

하악구치 임플란트 지지 단일수복에서 근심 캔틸레버가 임플란트 합병증에 미치는 영향

신혜승¹ · 김명래^{1,2} · 김선종^{1,2}

¹이화여자대학교 임상치의학대학원 임플란트학과, ²이화여자대학교 의학전문대학원 구강악안면외과

Abstract (J. Kor. Oral Maxillofac. Surg. 2009;35:248-252)

COMPLICATIONS OF THE IMPLANT-SUPPORTED POSTERIOR MANDIBULAR SINGLE RESTORATIONS WITH MESIAL CANTILEVER

He Sung Shin¹, Myung-Rae Kim^{1,2}, Sun-Jong Kim^{1,2}

¹Dept of Implantology, Graduate School of Clinical dentistry, Ewha Womans University

²Dept of Oral and Maxillofacial Surgery, Mok-dong Hospital, School of Medicine, Ewha Womans University

Purpose: This retrospective study was performed to analyze the relationship between complications of the posterior mandibular single crowns and distance from the adjacent teeth to the implant.

Subjects and Methods: Of the patients who presented Ewha Womans University Mokdong Hospital & Yonsei University Dental Hospital with missing of the posterior mandibular molar and restored with implant-supported 18 Single crowns between 1996 thru 2007, 115 patients had been followed after crown delivery. The subjects were divided into complication-followed group and a control without any problems. The distance from the most distal tooth to the implant were measured. The prosthetic & biologic complications were reviewed by the cantilever distance and analyzed by abutment type, age & gender statistically using SAS version 9.1 (SAS Inc., USA).

Results and Conclusion

The results were as follows;

- 1) The posterior mandibular single crown with cantilever showed higher incidence of follow-up complications upon logistic analysis (p<0.05).
- 2) The prosthetic and biologic complications are related with the cantilever distance with 2.1 odds ratio and 3.39 cut-off value of specificity & sensitivity by SPSS 12.0.
- 3) The complications are neither significant in abutment types nor age & gender.

Key words: Posterior single implant, mesial cantilever, complication

(원고접수일 2009.6.3. / 1차수정일 2009.6.15. / 2차수정일 2009.7.1. / 게재확정일 2009.7.20.)

I. 서 론

단일 치아 수복을 위한 보철물의 종류는 레진 접착성 의 치, 고정성 가공 의치, 임플란트 지지금관 수복 등으로 보철 수복된다 Schwartz 등¹⁾, Walton 등²⁾, Johnston 등³⁾은 임플란트지지 단일 금관이 기존의 일반적 보철물들과 비교하였을 때 장기간의 우수한 기능유지율을 보여 주었고 임플란트를 이용한 보철수복의 장점이 많음을 보고 하였다. 그러나 최후방 지대치로서 단일 금관이 가지는 생역학적으로

로 고려되어야 하는 요소, 지나치게 원심으로 식립 되어 발생할 수 있는 보철적,생물학적 합병증에 대한 연구는 부족하다. 임프란트의 식립방향이 좋지 않은 경우 보철물은 과도한 측방 하중에 노출 될 수 있으며 이의 결과는 여러 가지 합병증으로 나타날 수 있다^{4,6)}. 여러 개의 임프란트가 이러한 측방력을 분산 시켜 합병증에 대해 저항력을 갖는 것과 달리 단일 임프란트 금관의 경우 이러한 빗길 하중에 의해 발생하는 합병증에 보다 취약 할 것이다. Jemt 등⁷⁾, Quirynen 등⁸⁾, Naert 등⁹⁾, Rangert 등¹⁰⁾은 구치부의 보철 수복물은 하악운동시 작업측 혹은 비작업측 간섭을 일으킬 확률이 크고, 후방으로 갈수록 약간 공간이 적어지며, 수복을 위한 접근 공간이 제한되며 증가된 교합력, 교합간섭, 제한된 지대주 높이, 감소된 유지 등의 결과로 도재 파절 가능성과 보철물 탈락 등의 문제가 증가된다고 하였다.단일 임프란트 금관에서 이러한 합병증과 관련하여 생각해 볼 수

김 선 종

158-050 서울 양천구 목동 911-1번지

이화여자대학교 의학전문대학원 구강악안면외과학교실

Sun-Jong Kim

Dept of OMFS, School of Medicine Ewha Womans University

911-1Mok-dong, Yangcheon-gu, Seoul 158-050 Korea

Tel: 82-2-2650-5041 Fax: 82-2-2650-5764

Email: sjsj7777@ewha.ac.kr

있는 또 다른 요소는 임플란트와 지대주간의 연결 방식이다. 교합압을 통해 발생하는 연결부위의 치조제에 응력은 임플란트 주위 골 흡수에 영향을 주는 것으로 연구되었는데 초기 외부 연결 방식 임플란트의 연구들에서 첫 번째 방사선까지 골 흡수가 일어난 후에 안정화 된다고 보고하였고^{11,12)}, 최근의 내부 연결 방식 임플란트를 이용한 연구들에서는 0.5mm이내의 골 흡수를 보고하고 있다^{13,14)}.

이에 본 연구는 최후방 구치부를 단일 임플란트 금관으로 수복한 증례에서 후방 자연치로부터 멀리 떨어져 식립된 경우에, 자연치와 임플란트 간의 거리로 인해 생기는 근심캔틸레버가 합병증의 발생과 관련이 있는지, 그리고 지대주의 형태, 나이 및 성별에 따라 어떤 차이가 있는지를 분석 하고자 하였다.

II. 연구 대상 및 방법

가. 연구 대상

1996년부터 2007년 5월까지 이화 여자대학 목동 병원과 연세대학교 치과대학 병원에 내원한 환자 중 임플란트 지지 단일 금관을 최후방 치아로 수복한 후 1년 이상 정기 검사가 이루어진 환자를 대상으로 하였다. 총 110명의 환자에서 115개 보철물을 대상으로 진료기록부와 방사선 사진을 분석하였다. 110명의 대상자중 46명은 여성이었으며,



Fig. 1. An implant-supported single crown placed in lower 2nd molar site with minimal distance were followed after 5 years.

Table 1. Clinical data of the subjects by the gender and ages

| Gender | Number | Age(Average) |
|--------|--------|--------------|
| Male | 64 | 24-75 (51.9) |
| Female | 46 | 26-81 (52.9) |
| Total | 110 | 24-81 (52.3) |

69명은 남성이었다. 환자의 나이는 25세에서 82세까지 분포하였으며, 평균나이는 51세였다(Table 1). 보철물 장착 기간은 1년에서 11년 사이였으며, 평균 2.3년이었다. 외측 연결 방식이 73개 이고 내측 연결 방식이 42개 이었다.(Table 2). 최종 보철물 장착시와 보철물 장착 후에 적어도 1년에 1회 이상 주기적으로 내원하여 치석조절과 임상 및 방사선 사진 검사를 받았다. 대합치는 연구에 영향을 줄 수 있는 요소를 줄이기 위해 자연치, 임플란트 고정성 국소 의치로 제한하였다.

나. 연구 방법

임플란트 지지 단일 금관으로 최후방치아를 수복한 환자의 진료기록부를 분석하였다. 환자의 성별, 나이, 임플란트 실패 여부, 임상적 합병증의 종류 및 빈도를 조사하였다. 식립된 시간으로부터 마지막으로 정기 검진을 위해 내원한 시점 까지를 관찰 기간으로 설정 하였고 이 기간 동안 식립된 매식체가 식립 부위에서 제거 된 것과 수복된 금관이 합병증으로 인해 재 제작 혹은 치료를 받은 시점 까지 누적된 관찰 기간에 대해 분석 하였으며 임플란트와 인접 치간의 거리가 생존율에 미치는 영향을 통계적으로 비교 분석 하였다. 인접 거리는 방사선 사진을 통하여 측정 하였다. 대상환자에 대해 임플란트 식립 후, 보철물 장착 시, 그 후 매년 정기 검사 시에 방사선 촬영을 시행하였다. 방사선



Fig. 2. A most posterior mandibular single crowns with mesial cantilever

Table 2. Number of implants by abutment connection

| Abutment connection type | Internal connection | External connection |
|--------------------------|---------------------|---------------------|
| No. of Implants | 42 | 73 |

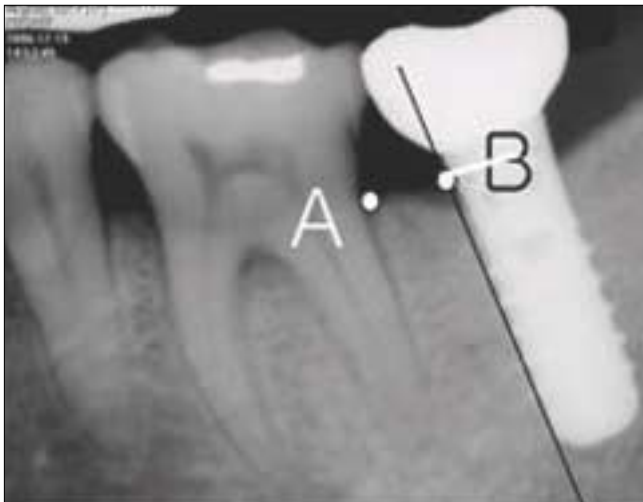


Fig. 3. Radiographic measurement of the cantilever distance between most distal alveolar crest of the last molar (A) and the parallel line to long axis of mesial surface of implant fixture (B)

촬영은 구내 디지털 치근단방사선사진 촬영으로 구내촬영기인 Heliodent를 이용하여 촬영하고 CCD 형태의 센서인 SIGMA®(GEMedical system instrumentarium Co. Tuusula, Finland)을 통하여 영상정보를 얻었다. 얻은 영상정보는 Gateway 프로그램인 Dentigate® (INFINITT Technology co. Ltd. Seoul, Korea)를 통해서 DICOM(Digital Imaging and Communication in Medicine) 영상으로 전환하였다. 이 영상을 Gateway 프로그램 상에서 개인용 컴퓨터에서 인식 가능한 JPEG 파일로 변환하였다. 각 사진은 Adobe Photoshop 7.0.1(Adobe Systems Incorporated, San Jose, California, USA) 상에서 200% 확대하여 측정이 용이하도록 하였으며, Gradient map 설정을 변경하는 이미지처리를 통해 임플란트 고정체와 주위 변연골 경계부위가 명확히 구분될 수 있도록 하였다. 임플란트 주위 치조골 변화량과 인접치와의 거리를 Adobe Photoshop 7.0.1(Adobe Systems Incorporated, San Jose, California, USA)프로그램 상에서 measuring tool을 이용하여 측정하였다. 인접치와 임플란트 간의 거리는 임플란트의 장축에 평행한 선을 설정하여 인접치의 원심면 치조골의 최상방 점에서 임플란트 고정체까지 수선을 내려 닿는 점까지의 거리, 즉 최단거리를 측정하였다 (Fig.3). Measuring tool으로 측정한 인접치와 임플란트 간의 거리는 임플란트 고정체의 길이를 이용하여 보정하였다. 임상적으로 합병증을 일으키지 않은 군과 합병증이 있는 군을 각각 대조군과 실험군으로 나누어 인접치와 임플란트간의 거리에 있어서 통계적 유의차를 관찰 하였고 합병증이 일어나는 지점의 통계적 임계점(Cut off value)을 알아 보았다. 합병증의 유형은 임플란트의 골 융합 실패, 치은염(gingivitis), 임플란트 치주염(peri-implantitis)등의 생물학적 합병증과 임플란트와 보철 구조물에 가해진 기계적 손상을

통한 임플란트의 파절, 지대주 와 금관 나사의 풀림 및 파절, 상부 도재 파절, 시멘트 유실, 음식물 삼입 등의 보철적 합병증으로 나누어 임플란트와 지대주 연결 방식, 나이, 성별 등이 합병증에 미치는 영향을 Chi square test 을 통하여서 통계적으로 분석 하였다. 모든 통계는 SPSS 12.0(SPSS Inc. Chicago, Illinois. USA) 프로그램을 이용하여 분석하였다.

III. 결 과

1. 합병증과 인접치와의 거리

하악구치부 단일 임플란트와 후방 인접치 치근과의 거리는 합병증이 속발한 군에서 3.73 ± 0.92 mm가 측정되었고, 합병증이 없는 군에서는 3.21 ± 0.89 mm이었으며 Logistic regression analysis를 통하여 비교 분석한 결과 통계적으로 유의한 관계가 있는 것으로 나타났다. 합병증이 발생할 수 있는 위험비는 그 거리가 1 mm 증가할 때 마다 2.1배 증가하고, 민감도(sensitivity)와 감수도(specificity)의 최대치를 통하여 분석한 합병증의 발병 임계치는 3.395 mm인 것으로 조사 되었다. Independent t-test를 통해 알아본 결과 생존율과 합병증 모두 환자의 나이, 성별, 지대주의 연결방식 모두에 통계적 유의차가 없는 것으로 조사 되었다 ($p > 0.05$).

2. 생존율과 생물학적 합병증의 발현율

하악구치부 최후방 유리단에 단일로 식립된 115개의 임플란트 중 1개가 보철물이 장착되기 전에 골유착 실패로 제거되었고, 7개는 임플란트의 기능적 교합압이 가해 진 후에 동요 또는 파절되어 제거하였다. 단일 임플란트보철의 10년 생존율 (기능유지율, survival rate)은 93%이었고, 임플란트 주위 치은염 5개 (3.5%) 임플란트 주위염 2개 (1.7%)으로 8개(7%)에서 생물학적 합병증을 보였다 (Table 4).

Table 3. The distance between implant fixture and most posterior adjacent tooth related with cantilever complication

| Study groups | Distance(cantilever) |
|------------------------------------|----------------------|
| Control (without complications) | 3.21 ± 0.89 mm |
| Experimental(with complications) | 3.73 ± 0.92 mm |
| Failed/retrieved implants | 3.72 ± 0.66 mm |
| Cut-off value at complication risk | 3.395 mm |
| Odds ratio | 2.093 p-value 0.0056 |

Table 4. Survival rate of single implants placed in the posterior mandible and their biologic complications

| Single Implants | Failed Implants | Gingivitis | Periimplantitis |
|-----------------|-----------------|------------|-----------------|
| 115 | 8 (7.0%) | 5 (3.5%) | 2 (1.7%) |

3. 보철적 합병증

외측 연결 지대주과 내측 연결 방식에서 각각 7건씩의 나사 풀림이 관찰 되었으며 Chi-square test를 통한 분석 결과 나사 풀림이 지대주 연결 방식에 따라 미치는 영향은 통계적 유의차가 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 전체 115개의 보철물 중에 3개의 금관이 파절 등의 이유로 재 제작 되었다. 가장 빈번히 발생하는 합병증은 지대주 및 금관 나사 풀림 14예(12%)과 접착제 유실 15예(13%)이었고 다른 보철물 합병증의 빈도는 도재 파절 5예(4%), 식편압입 4예(3.4%), 지대주 나사 파절 1예(0.8%)순서였다 (Table 5, Fig. 4).

Table 5. Various complications by the abutment connection type

| Complication | Connection Type | |
|---------------------------|-----------------|----------|
| | External | Internal |
| Failed/retrieved implants | 6 | 2 |
| Gingivitis | 3 | 2 |
| Periimplantitis | 1 | 1 |
| Decementation | 5 | 10 |
| Screw loosening | 7 | 7 |
| Abutment screw fracture | 0 | 1 |
| Porcelain fracture | 3 | 2 |
| Food impaction | 1 | 3 |

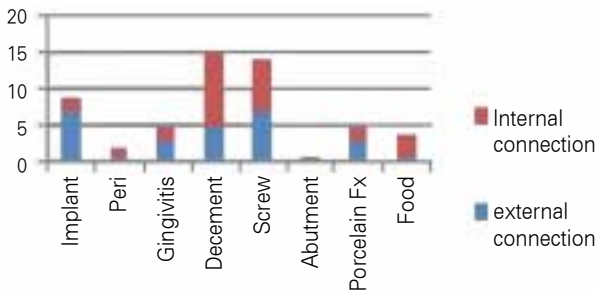


Fig. 4. Analysis of frequency of complications

IV. 고 찰

임플란트와 인접치간의 최소한의 거리는 1.5mm로 알려져 있으며 최소의 거리보다 가깝게 식립된 임플란트에서 인접치 사이에 골흡수가 일어남이 보고 되고 있다¹⁵⁾. 그러나 두 임플란트간에 거리가 일정 치를 넘어서면 상부 보철물에 빗김 하중이 가해 지며 여러가지 합병증에 노출 될 수

있음이 보고 되고 있다. 본 실험에서 측정된 평균 거리는 각각 3.26mm와 3.86mm였으며 실험군에서는 대조군 보다 근심부로 풍용된 금관 형태를 나타내었으며 빗김 하중에 노출이 됨을 알 수 있었다^{4,6)}. 따라서 본 연구에서 실험군을 자연치에서 볼 수 있는 장축에 수직인 힘들이 작용하는 금관의 형태와 빗김 하중을 허용하는 보철물간의 비교를 계획하여 실험 하게 되었다. 특히 임플란트 식립 후 일정 기간 교합력에 의한 하중에 노출된 임플란트가 골유착이 실패 되거나 지대주 나사가 부러지거나 풀리는 합병증의 양상은 많은 부분 이러한 빗김 하중에 의한 잘못된 교합력의 분산에 기인 한 것이라고 생각 할 수 있겠다. 이번 연구에서 조사된 9개의 골 융합이 실패한 임플란트에서 7개의 임플란트가 1년 이상 기능적 교합에 노출된 후에 발생 된 것은 이러한 빗김 하중이 임플란트의 장기적 예후에 부정적으로 작용 했음을 보여 준다. 구치부 보철 수복물은 하악운동시 작업축 혹은 비작업축 간섭을 일으킬 확률이 크고, 후방으로 갈수록 약간 공간이 적어지며, 수복을 위한 접근 공간이 제한된다. 또한 증가된 교합력, 교합간섭, 제한된 지대주 높이, 감소된 유지 등의 결과로 도재 파절 가능성과 보철물 탈락 등의 문제가 증가되기도 한다⁷⁻¹⁰⁾. Catlever의 에 임플란트 실패에 다른 요인들을 배제 하기 위해 가능한 동일한 조건상에 있는 임플란트를 연구 대상으로 하였다. 먼저 실패한 임플란트의 crown to root ratio는 모두 1:2 이상 이었는데 이는 고정성 금관 치료의 성공적 수복을 위한 권장치인 최소비율이 이상이었으며 실험에 사용 된 임플란트는 임플란트 표면 처리나 구조적인 요소가 합병증 발병 및 보존율에 영향을 최소화 하기 위해 오랜 기간 동안 그 성공율이 증명된 Brånemark과 ITI임플란트로 제한 하였으며 골질 또한 하악 구치부에(bone type I or II) 심겨진 임플란트 만을 대상으로 하였다. 이러한 골 흡수율의 차이와 함께 지대주의 연결 방식의 차이는 보철물에 발생하는 합병증에도 영향력을 미칠 수 있다. 3차원 유한 요소 분석에 따르면 비교적 낮은 hex와 접측면이 서로 평행하게 만나는 외부연결방식의 임플란트보다 약 8도 정도의 기울기의 내부 연결방식의 임플란트에서 보다 안정적인 결합의 양상을 보여 주었다¹⁶⁾. 또한 반복되는 하중을 가지고 임플란트와 지대주간의 결합 강도를 측정하는 실험에서 경사도를 포함한 내부연결 방식 임플란트가 피로 저항에 있어서 외부 연결 방식에 비해 월등히 우수하다는 결과를 나타내었다¹⁷⁾. 외부연결 방식 임플란트의 장점은 two stage 식립법에 보다 적합하며 다른 종류간의 임플란트와 호환성이 좋고 여러 개의 임플란트상에 보철물 제작 시 적합성을 맞추기가 용이하다. 반면에 상방으로 돌출된 hex가 짧아서 미세한 운동(micro-movement)이 있을 수 있으며 골 손실로 이어질 수 있고 임플란트 보철물에 작용하는 회전력이나 축방력에 저항하는 중심점이 높으므로 저항 값이 떨어지게 된다. 이에 반해 내부 연결방식의 장점은 1 stage 식립법에 보다 적합하며 쉽게 연결 위치를 찾을 수가 있고 회전력이나

측방력에 대해 보다 높은 저항값을 가지게 된다¹⁸⁾. 본 실험에서는 전체적인 합병증을 포함하는 Brägger이 발표한 치주낭의 깊이가 5mm 이상이며 탐침시 출혈 혹은 배농(supuration)을 동반한 증상을 Peri-implantitis¹⁹⁾로 합병증의 형태를 정의 하였다. 합병증을 유발에 영향을 미치는 요소로 환자의 저작력을 생각할 수 있겠다. 인접자연치와 일정 거리를 갖는 임플란트에서 동일한 양의 근심 cantilever가 있을 때 합병증의 발병을 보다 용이 하게 할 수 있는 것이 과도한 교합력일 것이다. 실험에 고정성을 기하기 위해 대합치가 가철 성 보철물인 것은 제외 하였으나 각 개개 환자의 교합력을 측정하여 교합력이 합병증 유발에 미치는 요소를 분석 하지는 못했다. 다만 평균적으로 남자 환자가 여자 환자에 비해 높은 교합력을 가지는 것으로 성별간에 합병증유발에 차이가 있었는지를 조사 하였다. 합병증의 유형을 생물학적인 것과 보철적인 것으로 나누어 조사하였는데 실험에 사용된 환자 군의 크기가 제한 적이지 않았으면 보다 자세한 유형별의 합병증이 인접 자연치와의 거리에서 미치는 영향을 분석 할 수 있었을 것으로 생각되며 지속적인 연구가 필요 하리라 사료된다.

V. 결 론

1996년부터 2007년 5월까지 이화 여자대학 목동 병원과 연세대학교 치과대학 병원에 내원한 환자 중 임플란트 지지 단일 금관을 최후방 치아로 수복한 1년 이상 정기 검사가 이루어진 환자를 대상으로 인접치와 임플란트간의 거리와 합병증의 상관 관계를 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 합병증을 일으키지 않은 군과 합병증이 있는 군간에 인접치와 임플란트 거리에서는 생존율과 통계적으로 연관이 있음을 보여 주었다($p < 0.05$).
2. 민감성과 특이성을 가지고 분석한 합병증이 일어날 수 있는 통계적 임계 점은 3.395mm 였다.
3. 지대주 연결 방식간의 차이에서 내측 연결 방식과 외측 연결 방식에는 통계적으로 유의차가 없는 것으로 나타내었다($p > 0.05$).
4. 나이, 성별은 합병증 발병율에 영향을 미치지 못했다($p > 0.05$).

본 연구에서 임플란트 지지 단일 금관을 최후방 치아로 수복한 경우에서 만족할 만한 생존율과 낮은 합병증의 양상을 보여 주었다. 하지만 임플란트의 적절한 식립 위치는 생존율과 합병증에 영향을 미치는 것으로 조사 되었으며 빗길 하중에 지대주 연결 방식에 의한 차이를 보이지는 못했다. 향후 연구에서 최후방 임플란트 지지 단일 금관의 보다 장기적인 임상적 관찰이 필요하며 생존율과 합병증에 관련되는 요소에 관한 연구가 지속 되어야 할 것이다.

참고문헌

1. Schwartz NL, Whitsett LD, Berry TG: Unserviceable crowns and fixed partial dentures: life span and causes for loss of serviceability, J Am Dent Assoc 1970;81:1395-401.
2. Walton JN, Gardner FM, Agar JR: A survey of crown and fixed partial denture failures, length of service and reasons for replacement, J Prosthet Dent 1986;56:416-21.
3. Dykema RW, Goodacre CJ, Phillips RW. Johnston's Modern Practice in Crown and Bridge Prosthodontics. Philadelphia: W.B. Saunders Co., 1986;24-36.
4. Malevez C, Hermans M, Daelemans P: Marginal bone levels at Branemark system implants used for single tooth restoration: the influence of implant design and anatomical region, Clin Oral Implants Res 1996;7:162-9.
5. Sullivan DY: Wide implants for wide teeth, Dent Econ 1994;84: 82-3.
6. Rangert B, Krogh PH, Langer B, et al: Bending overload and fixture fracture: a retrospective clinical analysis, Int J Oral Maxillofac Implants 1995;10:326-34.
7. Jemt T, Linden B, Lekholm U: Failures and complications in 127 consecutively placed fixed partial prostheses supported by Branemark implants: from prosthetic treatment to first annual check up, Int J Oral Maxillofac Implants 1992;7:40-4.
8. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D: Fixture design and overload influence marginal bone loss and fixture success in the Branemark system, Clin Oral Implants Res 1992;3:104-11.
9. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe D, et al: A six year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants for the treatment of partial edentulism, J Prosthet Dent 1992;67: 236-45.
10. Rangert B, Krogh PH, Langer B, et al: Bending overload and implant failure: a retrospective clinical analysis, Int J Oral Maxillofac Implants 1995;7:40-4.
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 Dec;10(6):387-416.
12. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark PI, Lindhe J, Eriksson B, Sbordone L: Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures (I). A 3-year longitudinal prospective study, Int J Oral Maxillofac Surg. 1986 Feb;15(1):39-52.
13. Norton MR: An in vitro evaluation of the strength of an internal conical interface compared to a butt joint interface in implant design, Clin Oral Implants Res. 1997 Aug;8(4):290-8.
14. Möllersten L, Lockowandt P, Lindén LA.: Comparison of strength and failure mode of seven implant systems: an in vitro test, J Prosthet Dent. 1997 Dec;78(6):582-91.
15. Salama H, Salama MA, Garber D, Adar P.: The interproximal height of bone: a guidepost to predictable aesthetic strategies and soft tissue contours in anterior tooth replacement, Pr
16. Merz BR, Hunenbart S, Belsler UC. Mechanics of the implant-abutment connection: an 8-degree taper compared to a butt joint connection. Int J Oral Maxillofac Implants. 2000;15:519-26.
17. Khraisat A, Stegaroiu R, Nomura S, Miyakawa O. Fatigue resistance of two implant/abutment joint designs. J Prosthet Dent. 2002;88:604-10.
18. Maeda Y. Satoh T. & Sogo M. In vitro differences of stress concentrations for internal and external hex implant/abutment connections: a short communication Pract Periodontics Aesthet Dent. 1998 Nov-Dec;10(9):1131-41.
19. Brägger U, Aeschlimann S, Bürgin W, Hämmerle CH, Lang NP. Biological and technical complications and failures with fixed partial dentures (FPD) on implants and teeth after four to five years of function. Clin Oral Implants Res. 2001 Feb;12(1):26-34. Lang NP.