 적용이 간편한 sandblasting 방법을 선택 하였다.

Zachrisson은 sandblasting 시행시 porcelain과 아말감사이의 결합력이 증가되었고¹⁰⁾ 설측보정장치의 결합력도 크게 증가하였다고 보고하였다¹¹⁾. 그의 다른 연구자들도 각각 독립적인 연구를 통해서 sandblasting 시행으로 결합력을 증진시킬 수 있으며 대조군과 비교시 결합 실패율이 떨어졌다고 보고하였다^{6),12),13),14)}.

Sandblasting 처리를 함으로써 미세 유지 위상 구조, 표면적 증가, 고활성 표면을 얻을수 있고 이러한 기전으로 결합 강도가 증가한다고 알려져 있다⁷⁾. sandblasting후 남아있는 Al particle이 화학적으로 활성화된 monomer와의 결합력 증진에 기여한다는 보고도 있다.¹⁵⁾

Zachrisson 등은 아말감의 경우 거친 다이아몬드 비로 표면 처리한 경우보다 sandblasting한 경우 결합력(5MPa)이 더 컸다고 보고 했다.¹⁵⁾

본 실험의 결과는 표면 거칠기에서는 세군간에 차이가 있었으나 전단 결합강도에서는 통계적 유의성이 보이지 않았다. Rod군과 Screw군간의 전단 결합 강도를 비교하였을 때, 군간에 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았고 평균값도 거의 유사 하였으므로, 교정용 미니스크류 헤드의 Cross-Slot 이 결합 강도에(그림 2) 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

일반적인 브라켓 접착 강도는 남자의 경우 약 68kg의 교합력을 제1대구치 부위¹⁶⁾에서 견딜 수 있어야 한다고 보고되고 있으며, Reynold는 교정장치와 에나멜과의 적절한 결합력은 5-8MPa라고 보고 하였다.¹⁷⁾

본 실험의 결과는 Teeth군과 Screw군 간에 유의성은 보이지 않았고 평균값의 차이만 나타났다. 이는 두 군의 결합력이 같든지 교정용 미니스크류 군이 다소 낮은 결합력을 나타낸다고 할 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 실험에서 나타난 교정용 미니

스크류와 브라켓의 결합강도는 아래와 같은 이유로 여전히 임상에서 유효할 수 있다.

그 이유는 첫째, 미니스크류에 부착된 브라켓은 치아에 부착된 브라켓의 결합력 정도와 같은 강한 결합 강도를 필요로 하지 않는다. 무엇보다도 미니스크류에 부착된 브라켓은 교합력에 직접적으로 노출되어 있지 않다. 치아에 부착된 브라켓은 상하악 치아의 교합면에 긴밀하게 위치하며 때로는 치아의 교합면과 접촉을 하기도 한다.

이 경우 치아의 브라켓은 직접적으로 교합력에 노출되어 있으며 이때 필요한 치아와 브라켓간의 결합력은 교합력을 견디내야 할 정도의 강도를 가져야 한다. 반면에 교정용 미니스크류는 치경부 하방 적어도 2mm 이상의 거리에 식립 하므로 미니스크류에 부착된 브라켓은 교합력의 영향을 어느 정도 받을 수는 있어도 치아에 부착된 브라켓처럼 직접적으로 교합력에 노출 되어 있지 않다.

그러므로 미니스크류와 브라켓간의 적절한 결합력의 크기는 교합력 보다는 교정력에 탈락되지 않을 정도면 충족되는 것으로 사료된다. 예를 들어 악정형력에 해당하는 약 450g의 힘이 본 연구의 브라켓에 가해진다고 가정하면 면적 10.5mm²의 브라켓 면적을 감안할 때 대략 0.45MPa에 지나지 않는다. 이 점에서 볼 때, 본 연구의 미니스크류 헤드에 부착된 브라켓은 이론적으로는 약 10배인 4.5kg의 힘을 견딜 수 있다. 따라서 sandblasting으로 표면 처리한 교정용 미니스크류와 브라켓 간의 전단 결합강도는 교합력을 견디기에는 충분하지 않으나 대부분의 교정력을 적용 할 수는 있다고 생각된다.

둘째, 미니스크류를 기계적으로 지지하는 골 교정력이 미니스크류와 브라켓의 결합력에 비하여 낮다는 사실이다. 통상적으로 적용하는 200~300g 정도의 교정력에도 미니스크류의 탈락이 상당수에서 일어남을 임상에서 관찰할 수 있다. 예를 들면 치조골의 협축에 식립된 미니스크류는 약 200g 정도의 교정력에 탈락이 비교적 빈번히 일어난다. 200g

의 교정력을 환산하면 약 0.2 MPa이며 이는 본 연구에서 얻어진 미니스크류와 브라켓간 결합강도의 1/10에도 미치지 못한다. 그러므로 미니스크류와 브라켓간 최대 결합력인 4.5kg 정도의 큰 힘이 브라켓에 작용된다면 브라켓이 분리되기 전에 대부분의 미니스크류가 더 먼저 탈락될 것이다.

그러므로 본 연구에서, 5mm의 티타늄 rod와 4mm의 미니스크류 헤드부를 sandblasting후에 얻어지는 전단 결합강도(4.47 MPa)는 교합력을 견딜 정도의 강도는 아니나 일반적으로 사용되는 500g 이하의 교정력을 사용하기에는 충분한 정도의 결합 강도를 지니고 있다. 즉 교합력이 직접적으로 작용하는 부위만 아니라면 레진 부착물에 의한 미니스크류 헤드 형태의 변화가 다양하게 임상에 적용될 수 있을 것으로 사료 된다.

이번 연구에서는 sandblasting시 티타늄 rod와 교정용 미니스크류 표면의 거칠기와 전단 결합력에 미치는 영향을 살펴 보았다. 이번 연구에서는 시료의 수가 적어서 합리적인 통계학적인 결론을 유도하는데는 한계가 있었다. 불소를 포함한 gel이 Ti의 거칠기를 증가시킨다는 보고가 있으며¹⁸⁾ sandblasting후 oxalic acid로 표면 처리를 하였을 때 표면 거칠기가 증가시킨다는 보고¹⁹⁾가 있다. 앞으로 시료의 수를 충분히 확보하고 또한 위와 같은 다양한 표면처리방법을 포함한 광범위한 연구가 필요할 것이다.

결론

발거한 소구치에 통법대로 산부식을 하여 대조군으로 하고 티타늄 rod와 교정용 미니스크류에 sandblasting을 하여 실험군으로 하여 전단결합강도를 측정해 보았을 때 그 결과는 다음과 같다.

1. 각 군별 평균 표면 거칠기에는 통계학적 유의한 차이가 있었으며 ($p < 0.05$) Teeth 군, Screw 군, Rod군 순으로 작아졌다.

2. Teeth 군(7.31 MPa), Rod 군(3.88 MPa), Screw 군(4.47 MPa)의 평균 전단 결합강도에는 통계학적 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

이번 실험의 결과에서 sandblasting으로 표면 처

리한 교정용 미니스크류에서 평균 전단 결합강도 4.47 MPa를 얻었다. 교합력이 직접적으로 작용하는 부위만 아니라면 레진 부착물에 의한 교정용 미니스크류 헤드 형태의 변화가 다양하게 임상에 적용될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- Chung KR, Kim YS, Linton JL et al. The miniplate with tube for skeletal anchorage. *J Clin Orthod.* 2002 Jul;36(7):407-12.
- Costa A, Raffaini M, Melsen B. Miniscrews as orthodontic anchorage: a preliminary report. *Int J Adult Orthodon Orthognath Surg.* 1998;13(3):201-9.
- Maino BG, Bednar J, Pagin P et al. The spider screw for skeletal anchorage. *J Clin Orthod.* 2003 Feb;37(2):90-7.
- Lautenschlager EP, Monaghan P. Titanium and titanium alloys as dental materials, *Int Dent J.* 1993 Jun;43(3):245-53.
- Yamashita A, Yamani T. Procedures for applying adhesive resin(MMA-TBB) to crown and bridge restorations. Part I. The influence of dental non-precious alloys and the treatment of inner surface of metal to adhesion. *J Jpn Prosthet Dent* 1982;26:584-91.
- Buyukyilmaz T, Zachrisson YO, Zachrisson BU. Improving orthodontic bonding to gold alloy. *J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995 Nov;108(5):510-8.
- Kern M, Thompson VP. Durability of resin bonds to pure titanium. *J Prosthodont* 1995;4:16-22.
- Tanaka T, Hirano M, Kawahara M et al. A new ion coating surface treatment of alloys for dental adhesive resins. *J Dent Res.* 1988 Nov;67:1376-80.
- Lautenschlager EP, Monaghan P. Titanium and titanium alloys as dental materials, *Int Dent J.* 1993 Jun;43(3):245-53.
- Zachrisson BU. Recent advances in bonding to gold, amalgam, and porcelain. *J Clin Orthod.* 1993 Jan;27(12):661-75.
- Zachrisson BU. Third-generation mandibular bonded lingual 3 retainer. 1993 Jan;29(1):39-48.
- Miller S, Zernik JH. Sandblasting of bands to increase bond strength. *J Clin Orthod.* 1996 Apr;30(4):217-22.
- Newman GV, Newman RA, Sun UI et al. Adhesion promoters, their effect on the bond strength of metal brackets. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995 Sep;108(3):237-41.
- Wilshire WA. Shear bond strengths of a glass ionomer for direct bonding in orthodontics. 1994 Aug;106(2):127-30.
- Zachrisson BU, Buyukyilmaz T, Zachrisson YO. Improving orthodontic bonding to silver amalgam. *Angle Orthod* 1995;65(1):35-42.
- Won-Cheul Choi, Tae-Woo Kim. Relationship between maximum bite force facial skeletal pattern. *Korea. J. Orthod* 2003;33(6):437-52.
- Reynolds IR. A review of direct orthodontic bonding. *Br J Orthod* 1975;2:171-80.
- Bum-Soon Lim, Seok-Mo Heo, Yong-Keun Lee et al. Shear bond strength between titanium alloys and composite resin: sandblasting versus flourid-gel treatment. *J Biomed Mater Res* 2003;64B:38-43.
- Dehua Li, Baolin Liu, Yong Han et al. Effects of modified sandblasting surface treatment on topographic and chemical properties of titanium surface. *Implant Dent* 2001;10:59-64.