

Beagle dog를 이용한 임플란트 사이의 간격에 따른 골흡수에 대한 방사선 및 조직학적 평가

이수연 · 이재욱 · 김진욱 · 이상한
경북대학교 치과대학 구강악안면외과학 교실

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2008;34:571-577)

INFLUENCE OF INTERIMPLANT DISTANCE ON BONE RESORPTION : A RADIOLOGICAL AND HISTOLOGICAL STUDY IN BEAGLE DOGS

Su-Youn Lee, Jae-Wook Lee, Jin-Wook Kim, Sang-Han Lee
Department of Oral & Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Kyungpook National University

Introduction: Possible etiologic factors associated with bone loss around implants after implantation are surgical trauma, occlusal overload, peri-implantitis, presence of micro gap and the formation of biologic distances. Tarnow et al. observed that the crestal bone loss was greater when the distance between the implants was <3mm than when the implants were ≥3mm apart. The aim of this study was to evaluate the influence of different interimplant distance on marginal bone and crestal bone resorption in the beagle dogs.

Materials and methods: The mandibular premolars of 5 dogs were extracted bilaterally. After 12 weeks of healing, each dog received 7 implants. On each side, implants were separated by 2mm (Group 1) and by 5mm (Group 2). After 16 weeks of healing, the dogs were sacrificed. Marginal bone loss was determined through linear measurements made between the implant-abutment junctions and the most coronal portions of the bone in contact with the implant surface. A line was drawn uniting the implant-abutment junctions of the adjacent implants, and a linear measurement was made at the midpoint in the direction of the most coronal peak of the interimplant bone crest to determine the crestal bone loss. Both of them was measured radiologically and histologically.

Result and conclusion: In radiological analysis, the mean of marginal bone loss was 1.26±0.14mm for group 1 and 1.23±0.34mm for group 2, the mean of crestal bone loss was 1.10±0.14mm for group 1 and 1.02±0.30mm for group 2. The results were not statistically significant between 2 groups. In histological analysis, the mean of marginal bone loss was 1.63±0.48mm for group 1 and 1.62±0.50mm for group 2, the mean of crestal bone loss was 1.23±0.35mm for group 1 and 1.15±0.39mm for group 2. The differences were also not statistically significant. The clinical significance of this result is that the increase in the crestal bone loss results in the increase in the distance between the base of the interproximal contact of the crowns and the bone crest, and this determines if papilla will be present or absent between implants. Considering this fact, keeping up sufficient inter-implant distance is important to minimize crestal bone loss.

Key words: Interimplant distance, Marginal bone loss, Crestal bone loss

Ⅰ. 서 론

치과용 임플란트는 Brånemark의 골 유착 개념이 정립된 이래 자연 치아를 대체할 수 있는 적절한 치료법으로 각광받고 있으며 기능과 심미, 발음 면에서 만족할만한 결과를 나타내고 있다. 1986년 Albrektsson 등¹⁾은 임플란트의 성공 기준을 5가지로 정리 및 발표하였는데 첫째, 임상적으로 개개의 임플란트

는 동요가 없어야 하며, 둘째, 방사선 사진상 임플란트 주위에 어떤 방사선 투과상도 없어야 하고, 셋째, 임플란트 시술 1년 후부터는 수직골 소실량이 연간 0.2mm이하가 되어야 하며, 넷째, 동통, 감염, 신경학적 장애, 하치조신경관의 침범 등의 증상들이 없어야 하고, 다섯째, 임플란트 시술 5년 후 최소한 85% 이상과 10년 후 80% 이상의 성공률을 나타내야 한다고 하였다.

성공적인 임플란트는 임플란트와 주변의 연조직과 경조직의 조화로운 유착에 달려 있는데, 식립 초기와 식립 후 1년 동안 평균 1.5mm정도의 임플란트 주변골의 소실이 일어나며 그 이후로는 연간 0.2mm이하의 골소실을 보이고²⁾, 이러한 초기 골 흡수의 원인으로는 수술시의 외상, 과도한 하중, 임플란트 주위염, 미세공극(microgap)의 존재, 생물학적 폭경(biologic width)의 형성 등을 들 수 있다고 하였다³⁾.

최근 몇 년간 임플란트에 있어서 심미적인 부분이 강조됨에

이 상 한

700-412 대구광역시 중구 삼덕2가 50번지
경북대학교 치과대학 구강악안면외과학 교실

Lee Sang Han

Dept. of OMFS, School of Dentistry, Kyungpook National University
Samduck 2 Ga, Daegu, 700-412

Tel: +82-53-420-5911 Fax: +82-53-426-5365

E-mail: shalee@knu.ac.kr

따라 치간 유두의 형성과 치조정골 흡수에 영향을 미치는 임플란트 사이의 간격(interimplant distance)에 관심이 모아지고 있는데, 국외의 대표적인 연구로는 Tamow 등³⁾이 임플란트 사이의 간격이 3mm 이상 일 때 치조정골의 높이가 보존되거나 3mm 보다 작을 경우 치조정골의 흡수가 일어난다고 보고하였다. 이러한 국외에서의 다양한 실험 논문 발표와는 달리 국내에서는 임플란트 간격에 따른 골흡수에 대한 연구가 거의 없는 상태이다. 이에 본 저자는 beagle dog을 이용한 동물 실험을 통하여 임플란트 사이의 간격에 따른 변연골(marginal bone) 및 치조정골(crestal bone)의 흡수량을 방사선학적 및 조직학적으로 관찰하고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구대상 및 방법

1. 연구 대상

본 실험은 건강한 5마리의 beagle dog(생후 평균 18개월, 평균 몸무게 9.36±0.80kg)을 대상으로 진행하였으며 각 실험 동물은 구강 내 바이러스 감염이나 진균 감염이 없는 건강한 악골 상태를 유지하고 있었다. 모든 실험 과정은 실험동물에 대한 윤리기준을 준수하였다.

2. 연구 방법

1) 실험

수술 2시간 전에 술전 항생제로 cefazolin sodium(Cefazolin®, Chongkundang Pharm. Co., Korea, 22mg/kg)을 정맥주사 하였고, 마취 15분 전에 전투약제로 atropine sulfate(Atropine®, Dai Han Pharm. Co., Korea, 0.1 mg/kg)를 피하주사 하였으며, tiletamine/zolazepam(Zoletil 50®, Virbac, France, 10mg/kg)을 이용하여 정맥 마취 후 하악 좌우측 소구치 부위의 치아를 각각 4개씩 발치하였다. 발치 후 봉합은 시행하지 않았다.

발치 3개월 후 같은 방법으로 마취하여 무작위로 한쪽에는 2mm 간격으로 4개의 임플란트(Group 1)를, 반대쪽에는 5mm 간격으로 3개의 임플란트(Group 2)를 식립하여 총 35개의 임플란트를 식립하였고, 정확한 식립 간격과 각도를 유지하기 위해 간격이 규격화된 금속 장치물을 제작하여 사용하였다(Fig 1 참조). 이때 이용한 임플란트는 RBM(Resorbable Blasting Media) 표면 처리를 시행한 external hexa type(Ex-Feel®, 3.75×8.5mm, Megagen, Korea)이었다. Healing abutment를 torque wrench를 이용하여 fixture 상부에 연결한 후, 흡수사(4-0 vicryl)로 연조직을 봉합하고 발사는 시행하지 않았다(Fig 2, 3, 4 참조). 술 후 항생제(amoxicillin clavulanate: Clavamox®, Pfizer, USA, 14mg/kg)와 진통소염제(carprofen: Rimadyl®, Pfizer, USA, 2.2mg/kg)를 하루에 두 번씩 일주일 동안 경구로 투여하였으며, 식이는 술 후 일주일 동안 연식을 제공하였고, 희생 전까지 하루에 한번씩 C.E.T. chlorhexidine solution과 C.E.T. toothpaste(Virbac, USA)를 이용하여 구강위생 관리를 시행하였다.

임플란트 식립 4개월 후 Potassium Chloride(KCl-40®, Jeil Pharm. Co., Korea, 1-2mmol/kg)을 빠르게 정맥 주사하여 실험동물을 희생시킨 후, 좌우측의 하악골을 각각 채취하였다(Fig 5, 6 참조).

2) 방사선학적 평가

디지털 치근단 방사선 사진기기(Suni, MJRAD, Korea)로 동일한 방사선 조사량으로 촬영을 시행하였으며 두 가지 길이를 측정하였다. 즉 각 임플란트에서 임플란트-지대치 연결부위(연마된 치경부의 상부)를 측정 기준점으로 하여 변연골 흡수는 임플란트-변연골 경계부의 흡수된 변연골 양상 중 최하방기저부까지의 거리를 측정하였으며(Fig 7의 A와 B), 치조정골 흡수는 인접한 두 측정 기준점을 이은 선으로부터 치조정골의 최상방부까지의 거리를 측정하였다(Fig 7의 C). 측정된 길이를 임플란트 나사산 하나의 길이인 0.6mm를 기준으로 하여 방사선 사진상과 실측비를 얻어 비례식으로 환산하였다(Fig 8 참조).

3) 조직학적 평가

검체를 70% 알콜에서 3일간 고정한 후 Vilanueva solution에서 14일간 염색하였으며, 탈수과정으로 저농도 알콜과 고농도 알콜에 차례로 담근 후 Propylene oxide로 완전탈수를 시행하였다. 이후 Epon resin을 사용하여 65°C 온도에서 block 제작을 하였으며 Macro Cutting and Grinding System(EXAKT 400CS, Germany)을 이용하여 검체를 양면 가공하여 10 - 20µm의 두께로 슬라이드화 한 후 광학현미경(Olympus BX 41 TF, Olympus, Japan)과 디지털 카메라(E-300, Olympus, Japan)를 이용하여 영상을 채득하고 방사선 사진에서 시행한 방법과 동일한 방법으로 변연골과 치조정골 흡수량을 측정하였다(Fig 9 참조).

4) 통계학적 평가

방사선 사진과 조직 사진에서 측정된 변연골 흡수량과 치조정골 흡수량을 각 군 별로 정리하여 평균 및 표준 편차를 구하였으며, 각군 간의 통계학적 유의성은 t-test를 이용하였다.

III. 연구결과

발치한 3개월 뒤의 임플란트 식립시와 임플란트 식립 후 4개월 뒤의 실험견의 희생시 까지 실험견의 구강 내에 특이 소견은 없었으며, 특별한 합병증 없이 계획대로 실험이 진행되어 총 35개의 임플란트에서 자료를 얻을 수 있었다.

1. 방사선학적 분석

방사선 사진 상에서 길이를 측정해 본 결과 변연골 흡수량의 평균 길이는 Group 1에서 1.26±0.14mm(range, 1.04 - 1.38)이며, Group 2에서는 1.23±0.34mm(range, 0.82 - 1.71)로 나타났고(Table 1) 두 군 간의 결과는 통계학적으로 유의할 만한 차이를 보이지 않았다(P>0.05). 치조정골 흡수량의 평균 길이는 Group

1에서는 $1.10 \pm 0.14\text{mm}$ (range, 0.93 - 1.30)로 측정되었으며 Group 2의 경우 $1.02 \pm 0.30\text{mm}$ (range, 0.72 - 1.45)로 나타났고(Table 2) 변연골 흡수량과 마찬가지로 각 군 간의 통계학적인 유의성은 보이지 않았다($P > 0.05$).

2. 조직학적 분석

광학현미경과 디지털 카메라를 이용하여 채득한 영상을 통해 방사선학적 분석에서와 같은 방법으로 길이를 측정하였으며, 그 결과 변연골 흡수량의 평균 길이는 Group 1의 경우 1.63



Fig. 1. The surgical device to standardize distance between implant



Fig. 2. Implants were placed according to manufacturers' instrumentations.



Fig. 3. Healing abutments were connected on implant fixtures.



Fig. 4. The flaps were repositioned and sutured with 4-0 vicryl.



Fig. 5. Intra-oral view before the dog was sacrificed

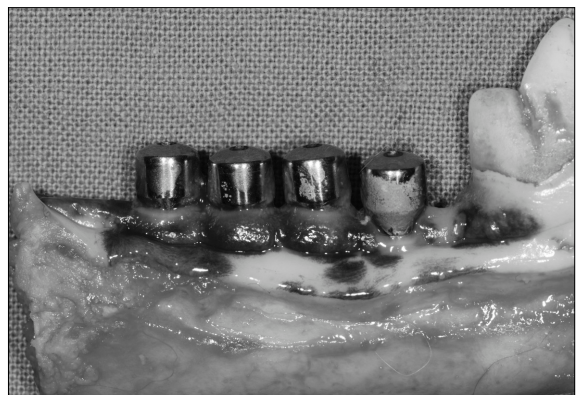


Fig. 6. The dog was sacrificed and the block was obtained from mandible.

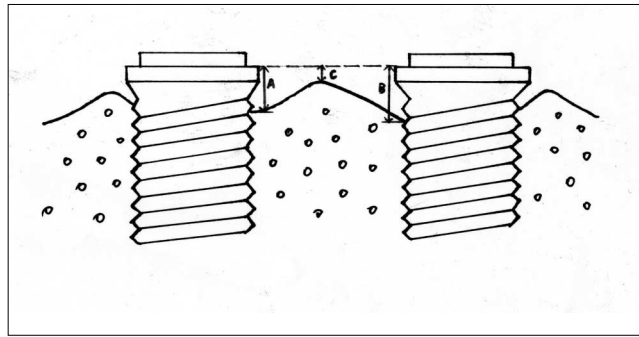


Fig. 7. Diagram showing radiologic and histologic measurements

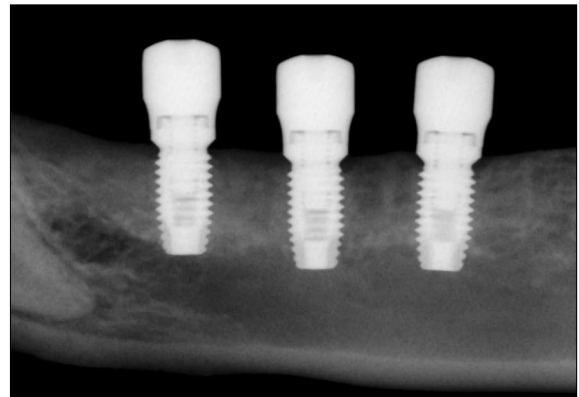
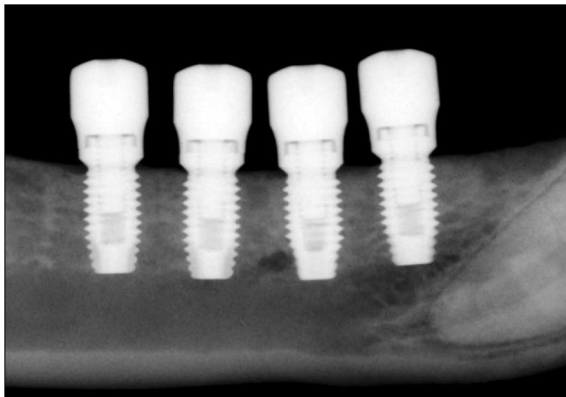


Fig. 8. Radiographic images of group 1(left) and group 2(right).

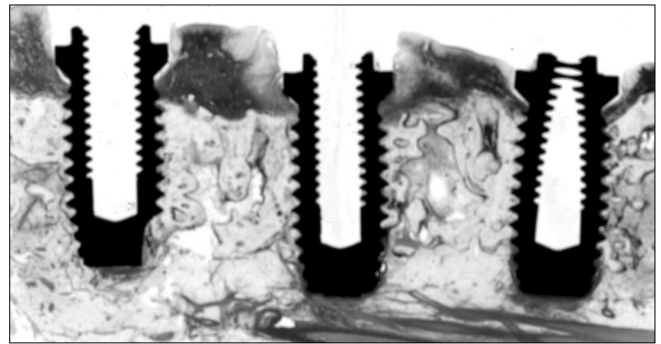
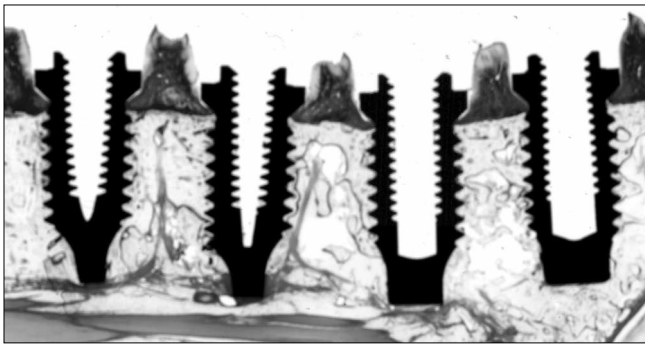


Fig. 9. Histologic images of group 1(left) and group 2(right). (original magnification $\times 1.5$)

Table 1. Radiologic analysis of marginal bone loss

Dog	Group 1	Group 2
1	1.04	1.42
2	1.35	0.82
3	1.38	1.71
4	1.32	1.07
5	1.20	1.13
Mean \pm SD	1.26 \pm 0.14	1.23 \pm 0.34

* P > 0.05

Table 2. Radiologic analysis of cresta bone loss

Dog	Group 1	Group 2
1	1.03	1.45
2	0.93	0.72
3	1.30	1.21
4	1.18	0.83
5	1.07	0.90
Mean \pm SD	1.10 \pm 0.14	1.02 \pm 0.30

* P > 0.05

Table 3. Histologic analysis of marginal bone loss

Dog	Group 1	Group 2
1	1.10	1.78
2	2.39	1.59
3	1.69	2.37
4	1.47	1.09
5	1.50	1.29
Mean \pm SD	1.63 \pm 0.48	1.62 \pm 0.50

*P>0.05

$\pm 0.48\text{mm}$ (range, 1.10 - 2.39)이고, Group 2의 경우 1.62 \pm 0.50mm(range, 1.09 - 2.37)로 나타났다(Table 3). 치조정골 흡수량의 평균 길이는 Group 1에서는 1.23 \pm 0.35mm(range, 0.66 - 1.58), Group 2에서는 1.15 \pm 0.39mm(range, 0.70 - 1.74)로 나타났으며(Table 4) 변연골 흡수량과 치조정골 흡수량 모두에서 각 군 간의 결과는 통계학적으로 유의할 만한 차이를 보이지 않았다(P>0.05).

IV. 총괄 및 고찰

자연치 주변의 생물학적 폭경(biologic width)의 존재는 많은 문헌에서 논의된 바 있으며, 1961년 Gargiulo 등⁴⁾은 이러한 생리학적 부착 기관에 대한 공간적인 이해를 제공하였다. 그의 논문에 따르면 치은 열구의 최하방에서 치조골까지의 평균 거리는 2.04mm이며, 상피에 의한 부착이 평균 0.97mm이고 결합조직에 의한 부착이 평균 1.07mm라고 보고 하였다.

임플란트 주변의 생물학적 폭경의 존재에 대해서도 많은 연구가 이루어졌으며, 수많은 연구자들이 임플란트 주변에도 생물학적 폭경이 존재하는 것을 입증하였다. 이러한 생물학적 폭경의 확립은 2단계 임플란트의 경우 2차 수술 이후에 나타나며, 1단계 임플란트의 경우 임플란트 식립시에 나타난다^{5,7)}. 이러한 현상은 임플란트의 기능적 하중과는 관계없이 일어난다고 알려져 있다⁶⁾.

1996년 Weber 등⁸⁾은 implant fixture의 최상방에서 치조골과 임플란트의 접촉점까지의 거리가 평균 2.92mm이고 이러한 골흡수는 임플란트 주변의 생물학적 폭경을 확립하기 위해 일어난다고 보고하였으며, 1997년 Hermann 등⁹⁾은 개실험을 통한 방사선학적 연구에서 임플란트 주변의 초기 골흡수가 1.5mm 정도 일어나지만 그 이후로 골흡수는 안정된다고 발표하였고 이러한 결과는 다른 연구와 마찬가지로 생물학적 폭경이 임플란트와 치은의 접합부에 확립되기 위한 것임을 암시하였다.

이렇듯 임플란트 주변의 골흡수가 생물학적 폭경을 확립하기 위해 일어난다는 것과 조금 다른 개념으로 골흡수를 설명하는 이들도 있는데, King 등¹⁰⁾은 임플란트 주변의 미세 공극(microgap)의 존재와 그 위치가 임플란트 주변의 조직에 변화를 일으키고 이러한 변화가 임플란트 주변골의 흡수를 야기하며 이것은 또다른 골흡수를 일으킬 수 있는 미생물의 서식처를 제공한다고 보고하였으며, Siegle과 Soltesz¹¹⁾은 초기 골소실의

Table 4. Histologic analysis of crestal bone loss

Dog	Group 1	Group 2
1	0.66	1.26
2	1.36	0.98
3	1.58	1.74
4	1.37	0.70
5	1.16	1.09
Mean \pm SD	1.23 \pm 0.35	1.15 \pm 0.39

*P>0.05

원인을 임플란트 자체와는 다른 임플란트 주변골의 해부학적 구조의 관점에서 살펴보았는데 임플란트의 표면이 주변 골조직과 직접적인 결합을 이루고 있는 상황에서 피질골과 수질골의 물성의 차이로 인해 결과적으로 피질골층에 응력이 집중되어 결국 수직적 골흡수를 보인다고 하였다. 또다른 골흡수의 원인으로 수술시의 손상을 생각해 볼 수 있는데, Adell 등¹¹⁾은 골막 박리나 치조골 제거 등 임플란트를 식립하거나 지대치를 연결하는 수술 중 생길 수 있는 손상이 초기 골 흡수를 촉진시킨다고 하였다.

또한 임플란트 주변 골흡수의 여러 가지 원인 중 임플란트 사이의 간격을 들 수 있다. 이에 본 저자는 각각 2mm간격과 5mm간격의 임플란트를 실험견에 식립하여 임플란트 주변의 골흡수량을 측정하는 실험을 시행하였다. 발치 3개월 경과 후 임플란트를 식립하기 위해 피판을 거상해 본 결과 예측했던 것 보다 협설측골의 두께가 얇아 협설측 피질골에 열개(dehiscence)나 천공(perforation)을 생성시키지 않으면서 임플란트를 일정한 간격과 방향으로 식립하기가 어려웠다. 실제로 35개의 임플란트 중 21개의 임플란트에서 열개가 생성되었으며 그중 18개는 협측 열개, 3개는 협설측 모두 열개가 생성되었고 이러한 요인이 실험 결과에 영향을 미쳤으리라 생각된다. 실험견을 희생시키기 전 35개의 임플란트를 검사해본 결과 임상적으로 동요도가 존재하거나 임플란트 주변에 염증이 존재하는 것은 없었으며 희생 후 방사선 사진 촬영 결과 2개의 임플란트에서 healing abutment의 loosening이 관찰되어 고정 후 재촬영을 시행하였다. 또한 방사선 사진 촬영 후 조직 시편 제작 전 시편 절단 및 연마 과정을 용이하게 하기 위해 healing abutment를 제거하였다.

결과는 방사선 및 조직학적 평가 모두에서 임플란트 사이의 간격이 2mm 일 때가 5mm일 때보다 변연골 및 치조정골 흡수량이 많은 것으로 나타났으며, 각 군 간의 결과는 통계학적인 유의성은 나타나지 않았다.

임플란트 사이의 다양한 간격을 이용한 실험을 시행한 국외 논문의 결과를 살펴보면, Palpalexiou 등¹²⁾은 mongrel dog을 이용하여 2mm 간격과 3mm 간격으로 임플란트를 식립하여 본 실험과 같은 측정 기준점으로부터 임플란트 주변 변연골 흡수량과 치조정골 흡수량을 조직학적으로 분석한 결과 변연골 흡수량은 각각 2.03mm와 1.98mm, 치조정골 흡수량은 모두 0.13mm로 나타났으며 각 군 간의 결과는 통계적으로 유의할 만한 차

이를 보이지 않았다고 보고하였고, Scarano 등¹³⁾은 beagle dog을 이용하여 2mm, 3mm, 4mm 및 5mm간격으로 임프란트를 식립하고 각각의 간격에 대한 치조정골 흡수량을 조직학적으로 측정하여 비교한 결과 각 군간의 치조정골의 흡수량의 차이는 통계학적으로 유의할 만한 차이가 있었다고 하였다. 한편 Novaes 등¹⁴⁾은 Palpalexiou와 마찬가지로 mongrel dog을 이용하여 2mm 간격과 3mm 간격으로 임프란트를 식립하여 임프란트 상방의 보철물 간의 접촉점을 측정 기준점으로 한 치조정골 흡수량과 본 실험과 같은 측정 기준점으로부터 임프란트 주변 변연골 흡수량을 방사선학적으로 분석한 결과 치조정골 흡수량은 각각 5.64mm와 6.45mm, 변연골 흡수량은 각각 2.42mm와 2.11mm로 보고하였으며 역시 각 군 간의 통계학적 유의성은 증명되지 않았다. 이와 같은 다양한 조직학적 및 방사선학적 실험 결과는 통계학적인 유의성 유무에 차이가 존재하지는 하지만 모두 임프란트 사이의 간격이 넓어질 경우 골흡수량이 작아진다는 결과이므로 본 저자의 실험 결과와 일치 하였다.

2000년 Tarnow 등³⁾은 2개의 인접한 임프란트를 가지는 36명의 환자를 대상으로 방사선 사진을 촬영하고 이를 두 가지 Group으로 분류하였는데, 임프란트 사이의 간격이 3mm 이상인 경우를 Group 1으로 정하고 3mm 미만인 경우를 Group 2로 정하여 각각에 대해 측방골 흡수량과 치조정골 흡수량을 측정 한 결과 임프란트 사이의 간격이 3mm 이상일 때 치조정골의 높이가 보존되며 3mm 미만인 경우 측방골의 흡수에 의해 치조정골의 흡수가 일어난다고 보고하였다. 이 연구는 임프란트 주변골의 흡수에 있어서 이 전까지의 연구에서 흔히 논의되었던 수직적 요인(vertical component) 외에 측면 요인(lateral component)이 존재한다는 것을 증명하였으며, 이러한 현상은 증가된 치조정골의 흡수가 인접한 보철물의 접촉점과 치조정골까지의 거리 또한 증가 시키고 이는 치간유두의 존재 여부에 중요한 영향을 미친다고 주장하였다. 1992년 Tarnow 등¹⁵⁾은 인접한 두 치아 사이의 치간유두에 대해 보고한 바 있는데, 이 보고에 따르면 1mm의 치조정골의 흡수가 치간유두의 존재여부에 매우 중요한 영향을 끼치며, 보철물의 접촉점(contact point)으로부터 치조정골까지의 거리가 5mm 일 때 치간 유두는 98% 정도 보존되었으며 이 거리가 6mm로 증가되었을 경우, 즉 치조정골의 흡수가 더 진행된 경우 치간유두는 56% 정도밖에 존재하지 않는다고 언급하였다.

본 실험에서 우리는 적절한 임프란트 사이의 간격을 통해 임프란트 주변의 골흡수를 최소화 할 수 있다는 결론을 도출 하려 하였지만 통계학적인 유의성을 증명하지는 못하였다. 기존의 여러 논문에서 보고된 바에 의하면 임프란트 사이의 간격이 적절할 때 임프란트 주변골의 흡수를 최소화 할 수 있으나, 실제로 임상에서는 적절한 임프란트 사이의 간격을 제한하는 여러 가지 요소가 존재하게 되므로 실험적 결과와 임상적 제약을 적절히 조율하여 적용하는 것이 중요할 것으로 사료된다.

따라서 임프란트 사이의 간격이 적절하지 않을 경우 치조정골의 흡수가 일어나며 이는 치간유두의 보존에 영향을 끼치게

되고 이러한 치간유두의 존재 여부는 심미적인 문제나 발음 문제 또는 측방 식편 압입(lateral food impaction) 등의 문제와 관련되므로 치과의사나 환자 모두에게 중요한 관심사로 인식되기 때문에 충분한 임프란트 사이의 간격 유지를 통한 치조정골 높이의 유지가 매우 중요하다고 말할 수 있겠다.

V. 결 론

임프란트의 성공과 실패는 임프란트와 주변의 연조직과 경조직의 조화로운 유착에 달려 있으며, 임프란트 주변에 일어나는 골흡수의 원인 요소로서 수술시의 외상, 과도한 하중, 임프란트 주위염, 미세공극(microgap)의 존재, 생물학적 폭경(biologic width)의 확립, 불충분한 임프란트 사이의 간격 등이 있다.

본 실험은 건강한 5마리의 beagle dog을 대상으로 진행하였으며, 실험 과정은 실험견의 8개의 양측 하악 소구치를 모두 발치한 후, 3개월의 치유 과정을 거쳐 한쪽에는 2mm 간격으로 4개의 임프란트를, 반대쪽에는 5mm 간격으로 3개의 임프란트를 식립하여 총 35개의 임프란트를 식립한 후 다시 4개월이 지난 뒤 실험견을 희생시켜 방사선 및 조직학적인 분석을 통해 임프란트 사이의 간격에 따른 변연골 흡수 및 치조정골 흡수량을 비교 평가 하였다. 그 결과 방사선 사진 상에서 변연골 흡수량의 평균 길이는 Group 1에서 $1.26 \pm 0.14\text{mm}$, Group 2에서 $1.23 \pm 0.34\text{mm}$, 치조정골 흡수량의 평균 길이는 Group 1에서 $1.10 \pm 0.14\text{mm}$, Group 2에서 $1.02 \pm 0.30\text{mm}$ 으로 나타났으며, 조직학적 분석 결과 변연골 흡수량의 평균 길이는 Group 1에서 $1.63 \pm 0.48\text{mm}$, Group 2에서 $1.62 \pm 0.50\text{mm}$, 치조정골 흡수량의 평균 길이는 Group 1에서 $1.23 \pm 0.35\text{mm}$, Group 2에서 $1.15 \pm 0.39\text{mm}$ 으로 나타나 임프란트 사이의 간격이 2mm 일 때가 5mm 간격 일 때 보다 흡수량이 큰 것으로 나타났으나, 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다($P > 0.05$).

따라서 임프란트 주변의 치조정골의 높이는 치간유두의 존재에 중요한 영향을 끼치기에 심미적으로 중요한 요인이며, 이러한 치조정골의 흡수가 임프란트 사이의 간격에 영향을 받을 수 있고 본 실험의 결과 역시 임프란트 사이의 간격이 5mm 일 때 보다 2mm 일 때 더 많은 골흡수가 나타났다.

참고문헌

1. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR : The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. Int J Oral Maxillofac Implants 1986;1:11-25.
2. Oh TJ, Yoon J, Misch CE, Wang HL : The causes of early implant bone loss: Myth or science? J Periodontol 2002;73:322-333.
3. Tarnow DP, Cho SC, Wallace SS : The effect of inter-implant distance on the height of inter-implant bone crest. J Periodontol 2000;71:546-549.
4. Gargiulo AW, Wentz FM, Orban B : Dimensions and relations of the dentogingival junction on humans. J Periodontol 1961;32:261-267.
5. Buser D, Weber HP, Donath K, Fiorellini JP, Paquette DW, Williams RC : Soft tissue reactions to non-submerged unloaded titanium implants in beagle dogs. J Periodontol 1992;63:226-236.
6. Cochran DL, Hermann JS, Schenk RK, Higgenbottom FL, Buser D :

- Biologic width around titanium implants. A histometric analysis of the implanto-gingival junction around unloaded and loaded non-submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:186-198.
7. Hermann JS, Cochran DL, Nummikoski PV, Buser D : Crestal bone changes around titanium implants. A radiographic evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 1997;68:1117-1130.
 8. Weber HP, Buser D, Donath K, Fiorellini JP, Doppalapudi V, Paquette DW et al : Comparison of healed tissues adjacent to submerged and non-submerged unloaded titanium dental implants. A histometric study in beagle dogs. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:11-19.
 9. King GN, Hermann JS, Schoolfield JD, Buser D, Cochran DL : Influence of the size of the microgap on crestal bone levels in non-submerged dental implants: a radiographic study in the canine mandible. *J Periodontol* 2002;73:1111-1117.
 10. Siegele D, Soltesz IU : Numerical investigations of the influence of implant shape on stress distribution in the jaw bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1989;4:333-340.
 11. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI : A 15-year study of osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 1981;6:387-416.
 12. Palpalexiou V, Novaes AB Jr., Riveiro RF, Muglia V, Oliveira RR : Influence of the interimplant distance of crestal bone resorption and bone density: A histomorphometric study on dogs. *J Periodontol* 2006;77:614-621.
 13. Scarano A, Assenza B, Piattelli M, Thams U, San Roman F, Favero GA et al : Interimplant distance and crestal bone resorption: a histologic study in the canine mandible. *Clin Implant Dent Relat Res* 2004;6:150-156.
 14. Novaes AB Jr., Palpalexiou V, Muglia V, Taba M Jr. : Influence of interimplant distance on gingival papilla formation and bone resorption: Clinical-radiographic study on dogs. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2006;21:45-51.
 15. Tarnow DP, Magner AW, Fletcher P : The effect of the distance from the contact point to the crest of bone on the presence or absence of the interproximal dental papilla. *J Periodontol* 1992;63:995-996.
 16. Novaes AB Jr., Oliveira RR, Muglia VA, Palpalexiou V, Taba M Jr. : The effects of interimplant distances on papilla formation and crestal resorption in implants with a Morse cone connection and a platform switch: A histomorphometric study on dogs. *J Periodontol* 2006;77:1839-1849.
 17. Oliveira RR, Novaes AB Jr., Palpalexiou V, Muglia VA, Taba M Jr. : Influence of interimplant distance on papilla formation and bone resorption: A clinical-radiographic study in dogs. *J Oral Implantol* 2006;32:218-227.
 18. 송치원, 이문희, 안준현, 한정환, 김성곤, 양병은 등 : 임플란트 식립 후 첫 일년간의 변연골 소실에 대한 연구. 대한약안면성형재건외과학회지 2004;26:250-256.
 19. 정영철, 한중현, 이근우 : 치근형 골내 임플란트의 초기 1년간 치조골 소실 및 골밀도 변화에 관한 연구. 대한보철과학회지 1994;32:455-469.
 20. 박기현, 한동후 : 보철물 장착후 골 유착성 임플란트 변연골 소실에 관한 방사선학적 연구. 대한보철과학회지 1998;36:806-815.
 21. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. : Crestal bone changes around titanium implants. A histometric evaluation of unloaded non-submerged and submerged implants in the canine mandible. *J Periodontol* 2000;71:1412-1424.
 22. Hermann JS, Schoolfield JD, Nummikoski PV, Buser D, Schenk RK, Cochran DL. : Crestal bone changes around titanium implants: a methodologic study comparing linear radiographic with histometric measurements. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2001;16:475-485.
 23. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Schoolfield JD, Cochran DL. : Biologic width around one- and two-piece titanium implants: A histometric evaluation of unloaded nonsubmerged and submerged implants in the canine mandible. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:559-571.
 24. Hermann JS, Buser D, Schenk RK, Higginbottom FL, Cochran DL. : Biologic width around titanium implants. A physiologically formed and stable dimension over time. *Clin Oral Implants Res* 2000;11:1-11.
 25. Ericsson I, Randow K, Glantz PO, Lindhe J, Nilner K : Clinical and radiographical features of submerged and nonsubmerged titanium implants. *Clin Oral Implants Res* 1994;5:185-189.
 26. Ericsson I, Nilner K, Klinge B, Glantz PO : Radiographical and histological characteristics of submerged and nonsubmerged titanium implants: An experimental study in the Labrador dog. *Clin Oral Implants Res* 1996;7:20-26.
 27. Callan DP, O' Mahony A, Cobb CM : Loss of crestal bone around dental implants: a retrospective study. *Implant Dent* 1998;7:258-266.
 28. Warren P, Chaffee N, Felton DA, Cooper LF : A retrospective radiographic analysis of bone loss following placement of TiO₂ grit-blasted implants in the posterior maxilla and mandible. *Int J Oral Maxillofac Implants* 2002;17:399-404.
 29. Tarnow D, Elian N, Fletcher P, Froum S, Magner A, Cho SC et al : Vertical distance from the crest of bone to the height of the interproximal papilla between adjacent implants. *J Periodontol* 2003;74:1785-1788.