

고정원을 위한 micro-implant 매식시 drilling 유무에 따른 안정성에 관한 연구

김 종 완¹⁾ · 장 영 일²⁾

본 연구는 교정적 고정원을 얻기 위하여 micro-implant(Osas[®], Epoch medical)를 drill method와 drill-free method로 매식시, 조기 교정력에 대한 각각의 경우 micro-implant의 역학적 안정성 및 조직학적 생체 적합도의 차이를 알아보고자 시행하였다.

두 마리의 실험견(beagle dog)을 대상으로 상, 하악 협측과 구개부위에 좌우측을 구분하여 drill method 군과 drill-free method 군으로 나누어 매식하였다.

매식한 재료는 직경 1.6 mm의 micro-implant를 사용하였으며, drill method 군 16개, drill-free method 군 16개, 총 32개의 micro-implant를 식립하였다. 교정력은 매식 후 1주 뒤에 Ni-Ti coil spring(Ni-Ti springs-extension[®], Ormco)으로 200 gm - 300 gm의 힘을 적용하였다.

동요도 검사는 희생 전에 Periotest[®](Siemens)로 측정하였다.

매식 12주 후에 관류고정 하였으며 시편은 레진 포매하여 Exakt system[®](Exakt)을 이용하여 비탈회 표본을 제작하였다. 표본은 H-E 염색한 뒤, 광학 현미경 상에서 검경하여 조직학적 소견을 분석하였고 조직계측학적 측정은 골접촉률과 골밀도로 분석하였다.

위와 같은 실험을 통하여 매식한 micro-implant의 탈락률과 동요도, 골접촉률 및 골밀도로 drill method 군과 drill-free method 군의 역학적 안정성 및 조직학적 생체 적합도를 비교, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. micro-implant와 골의 계면은 기계적 접촉 뿐만 아니라 골유착도 있었다.
2. micro-implant의 탈락은 drill method 군이 더 높았다.
3. 동요도는 drill method 군이 전반적으로 더 컸다.
4. micro-implant와 골접촉 정도는 전반적으로 drill-free method 군에서 양호했다.
5. micro-implant 나사산 사이 내에 존재하는 골밀도는 전반적으로 drill-free method 군에서 더 높았다.

결론적으로, micro-implant는 매식시 drill-free method가 drill method보다 탈락률과 동요도 및 골접촉률과, 골밀도에서 더 우수한 결과를 보여 drilling 과정이 안정성과 골조직 치유 및 골유착에 영향을 미친다고 판단된다.

(주요 단어 : 고정원, Micro-implant, Drill-free method, 조기하중)

¹⁾ 서울대학교 치과대학 교정학교실, 대학원생.

²⁾ 서울대학교 치과대학 교정학교실, 교수.

교신저자 : 김종완

서울특별시 종로구 연건동 28

서울대학교 치과대학 교정학교실 / 02-760-2678

nusma@freechal.com

I. 서 론

치아교정시 고정원을 최소, 중등도, 최대 고정원 등으로 분류를 하고 있지만 비대칭적 치아 결손, 구치의 결손, 최대 고정원이 필요한 증례, 전치 및 구치의 압

하력이 필요한 증례 등에 있어서 고정원의 확보 및 교정력 적용에 어려움이 있다.

최근 효과적인 고정원 확보를 위해 implant, onplant, micro-implant, miniscrew 등이 소개되었으며 여러 실험을 통하여 보다 적절한 적응증 및 치료 술식이 개발되고 있지만 몇 가지 단점도 있다. implant는 비용면에서 환자에 대한 부담이 크며, 골유착을 위해서 최소한 3-9개월을 기다려야 하며¹⁾, 그리고 사용 후 제거시 골유착으로 인해 어려움이 있다.

이러한 implant의 단점을 개선하기 위해 외과수술시 rigid internal fixation을 위해 사용되는 micro-implant와 bone plate를 교정 목적의 고정원으로 사용하였다. Umemori 등²⁾은 titanium miniplate와 bone screw를 개교환자에 매식하여 구치를 3-5 mm 압박하였고 여기에서 skeletal anchorage system이라는 용어가 사용되었다.

이러한 micro-implant의 특징은 우선 골유착을 필요로 하지 않기 때문에 교정력을 가하는데 있어서 매식 후 조기에 적용할 수 있다는 것이다. 그리고 기존의 implant와 onplant에 비하여 크기가 작아 매식할 위치선정에 있어서도 보다 자유롭고³⁾ 비용도 저렴하여 환자의 부담이 적다는 장점이 있다.⁴⁾

하지만 부위에 따라서 감염의 어려움이 있고 쉽게 탈락이 된다는 단점과 함께 3차원적인 힘의 적용은 아직 제한적이다. 특히, 교정 치료 중 micro-implant의 탈락은 문제를 일으킬 수 있는데 생체적합성이 뛰어난 titanium으로 되어 있는 micro-implant가 기존의 implant와 같이 골유착성에서 안정성을 얻는지 아니면 기계적 유지력에서 안정성을 얻는지에 대해 아직 연구된 바가 없었다.

그리고 조기하중과 미세동요가 micro-implant의 안정성에 대하여 어떤 영향을 미치는가에 대해서는 많은 논란이 있다. 골조직과 implant간의 미세동요는 계면에서의 골조직 형성을 방해하므로⁵⁾ 계면에서 발생하는 조직의 종류에도 영향을 줄 수가 있다. Melsen과 Costa⁶⁾는 동물실험에서 16개의 titanium vanadium screw를 매식 직후 25-50 g의 교정력을 가했을 때 2개만이 탈락하였고 나머지 중 2개만 제외하고 골유착이 있었다고 하여 조기하중 시에도 안정성이 유지되고 골유착이 될 수 있다는 것을 보여주었다.

그리고, 매식하기 전에 pilot drill로 drilling 과정을 거치지 않는 drill-free micro-implant(혹은 drill-free screw)가 등장하였는데, 이 drill-free method는 drill method로 매식하는 경우보다 micro-implant와 골간의

의 접촉이 커서 안정성이 크며, drilling으로 인해 발생하는 골 파편과 열에 의한 주위 골 손상이 적은 장점이 있다.^{7,8)} 그러나 drill-free method로 매식한 micro-implant에 조기하중을 가할 때의 연구가 아직 많지 않은 편이다.

이러한 implant의 안정성에 대한 검사에 있어서 Periotest는 8gm의 힘으로 치아나 implant의 미세한 동요도를 감지함으로써 진단과 예후 평가에 이용하는 기구로 사용된다.

그러나, Albrektsson과 Jacobsson⁹⁾은 골유착 검사를 평가를 위해서는 생검을 통한 조직학적 증거가 필요하다고 주장하였고, Thomson 등¹⁰⁾은 매식체는 계면 손상 때문에 레진 포매를 하는 것이 손상이 적다고 하였다.

그래서, 본 연구는 교정적 고정원을 얻기 위하여 micro-implant를 매식 후 조기 교정력을 가할 시, 1) micro-implant의 표면에서 골성 유착이 일어나는지를 알아보고, 2) drill method와 drill-free method로 매식되는 경우, 교정력에 대한 micro-implant의 역학적 안정성 및 조직학적 생체 적합도의 차이를 비교, 분석하여 micro-implant의 보다 안정적인 매식과 이용을 모색하고자 하였다. 이를 위해서 두 마리의 성견에 32개의 micro-implant를 식립하여 Periotest로 동요도를 측정하였으며, 레진 포매를 한 비탈회표본을 제작하여 골접촉률 및 골밀도를 계측 비교하였다.

II. 연구재료 및 방법

가) 실험 재료

본 연구를 위하여 micro-implant를 매식한 실험 대상은 두 마리의 beagle dog이었으며 체중은 각각 11 kg과 13 kg였다.

매식한 재료는 직경 1.6mm의 micro-implant(Osas[®], Epoch medical, Korea)를 사용하였고 총 32개의 micro-implant를 매식하였다. 16개씩 실험군과 대조군으로 나누었다.

나) 군의 분류

실험군은 매식시 drilling 과정이 없이 micro-implant를 직접 매식하는 drill-free method 군으로, 대조군으로는 매식시 직경이 1.2 mm의 pilot drilling bur을 가지고 기존의 drilling 과정을 거친 후 매식하



Fig. 1. Micro-implant implanted in maxilla

는 drill method 군으로 각 마리당 8개씩, 총 16개를 매식하였다.

매식시 연조직 부위를 4-5 mm 정도 골막까지 절개하였다. 매식은 drill method 군에서는 1.2 mm pilot drilling bur로 골을 절삭하여 micro-implant가 매식될 경로를 형성하였다. 골 절삭 시에 열 발생을 줄이기 위하여 생리식염수로 관주하였다. 그리고 drilling 과정 뒤에 micro-implant를 매식하였다(Fig 1).

다) 매식 부위

매식 부위는 실험견의 상악 협측, 하악 협측, 구개 로 하였으며, drill-free method 군은 상, 하악의 우측 악과 구개의 우측부에 매식하였고, drill method 군은 상, 하악의 좌측악과 구개의 좌측부에 매식하였다.

상, 하악에서의 매식 부위는 전방부와 후방부로 구분하였고, 구개에서는 최전방부, 전방부, 후방부, 최후방부로 구분하였다.

라) 교정력의 적용

매식 후 1주 뒤에 교정력을 가할 때는 Ni-Ti coil spring[®](Ormco, U.S.A.)으로 200 gm-300 gm의 힘을 적용하였다. Ni-Ti coil spring으로 힘을 가할때 상, 하악은 전방부와 후방부로 짝을 이루고, 구개는 좌우측을 짝을 이루게 하여 각각을 spring으로 연결하여 힘을 가하였다.

두 마리의 실험견은 micro-implant 매식 후 12주 뒤에 희생하였고 관류 고정한 뒤 micro-implant를 포함한 골조직편을 채취하였다.

마) 동요도 측정

희생 전에 Periotest[®](Siemens, Germany)로 micro-implant의 동요도를 측정하였다. 각각의 micro-implant에 대하여 같은 높이에서 10회 씩 측정하여 평균값을 구하였다.

바) 비탈회 조직 표본 제작

매식체를 포함하고 있는 골조직편을 수세한 뒤 에폭시 레진(Spurr[®], Polysciences, Inc., Germany)으로 포매하였다. 그리고 레진 포매된 시편을 Exakt system[®](Exakt, Germany)으로 비탈회 표본으로 제작하였다. 그런 뒤 H-E 염색한 후 광학 현미경으로 관찰하였다.

사) 조직계측학적 측정

시편의 광학현미경 소견을 영상 분석 소프트웨어(Image Access Ver. 4.2, BildanalysystemAB, Sweden)에서 측정 및 분석하였다.

micro-implant의 골내 안정성을 조사하기 위하여 micro-implant와 골접촉을 나타내는 골접촉률과, micro-implant 주위 골 양의 정도를 나타내는 골밀도를 구하였다.

① 골접촉률

조직소견에서 micro-implant에서 연속하는 3개의 나사산을 선택하여 선택된 나사산의 전체 길이에 대한 나사와 접촉하는 골의 길이의 백분율을 구하였다.

② 골밀도

선택된 연속된 세 개의 나사산 내의 전체 면적에 대한 그 나사산 내에 있는 골의 면적의 백분율을 구하였다.

III. 연구결과

가) drill-free method 군과 drill method 군의 조직학적 소견

본 연구의 조직학적 소견에서 매식 후 1주 뒤에 200 gm-300 gm의 힘을 가했을 때 매식된 micro-implant의 개개마다 차이는 있었지만 전반적으로 골유착이 일어나 조기 하중에서도 골유착이 일



Fig. 2. Micro-implant by drill-free method in mandible



Fig. 3. Micro-implant by drill method in mandible

Table 1. failure rate of micro-implant

| | drill-free method | drill method | Total |
|--------------|-------------------|---------------|--------------|
| failure rate | 6.25% (1/16) | 12.50% (2/16) | 9.38% (3/32) |

어남을 알 수가 있었다(Fig. 2,3).

골유착 정도는 drill-free method로 매식된 micro-implant의 screw 나사산과 밀접한 골 접촉을 보여주는 경우가 drill method로 매식된 micro-implant보다 더 많았고, 이것은 매식 부위에 상관없이 전반적으로 공통적으로 나타났다. 하지만 몇몇 micro-implant에서는 drill method로 매식한 군에서도 골과 밀접한 접촉을 보여주었다.

나) 탈락률

두 마리의 실험견 구강에 각각 16개의 micro-implant를 매식한 총 32개 중 3개가 탈락하여 탈락률은 9.38%였다. drill-free method 군은 실험견 1의 상악 전방부에서 1개가 탈락하여 6.25%의 탈락률을 보였고, drill method 군에서는 실험견 2에서 하악 전방부와 구개 최후방부에서 각각 1개씩, 총 2개가 탈락하여 12.5%의 탈락률을 보였다(Table 1).

다) 동요도 측정

매식 후 11주(교정력을 가한 후 10주) 후에 동요도

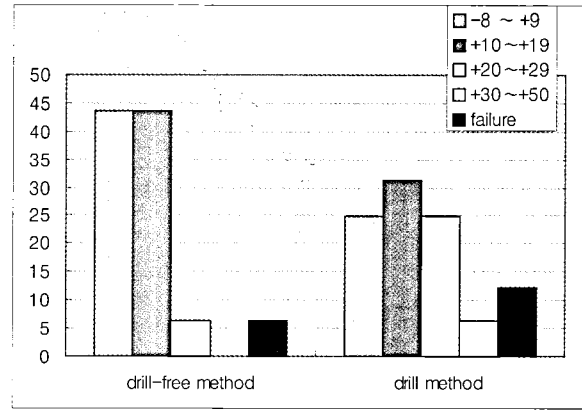


Fig. 4. PTV(Periotest value) of drill-free & drill method group

- 8~+9 : no mobility like natural tooth
- +10~+19 : mobility detected with tactile sense
- +20~+29 : mobility detected with visual sense
- +30~+50 : movable with force of tongue and lip

를 측정된 결과, drill-free method 군이 drill method 군에 비하여 전반적으로 Periotest 측정에서 낮은 PTV(Periotest value)를 보여 동요도가 낮음을 알 수 있었다. 그러나, 구개 부위에서 실험견 1의 최전방부와 최후방부에서, 실험견 2의 최전방부에서 drill method 군이 동요도가 더 낮았다. 그리고, drill-free method 군과 drill method 군, 모두에서 전반적으로 하악이 상악에 비하여 모두 동요도가 낮았다(Fig. 4).

라) 골접촉률 및 골밀도

일정 나사산 내에 나사산 길이에 대한 골접촉률은 drill-free method 군이 drill method 군보다 전반적으로 더 크게 나타나 골접촉이 전반적으로 drill-free method 군이 더 많다는 것을 알 수 있다(Fig. 5). 그러나, 실험견 1의 구개에서 전방부 및 최후방부에서 drill method 군이 drill-free method 군보다 더 골접촉이 많았다. 그리고 실험견 1의 구개 최전방부에서는 골접촉률이 비슷하였다.

일정 나사산 사이의 면적에 대한 그 안에 포함된 골 면적의 비율로 계산한 골밀도에서는 drill-free method 군이 drill method 군보다 전반적으로 더 크게 나타나 micro-implant 안정성에 기여하는 주위 골이 전반적으로 drill-free method 군이 더 많다는 것을 알 수 있다(Fig. 6). 그러나 실험견 1의 구개 최후방부에서는 그 비율이 비슷하였다.

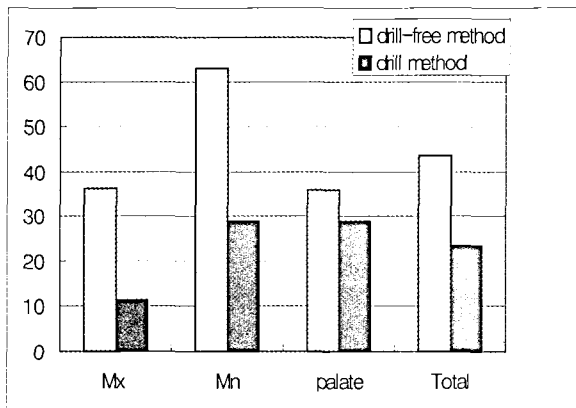


Fig. 5. Bone contact ratio in drill-free & drill method group(%)

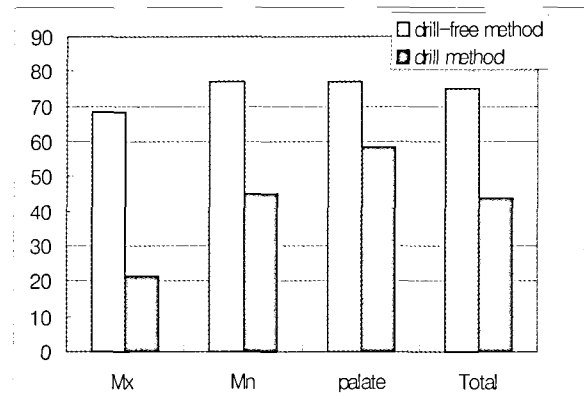


Fig. 6. Bone density in drill-free & drill method group(%)

IV. 총괄 및 고안

가) 조기하중에 대한 안정성

micro-implant는 매식 후 조기에 교정력을 가할 수 있는 장점이 있는데, 이는 micro-implant의 안정성이 골유착에서 비롯되는 것이 아니라 micro-implant의 나사산과 골과의 접촉으로 인한 유지력에 의해서 기인한 것이라고 하였다. 특히, 골유착을 위해서는 최소 3-4개월 동안 하중이 가해지지 않도록 해야하기 때문에 조기하중을 가할 때는 골유착이 일어나지 않고 섬유성 조직이 개재된다¹¹⁾고 하였다. 그러나, 몇몇 연구에서 조기 하중시에도 골유착이 이뤄질 수 있다고 주장하였다.^{12,13)}

implant와 골조직 계면 관계는 두 가지로 나누어 볼 수 있는데, implant와 골 사이의 직접적인 유착관계를 가지는 골유착성과 implant와 골사이의 중간체 구조로 섬유성 조직이 형성된 섬유유착성이 있다.

중전의 섬유유착성 implant에서는 섬유성 결합조직이 골 조직과 implant 사이에 존재해서 생리학적으로 충격 흡수를 하여 자연치의 치주인대와 유사한 기능을 하므로 자연치와 연결하여 사용할 때는 오히려 골유착성 implant보다 유리하다고 주장하기도 하였다.¹⁴⁾

그러나 Meffert¹⁵⁾에 의하면 골내형 implant의 기능적인 섬유배열은 실제로 존재하지 않는다고 하였다. 그리고, 골유착성 implant는 일단 골 유착이 이루어지면 섬유유착성 implant보다 장기간의 임상결과가 더



Fig. 7. Old bone(1) & new bone(2) around micro-implant

뛰어나며¹⁾ 섬유유착성 implant는 섬유성 결합조직을 통해 세균이 침입하기 쉽고 이로 인해 염증이 확산되기 쉬워¹⁶⁾ 골유착이 implant의 성공에 중요하다고 하였다.

본 연구에서는 micro-implant 매식 후 조기에 200-300 gm의 교정력을 가하였을 때에도 조직학적 소견에서 micro-implant와 골조직과의 골유착이 일어남을 알 수가 있었다.

그리고, 부분적으로 골개조가 진행 중이었으며 잘 형성된 Haversian 관과 층판골이 나타나면 내면으로 들어와 있는 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 7). 계면에서는 새로이 형성되는 유골을 관찰할 수 있었다. 이러한 결과들로, 조기에 교정력을 적용하더라도 micro-implant의 주변에 골개조와 함께 골유착도 일

Moment = $R \times F' = R \times u'F$
 (u' : coefficient of resistance on contact area)
 Total moment = total contact area x moment

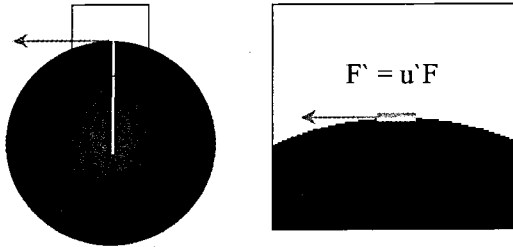


Fig. 8. Removal torque on osseointegrated area in micro-implant cross section
 R : radius.
 u' : coefficient of resistance on contact area

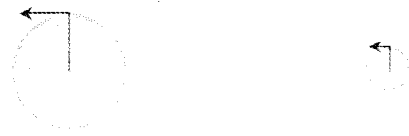
어난다는 것을 알 수가 있으며, micro-implant의 안정성에 기계적인 안정성 뿐만 아니라 골유착도 기여한다는 것도 알 수가 있다.

그리고, 실험견 1의 몇몇 부위에서 drill method로 매식된 micro-implant 주위에서 섬유성 조직이 둘러싸여 있었으며 골 접촉이 적었다.

그러나 이것은 조기 교정력을 가해서 섬유조직이 개재된 것이라고 하기보다는 drilling으로 인해서 매식시의 초기 안정성이 불충분해 미세동요가 발생되어 골유착 대신 섬유성 조직으로 채워지게 된 것으로 보인다. 이는 drill-free method로 매식된 micro-implant가 매식시 초기 안정성이 더 높아 섬유성 조직의 개재가 더 적은 것으로 생각할 수 있을 것이다. 그리고, 섬유성 조직으로 둘러싸인 micro-implant는 모두 Periotest 결과 +20 이상의 수치를 보여주어 심한 동요도를 갖는 것으로 나타났다. 이것으로 섬유 조직이 micro-implant의 안정성에 긍정적이지 못하다는 것을 알 수 있었다. 즉, drill method는 섬유성 조직의 개재 가능성이 높고 이로 인해 micro-implant의 안정성에 나쁜 영향을 미친다고 생각할 수 있을 것이다.

일편에서는 micro-implant는 골유착성이 아니라 섬유성 유착이라고 하였는데, 이러한 근거로 micro-implant의 제거가 쉽게 되기 때문이라고 하였다.¹⁷⁾ 골유착성 implant에서는 제거하기 위해서 implant 표면과 골과의 유착으로 인해 주위 골도 제거해야 한다고 하였다.

하지만 removal torque를 고려해 볼 때, 일정한 면



| | |
|--|---|
| Total M = AREA x R x $u'F$ (AREA = $k \times 2\pi R \times \text{Length}$) Total M = $k \times 2\pi R^2 \times \text{Length} \times u'F$ (k : coefficient of bone contact ratio) | Total m = area x r x $u'F$ (area = $k \times 2\pi r \times \text{Length}$) Total m = $k \times 2\pi r^2 \times \text{Length} \times u'F$ |
|--|---|

Fig. 9. Difference of removal torque in micro-implants with different radiuses
 Removal torque has proportional differences of radius of micro-implant on bone contact
 If bone contact ratios are same, total bone contact area has proportional differences of radius too.
 So, removal torque has proportional difference of square of radius in case of same bone contact ratio and different radius of micro-implants

적에 골유착이 된 부분에서 발생하는 moment는 반지름에 비례하며, 그리고 골유착 비율이 같다면 반지름이 클수록 골유착된 면적도 반지름에 비례해서 클 것이기 때문에 결국 removal torque는 골유착 비율이 같다면 반지름의 제곱에 비례할 것이다(Fig. 8,9).

만약 직경이 3배 작다면 removal torque는 9배 작게 되는 것이며, 4배 작다면 16배가 작게 된다. 그렇다면 반지름이 작은 micro-implant의 경우에 있어서 기존의 골유착성 implant보다는 제거하는데 있어서 더 적은 removal torque가 필요할 것이다. 그렇기 때문에 단순히 제거가 쉽다고 해서 micro-implant에서 골유착이 일어나지 않는다고는 할 수 없을 것이다.

나) drill-free method 군과 drill method 군의 비교

① 탈락률과 동요도

본 연구에서 drill method 군과 drill-free method 군에서 총 탈락은 32개중 3개로서 9.38%였는데, drill method 군에서 2개가 탈락하고, drill-free method 군에서 1개가 탈락하여 각각 12.5%와 6.25%의 탈락률을 보여주었다. 이는 더 낮은 탈락률을 보인 drill-free method 군이 더 높은 안정성을 갖는다고 할 수 있을 것이다.

그리고, micro-implant의 동요도에 관한 Periotest 실험 결과에 따르면 drill-free method 군이 drill method 군보다 더 동요도가 적음을 Fig. 4에서와 같

은 결과로 알 수가 있다. 즉 drill-free method로 매식된 micro-implant 군이 안정성이 drill method로 매식된 micro-implant 군보다 대체적으로 더 높음을 알 수가 있다.

van Steenberghe¹⁸⁾은 2차 수술 직후의 골유착성 implant에서 PTV(Periotest value)가 -6에서 +5의 범위를 갖는다고 보고 하였다. 본 연구 결과와 비교해 보았을 때 골유착성 implant에서는 더 낮은 동요도를 보여준다는 것을 알 수 있다. 이것으로 교정적 고정원으로 사용되는 micro-implant에서는 골유착성 implant에서 보이는 만큼의 견고도와 안정성은 아니더라도 탈락되지 않고 사용이 가능하다는 것을 알 수가 있다.

② 조직 계측학적 측면

본 연구에서 조직학적으로 각 군간의 접촉 길이 분율을 비교하였을 때 drill-free method 군이 평균 43.68%로 drilling 군의 23.41%보다 더 높았다. 상, 하악, 구개 부위에서도 각각 drill-free method 군이 골 접촉률이 더 높았다. 이것으로 볼 때, drill-free method 군이 조직학적으로 골접촉이 더 긴밀하다는 것을 알 수가 있었다.

각 군간 골밀도를 측정해본 결과, drill-free method 군은 평균 75.11%로서 43.84%인 drill method 군보다도 더 높은 골밀도를 보여주었다. 전체적으로 60.05%의 골밀도를 가지고 있었다.

본 연구의 결과에서는 drill method 군은 drill-free method 군보다 골과의 긴밀한 접촉정도가 전반적으로 낮았으며 동요도도 전반적으로 높아 안정성이 떨어졌다.

김과 장¹⁹⁾은 이에 대해서 drill-free micro-implant에 관한 동물실험 연구에서 drilling시 가해지는 기계적인 손상과, 그와 더불어 발생하는 열로 인한 주위 조직의 손상이 가해졌기 때문이라고 하였다. 특히 발생하는 열은 주위 골조직을 파괴하여 골의 재생능력을 상실시키고, implant와 주위골조직 사이에 미분화된 결체조직을 형성시켜 골일체성을 방해하며, 궁극적으로는 implant의 실패를 초래하게 한다.²⁰⁾ 그리고 김과 장¹⁹⁾은 micro-implant에서는 drill-free method 군이 drilling 과정으로 인한 초기 주위 조직에 손상이 없이 긴밀하게 골과 접촉이 되고, 이러한 초기 기계적인 안정성과 손상으로 인한 조직 재생의 지연이 적어 골접촉이 더 많고, 나사산 내 골 함입도 더 많았던 것으로 보인다고 하였다(Fig. 10)

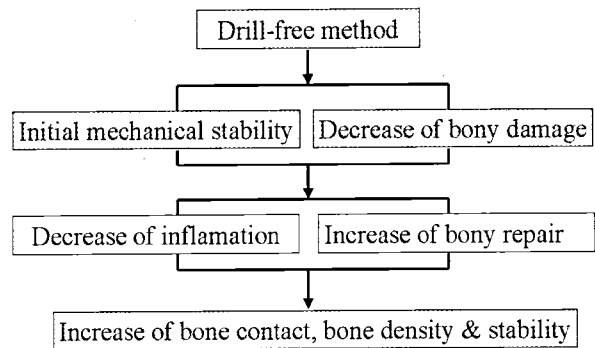


Fig. 10. Flow chart of tissue reactions and stability of micro-implant in drill-free method

즉, drill-free method 군에서 초기 기계적인 안정성으로 초기 하중 시에도 동요도가 적어 조직의 염증 반응을 적게하고 골조직의 재생에 도움이 되게 하며, 또한 drilling으로 인한 조직의 손상을 적게 하는 것이 손상으로 인한 염증 반응과 골 조직의 재생의 지연을 적게 할 수 있을 것을 유추할 수 있다.

본 연구를 통해서 적절한 직경의 micro-implant의 선택과 함께 양호한 골질을 가진 부위에 조심스러운 시술을 적용한다면 drill-free method를 통해 안정적인 고정원으로서 micro-implant를 사용할 수 있을 것이라고 생각된다.

그러나, drill-free method로 매식시 골과의 긴밀한 접촉을 더 많이 가지기 위하여 직경이 너무 큰 micro-implant를 사용할 때는 접촉이 긴밀할 수는 있지만 과도한 주위 골조직의 압박으로 인해 주위 골조직의 미세파절을 가져올 수 있으며²¹⁾, 골조직의 혈류장애 및 골괴사를 유발할 수 있다. 하지만, 직경이 너무 작은 경우 drill-free method로 식립할 때에 micro-implant 계면과 골과의 마찰력으로 인해 micro-implant의 파절이 생길 수가 있어, micro-implant를 drill-free method로 매식할 때에 적절한 직경의 micro-implant를 선택을 해야 할 것이다.

그리고, 기계적 안정성을 근간으로 하는 micro-implant라면 그 주변골과의 긴밀한 접촉을 유지하기 위해서는, 흡수와 재형성의 생리학적인 변화를 가지는 골조직과 생체 친화성을 가지는 것이 더 유리할 것이다. 즉, micro-implant의 골유착성이 기계적 안정성 유지에 도움이 될 것이다. 그러기 위해서 골유착성 implant에서처럼 blasting, grinding, electropolishing, plasma spraying, coating 등처럼 표면처리를 하는 방법도 고려할 수 있을 것이며, 이에 대한 연구도 필요

할 것으로 생각된다.

또한, 몇몇 경우에 있어서는 drill method로 매식한 micro-implant에서도 양호한 골접촉과 골밀도를 보였다. 이것은 drill method로 매식할지라도 조심스러운 시술과 함께 초기에 안정을 갖는다면 양호한 결과를 가져올 것으로 판단된다.

그리고, 교정적 고정원으로서 micro-implant의 안정성에는 적용되는 하중의 조건과, 매식체의 조건, 매식 조직 상태, 매식 방법 등 많은 요소에 의해 영향을 받기 때문에 보다 효과적인 교정적 적용을 위해서 더 많은 연구가 필요할 것으로 보인다.

V. 결 론

micro-implant를 성견 2마리에 drill method와 drill-free method로 매식하여 교정력을 가한 후, 희생 전에 각각 Periotest로 동요도를 측정하였고, 희생 후 비탈회 표본을 제작하여 광학현미경 상에서 검경하여 역학적 안정성 및 조직학적 생체 적합도를 비교, 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. micro-implant와 골의 계면은 기계적 접촉 뿐만 아니라 골유착도 있었다.
2. micro-implant의 탈락은 drill method 군이 더 높았다.
3. 동요도는 drill method 군이 전반적으로 더 컸다.
4. micro-implant와 골 접촉 정도는 전반적으로 drill-free method 군에서 양호했다.
5. micro-implant 나사산 사이 내에 존재하는 골밀도는 전반적으로 drill-free method 군에서 더 높았다.

결론적으로, micro-implant는 매식시 drill-free method가 drill method보다 탈락률과 동요도 및 골접촉률과, 골밀도에서 더 우수한 결과를 보여 drilling 과정이 안정성과 골조직 치유 및 골유착에 영향을 미친다고 판단된다.

참 고 문 헌

1. Albrektsson T. Direct bone anchorage of dental implants. *J Prosthet Dent* 1983 ; 50 : 255-61.

2. Umemori M, Sugawara J, Mitani H, Nagasaka H, Kawamura H. Skeletal anchorage system for open-bite correction. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 1999 ; 115 : 166-74.

3. Kanomi R. Mini-implant for orthodontic anchorage. *J Clin Orthod* 1997 ; 31 : 763-7.

4. Costa A, Raffaini M, Melsen B. Miniscrews as orthodontic anchorage : A preliminary report. *Int J Adult Orthod Orthognath Surg* 1998 ; 13 : 201-9.

5. Goodman S, Wang JS, Doshi A, Aspenberg P. Difference in bone ingrowth after one versus two daily episodes of micromotion : experiments with titanium chambers in rabbits. *J Biomed Mater Res* 1993 ; 27 : 1419-24.

6. Melsen B, Costa A. Immediate loading of implants used for orthodontic anchorage. *Clin Orthod Res* 2000 ; 3 : 23-8.

7. Bahr W. Pretapped and self-tapping screws in the human mid-face : torque measurements and bone screw interface. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1990 ; 19 : 51-3.

8. Lindström J, Brånemark PI, Albrektsson T. mandibular reconstruction using the preformed autologous bone graft. *Scan J Plast Reconstr Surg* 1981 ; 15 : 29-38.

9. Albrektsson T, Jacobsson M. Bone-metal interface in osseointegration. *J Prosthet Dent* 1987 ; 57 : 597-607.

10. Thomsen P, Ericson LE. Light and transmission electron microscopy used to study the tissue morphology close to implants. *Biomaterials* 1985 ; 6 : 421-4.

11. Pilliar RM, Cameron HU, Welsh RP, Binnington AG. Radiographic and morphologic studies of load-bearing porous surfaced structural implants. *Clin Orthop* 1981 ; 156 : 249-57.

12. Babbush CA. Endosseous blade-vent implants : A research review. *J Oral Surg* 1972 ; 30 : 168-75.

13. Maniopoulos C, Pilliar RM, Smith DC. Threaded versus porous-surfaced design for implant stabilization in bone-endodontic implant model. *J Biomed Mater Res* 1986 ; 20 : 1309-33.

14. Weiss CM. A comparative analysis of fibro-osteal and osteal integration and other variables that affect long term bone maintenance around dental implants *J Oral Implantol* 1987 ; 13 : 467-87.

15. Meffert RM., Langer B, Fritz ME. Dental implant : a review. *J Periodontol* 1992 ; 63 : 859-70.

16. Newman MG, Flemmig TF. Periodontal considerations of implants and implant-associated microbiota. *J Dent Educ* 1988 ; 52 : 737-44.

17. 박효상. micro-implant를 이용한 교정치료. *나래출판사* 2001 : 45-6.

18. van Steenberghe D, Tricio J, Naert I, Nys M. Damping characteristics of bone-to-implant interfaces. A clinical study with the Periotest device. *Clin Oral Implants Res* 1995 ; 6 : 31-9.

19. 김종완, 장영일. 교정적 고정원으로 이용되는 drill-free micro-implant에 대한 조직학적 연구. *서울대학교대학원 석사논문*. 2002.

20. Drago CJ. A prospective study to assess osseointegration of dental endosseous implants with the Periotest instrument. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2000 ; 15 : 389-95.

21. Ueda M, Matsuki M, Jacobsson M, Tjellstrom A. Relationship between insertion torque and removal torque analyzed in fresh temporal bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1991 ; 6 : 442-7.

- ABSTRACT -

Effects of drilling process in stability of micro-implants used for the orthodontic anchorage

Jong-Wan Kim, Young-Il Chang

Department of Orthodontics, College of Dentistry, Seoul National University

The aim of this study was to investigate experimentally the mechanical and histological effect of drilling process on the stability of micro-implant used for the orthodontic anchorage. For this purpose, 32 micro-implants(Osas[®], Epoch medical, Ø1.6 mm) were inserted into maxilla, mandible and palate in two beagle dogs. 16 micro-implants(8 per dog) were inserted after drilling with pilot drilling bur (drill method group). 16 micro-implants(8 per dog) were inserted without drilling (drill-free method group). After 1 week, micro-implants were loaded by means of Ni-Ti coil spring (Ni-Ti springs-extension[®], Ormco) with 200-300 gm force. Following 12 weeks, the micro-implants and the surrounding bone were removed. Before sacrifice, the mobilities were tested with Periotest[®](Siemens). Undecalcified serial sections with the long axis were made and the histologic evaluations were done.

The results of this study were as follow ;

1. The osseointegration was found in both of drill-free method group and drill method group
2. Two of drill method group and one of drill-free method group in 32 micro-implants were lost after loading.
3. The mobilities of drill-free method group were less than drill method group
4. The bone contact on surface of micro-implants in drill-free method group was more than drill method group but there was no significant difference between groups.
5. The bone density in threads of micro-implants in drill-free method group was more than drill method group and there was significant difference between groups.

These results suggest that drill-free method in insertion of micro-implants is superior to drill method on the stabilities, bone remodeling and osseointegrations under early loading.

KOREA. J. ORTHOD. 2002 : 32(2) : 107-15

※ **Key words** : Orthodontic anchorage, Micro-implant, Drill-free method, Early loading