

치과 임플란트 보철 수복시 각 상부구조의 형태에 따라 발생하는 응력의 광탄성학적 분석

단국대학교 치과대학 보철학교실
최영희 · 조인호

I. 서 론

치과 보철의 목적은 상실된 치아 및 주위조직을 회복하여 저작, 심미, 발음 등의 기능을 회복하는데 있다. 근래에 와서 많은 치과 임플란트 술식이 치과의사들의 큰 관심을 끌고 있으며, 이 방법의 보철 술식은 종래의 보철 시술로는 만족할만한 기능 및 심미 회복을 하여줄 수 없을 때 사용되어 큰 효과를 거두고 있다^{25, 26, 50, 72, 76)}.

1970년대까지는 골막하 임플란트와 섬유골유착성 골내임플란트가 주로 임상에 사용되어 왔으나, 스웨덴의 Branemark에 의해 소개 연구되어온 골유착성 치근형 임플란트가 장기간의 실험 및 임상 자료를 통하여 성공적인 시술 방법인 것으로 판명됨에 따라 오늘날에는 이를 이용한 치료술식이 널리 이용되고 있다^{3, 11, 15, 27, 52, 74)}.

Branemark는 골유착(osseointegration)이란 광학 현미경하에서 골과 임플란트 계면사이에 섬유조직의 개재없이 이들이 직접 부착된 기능적, 구조적 연결 상태로 임상적으로는 동요도가 없고, 방사선상으로 임플란트 주위공간(perimplant space)이 없는 상태라고 정의하였다^{11, 17, 27, 52)}.

골 유착을 얻기 위한 방법으로는 순수 티타늄의 재료를 이용한 치근형 설계와 외과적 시술시 저속 골삭제 및 이단계에 걸친 외과적 시술등이 추천되고 있다. 그러나 이상적인 임플란트 시술에 의하여 얻어진 골유착 현상도 구강이라는 특수한 환경에서는 임플란트가 기능으로 인하여 끊임없는 하중을 받게 되므로 이와 연결된 많은 문제점들이 나타날 수 있다¹⁸

또한 보철물이 성공적으로 기능을 수행하기 위해서는 이들이 주위 생체조직과 친화성이 좋아야하고 교합압이 고르게 분산되도록 역학적인 측면에서 설계되어야 한다²⁾.

임플란트의 성공에 관여하는 요소는 여러가지가 있는데, 그중에서 역학적 측면을 다수의 학자가 강조한 바 있다. Skalak등⁶⁹⁾은 임플란트가 악골에 직접 결합되어 있기 때문에 기능시 가해진 외력이 매식체를 통하여 악골에 직접 전달되므로 외력을 균등하게 분산하기 위해서는 임플란트와 관련된 요소들이 상대적으로 견고하여야 하며, 또한 장기간에 걸쳐 피로 용량(fatigue capacity)을 초과하는 응력을 받아서는 안된다고 주장하였다.

Babbush²²⁾는 잘못된 응력 및 강도 계산에 따라 제작된 초기 임플란트의 부정확한 설계가 골흡수를 초래한다고 하였으며, 또한 Lavelle등⁵⁵⁾은 임플란트의 성공은 인접골과의 경계면에서 발생하는 응력을 낮추어주는 것이 관건이라 하여 넓은 골접촉과 이 상적인 교합면 분산을 시킬 수 있는 새로운 임플란트 개발을 시도하였다.

통상의 Branemark 임플란트 시스템을 사용하는 경우 지대원주가 구강점막 위로 노출되어 심미적인 면에서 환자들의 불만이 많았으나 근자에 이르러서는 이 문제들을 해결하기 위한 여러가지 형태의 상부 구조물들이 개발되고 있다. 교합압이 상부 구조물에 전달되면 상부 구조물의 형태, 재료의 성질과 조직의 성질들과 같은 인자들에 의하여 가해진 교합력이 이차적으로 악골에 재분포되리라 사료된다.

보철물의 변연을 치은연하에 둠으로써 심미성을 증가시키기 위한 보철 수복 방법으로는 UCLA Abut-

-21, 29, 30, 37, 39, 40, 43-45, 47, 50, 56, 59, 64, 77)

ment, EsthetiCone Abutment, Anatomic Abutment, IMPAC Abutment, Single Tooth Abutment 및 CeraOne Abutment등이 있다¹³⁾.

이들의 상부 구조물들을 구조 및 재질에서 서로 다른 차이점을 갖고 있기 때문에 기능시에 주위 지지조직에 발생하는 응력에 차이가 있으리라 생각되며, 이의 역학적인 상호 비교분석은 임상에 많은 도움이 되리라 사료된다.

발생된 응력을 분석하는 방법으로는 전기저항 스트레인 게이지법, 브리를 코팅법, 브화래 무늬분석법, 광탄성법, 유한요소법등이 있으며⁵⁵⁾, 광탄성 분석법은 여타 실험이 피 실험체의 한점 한점의 측정값을 얻는것과는 달리, 시편 전체의 응력 분포를 동시에 관찰할 수 있다는 잇점이 있다⁹⁾.

이러한 광탄성 분석법은 Brewster가 1816년 유리에서 광탄성 효과를 발견한 이래로 1935년 Zak⁷⁸⁾가 치조골내에서의 교정력 영향에 대한 연구로 치의학 분야에 도입된 후 가철성 의치의 응력분석^{24, 42, 53, 54, 62, 65, 68, 70, 74)}, 치관 및 치관수복물의 응력 분석^{32-34, 57, 58, 60, 71, 73)}, 교정학 분야^{23, 28, 31)}, 및 치주학 분야^{38, 48)}에서 많은 연구가 이루어져왔고 국내에서도 김¹⁾, 윤⁶⁾, 임⁷⁾, 이⁸⁾, 조¹⁵⁾, 김³⁾, 조¹⁰⁾, 김⁴⁾, 조¹⁶⁾등이 교정학 및 보철 수복물에 작용하는 응력에 관하여 광탄성 분석 방법으로 연구한 바 있다.

저자는 통상의 Branemark 매식체를 광탄성 분석을 위한 Epoxy Resin시편에 매식한 후 하악 제2소구치의 형태로 제작한 여러 System의 상부 구조물들 위에 하중을 가한 결과 발생하는 응력을 상호 비교한 결과 다소의 지견을 얻었기에 보고하는 바이다.

II. 실험재료 및 방법

1. 실험 재료

1) 임플란트 고정체

길이 10mm, 폭경 3.75mm의 Branemark 임플란트 고정체의 Dummy를 이용하였다.

2) Abutment

(1) Branemark Conventional Abutment

(2) UCLA Abutment

(3) EsthetiCone Abutment

(4) Anatomic Abutment

Table 1.

| | C | E | A | U |
|--------------|-----|-----|-----|-----|
| Fringe Order | 5.0 | 5.3 | 5.5 | 6.0 |

C : Conventional Abutment

E : EsthetiCone Abutment

A : Anatomic Abutment

U : UCLA Abutment

3) 받침대 제작

시편에 수직력과 수평력을 주기위하여 0°, 15°, 25° 각도의 Mold를 치과용 석고틀 이용하여 제작하였다.

4) 시편제작

(1) 상부 보철물 제작

각각의 Abutment를 이용하여 하악 제2소구치 형태로 납형(Wax Pattern)을 제작하였으며 비귀금속 재료(AeraBond, U. S. A.)로 주조후 활택하였다.

(2) 시편제작

Silicone(ShinEtsu-1400, 한국 ShinEtsu)으로 Mold를 제작하고 임플란트와 연결한 보철물을 mold에 고정된 다음 PL-2 Epoxy Resin(Measurement Group, U. S. A.)과 Mold를 53°C에서 20분간 유지시킨 후 경화제와 중량비 1 : 1로 혼합하여 15분간 저어서 점도를 낮춘 후 Mold에 부어 40×30×10 mm의 Resin시편을 제작하였다.

21°C실온에서 24시간 유지 후 경화된 레진 시편은 사포로 열이 발생하지 않도록 천천히 표면을 활택시키고 피마자유와 α-Bromo-naphthalen을 1 : 0.585 비로 섞은 용액을 포도하여 투명도를 증가시켜 관찰이 용이하도록 하였다.

2. 실험방법

시편을 0°, 15°, 25°의 각도로 제작된 받침대에 위치시킨 후 이를 Circular Transmission Polariscopes (Riken Keiki Fine Instrument Co. Japan)에 장착하고 하중 전달 장치를 이용하여 15kg의 하중을 치관의 중심축에 가했으며 이 때 시편에 분포된 응력을 육안으로 관찰하고 다시 사진 촬영하여 그 응력을 분석하였다(Fig 2-Fig 4 : 별첨).

응력이 증가함에 따라 나타나는 무늬차수는 Black이 0차 Blue 사이가 1차, 2nd Red와 2nd

Green사이가 2차순으로 Red와 함께 출현하는 색의 경계 부위가 차수를 나타낸다(Fig 5 : 별첨).

III. 실험성적

1. 수직력만을 가한 경우(0° 받침대)

1) 모든 System의 임플란트 고정체 근단부에 넓고 크게 응력이 분포되었으며, 임플란트 고정체의 모서리 부위에도 응력의 집중현상이 보였다.

2) Branemark Conventional Abutment가 가장 작은 응력분포를 보였으며, 그 다음으로는 Esthetic Cone Abutment, Anatomic Abutment 순서였으며, UCLA Abutment가 가장 크게 나타났다.

2. 수평력을 겸한 경우(15°, 25° 받침대)

1) 모든 임플란트 고정체의 압축력을 받는 치조정 부위와 그 하부에 응력이 넓게 퍼져 있는 것이 관찰되었다.

2) 15°에서보다 25°의 수평력을 받는 경우에 더 큰 응력이 발생하였다.

3) 각 Abutment System간의 응력의 크기는 수직력을 가하여 생긴 경우와 같은 순으로 발생하였다.

IV. 총괄 및 고안

초기의 임플란트 시술은 치아 결손에 의한 상실된 기능회복에 중점을 두어 총의치 및 국소의치의 대안으로 발전하였으나, 근래에는 환자들의 심미적 욕구의 증가로 기능뿐만 아니라 심미성을 중요시하게 되었다¹³⁾. 이에 부합하기 위하여 여러가지 상부보철물이 개발되어 임상에 응용되고 있다.

심미적 임플란트 보철수복에 있어서는 구강 위생 관리가 중요한 문제로 대두되는 바, 환자에게 이에 대한 강조가 상당히 중요한 문제로 여겨지고 있다⁶⁾.⁶⁹⁾ 임플란트의 고정체가 악골과 견고하게 잘 유착되어 상부 보철물에 가해진 하중이 하부의 골조직에 고르게 전달되는 것이 매우 중요하며 이것이 골 유착성 임플란트의 성패를 좌우하는 것으로 사료된다. 또한 Hayashi⁴⁸⁾, Farah와 Craig⁴¹⁾의 보고에서처럼 치근의 형태에 따라 응력분산이 직접 영향을 받으므로 임플란트 형태의 적절한 설계를 통하여 임플

란트 기저부에 집중되는 응력을 이상적으로 분산시킬 수 있어야 하겠다.

발생된 응력을 분석하는 방법으로는 전기저항 스트레인 게이지법, 브리콜 코팅법, 므와레 무늬분석법, 광탄성법, 유한요소법⁴⁰⁾ 등이 있으며, 광탄성 분석법은 편광판 사이에 광탄성 모형을 위치시키고, 하중을 가하여 발생된 복굴절 현상을 촬영, 분석하여, 그 내부응력을 관찰하는 실험 방법으로서 2차원적 분석법, 3차원적 분석법 및 광탄성 물질의 도포 분석법 등이 있으며, 치과 수복물에 대한 응력 분석은 주로 2차원 및 3차원 분석법에 의해 행해지고 있다.

광탄성 분석법은 시편전체의 응력 분포를 동시에 관찰할 수 있는 장점이 있으나⁹⁾, 단점으로는 광탄성 분석에 이용되는 모형 제작이 힘들고, 인체의 구강 조직을 재현한 광탄성 재료가 구강조직의 재질과 다르고 모형의 탄성계수를 구강조직에 정확히 일치시키기 어려운 단점을 가지고 있다.

본 실험에서 사용된 Abutment는 Branemark System의 Conventional Abutment, UCLA Abutment, Esthetic Cone Abutment와 Anatomic Abutment인데 이들의 특징을 살펴보면 Conventional Abutment는 고정체가 골조직에 매식되어 있고 연조직위로 노출된 Abutment Cylinder위에 Gold Cylinder가 연결되어 상부보철물이 제작된다.

UCLA Abutment는 고정체 위에 바로 상부 구조물을 제작할 수 있는 Plastic Abutment가 연결되며, Esthetic Cone Abutment는 UCLA Abutment와 유사하게 치은연하에 보철물의 변연을 두지만, Esthetic Cone Abutment가 있고 그위에 Gold Cylinder가 올려지고 여기에 상부 구조물이 제작된다.

Anatomic Abutment는 고정체 위에 티타늄 재료로 된 통상의 지대치 모양의 Abutment가 연결되며 그 위에 납형을 조각하여 상부구조물을 제작하며, 완성된 보철물은 cement를 이용하여 Abutment와 접착한다.

본 실험에서 각각 완성된 상부 구조물에 하중을 가한 결과, 모든 System에서 수직력을 받은 경우 고정체의 하부에 대체로 응력이 넓고 크게 나타났으며, 고정체의 각 모서리 부위에서 응력 집중 현상이 보였다. 15°와 25°의 수평력을 받는 경우 압축력을 받는 치조정 부위에서 15° 경우보다 25°에서 크고 넓은 응력 분포를 보였다. 지대치에는 수직 성분의

유력이 측방력보다는 치주조직을 보존하는데 유리하다^{28, 63, 66, 67)}는 것은 잘 알려진 바로서, 이와같이 한부위에 응력이 집중되는 것을 방지하기 위해서는 교합력이 가능한 고정체에 수직으로 전달되도록 설계되어야 한다고 사료된다. 각 Abutment간의 차이를 보면 Branemark Conventional Abutment가 제일 작은 응력 분포를 보였으며, 그 다음으로는 EsthetiCone Abutment, Anatomic Abutment의 순서였으며 UCLA Abutment가 가장 크게 나타났다. 이러한 결과는 Branemark Conventional Abutment와 EsthetiCone Abutment는 두번의 응력 차단 기전을 가지고 있으나, UCLA Abutment는 가해진 교합력이 그대로 고정체에 전해지며 Anatomic Abutment는 중간에 개제된 Cement에 의해서 고정체에 전해지는 응력이 다소 차단되는 것으로 사료되며, 사용된 상부 구조물의 재료학적 관점에서 볼 때는 UCLA Abutment는 금합금으로 주조되지만 다른 Abutment들은 금합금에 비하여 탄성계수가 낮은 티타늄으로 되어 있어 응력 분포에 영향을 미친다고 사료된다.

본 연구에서는 Thread 형태의 임플란트 고정체에 대한 여러가지 상부구조에 따른 응력분석을 하였으나, 앞으로는 Cylinder 형태 및 Basket 형태의 임플란트 고정체에 대한 응력분석의 연구가 지속되어야 할 것으로 사료된다.

V. 결 론

저자는 치과 임플란트 보철 수복시 각 상부 구조의 형태 및 하중 방향의 변화에 따라 발생하는 응력을 광탄성학적으로 분석한 바 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 연구에 사용된 모든 System에서 공통적으로 수직력을 받는 고정체의 근단부에 응력이 넓고 크게 나타났다.
2. 15°, 25° 받침대를 사용하여 측방력이 가해지게 하면 치조정 부위에 더 큰 응력이 넓게 퍼지게 되는 것을 관찰할 수 있었으며, 25°경사의 경우 그 정도가 가장 심하게 나타났다.
3. Branemark Conventional Abutment가 제일 작은 응력분포를 보였으며 그 다음으로 EsthetiCone Abutment, Anatomic Abutment의 순서였으며 UCLA Abutment가 가장 큰 응력 분포를 나타내었다.

REFERENCES

1. 김광호 : 각종의 head-gear를 사용한 정형력이 두개 안면골에 미치는 영향에 대한 광탄성학적 연구, 대한치과교정학회지, 16 : 71, 1986.
2. 김동원, 김영수 : 각종 형태의 골내 임플란트와 해부학적 치형에 관한 광탄성 응력분석, 대한교합학회지, 3 : 25, 1985.
3. 김동원, 김영수 : 골유착성 보철물에 관한 삼차원 유한요소분석적 연구. 대한치과보철학회지 Vol. 29, No. 1, 1991.
4. 김준연 : 구치부 Inlay 수복물에 작용하는 stress에 관한 광탄성학적 분석, 대한치과의사협회지, 19 : 593, 1981.
5. 김흥기 : 치과 임플란트 의학, 월간치과계, 62 : 66, 1978.
6. 윤성일, 장익태 : 치관보철물에 작용하는 stress에 관한 광탄성분석, 대한치과의사협회지, 17 : 44, 1979.
7. 이동악 : 구치부 도재 전장 주조관의 stress에 관한 광탄성분석, 대한치과의사협회지, 20 : 699, 1982.
8. 임정규 : 치관보철물의 인접변연 부위에 작용하는 stress에 관한 광탄성학적 분석, 대한치과보철학회지, 12 : 15, 1980.
9. 조광현, 최부병, 박광수 : 중간지대치가 포함된 고정 가공의치의 지대치 주위조직에서 발생하는 능력에 관한 광탄성학적 연구. 대한치과보철학회지 : Vol. 25, No. 1, 1987.
10. 조원행 : 가공의치에 작용하는 stress에 관한 광탄성학적 분석, 대한치과보철학회지, 18 : 15, 1980.
11. 조인호 : 임플란트 보철의 생체 역학. 대한치과의사 협회지 Vol. 30, No. 8, 9, 1992.
12. 조인호 : 총의치 교합형태에 따른 3차원적 광탄성 응력 분석, 대한치과의사협회지, 20 : 945, 1982.
13. 조인호 : 치과 임플란트 시술에 관한 해외최신지견(II). 대한치과의사협회지 Vol. 29, No. 12, 1991.
14. 조인호 : 치과임플란트 시술에 관한 해외최신지견(III). 대한치과의사협회지 Vol. 30, No. 1,

- 1992.
15. 조인호 : 치과임플란트 시술에 관한 해외 최신 지견(I). 대한치과외과학회지 Vol. 29, No. 11, 1991.
 16. 조혜원, 장익태 : 정밀 부착형 유지장치에 따른 양측성 유리단 국소의치의 광탄성 응력분석, 대한치과보철학회지, 23 : 97, 1985.
 17. 최수호, 정계현 : 골내 임플란트를 이용한 고정성 국소의치하에서 변위 및 응력에 관한 유한요소법적 분석. 대한치과보철학회지 Vol. 29, No. 1, 1991.
 18. Adell, R., Lekholm, U., Rockelr, B. and Branemark, P-I. : A 15-year study of osseo-integrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int. J. Oral Surg.* 6 : 387, 1981.
 19. Adell, R. : Clinical results of osseointegrated implants supporting fixed prostheses in edentulous jaw. *J. Prosthet. Dent.* 50 : 251, 1983.
 20. Albrektson, T., Stenman, G. and Zarb, G. : Prosthetic reconstructions on osseointegrated implant. *Proceedings of the Gothenburg Conference.* 1983.
 21. Albrektsson, T., Zarb, G., Worthington, P. and Ericksson, A. : The long-term efficacy of currently used dental implants. A review and proposed criteria of success. *Int. J. Oral Maxill. Implan.* 1 : 11, 1987.
 22. Babbush, C. A. : III Endosteal hollow-basket implant system : In Fonseca, R. J. : *Reconstructive preprosthetic oral and maxillofacial surgery*, W. B. Saunders Co. 254-256, 1986.
 23. Baeton, L. R. : Canine retraction : A photoelastic study, *Am. J. Orthod.*, 67 : 11, 1975.
 24. Berg, T. and Caputo, A. A. : Anterior rests for maxillary removable denture, *J. Prosthet. Dent.*, 39 : 139, 1978.
 25. Bodin, R. L. and Mohammed, C. I. : Histologic studies of a human mandible supporting an implant denture. *J. Prosthet. Dent.* 21 : 203, 1969.
 26. Branemark, P-I., Zarb, G. A. and Albrektsson, T. : *Tissue-integrated prosthesis : Osseointegration in clinical dentistry.* Chicago, Quintessence Publ. Co. 117, 1989.
 27. Branemark, P-I. : Osseointegration and its experimental background. *J. Prosthet. Dent.* 50 : 397, 1983.
 28. Brodsky, J. F., Caputo, A. A. and Frustman, L. L. : Root tipping : A photoelastic histopathologic correction, *Am. J. Orthod.*, 67 : 1, 1975.
 29. Brunski, J. B. and Hipp, J. A. : In vivo forces on dental implants. *Hard wiring and telemetry methods.* *J. Biomed.* 17 : 855, 1984.
 30. Brunski, J. E. and Hipp, J. A. : In vivo forces on endosteal implants. A measurement system and biomechanical considerations. *J. Prosthet. Dent.* 51 : 82, 1984.
 31. Caputo, A. A. and Chaconas, S. J. : Photoelastic visualization of orthodontic forces during canine retraction, *Am. J. orthod.* 671, 1975.
 32. Craig, R. G., El-Ebrashi, M. K. and Peyton, F. A. : Experimental stress analysis of dental restorations, Part 3. The concept of the geometry of proximal margins, *J. Prosthet. Dent.*, 22 : 346, 1969.
 33. Craig, R. G., El-Ebrashi, M. K. and Peyton, F. A. : Experimental stress analysis of dental restorations, Part 2. Two-dimensional photoelastic stress analysis of crowns, *J. Prosthet. Dent.*, 17 : 293, 1967.
 34. Craig, R. G., El-Ebrashi, M. K. and Peyton, F. A. : Experimental stress analysis of dental restorations, Part 7. Structural design and stress of fixed partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 23 : 177, 1970.
 35. Dally, J. W. and Riley, W. F. : *Experimental stress analysis*, 2nd ed., McGraw-Hill Inc., 1978.
 36. DeAlba, J. A., Chaconas, S. J. and Caputo, A. A. : Orthopedic effect of the chin-cap appliance in the mandible, *Am. J. Orthod.*, 69 : 29, 1976.
 37. Denisson, H. : *Dental root implants of apatite ceramics*, BOEK-ENOFFSETDRUKKERIJ LOS-NAARDEN, 1979.
 38. Devoever, J. A., McCall, Jr., W. D., Holden, S.

- and Ash, M. M. : Functional occlusal forces : An investigation by telemetry. *J. Prosthet. Dent* 40 : 326, 1978.
39. Devoever, J. A., McCall, Jr. W. D., Holden, S. and Ash, M. M. : Telemetry system to study functional occlusal forces. *J. Prosthet. Dent* 40 : 98, 1978.
 40. Eriksson, I., Lekholm, U., Branemark, P-I, Lindehe, J., Glantz, P-O and Nyman S. : A clinical evaluation of fixed bridge restorations supported by the combination of teeth and osseointegrated titanium implants. *J. Clin. Periodontol.* 13 : 307, 1986.
 41. Farah, J. W. and Craig, R. G. : Reflection photoelastic stress analysis of a dental bridge. *J. Dent. Res.* 50 : 1253, 1971.
 42. Farah, J. W. and McGregor, A. R. : Stress analysis of disjunct removable partial denture, *J. Prosthet. Dent.* 42 : 271, 1979.
 43. Fenton, A., Jamshaid, D. and Davis, D. : Osseointegrated fixture mobility. *J. Dent. Res.* 66 : 114, 1987.
 44. Haraldson, T. and Carlsson, G. E. : Bite force and oral function in patients with osseointegrated oral implants. *Scand. J. Dent. Res.* 85 : 200, 1977.
 45. Haraldson, T., Carlsson, G. E. and Branemark, P-I : Functional state, bite force and postural muscle activity in patients with osseointegrated oral implant buidges. *Acta Odontol. Scan.* 37 : 195, 1979.
 46. Haraldson, T. : Functional evaluation of bridges on osseointegrated implants in the edentulous jaw. *Laboratory of experimental biology.* 1980.
 47. Hassler, C. G., Rybicki, E. F., Cummings, K. D. and Clark, L. C. : Quantitation of compressive stresses and its effects on bone remodelling. *Bull. Hosp. Boone Joint Res.* 38. 90, 1977.
 48. Hayashi, R. L., Chaoconas, S. J. and Caputo, A. A. : Effects of force direction of supporting bone during tooth movement, *J. Am. Dent. Asso.*, 90 : 1012, 1975.
 49. Hernandez, C. I. and Bodine, R. L. : Mastication strength with implant dentures as compared with soft tissue-borne dentures. *J. Prosthet. Dent.* 52 : 76, 1984. ...
 50. Hobo, S., Ichida, E. and Garcia, L. T. : Osseointegration and occlusal rehabilitation. Chicago, Quintessence Publ. Co. 265, 1989.
 51. Kini, M., Hokama, S. and Caputo, A. : Force transfer by osseointegrated implant device. *Int. J. Oral. Maxil. Implant.* 2 : 11, 1987.
 52. Kirsch, A. : The Two-Phase implantation method using IMZ intramobile cylinder implants : *J. Oral Implantol.* 11 : 197, 1983.
 53. Kratochvil, F. J. and Caputo, A. A. : Photoelastic analysis of pressure on teeth and bone supporting removable partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 32 : 52, 1974.
 54. Kratochvil, F. J., Thompson, W. D. and Caputo, A. A. : Photoelastic analysis of stress patterns of teeth and bone with attachments retainers for removable partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 46 : 21, 1981.
 55. Lavelle, C. L., Wedgewood, D. and Love, W. B. : Some advances in endosseous implant *J. Oral Rehab.* 8 : 319-331, 1981.
 56. Lindquist, L. W. and Carlsson, G. E. : Changes in masticatory function in complete denture wearers after insertions of bridges in osseointegrated implants in lower jaw. *Adv. Biomaterials* 4 : 151, 1982.
 57. Mahler, D. B. and Pepton, F. A. : Photoelasticity as a reserch technique for analyzing stress in dental structure, *J. Dent. Reserch*, 34 : 831, 1955.
 58. Mahler, D. E. : Analysis of stress in dental amalgam restoration, *J. Dent. Reserch*, 37 : 516, 1958.
 59. McGlumphy, E. A., Campagni, W. V. and Peterson, L. J. : A comparison of the stress transfer characteristics of a dental implant with a rigid or a resilient internal element. *J. Prosthet.*

- Dent. 62 : 586, 1989.
60. Nalley, N. J., Farah, J. W. and Craig, R. G. : Experimental stress analysis of dental restoration, Part 9. Two-dimensional photoelastic stress analysis of porcelain bonded to gold crown, *J. Prosthet. Dent.*, 25 : 307, 1971.
 61. Natiella, J. R., Armitage, J. E., Green, G. W. and Meenaghan, M. A. : Current evaluation of dental implants. *JADA* 84 : 1358, 1972.
 62. Pessoli, M., Rossetto, M. and Calderale, P. M. : Evaluation of load transmission by distal-extension removable partial dentures by using reflection photoelasticity, *J. Prosthet. Dent.*, 56 : 329, 1988.
 63. Posselt, U. : Occlusion related to periodontics-Review of literature, World work-shop in Periodontics, p.299, Ann Arbor, Mich, The Univ. of Michigan, 1966.
 64. Ralph, J. B. : The effects of dental treatment on biting force. *J. Prosthet. Dent.* 41. 143, 1979.
 65. Reitz, P. V., Saunders, J. L. and Caputo, A. A. : A photoelastic study of a split palatal major connector, *J. Prosthet. Dent.*, 54 : 220, 1985.
 66. Rodriguez, C. A. and Arrechea, G. : Periodontal distribution of occlusal forces, photoelastic study, *J. Periodontol.*, 44 : 485, 1974.
 67. Rodriguez, C. A. and Vazques, S. M. : Experimental approximation to the determination of the true axial forces., *J. Periodontol.*, 45 : 110, 1974.
 68. Schwartzman, B., Caputo, A. A. and Beumer, J. : Occlusal force transferred by removable partial denture design for a maxillectomy, *J. Prosthet. Dent.*, 54 : 397, 1985.
 69. Skalak, R. : Biomechanical considerations in osseointegrated prostheses. *J. Prosthet. Dent.* 49 : 843, 848, 1983.
 70. Thompson, W. D., Kratochivil, F. J. and Caputo, A. A. : Evaluation of photoelastic stress patterns produced by various designs of bilateral distal-extension removable partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 33 : 137, 1975.
 71. Tilliton, E. W., Craig, R. G., Farah, J. W. and Peyton, F. A. : Experimental stress analysis of dental restorations. Part 8. Surface strain on gold and chromium fixed partial dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 24 : 174, 1970.
 72. Valen, M. : The relationship between endosteal implant design and function : Maximum stress distribution with computer formed, three dimensional flexi-cup blades. *J. Oral Implantol.* 19 : 49, 1981.
 73. Walton and Levan : A preliminary report of photoelastic test of strain patterns within jacket crown, *J. A. D. A.*, 50 : 44, 1955.
 74. Warren, A. B. and Caputo, A. A. : Load transfer to alveolar bone as influenced by abutment design for tooth supported dentures, *J. Prosthet. Dent.*, 33 : 137, 1975.
 75. Weinstein, A. M., Klawitter, J. J., Anand, S. C. and Schuessler, R. : Stress analysis of porous rooted dental implant. *J. Dent. Res.* 55 : 772, 1976.
 76. Weiss, M. B. and Rostoker, W. : Development of a new endosseous dental implant. Part I : Animal studies. *J. Prosthet. Dent.* 46 : 646, 1981.
 77. Wenz, J., Berthoud, C., El, W. M., Hipp, J. A. and Brunski, J. B. : An osseointegrated dental implant instrumented to sense bite force. *J. Dent. Res.* 65 : 304, 1986.
 78. Zak, B. : Photoelastische analyse in der orthodontiaschenmechanik, *A. Stomatol.* 33 : 22, 1935.
 79. Zarb, G. A. : Tissue integrated dental prosthesis : *Quintessence Intern.* 1 : 39, 1985.

Abstract

PHOTOELASTIC ANALYSIS OF STRESSES INDUCED BY VARIOUS SUPERSTRUCTURES ON THE ENDOSTEAL IMPLANT

Young-Hee Choi., In-Ho Cho

Department of Conservative Dentistry, College of Dentistry, Dankook University

The osseointegrated implant conducts the stress directly to the bone due to lack of cushioning effect of periodontal ligament.

So, the design and material quality of superstructure plays an important role in resolution and diffusion of stress.

Recently, the various superstructures have been developed to improve esthetics and resolve various complicated conditions.

The purpose of this study was to evaluate the stress induced by various system on the osseointegrated implant using UCLA abutment, EsthetiCone abutment, Anatomic abutment as well as Branemark conventional abutment. The stress distribution was evaluated by the photoelastic method which can simultaneously observe all around stress distribution. The superstructures embedded in epoxy resin specimen were loaded at various angle with a force of 15Kg to analyse the stress distribution of the fixture.

The results of this study were obtained as follows :

1. Under vertical loading, the large and broad stress was distributed below the fixture in all systems.
2. The fringe order of the stress was increased in proportion to tilting the specimen. The largest stress was shown in 25 angled degree tilting case.
3. The Branemark conventional abutment showed the lowest value, and EsthetiCone abutment, Anatomic abutment and UCLA abutment showed the stress value in ascending order.