

2006년 2월  
박사학위논문

실패한 임플란트 고정체의  
표면분석과 특성

조선대학교 대학원

치 의 학 과

홍 국 선

실패한 임플란트 고정체의  
표면분석과 특성

Surface Characteristics and Analysis of Clinically Failed  
Implant Fixture

2006년 2월 일

조선대학교대학원

치의학과

홍국선

실패한 임플란트 고정체의  
표면분석과 특성

지도교수 김 병 옥

이 논문을 치의학 박사학위신청 논문으로 제출함.

2005년 12월 일

조선대학교대학원

치 의 학 과

홍 국 선

## 홍국선의 박사학위논문을 인준함

위원장	조선대학교	교수	정재헌	인
위원	연세대학교	교수	최성호	인
위원	조선대학교	교수	고영무	인
위원	조선대학교	교수	최한철	인
위원	조선대학교	교수	김병욱	인

2005년 12월 일

조선대학교 대학원

# 목 차

영문초록

I. 서 론 ..... 1

II. 연구재료 및 방법 ..... 3

III. 연구성적 ..... 5

IV. 총괄 및 고안 ..... 11

V. 결 론 ..... 17

참고문헌 ..... 18

## 표 목 차

Table 1. Surface composition and contaminants of failed implants after implantation for 3 and 5 month(F: flank, B: bottom of thread) .....	6
Table 2. Surface composition and contaminants of failed implants after implantation for 19 and 60 month(P: particle, D: debris, F: flank, B: bottom of thread) .....	8
Table 3. Surface composition and contaminants of failed implants after implantation for 33 and 120 month(F: flank, B: bottom of thread) .....	10

## 도 목 차

- Fig. 1. Photos showing the specimen used in this study. (a) 3 month (b) 5 month (c) 19 month (d) 60 month (e) 120 month (f) 33 month ..... 22
- Fig. 2. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 5 month used fixture. (a) implant fixture (b) flank (c) bottom of thread ..... 23
- Fig. 3. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle and the lower part of 5 month used fixture. (a) flank of the middle part (b) bottom of thread of the middle part (c) flank of the lower part (d) bottom of thread of the lower part ..... 24
- Fig. 4. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 3 month used fixture. (a) implant fixture (b) flank (c) bottom of thread ..... 25
- Fig. 5. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle and the lower part of 3 month used fixture. (a) flank of the middle part (b) bottom of thread of the middle part (c) flank of the lower part (d) bottom of thread of the lower part ..... 26
- Fig. 6. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 19 month used fixture. (a) implant fixture (b) particle (c) debris ..... 27
- Fig. 7. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle and the lower part of 19 month used fixture. (a) particle of the middle part (b) debris of the middle part (c) particle of the lower part (d) debris of the lower part ..... 28

Fig. 8. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 60 month used fixture. (a) implant fixture (b) flank (c) bottom of thread ..... 29

Fig. 9. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle part of 60 month used fixture. (a) flank (b) bottom of thread ..... 30

Fig. 10. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 120 month used fixture. (a) implant fixture (b), (c) the upper part ..... 31

Fig. 11. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle and lower part of 120 month used fixture. (a) the middle part (b) the lower part ..... 32

Fig. 12. SEM showing the fractured surface morphology of 120 month used fixture. (a), (b), (c) fractured surface (d), (e), (f) fatigue striation ..... 33

Fig. 13. SEM showing the fractured pattern of 33 month used fixture. (a) the upper part (b) the lower part ..... 34

Fig. 14. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 33 month used fixture. (a) upper part (b) flank (c) bottom of thread ..... 35

Fig. 15. SEM showing the fractured surface morphology of 33 month used fixture. (a), (b), (c) fractured fixture (d), (e), (f) fatigue striation ..... 36

Fig. 16. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle part of 33 month used fixture. .... 37

Fig. 17. SEM and EDS showing the surface morphology of the lower part of 33 month used fixture. (a),(b) bottom of thread, (c) flank ..... 38



# ABSTRACT

## Surface Characteristics and Analysis of Clinically Failed Implant Fixture

Hong, Kook-sun, D.D.S., M.S.D.

Director : Prof. Kim, Byung-ock, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Dentistry,

Graduate School of Chosun University

It has been hypothesized that surface contaminants may be released from contaminated implant surface, enhancing and perpetuating the inflammatory response, thus altering the healing process and possibly provoking the dissolution of titanium. In addition, the alterations of this oxide layer surface may difficult the re-osseointegration. Several longitudinal studies have reported high survival and success rates for dental implants. Nevertheless, dental implant failures due to peri-implant infection have also been reported. The aim of this investigation was to analyze surface characteristics of clinically failed implant fixture in order to determine possible causes of failure.

The failed implants were classified into three groups; 3 and 5 month used implant, 19 and 60 month used implant, and fractured implant, after implantation for 33 month and 120 month in patient jaws. The topography and surface chemical composition were studied with energy dispersive x-ray spectroscopy(EDS) and field emission scanning electron microscope(FE-SEM) to analyze element on the surface of flank and bottom of thread. Evaluations were performed at the upper, middle and lower implant fixture.

The results were as follows:

1. From surface observation of 3 and 5 month used implant, contaminants were detected in the middle and lower part of implants. Overall, foreign elements such as silicon, carbon, oxygen, zinc, sulfur, zirconium, and chloride were detected in failed implants. These elements showed predominantly at bottom of thread. And corrosion phenomena appeared in the bottom of thread that was accumulated chloride.
2. From surface observation of 19 and 60 month used implant, the corrosion was accelerated at the bottom of thread that was accumulated chloride. Corrosion products showed in the bottom of thread including dissolved elements, such as Au, Cu, Ag, from suprastructure of dental implant system.
3. From surface observation of fatigue fractured implants, The crack were nucleated in the bottom of thread and the crack of corrosion fatigue was predominantly propagated. The corrosion products including chloride were found opposite side of starting point of corrosion fatigue crack. we could find the fatigue striation and estimate the dimple fracture of implants.

These results suggest that chloride, and corrosion products-related cause for dental implant failures. In order to protect the corrosion fatigue and contamination, we must consider the implant manufacturing and surface modification of implant materials.

# I. 서 론

치과용 임플란트는 부분 또는 완전 무치악 환자의 보철 수복에 유효한 치료법으로 사용되고 있다. 골유착은 임플란트와 골조직이 섬유성 결합조직의 개재 없이 직접 접촉하는 상태로 골유착에 대한 연구가 계속되고 있다<sup>1,2,3)</sup>. 이와 같이 골유착이 중요한 이유는 임플란트식립의 실패를 좌우하기 때문이며 따라서 골유착에 미치는 요인은 여러 가지가 있다. 임플란트에 가해지는 부하를 견디면서 장기간 기능을 유지하는데 필요한 골유착의 정도는 아직 명확히 하지는 않지만 임플란트 매식부위 골조직의 상태, 수술 기법, 임플란트와 조직간의 접촉정도, 임플란트의 형태, 표면거칠기 및 표면처리방법, 초기하중 등에 의하여 다양하게 나타난다고 보고되고 있다<sup>4,5,6)</sup>. 임플란트의 표면과 다양한 표면코팅물질은 임플란트의 골내 고정개선이 이루어져 왔으며<sup>7,8,9)</sup> 대표적인 표면처리를 보면 수산화인회석코팅, 샌드블라스팅, 산처리, 샌드블라스팅/산처리(SLA; sand-blasted larger-grit acid-etched)등 여러 가지가 있으나 SLA가 빠른 골유착을 보인다고 보고하고 있다<sup>10-11)</sup>. 이러한 표면처리방법의 개선에도 불구하고 골유착은 임플란트의 실패를 좌우하는 주 요인이기 때문에 중요하며 실패정도는 Adell 등<sup>12)</sup>은 7-18%, Zarb과 Schmitt<sup>13)</sup>는 11%, Lekholm과 Gunne<sup>14)</sup>는 11%, Quirynen과 Listgarten<sup>15)</sup>은 6%로 각각 보고하고 있다. 이러한 성공과 실패는 표면코팅뿐만 아니라 일반적으로 하악전치부나 소구치에서는 좋은 골질상태와 적은 하중의 발생으로 높은 성공률을, 상악 후반부에서는 골의 양적, 질적인 원인의 불량으로 높은 실패율이 있다고 보고되었다.

임플란트 고정체의 초기실패원인으로는 조기과부하, 염증, drilling시 과도한 열 발생으로 인한 골 괴사, 불량한 골질과 골량 등을 들 수 있고 전신질환, 흡연등도 실패의 원인이 된다는 보고도 있다. Sussman<sup>16)</sup>은 임플란트식립시 염증이 있는 치아주위에 식립된 임플란트는 예후가 좋지 않았으며 Eriksson과 Albrektsson<sup>17)</sup>은 bone drilling시 47°C 이상의 열에 의하여 골 괴사가 발생한다고 하였다. Albrektsson<sup>18)</sup>은 골 유착을 얻는 데는 임플란트의 재질, 디자인, 표면개질, 골의 상태, 수술 기법, 부하조건 등으로 6가지가 요인을 제안하였다. 그 중에서도 표면개질 문제를 개선하기 위하여 표면코팅법으로 dip coating<sup>19)</sup>, electrophoretic deposition<sup>20)</sup>, hot isostatic pressing<sup>19)</sup>, flame spraying<sup>21)</sup>,

plasma spraying<sup>22,23)</sup>, pulsed laser deposition<sup>24)</sup> 등 다양한 방법들이 개발되었으며 최근에는 표면에 Titanium(Ti)분말이나 HA분말을 소결하여 표면에 부착하는 방법으로 표면처리를 한 경우도 있으며, 치아회분말 코팅, TiN 및 ZrN 등을 코팅하여 골유착과 생체안정성을 개선하려는 시도가 이루어지고 있다<sup>25)</sup>. 이들 코팅된 피복층의 균열과 밀착력의 감소는 임플란트의 실패의 원인이 될 수 있기 때문에 표면에서 이온의 용출을 억제하고 생체안정성을 개선하기 위한 처리를 하지만 장기간 매식 시 표면의 이온용출과 부식의 발생은 임플란트의 실패원인이 되고 있다. 임플란트재료로 많이 사용되고 있는 Ti 임플란트는 그 산화막의 화학적 안정성과 부식의 저항성 때문에 조직에 의하여 매우 좋은 적응을 나타내고 있으나, 티타늄 임플란트 주위와 조직기관 내에서 다양한 농도의 Ti ion이 발견되었다. Ti 임플란트에서 Johansson등은<sup>26)</sup> 토끼의 tibia에서 3개월 후에 임플란트 주위의 골에서 약 10 ppm의 Ti가 검출되었음을 보고한바 있다. Solar등<sup>27)</sup>은 산화막의 파절이나, 용출로 이온의 유리가 일어날 수 있음을 보고 한바 있다. 무치악환자보철수복에 널리 쓰이는 티타늄 임플란트의 Ti이온을 포함한 상부 보철물을 구성하는 합금원소의 유리는 식립된 임플란트표면에서 이온의 용출로 인한 부식이 가속화되고 하중을 받고 있는 임플란트의 파절을 유도하고 골유착을 방해함으로써 실패한 원인이 되고 있으나 실패한 임플란트의 표면에 형성된 성분의 조사는 이루어진 연구는 거의 미미하다.

따라서 본 연구에서는 수개월에서 수년 동안 임상적으로 기능을 한 후 여러 가지 원인에 의해 제거된 고정체를 대상으로 표면의 분석과 특성을 구명하여 표면에서의 특성에 대하여 다소의 지견을 얻었기에 이에 보고하는 바이다.

## II. 연구재료 및 방법

### 가. 연구재료

본 연구에서는 임플란트 시술한지 1년 이내인 3개월(2003.07.20 - 2003.10.15) 및 5개월(2003.05.26 - 2003.10.15) 후에 실패한 경우와 1년 이상인 19개월(2003.01.10 - 2004.08.12) 및 60개월(2000.06.01 - 2005.06.02) 후 실패한 경우, 33개월(2001.01.11 - 2003.10.06) 및 120개월(1994.05.04 - 2004.04.26) 사용 후 파절로 실패한 경우로 분류하여 환자에서 수거된 임플란트 고정체를 표면분석과 파절면을 관찰하였다.

Fig. 1은 본 연구에서 사용된 임플란트를 보여주는 것으로 (a)는 3개월, (b)는 5개월, (c)는 19개월, (d)는 60개월 사용후 실패한 것이며 (e)는 120개월, (f)는 33개월 사용 후 파절에 의해 실패한 것을 보여준다. 단기간 내에 실패한 것 모두 임플란트의 형태가 나사가공된 형태이고 원통형은 없었다. 상부 보철물과 함께 제거된 경우는 19개월과 60개월 사용한 것을 나타내었으며 19개월 사용된 것은 표면에 Ti입자가 코팅된 경우이고 60개월 사용된 것은 나사 가공된 임플란트이다. 임플란트가 파절된 경우는 나사 가공이 없는 120개월 사용 후 파절된 원통형과 나사가공이 있는 33개월 사용된 임플란트를 수거하여 조사하였다.

### 나. 연구방법

#### a. 표면의 주사전자현미경적 관찰

본 연구에서 고정체의 표면관찰은 field-emission scanning electron microscopy (FE-SEM;S-4800, Hitach, Japan)을 사용하였으며 이는 초고분해능을 가지며 다른 주사전자현미경보다 고해상도를 갖는 특징이 있다. 고정체의 부위를 상부, 중부 및 하부로 분류하여 분석하였으며 특히 각 부위에서 나사산과 나사골로 구분지어 관찰하였다.

## b. EDS를 이용한 표면의 분석

임플란트 고정체의 표면형상을 주사전자 현미경으로 관찰하고 여기에 형성되는 화합물질과 생체조직에서 이탈된 물질의 성분을 조사하기 위하여 electron dispersive x-ray spectroscopy(EDS; S-4800, Hitach, Japan)를 사용하였다. EDS방법은 X선의 세기가 y축으로 나타나고 에너지 함수는 x축으로 표시된 그래프로 얻어진다. EDS 시스템의 컴퓨터에는 모든 특정 X 선의 위치가 기억되어 있으므로 스펙트럼의 피이크로부터 원소를 알아내어 정성분석을 하였다.

### III. 연구성적

#### 1. 3개월 및 5개월 사용 후 실패된 임플란트의 표면특성

식립 초기에 실패한 임플란트의 표면을 FE-SEM과 EDS를 이용하여 조사한 결과는 Fig. 2 ~ Fig. 5에 나타내었다. Fig. 2는 5개월 사용 후 실패된 임플란트로 (a)는 임플란트 고정체의 전체모습을 보이고 있고 (b)는 상부에서 나사산의 사진을 (c)는 나사골에서의 사진을 각각 보여주고 있다. 전체적인 사진에서 보면 나사산보다는 나사골에서 debris들이 부착되어있음을 보인다. 상부에서의 나사산은 주로 O와 임플란트의 재질인 Ti이 93.6 wt%로 검출되고 있다. 나사골에서는 C와 Ca가 검출되고 있으며 사진 상으로 표면에서 많은 debris가 형성되었다. 5개월 사용 후 실패된 임플란트의 중부와 하부의 표면사진과 DES분석은 Fig. 3에 나타나있다. (a)는 중부에서 나사산의 것이고 (b)는 중부에서 나사골의 것을, (c)는 하부에서 나사산의 것을, (d)는 하부에서 나사골의 것을 각각 나타내고 있다. 중부의 나사산과 골은 Ca가 65.48wt% 및 46.37wt% 이며 하부의 나사산과 골의 Ca가 42.07wt% 및 8.57wt%로 나타나 하부가 Ca와 P의 함량이 작게 나타났으며 임플란트의 성분과 관계없는 Zr 및 Zn의 성분이 검출되었다.

Fig. 4는 3개월 사용 후 실패된 임플란트의 표면을 FE-SEM과 EDS를 이용하여 조사한 사진으로 (a)는 임플란트 고정체의 전체모습을 보이고 있고 (b)는 상부에서 나사산의 사진을 (c)는 나사골에서의 사진을 각각 보여주고 있다. 3개월 사용 후 실패된 임플란트는 전체적으로 표면에서 많은 debris가 보이지 않고 기계적인 가공에 의한 표면의 거칠기만을 보이나 하부에서는 일부 debris가 나타나고 있다. 상부의 나사산에서 사진인 (b)는 거의 기계적인 가공에 의한 거칠기가 보이며 EDS분석에서 보면 C가 33.35wt%, O가 12.87wt%, Zn이 32.82wt%를 보였다. (c)는 나사골에서의 사진으로 전체적인 사진 (a)에서는 육안으로 관찰이 어렵지만 고배율로 보면 debris가 보이며 여기에서 Ca와 P가 2.72wt% 및 12.39wt%로 나타나 골성분이 검출되었고 역시 C와 O가 36.76wt% 및 20.32wt%로 나타나고 Zn이 22.45wt%로 나타났다. Fig. 5는 중부와 하부에서 나사산과 나사골에서의 사진과 EDS분석결과로 (a)는 나사산의 표면과 EDS분석을, (b)는 나사골의 표면과 EDS분석을 각각 나타내고 있다. 중부의 나사산에서 보면 Ca의 함량이

0.53wt%, P의 함량이 2.72wt%이지만 나사골인 (b)에서 보면 P가 3.44wt%, Ca가 5.33wt%로 증가됨을 보인다. C의 함량이 상부보다도 훨씬 증가한 64.11wt%로 크게 증가하고 O도 27.10wt%로 크게 증가하였다. 특히 S가 1.35wt%검출되었으며 나사골에서 Cl의 함량이 검출되었다. 임플란트의 하부의 나사산과 나사골의 분석을 (c)와 (d)에 나타내었다. 사진에서 보면 debris가 있는 부분에서 나사산의 분석이며 하부의 나사산에서 보면 Ca의 함량이 12.97wt%, P의 함량이 2.86wt%이지만 나사골인 (d)에서 보면 P가 4.32wt%, Ca가 16.36wt%로 증가됨을 보인다. C의 함량이 하부보다는 다소 감소한 38.28wt%, O도 24.05wt%로 감소하였으며 하부 나사골에서도 비슷하지만 Cu가 검출되고 있다.

Table 1은 위에서 고찰한 시편의 성분과 표면관찰을 표로 정리한 데이터이다.

Table 1. Surface composition and contaminants of failed implants after implantation for 3 and 5 month(F: flank, B: bottom of thread)

Sample	Type	Analyzed part of fixture	EDS analysis	Order of main peak	
5 month	screw	upper	F	Ti, O	Ti, O
			B	C, Ca, Ti	Ti, C, Ca
		middle	F	P, Ca, Ti	Ca, P, Ti
			B	O, P, Ca, Ti	Ca, O, P, Ti
		lower	F	O, P, Ca, Ti, Zr	Ca, O, P, Ti, Zr
			B	O, P, Ca, Ti, Zn	Zn, O, P, Ti, Ca
3 month	screw	upper	F	C, O, Na, P, Cl, Ca, Ti, K, Zn	C, Zn, O, P, Ti, Ca, Na, K, Cl
			B	C, O, Na, P, Cl, Ca, Ti, Zn, K	C, Zn, O, P, Ca, Ti, Na, K, Cl
		middle	F	C, O, Na, P, S, Cl, Ca, Ti,	C, O, Ti, P, S, Ca, Na, Cl
			B	C, O, Na, Al, P, Cl, Ca, Ti, V	C, O, Ti, Ca, P, Na, Cl, Al, V
		lower	F	C, O, Na, Al, P, Cl, Ca, Ti	C, O, Ti, Ca, P, Al, Cl, Na
			B	C, O, Na, Al, P, Cl, Ca, Ti, Cu	C, O, Ca, Ti, P, Al, Cu, Na, Cl



## 2. 19개월 및 60개월 사용 후 실패된 임플란트의 표면특성

부식으로 인한 실패된 임플란트의 표면은 Fig. 6 ~ Fig. 9에 나타내었다. Fig. 6은 19개월 사용 후 실패된 임플란트의 표면을 FE-SEM과 EDS를 이용하여 조사한 사진으로 (a)는 임플란트 고정체의 전체모습을 보이고 있고 (b)는 상부에서 표면에 코팅된 입자에서 사진을 (c)는 debris의 EDS분석을 보여주고 있다. 19개월 사용 후 실패된 임플란트는 표면에 Ti-6Al-4V의 입자를 소결방법으로 표면에 코팅한 원통형 임플란트로 입자사이에 debris가 다량 존재함을 보인다. 특히 하부에는 많은 debris로 덮여져 있음을 보이고 있다. 상부의 입자에서 사진인 (b)는 표면에 debris로 덮여져 있고 EDS분석에서 보면 C가 64.23wt%, O가 24.19wt%, P가 8.47wt% 및 Ca가 0.47wt%를 보여준다. debris에서 EDS결과를 보면 Zn이 5.35wt%, Zr이 30.31wt%, Pd가 11.91wt%, Ag가 6.03wt% 및 Au가 46.40wt%로 나타났다.

중부나 하부에서의 표면분석을 Fig. 7에 나타내었으며 (a)와 (b)는 중부에서 입자와 debris의 표면과 EDS분석을, (c)와 (d)는 하부의 입자와 debris의 표면과 EDS분석을 각각 나타내고 있다. 중부의 입자인 (a)에서 보면 Ca의 함량이 0.48wt%, P의 함량은 검출되지 않고 Ti가 65.68wt%, Al 및 V이 각각 3.21wt%와 3.32wt%로 나타나고 S와 Zn이 0.31wt%와 1.19wt%로 검출되고 있다. debris로 생각되는 (b)에서 보면 P가 22.46wt%, Ca가 46.35wt%로 증가됨을 보였다. C의 함량이 입자보다도 훨씬 증가한 17.18wt%로 크게 증가하고 Ti는 0.48wt%로 크게 증가하며 Mg도 0.49wt%를 보인다. 임플란트의 하부의 입자와 debris의 분석을 (c)와 (d)에 나타나있다. 여기서 보면 입자는 주로 Ti가 85.05wt%를 나타냄을 알 수 있고 debris가 있는 부분에서는 Ca의 함량이 0.32wt%, P의 함량이 2.95wt%로 나타나 중부에서보다 하부에서 크게 감소하였으며 Zr이 0.84wt%, S가 2.49wt%로 검출되고 Cl이 1.14wt%로 검출되었다.

Fig. 8은 60개월 사용 후 실패된 임플란트의 표면을 FE-SEM과 EDS를 이용하여 조사한 사진으로 (a)는 임플란트 고정체의 전체모습을 보이고 있고 (b)와 (c)는 상부에서 나사산과 나사골에서의 EDS분석을 각각 보여주고 있다. 60개월 사용 후 실패된 임플란트는 모든 표면에서 많은 debris가 보이고 있으며 상부보다는 하부에서 많이 존재하고

있다. 사진으로 확대해보면 상부에서도 거의 debris로 덮여져 있음을 보인다. EDS분석에서 보면 나사산에서 Ca가 0.78wt%, P가 5.50wt%를 보이거나 C가 48.72wt%, O가 34.55wt%를 보이고 있다. (c)는 나사골에서의 성분분석으로 Ca가 0.92wt%로 감소되며 P는 검출되지 않았다. 특히 나사골에서 C가 39.49wt%, O가 33.06wt%로 높게 나타나고 Cu가 2.99wt%, Ag가 5.23wt%로 나타났다.

Fig. 9는 60개월 사용 후 실패된 임플란트의 중부에서 나사산과 나사골에서의 사진과 EDS분석결과로 (a)는 나사산의 EDS분석을, (b)는 나사골의 EDS분석을 각각 나타내고 있다. 중부의 나사산에서 보면 Ca는 0.35wt%이고 P는 검출되지 않고 C가 3.69wt%, O가 12.91wt%로 주성분을 이루고 있으며 (b)에서 보면 P와 Ca가 검출되지 않고 있으며 C의 함량이 47.37wt%로 크게 증가하고 O도 40.68wt%로 크게 증가하였으며 특히 나사골에서 Cl의 함량이 0.72wt%로 나타났다. Table 2는 위에서 고찰한 시편의 성분과 표면관찰을 표로 정리한 데이터이다.

Table 2. Surface composition and contaminants of failed implants after implantation for 19 and 60 month(P: particle, D: debris, F: flank, B: bottom of thread)

Sample	Type	Analyzed part of fixture	EDS analysis	Order of main peak	
19 month	cylinder	upper	P	C, O, Mg, P, K, Ca, Ti	C, O, P, K, Ti, Ca, Mg
			D	Zn, Zr, Pd, Ag, Au	Au, Zr, Pd, Ag, Zn
		middle	P	C, O, Al, S, Ca, Ti, V, Zn	Ti, O, C, V, Al, Zn, Ca, S
			D	C, O, Mg, P, K, Ca, Ti	Ca, P, C, O, Mg, Ti, K
		lower	P	C, Al, Ti, V, Fe	Ti, V, Al, C, Fe
			D	C, O, Al, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Zr	O, C, Ti, P, S, K, Cl, V, Zr, Al, Ca
60 month	screw	upper	F	C, O, P, K, Ca, Ti, V	C, O, Ti, P, K, Ca, V
			B	C, O, Al, K, Ca, Ti, Cu, Ag	C, O, Ti, Ag, Cu, Al, K, Ca
		middle	F	C, O, Al, Ca, Ti, V	Ti, O, V, Al, C, Ca
			B	C, O, Na, Al, Cl, K, Ti	C, O, Ti, K, Cl, Na, Al
		lower	F	C, O, Al, Ca, Ti, V	Ti, O, V, Al, C, Ca
			B	C, O, Na, Al, Cl, K, Ti	C, O, Ti, K, Cl, Na, Al

### 3. 33개월 및 120개월 사용 후 파절로 인하여 실패된 임플란트의 표면특성

임플란트의 파절로 인한 실패된 임플란트의 표면은 Fig. 10 ~ Fig. 17에 나타내었다. Fig. 10은 120개월 사용 후 파절로 인하여 실패된 임플란트의 표면을 FE-SEM과 EDS를 이용하여 조사한 사진으로 (a)는 파절된 임플란트 고정체와 파절되기 전의 임플란트 고정체의 전체모습을 보이고 있고 (b)는 상부에서 표면에 거칠기가 있는 부분을 (c)는 거칠기가 없는 부분을 촬영한 사진과 EDS분석을 보여주고 있다. 120개월 사용 후 파절로 인하여 실패된 임플란트는 표면에 Ti-6Al-4V의 표면에 blasting방법으로 표면에 거칠기를 부여한 사진이며 debris가 다량 존재하지는 않았다. 상부의 표면 사진인 (b)는 표면에 C가 16.76wt%, O가 18.19wt%, P와 Ca는 검출되지 않고 있지만 Cl의 함량이 3.86wt%를 보여준다. 표면거칠기가 부여되지 않은 (c)에서 C의 함량이 6.59wt%로 감소하며 O는 16.61wt%를 보여 그다지 크게 감소하지 않았다. Cl은 2.56wt%로 감소하였다.

중부나 하부에서의 표면분석을 Fig. 11에 나타내었으며 (a) 중부에서 debris의 표면과 EDS분석을, (b)는 하부의 debris의 표면과 EDS분석을 각각 나타내고 있다. 중부인 (a)에서 보면 Ca와 P의 함량은 검출되지 않고 Ti가 11.08wt%, Al이 0.21wt%로 나타나고 있다. Cl은 1.56wt%로 나타나고 보철물에서 유입된 것으로 보이는 Cu가 1.70wt%, Zr이 5.32wt% 및 Ag가 0.73wt%를 보이고 있다. 하부인 (b)에서 보면 P와 Ca가 검출되지 않고 있으며 C의 함량이 중부보다도 훨씬 증가한 50.97wt%로 크게 증가하고 Ti는 5.99wt%로 감소하였다. 임플란트의 하부에서도 Zr이 2.23wt% 및 Cl이 0.84wt%가 검출되고 있다.

임플란트의 파절된 표면을 고찰해보면 Fig. 12는 임플란트 고정체가 파절된 양상을 보여준 것으로서 (a), (b), (c)는 측면에서 (d), (e), (f)는 단면의 모습으로 (c)에서 부식 생성물이 많이 형성되어 있고 (f)에서 피로줄무늬(fatigue striation)가 나타났다.

Fig. 13은 33개월 사용 후 파절로 인하여 실패된 임플란트의 파절된 부위를 각각 나눠 촬영한 사진으로 (a)는 상부에서 2~3개의 나사부위에서 파절된 양상을 보인다. (b)는 고정체 중부와 하부를 촬영한 것으로 표면이 거의 debris로 덮여져있어 골 유착은 우수하나 상부에서 피로부식파괴에 의한 파절로 실패된 임플란트의 양상이다. Fig. 14는 120개월 사용 후 파절로 인하여 실패된 임플란트 표면을 FE-SEM과 EDS를 이용하여

조사한 사진으로 (a)는 나사부위의 윗부분이고 (b)는 상부에서 나사산 부분을 (c)는 상부에서 골 부분을 촬영한 사진과 EDS분석을 보여주고 있다. 최상부에서는 거의 임플란트의 재료성분이 검출되며 나사산에서는 Cl의 함량이 1.88wt%로 검출되고 Ca도 2.56wt%검출되고 있다. 그러나 나사골부분에서는 Cl이 크게 증가하여 53.40wt%를 보이고 있고 Ca와 P가 각각 4.40wt%, 22.03wt%로 상부에서 골성분이 다량 검출되고 있다.

임플란트의 파절된 표면을 고찰해보면 Fig. 15는 임플란트 고정체가 파절된 양상을 보여준 것으로서 (a), (b), (c)는 측면에서 (d), (e), (f)는 단면의 모습으로 (c)와 같이 나사골에는 많은 debris가 존재하였고 (f)에서 피로파절줄무늬(fatigue striation)가 나타났다.

중부에서의 표면분석을 Fig. 16에 나타내었으며 Ca와 P가 43.23wt%에서 67.44wt%까지 나타내고 P가 17.08wt%에서 32.56wt%까지 나타났다. 중부에서는 상부의 53.40wt%에 달하던 Cl이 거의 검출되지 않았다. Fig. 17은 하부에서의 나사골과 나사산의 성분을 나타내고 있다, 나사골인 (a), (b) 및 나사산인 (c)에서보면 Ca와 P가 29.84wt% 및 68.45wt%까지 나타났다. Table 3은 위에서 고찰한 시편의 성분과 표면 관찰을 표로 정리한 데이터이다.

Table 3. Surface composition and contaminants of failed implants after implantation for 33 and 120 month(F: flank, B: bottom of thread)

Sample	Type	Analyzed part of fixture	EDS analysis	Order of main peak	
120 month	cylinder	upper	C, O, Na, Cl, Ti	Ti, O, C, Cl, Na	
		middle	C, O, Na, Al, Cl, Ti, Cu, Zr, Ag	C, O, Ti, Zr, Cu, Cl, Na, Ag, Al	
		lower	C, O, Na, Cl, Ti, Zr	C, O, Ti, Zr, Na, Cl	
33 month	screw	upper	F	Na, Cl, Ca, Ti, Zr	Ti, Zr, Ca, Na, Cl
			B	Na, P, Cl, K, Ca, Ti	Cl, P, K, Ti, Ca, Na
		middle	F	O, Na, P, Ca, Zr	Ca, O, P, Zr, Na
			B	P, Ca	P, Ca
		lower	F	C, O, Na, P, Ca	Ca, C, O, P, Na
			B	Al, Cl, Ca, Ti, V, Zr	Ti, Zr, Ca, Al, V, Cl

## IV. 총괄 및 고안

치과용 임플란트 실패원인에 대하여 최근 여러 가지 접근방법으로 그 원인을 분석하는 방향으로 연구가 진행되어 가고 있다. Naert등<sup>28)</sup>은 509개의 Branemark 임플란트의 6년 동안의 연구에서 3개의 임플란트 파절을 보고하였고 Lekholm등<sup>29)</sup>은 5년의 연구에서 부분 무치악 환자의 521개의 임플란트 중 5개만 파절이 되었다고 보고한 바 있다. Rangert<sup>30)</sup>는 임플란트 파절에 몇가지 일반적인 특징을 보고하였는데 주로 작은 직경의 임플란트였으며 거의 하악 구치부의 한 개 또는 두 개의 임플란트에 지지되는 수복물에서 발생하였다고 하였으며 또한 임플란트를 지지하는 보철물에 가해진 교합력이 굽힘에 의해서 발생되었을 때 굽힘 과부하가 임플란트 파절을 초래한다고 하였다. 실제 임플란트 고정체의 파절의 발생빈도는 임상적으로 적은 편이지만 일단 임플란트 파절이 일어나는 경우에 다시 재식립하기 전에는 대체할 수 있는 다른 방법이 없으므로 환자에게서나 임상가에 있어서 심각한 문제로 대두되게 된다. Weinberg<sup>31)</sup>는 임플란트에 과부하를 야기시키는 각각의 생역학적 요소를 변경시키는 임상적 과정을 치료 생역학(therapeutic biomechanics)이라 명명하였으며 이 생역학적 요소는 적절히 변화시켜야 한다고 하였는데 즉, 교차 교합의 적용, 임플란트의 머리 부분은 가능한 수복물의 정중선에 근접해서 위치시켜야 하며, 경사 지대주의 사용과 낮은 교두 경사를 추천하였다. Piatelli<sup>32)</sup>는 파절은 피로 또는 외상성 과부하에 의해 발생한다고 하였는데 이런 임플란트의 실패의 위험성을 줄이기 위해서는 외팔보의 사용을 줄이고, 교합면의 협설 폭경을 협소화하며, 비기능 환자에 있어서 임플란트 식립시 일직선상으로 배열해서는 안 된다고 하였다. 이와 같이 고찰된 연구는 주로 작용하는 하중이 파절에 미치는 연구이고 본 연구에서는 이러한 파절뿐만 아니라 표면에서의 오염 등으로 인한 실패의 원인을 찾기 위하여 3개월 및 5개월 동안 단기간 사용 후 실패한 시편과 19개월 및 60개월 사용 후 실패한 시편 및 33개월 및 120개월 사용 후 파절된 시편으로 수거하여 EDS방법을 통하여 표면에서 오염된 상태, 부식상태 및 파절상태를 분석하였다.

식립 초기에 실패한 임플란트의 표면을 조사한 결과, 어떤 경우는 전체적인 면에서 debris가 발견되는 가하면 몇몇 시편에서는 산발적으로 발견이 되어 초기에 골유착이 어려웠음을 알 수 있었다. 5개월 사용 후 실패된 임플란트의 경우는 나사산보다는 나

사골에서 debris들이 부착되어 있었고 상부에서의 나사산은 주로 Ti성분이 주를 이루는 반면 나사골에서는 Ca가 검출되어 골 성분이 다소 발견되었다(Fig. 2). 그러나 C와 O가 주성분을 이루어 유기물이 다량 형성되었음을 알 수 있다. 상부에서 중부 및 하부로 갈수록 표면에 부착된 debris의 성분이 주로 Ca와 P의 피크가 나옴으로써 골 성분이 표면에 흡착되었음을 보이지만 중부나 하부의 나사골에 비하여 나사산에서는 Ti의 함량 높게 나와 골과의 접착이 쉽지 않았음을 알 수 있었다(Fig. 3). 임플란트의 성분과 관계없는 Zr 및 Zn의 성분이 검출되기도 하였는데 이는 제조과정이나 포장과정 등에서 오염됨으로써 시술 후 오염될 가능성이 높다. 이러한 성분들이 검출된 경우 그 부위에서 골 유착이 어렵게 되고 결국 임플란트의 실패로 이루어진다. 이런 결과로 하부에서 오염이 있었을 가능성이 높다<sup>33)</sup>.

3개월 사용 후 실패된 임플란트는 표면전체에서 debris가 보이지 않고 기계적인 가공에 의한 표면의 거칠기만을 보였지만 하부에서는 일부 debris를 나타내었는데(Fig.4) 상부의 나사산에서 C가 33.35wt%, Zn이 32.82wt%를 보여 이경우도 상부에서 Zn의 오염이 있었음을 예측할 수 있다. 나사골에서는 Ca와 P가 나타나 골 유착이 이루어진 것으로 생각되나 C와 O가 다량 나타나고 Zn이 높게 나타나 상부에서 오염이 있었음을 확인할 수 있다. 중부의 나사산과 나사골에서 P와 Ca가 검출되어 골유착이 있었지만 C의 함량이 상부보다도 훨씬 증가한 64.11wt%로 크게 증가하고 O도 크게 증가하여 중부에서도 오염된 현상이 있었던 것으로 보인다(Fig. 5). 특히 S가 검출됨으로써 외부의 오염이나 재료내의 불균일한 상에 혼입된 이물질로 생각된다. 나사골에서 Cl의 함량이 검출되고 있는데 이는 예리한 나사골 부분으로 Cl의 흡착이 이루어지고 틈 부식이 활성화되기 시작한 것으로 생각된다<sup>34)</sup>. 하부에서는 나사산에서 Ca와 P의 함량보다 나사골에서 증가되었으며 나사골에서도 Cu가 검출되어 오염이 있었음을 알 수 있다.

따라서 3개월 및 5개월 사용 후 실패된 임플란트의 표면을 관찰한 결과(Table 1), 임플란트 상부보다는 하부와 중부에서 오염된 경향이 있으며 특히 나사산보다는 골에서 Si, C, O, Zn, S, Zr등과 같은 오염원소가 검출되고 Cl이 과다 나사골에 집중됨으로써 부식 초기현상이 발견되었다.

1년 이상 사용된 경우에서 보면 19개월 및 60개월 사용 후 실패경우는 다음의 시편에서 알 수 있으며 19개월 사용 후 실패된 시편은 표면에 Ti-6Al-4V의 입자를 소결

방법으로 표면에 코팅한 원통형 임플란트로 입자사이에 debris가 다량 존재하여 골 유착이 우수함을 보였다. 즉 표면에 Ti합금분말을 소결처리함으로써 골과의 접촉면을 넓게 하여 골유착을 활성화 시켰지만 상부에서 표면을 조사해보면 C가 많고 P가 및 Ca가 작게 나타날 뿐만 아니라 debris에서 Zn, Zr, Pd, Ag 및 Au가 나타나 주로 상부 보철물의 성분이 고정체의 상부로 흘러 내려온 현상을 보인다. 이는 상부보철물과 임플란트 고정체사이에 틈부식으로 인한 이온의 용출이 이루어졌고<sup>35)</sup> 상부 debris에 부식생성물이 형성됨으로써 골유착을 저지하여 임플란트의 실패를 불러일으킨 것으로 판단된다(Fig. 6). 중부에서 입자(cone)는 이물질로 생각되는 S와 Zn으로 오염되었음을 알 수 있다. debris(neck)에서는 P가 22.46wt%, Ca가 46.35wt%로 증가됨을 보여 골 성분이 주를 이루고 있어 골유착이 잘 이루어진 부분으로 생각된다. 임플란트의 하부의 입자와 debris의 분석한 결과 입자는 주로 Ti가 85.05wt%를 나타내어 임플란트의 재료임을 알 수 있고 debris가 있는 neck부분에서는 Ca의 함량과 P의 함량이 중부에서보다 하부에서 크게 감소하였으며 Zr, S가 검출되고 Cl이 검출되어 이물질과 부식에 의한 실패로 예측할 수 있다(Fig. 7).

60개월 사용 후 실패된 시편은 모든 임플란트 표면에서 많은 debris가 보이고 있으며 상부보다는 하부에서 많이 존재하고 있다. 상부의 나사산에서 Ca와 P가 낮아 골유착이 어려웠고 특히 나사골에서 C와 O가 높게 나타나고 Cu, Ag가 나타나 상부 보철물에서 사용된 원소가 나사골에 발견되고 있다. 이는 상부보철물에서 용출된 원소가 나사골에 집적하여 부식생성물을 형성하였기 때문으로 생각된다(Fig. 8). 중부의 나사산이나 골에서 상부와 같은 상부보철물의 원소는 발견되지 않고 있어 골유착도 이루어지지 않았을 뿐만 아니라 C의 함량이 크게 증가하고 O도 크게 증가하여 오염이 심하게 이루어진 것으로 생각된다. 60개월 사용 후 실패된 경우는 상부에서 부식에 의한 실패로 생각된다(Fig. 9).

결론적으로 19개월 및 60개월 사용 후 실패한 임플란트는 주로 나사골에서 시작되면 나사골에 집적된 Cl이온이 임플란트의 고정체 표면을 활성화하고 이로 인하여 부식이 가속화된다. 특히 임플란트 고정체 상부에서 용출된 상부보철물의 이온이 부식생성물을 형성하고 그 부위에서 골유착이 이루어지지 않아 실패한 것으로 생각된다.

임플란트의 파절로 인한 실패된 경우를 보면, 120개월 사용 후 파절된 시편은 표면에 Ti-6Al-4V의 표면에 blasting방법으로 표면에 거칠기를 부여하였지만 debris가 다량

존재하지는 않았다. 파절부위에서 먼 곳인 상부에서 P와 Ca는 검출되지 않았고 Cl의 함량이 높게 나타나고 있음을 보였다(Fig. 10). 또한 중부나 하부에서 보면 Ca와 P의 함량은 검출되지 않고 Cl과 상부보철물에서 용출되어 유입된 것으로 보이는 Cu, Zr, 및 Ag가 검출되었다(Fig. 11). 이는 파절부위에서 가까울수록 부식을 야기할 수 있는 환경이 이루어졌고 결국 피로파절의 원인으로 응력집중이 될 수 있는 고정체의 약한 부위에서 균열이 발생하여 성장함으로써 임플란트가 실패된 경우이다. 즉 임플란트의 파절된 표면을 SEM으로 고찰해 보면 부식피로파절로 생각할 수 있는데(Fig. 12) 이는 상부 보철물에서 형성된 부식생성물이 존재한 부위에서 파절이 이루어지고 피로줄무늬(fatigue striation)가 나타남을 알 수 있다(Fig. 12의 f). 피로부식파절의 원인은 제조과정에서 혼입된 불순물이나 표면에 존재한 부식생성물이 영향을 미치며 피로부식파절이란<sup>34)</sup> 구강 내와 같은 분위기에서 응력 사이클과 화학적인 공격이 동시에 작용함으로써 일어나는 파절을 말하며 피로와 부식이 동시에 일어날 때 균열이 전파하는 속도가 크게 가속된다. 그 이유는 응력의 반복작용으로 Ti의 표면에 형성되는  $TiO_2$ 와 같은 표면산화막이 국부적으로 파괴되어 부식 핏트가 생길 수 있고 핏트는 양극으로 작용하여 부식 균열의 전파속도가 급속도로 증가하게 되기 때문이다. 특히 재료의 균일성의 결여나 표면의 흠, 나사의 골, 불순물의 혼입된 부분, 예리한 부분 등에서 집중적으로 부식피로가 발생되고 있다. 이러한 부식피로를 최소화하는 방법은 내식성 재료를 선택하고 금속을 비금속으로 피복하여 부식환경과 접촉을 못하게 함으로써 피막이 반복 변형으로 인해 파괴되지 않도록 하는 것이다. 참고로 피로파절의 특징은 균열의 시작부위나 끝부분까지 전면에서 부식생성물은 관찰되지 않고 광택이 나타나는데 반해 부식피로 파절의 경우는 균열발생부위의 반대편에 부식생성물이 형성되는 것이 특징이다.

33개월 사용 후 파절된 시편은 전반적으로 골유착이 잘 이루어진 경우이나 상부에서 2~3개의 아래 나사골부위에서 파절됨으로써 실패한 임플란트이다. 나사산에서는 Cl의 함량이 1.88wt%로 검출되고 Ca도 2.56wt%검출되고 있으나 나사골부분에서는 Cl이 크게 증가하여 53.40wt%를 보였다. 이와 같이 Cl이 다량 검출된 이유는 나사골에서 산화막의 파괴로 피로부식파괴가 진행되었기 때문이다(Fig. 14). 임플란트의 파절된 표면을 고찰에서 파절의 시점은 11시 방향에서 이루어졌음을 예측할 수 있는데(Fig. 15의 d) 이러한 시점은 나사골에 부식생성물, 골 성분, 오염된 물질과 같은 많은 debris가 존재하여 응



력을 받으면 그곳에서 파절이 시작된다. 피로파절 양상의 특징은 피로줄무늬(fatigue striation)가 나타나고 많은 부식생성물이 존재하기 때문이다. 파절된 임플란트 표면은 피로파절의 전형적인 양상인 피로줄무늬(fatigue striation)를 뚜렷이 보여주고 있는데 (Fig. 15의 f) 이러한 피로는 파절의 일종으로서 매우 작은 하중이 반복적으로 가해지면서 구조체 내에 결정화를 야기하여, 결국에는 구조체가 점차 취약해지면서 파괴되는 것으로 정의할 수 있는데 이런 피로파절은 율동적이고 반복되는 하중으로 특징 지워진다.<sup>36)</sup> 피로파절의 단계로는 응력집중을 크게 받는 부위에서 조그만 균열이 생성되는 균열생성, 균열이 각 응력 사이클마다 조금씩 진전하는 균열전파, 진전하던 균열이 임계크기에 도달하면 매우 빠르게 파절이 일어나는 최종파절의 3단계로 나누어진다.<sup>37)</sup>

금속에서는 일단 생성된 균열은 높은 전단응력을 받는 결정면을 따라 매우 천천히 전파해 나가는데 이를 1단계 전파라고 하며 2단계 전파에 접어들면서 균열의 진전 속도는 매우 빠르게 증가하며 또한 균열의 진전방향도 작용 인장응력 방향에 거의 수직으로 바뀐다. 2단계 전파과정은 파절면에 해변무늬(beach mark)와 줄무늬(striation)의 두 가지 양상이 나타나는데 균열생성 위치를 중심으로 원 모양이나 타원 모양으로 퍼져나가는 능선의 모습을 갖고 있다. 피로 줄무늬는 크기가 작아 전자현미경으로만 관찰이 가능하며 각각의 줄무늬는 사이클당 균열침단이 진전한 거리를 나타내는데 줄무늬의 폭은 응력크기에 따라 변하며 응력크기가 증가할수록 폭은 증가한다. 해변무늬와 줄무늬의 모습은 유사하지만 생성원인과 크기는 서로 매우 다르며 하나의 해변무늬 안에 수천 개의 줄무늬가 있을 수도 있다. 파절면을 관찰함으로써 파절의 원인을 알 수 있는데, 해변무늬와 줄무늬의 존재는 파절이 피로에 의하여 발생되었다는 것을 의미하기 때문이다. 그러나 해변무늬와 줄무늬가 관찰되지 않는다고 해서 파절의 원인으로 피로를 배제시켜서는 안 되며 이는 파절이 급속히 일어난 부위에서는 해변무늬 또는 줄무늬가 나타나지 않기 때문이다. 급속파절은 연성파괴일 수도 있고 취성파괴일 수도 있는데 연성파괴일 경우에는 소성변형의 흔적이 나타나지만 취성파괴일 경우에는 소성변형의 흔적이 나타나지 않는다.<sup>37)</sup> 본 연구에서는 전자현미경 사진 결과 연성파절 양상을 보였다. 중부에서의 표면분석을 보면 Ca와 P가 43.23wt%에서 67.44wt%까지 나타내고 P가 17.08wt%에서 32.56wt%까지 나타냄으로써 거의 골유착이 잘 되었으나 상부에서 부식피로파절로 인한 실패로 볼 수 있다(Fig. 16). 중부에서는 상부의 53.40wt%에

달하던 Cl이 거의 검출되지 않았고 하부에서 Ca와 P가 29.84wt% 및 68.45wt%까지 나타나 하부에서는 골 유착이 잘 이루어졌음을 알 수 있다(Fig. 17).

이와 같이 피로부식과절에 의한 임플란트의 실패는 나사골주위에 형성된 Cl이온에 의한 원인이 주이며 부식생성물이 다량 형성되는데 이를 제거하기 위하여 상부 보철물의 용출을 최소화하고 재료의 균질성을 확보하는 것이 문제를 해결하는 방안이다.

## V. 결 론

실패된 임플란트의 표면을 FE-SEM과 EDS분석을 통하여 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 3개월 및 5개월 사용 후 실패된 임플란트의 표면을 관찰한 결과, 임플란트상부보다는 하부와 중부에서 오염된 경향이 있으며 특히 나사산보다는 골에서 Si, C, O, Zn, S 및 Zr등과 같은 오염원소가 검출되고  $Cl^-$ 이 나사골에 집중됨으로써 부식 초기현상이 발견되었다.
2. 19개월 및 60개월 사용 후 실패된 임플란트의 표면은 나사골에  $Cl^-$ 이 집적되었으며 이로 인하여 부식이 가속화되었고 임플란트 고정체 상부에서 용출된 상부보철물의 Au, Cu, Ag등과 같은 이온이 부식생성물을 형성하였다.
3. 피로부식파절에 의한 임플란트는 파절은 나사골에서 시작되었고 성장되었다. 주위에 형성된 부식생성물이 다량 검출되었고 파절부위의 반대편에서  $Cl^-$ 이 검출되었다. 파절면은 피로부식파괴의 현상인 피로줄무늬(fatigue striation)가 관찰되었다.

이상의 결과로부터 임플란트 고정체의 실패는 외부에서 유입되는 오염물질과 나사골에서 축적되는  $Cl^-$ 이온, 상부보철물에서 용출되는 금속이온 등이 부식을 유발하여 실패의 한 원인이 되고 있으며 이를 개선하기 위하여 임플란트의 표면개선법과 가공법등의 개선이 필요하다.

## 참고문헌

1. Adell R, Lekholm U, Rockler B, Brånemark P-I(1981). A 15-year study of Osseointegrated implants in the treatment of the edentulous jaw. *Int J Oral Surg* 10:387-416.
2. Babbush CA, Kent JN, Misiem DJ(1986). Titanium plasma-sprayed(TPS) screw implants for the reconstruction of the edentulous mandible. *J Oral Maxillofac Surg* 44:274-282.
3. Albrektsson T, Dahl E, Enbom L(1988). Osseointegrated oral implants. A Swedish multicenter study of 8139 consecutively inserted nobelpharma implants. *J Periodontol* 59:287-296.
4. Deporter DA, Watson PA, Pilliar RM(1986). A histological assessment of the initial healing response adjacent to porous-surfaced, titanium alloy dental implant system in dogs. *J Dent Res* 65:1064-1070.
5. Hobo S, Ichida E, Garcia LT(1989). *Osseointegration and Occlusal Rehabilitation*. Chicago, Quintessence Publishing Co., pp21-30.
6. Wennerberg A, Ektessabi A, Albrektsson T, Johansson C, Andersson B(1997). A 1-year follow-up of implants of differing surface roughness placed in rabbit bone. *Int J Oral Maxillofac Implants* 12:486-494.
7. Pilliar RM(1987). Porous-surfaced metallic implants for orthopedic application. *J Biomed Mater Res* 21:1-33.
8. Spector M(1987). Historical review of porous-coated implants. *J Arthropl* 2:163-177.
9. Hahn H, Palich W(1970). Preliminary evaluation of porous metal surfaced titanium for orthopedic implants. *J Biomed Mater Res* 4:571-577.
10. Cochran DL, Nummikoski PV, Higginbottom FL, Hermann JS, Makins SR and Buser D(1996). Evaluation of an endosseous titanium implant with a sandblasted

and acid-etched surface in the canine mandibles: radiographic results. Clin Oral Impl Res 7:240-252.

11. Buser D, Nydegger T, Hirt HP, Cochran DL, Nolte LP(1998). Removal torque values of titanium implants in the maxilla of miniature pigs. Int J Oral Maxillofac Implants 13:611-619.
12. Adell R, Lekholm U, et al(1985). Surgical Procedures. In : Branemark P-I, Zarb G, Albreksson T: Tissue Integrated Protheses Osseointegration In clinical Dentistry. Chicago: Quintessence, pp211.
13. Zarb G, Schmitt A(1998). A longitudinal clinical effectiveness of osseointegrated dental implants. J Oral Maxillofac Implantol 55:220, 1998.
14. Lekholm U, Gunne J(1999). Survival of Branemark implant in partially edentulous jaws: A 10-year prospective multicenter study. Int J Oral Maxillofac Implants 14:639.
15. Quirynen M, Listgarten MA(1990). Distribution of bacterial morphotypes around natural teeth and titanium implants ad modum Branemark. Clin Oral Implants Res 14:7-8.
16. Sussman HI(1997). Endodontic pathology leading to implant failure: A case report. J Oral Implantol 23:112.
17. Eriksson AR, Albrektsson T(1983). Temperature threshold levels for heat induced bone tissue injury. A vital microscopic study in rabbit. J Prosthet Dent 50:101.
18. Albrektsson T, Zarb G, Worthington P, Eriksson AR(1986). The long-term efficacy of currently used dental implants: A review and proposed criteria of success. Int J of Oral Maxillofac Implants 1:11-25.
19. Lacefield WR(1988). Hydroxyapatite coating. Ann. NY. Acad Sci 523:72-80.
20. Hietala EL(1993). The effect of ovariectomy on periosteal bone formation and bone resorption in adult rats. Bone and Mineral 20:57-65.
21. Dunn B, Reisbick MH(1976). Adherence of ceramic coating on chromium-cobalt structures. J Dent Res 55:328-332.

22. Brossa F, Cigada AR, Chiesa R, Paracchini L, Consonni C(1994). Post-deposition treatment effects on hydroxyapatite vacuum plasma spray coatings. *J Mater Sci : Mater Med* 5:855-857.
23. Chen J, Tong W, Cao Y, Feng J, Zhang X(1997). Effect of atmosphere on phase transformation in plasma sprayed hydroxyapatite coatings during heat treatment. *J Biomed Mater Res* 34:15-20.
24. Cook SD, Thomas KA, Kay JF, Jarcho M(1988). Hydroxyapatite coated titanium for orthopedic implant applications. *Clinical Orthopaedics and Related Research* 232:225-243.
25. Osborn JF, Willich P, Meenen N(1989). The release of titanium into human bone from a titanium implant coated with plasma-sprayed titanium. In *Clinical Implant Material*. By g. Helmke. U. Soltesz and A.J.C. Lee(Advances in Biomaterials. Vol. 9. 75-80ds.) Elsevier Science Publ. B. V. Amsterdam. *Advances in Biomaterials* 9: 75-80.
26. Johansson CB(1991). On tissue reaction to metal implants. Thesis. University of Gothenburg. Gothenburg. Sweden.
27. Solar RJ, Pollack SR, Korostoff E(1978). Titanium release from implants : A proposed mechanism. *ASTM Special Technical Publ.* 684. B. C. Syrett and A. Acharya(eds). U. S. food and Drug Admin. ASTM Symposium Kansas City Mo 22-23 May.
28. Naert I, Quirynen M, van Steenberghe DV, Darius P(1992). A six-year prosthodontic study of 509 consecutively inserted implants the treatment of partial edentulism. *J Prosthet Dent* 67:236-245.
29. Lekholm U, van steenberghe DV, Herrmann I, Bolender C, Folmer T, Gunne J, et al(1994). Osseointegrated implants in the treatment of partially edentulous jaws: a propective 5-year multicenter study. *Int. J Oral Maxillofac Implants* 9:627-635.
30. Rangert B, Krogh PHJ, Langer B, Van Roekel N (1995). Bending overload and implant fracture: a retrospective clinical analysis. *Int. J Oral Maxillofac Implants* 10:326-334.
31. Weinberg LA(1998). Reduction of implant loading with therapeutic biomechanics. *Implant Dentistry* 7:227-284.

32. Piattelli A(1998). Light and scanning electron microscopic report four fractured implants. *Int. J Oral Maxillofac Implants* 13:561-564.
33. Choe HC, Lee JK, Chung CH(2004). Analyses of fractured implant fixture after prolonged implantation. *Metals and Materials International* 10:327-335.
34. Jones DA(1992). Principles and prevention of corrosion, Maxwell Macmillan international editions pp.243-285.
35. Son MK, Choe HC, Chung CH(2004). Corrosion behavior between dental implant abutment and cast gold alloy. *Metals and Materials International* 10:153-159.
36. Patterson EA, John RB(1992). Theoretical analysis of fatigue life of fixture screws in osseointegrated dental implants. *Int. J Oral Maxillofac Implants* 7:26-34.
37. Callister WD(1996). *Materials science and engineering an introduction* 4th Ed. pp. 210.



Fig. 1. Photos showing the specimen used in this study.  
(a) 3 month (b) 5 month (c) 19 month  
(d) 60 month (e) 120 month (f) 33 month



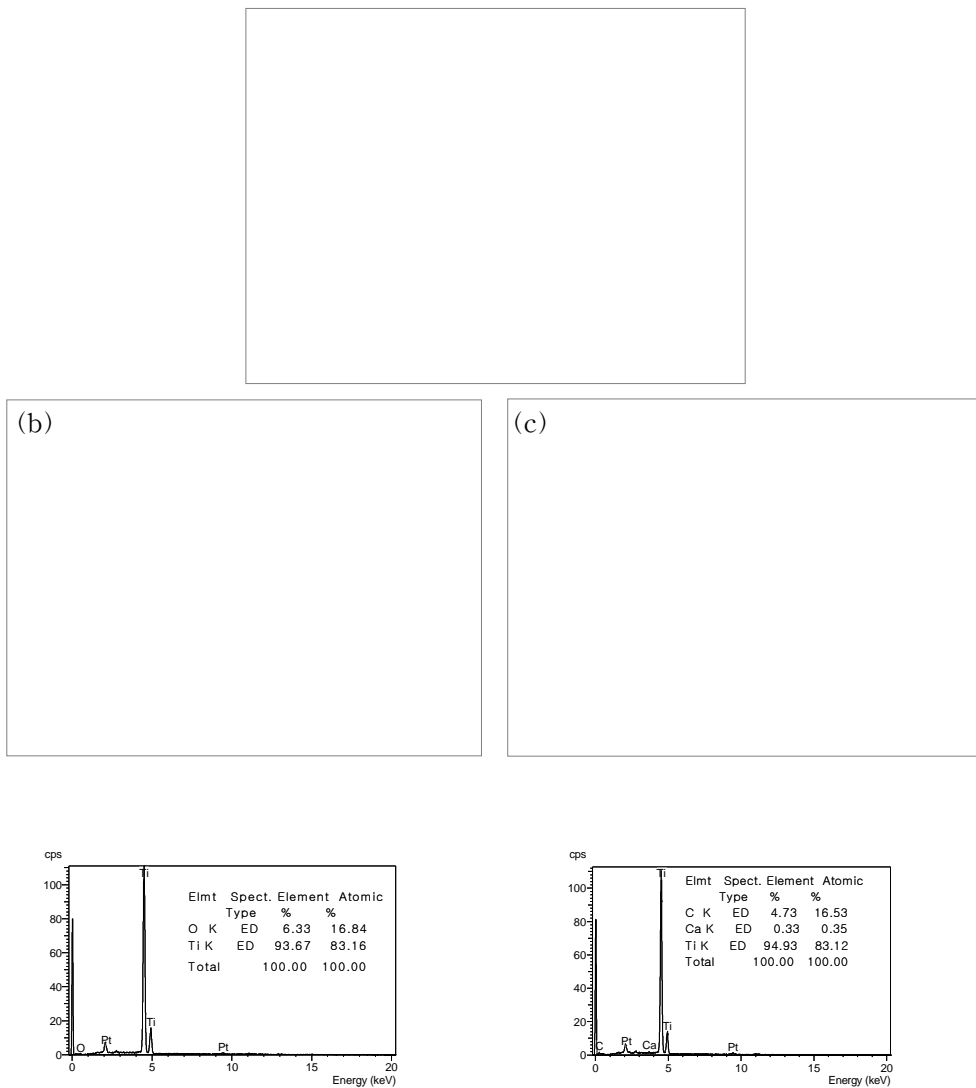


Fig. 2. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 5 month used fixture.

(a) implant fixture (b) flank (c) bottom of thread

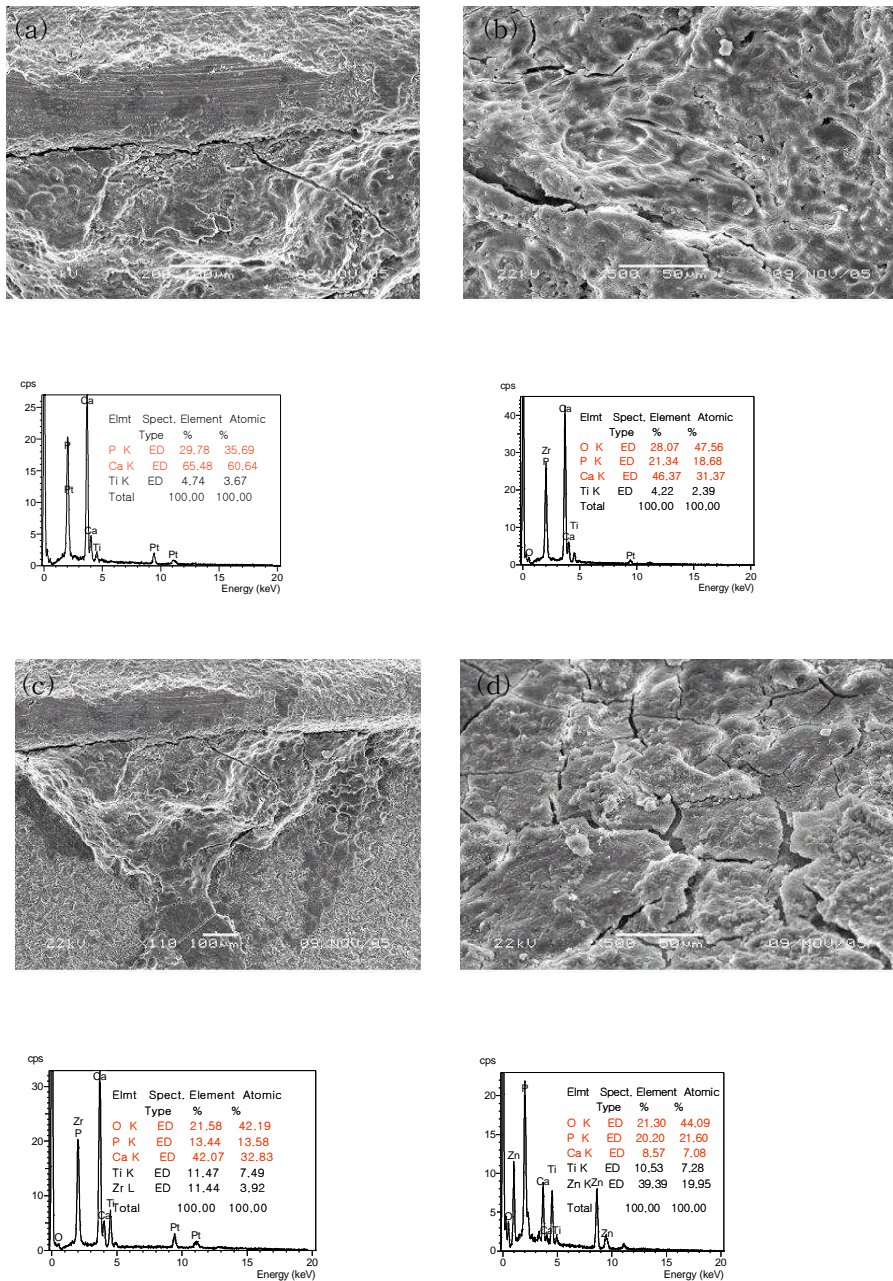


Fig. 3. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle and the lower part of 5 month used fixture.

- (a) flank of the middle part (b) bottom of thread of the middle part  
(c) flank of the lower part (d) bottom of thread of the lower part

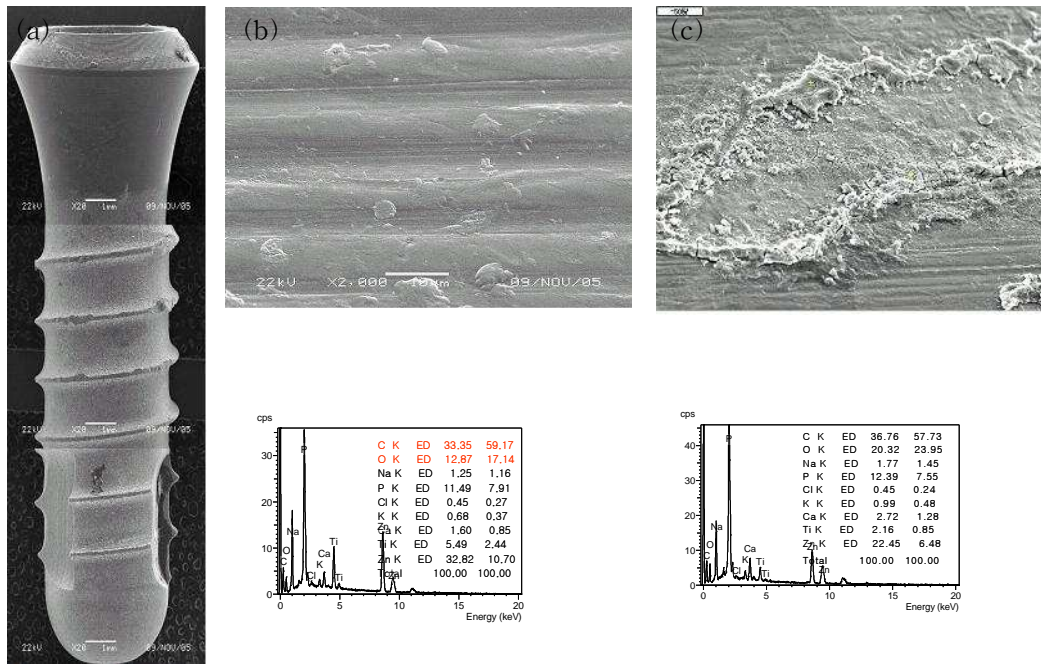


Fig. 4. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 3 month used fixture.

(a) implant fixture (b) flank (c) bottom of thread

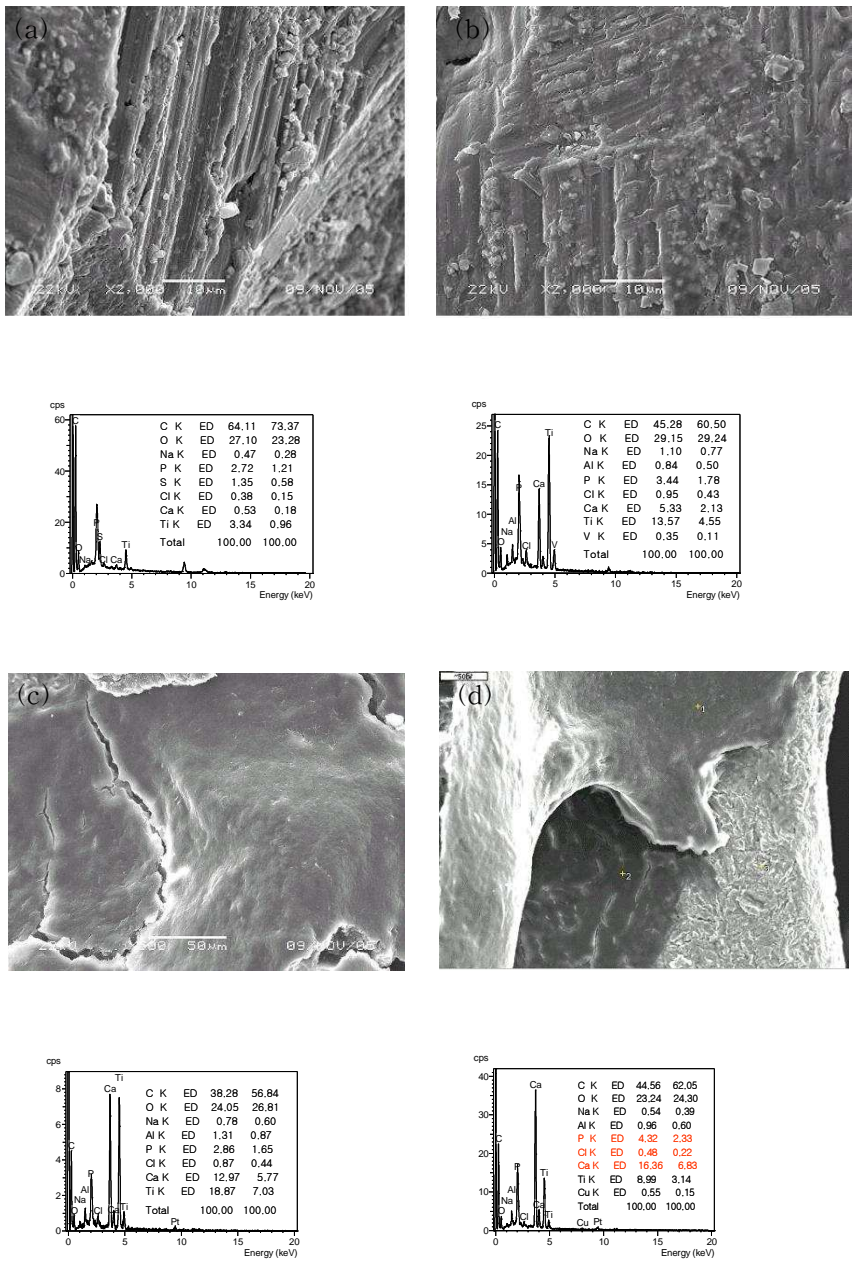


Fig. 5. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle and the lower part of 3 month used fixture.  
 (a) flank of the middle part (b) bottom of thread of the middle part  
 (c) flank of the lower part (d) bottom of thread of the lower part

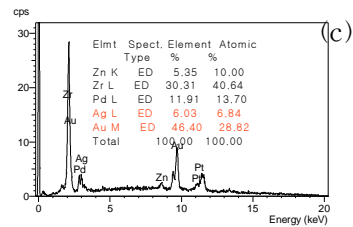
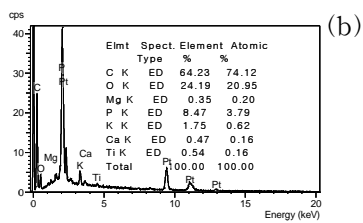
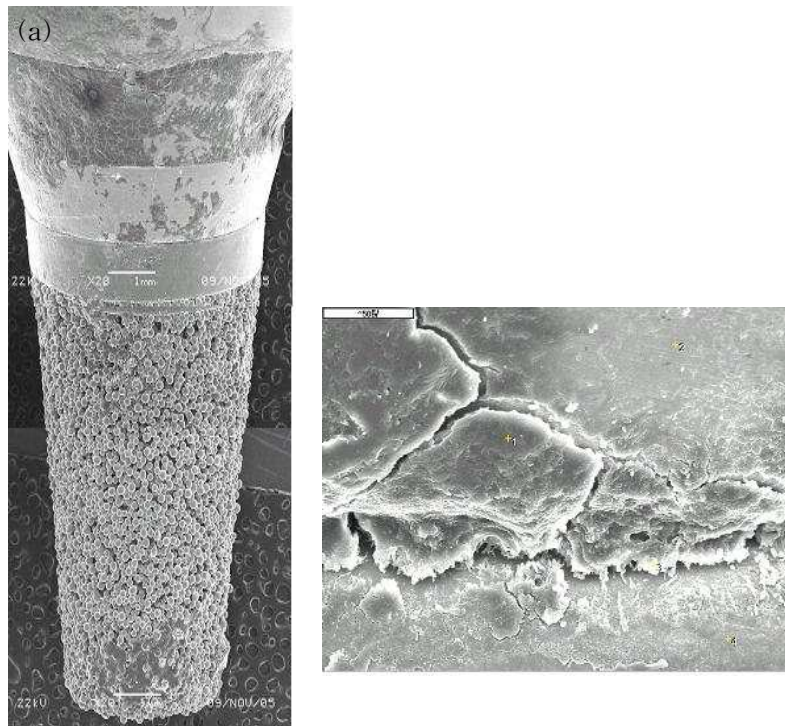


Fig. 6. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 19 month used fixture.  
 (a) implant fixture (b) particle (c) debris

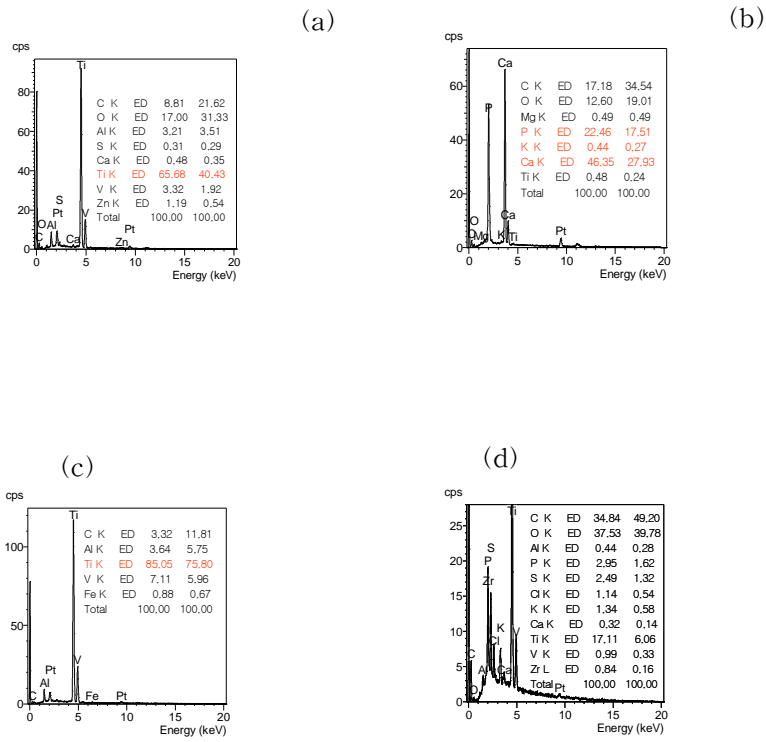
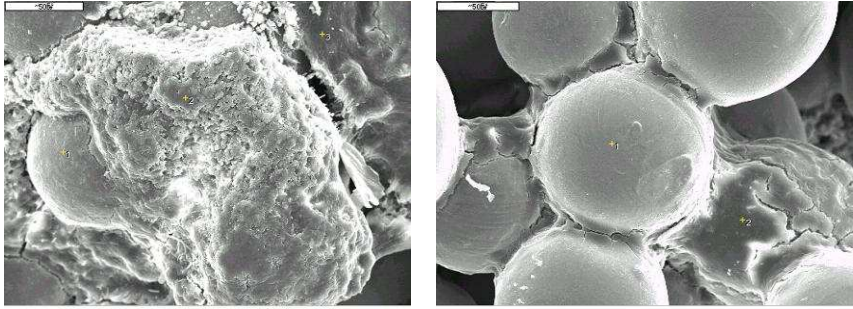


Fig. 7. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle and the lower part of 19 month used fixture.  
 (a) particle of the middle part (b) debris of the middle part  
 (c) particle of the lower part (d) debris of the lower part

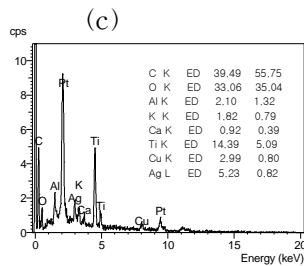
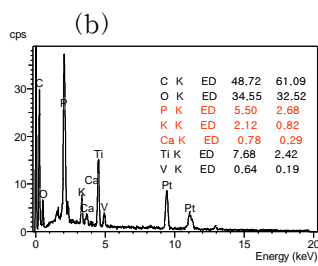
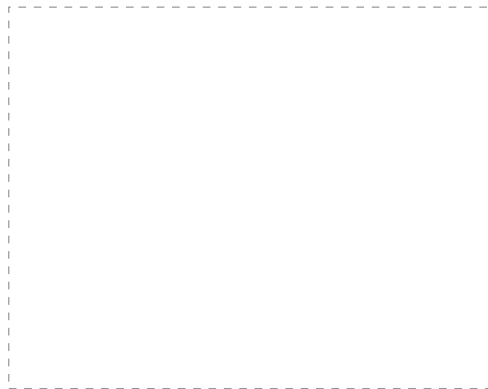
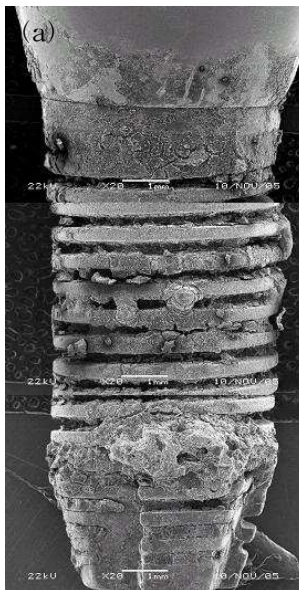


Fig. 8. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 60 month used fixture.

(a) implant fixture (b) flank (c) bottom of thread

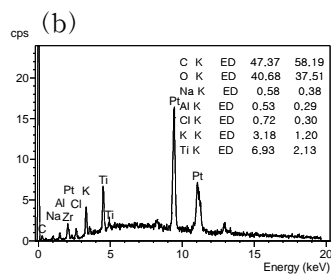
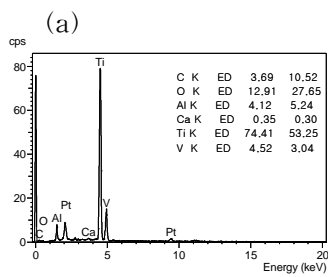
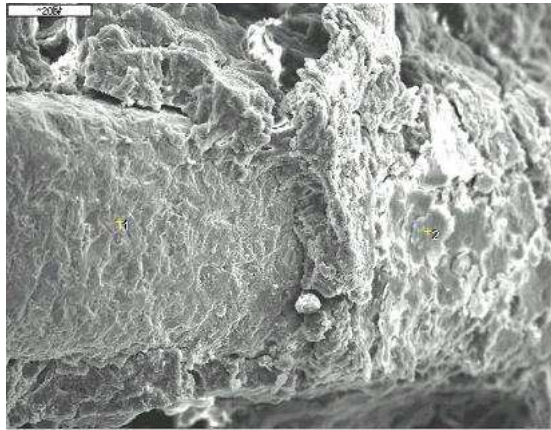


Fig. 9. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle part of 60 month used fixture.

(a) flank (b) bottom of thread



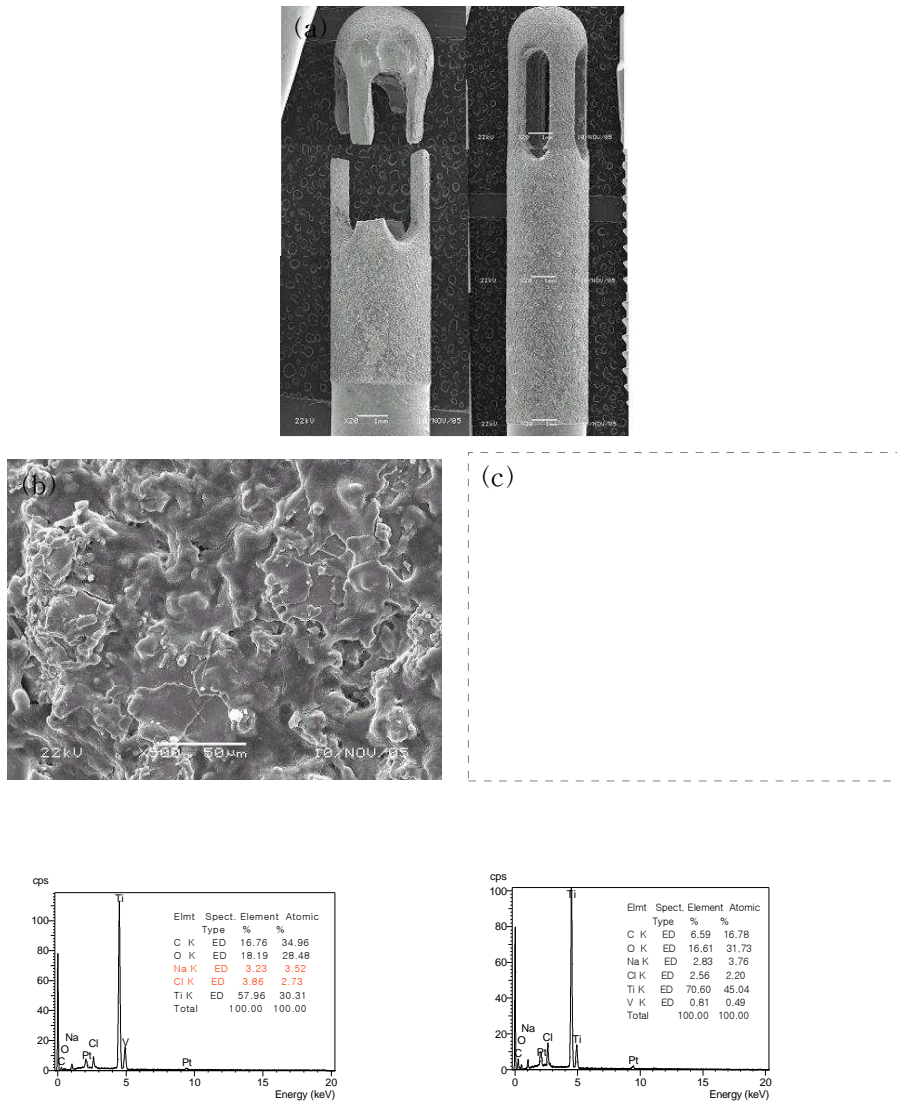


Fig. 10. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 120 month used fixture.

(a) implant fixture (b), (c) the upper part

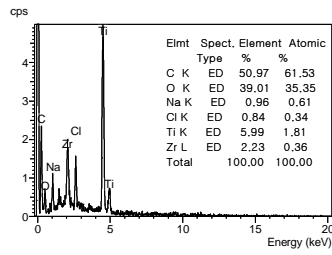
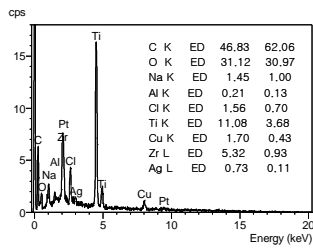
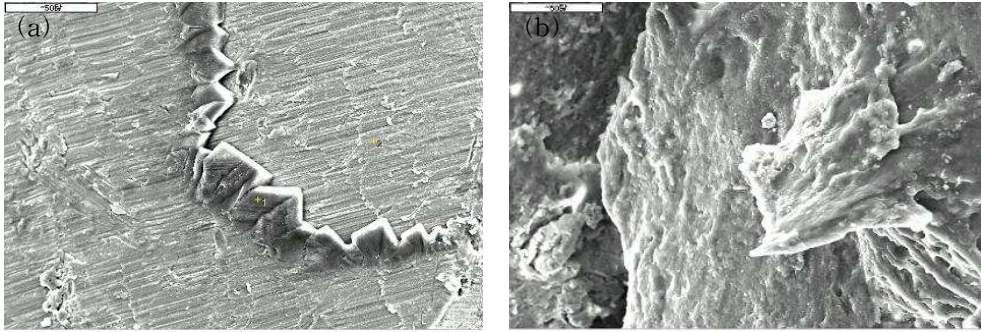


Fig. 11. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle and lower part of 120 month used fixture.  
 (a) the middle part (b) the lower part

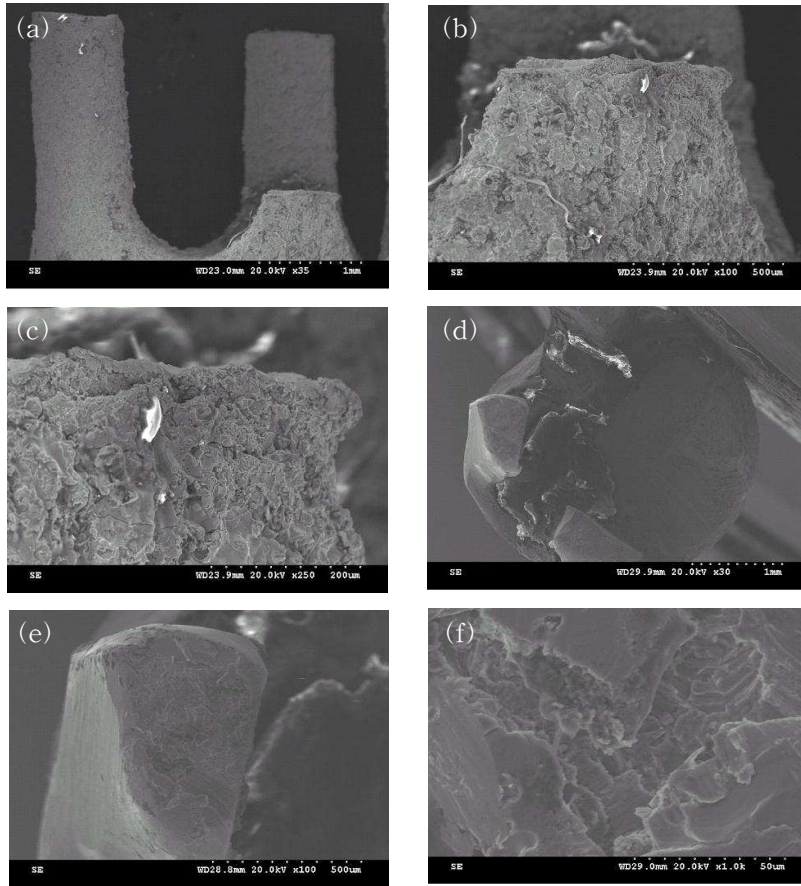


Fig. 12. SEM showing the fractured surface morphology of 120 month used fixture.  
(a), (b), (c) fractured surface (d), (e), (f) fatigue striation

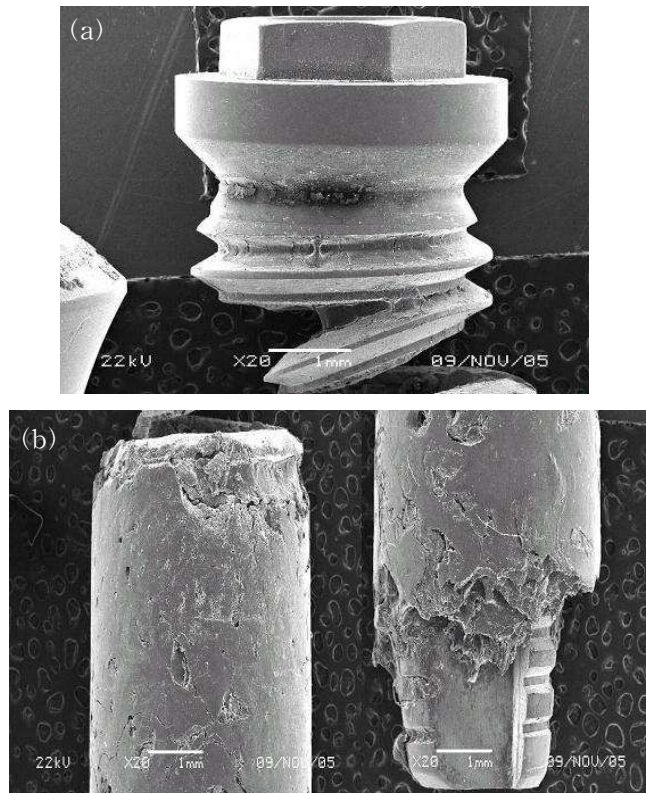


Fig. 13. SEM showing the fractured pattern of 33 month used fixture.  
(a) the upper part (b) the lower part

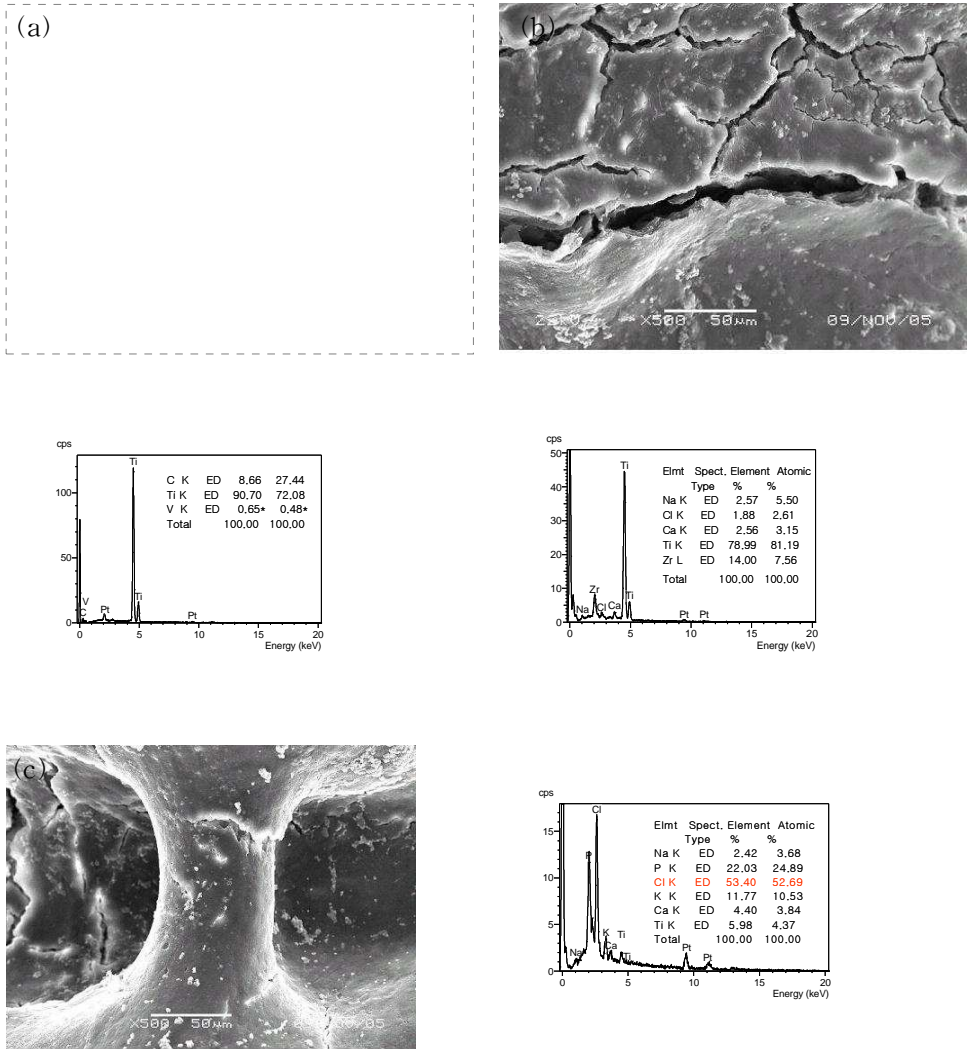


Fig. 14. SEM and EDS showing the surface morphology of the upper part of 33 month used fixture.

(a) upper part (b) flank (c) bottom of thread

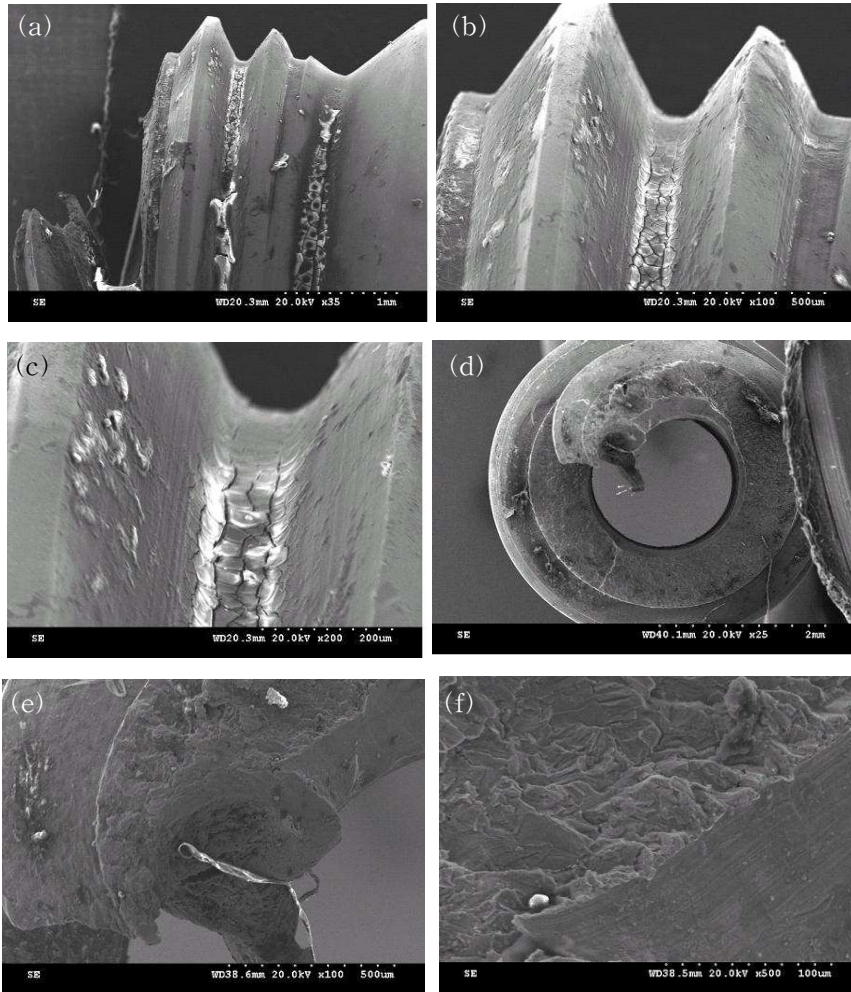


Fig. 15. SEM showing the fractured surface morphology of 33 month used fixture.

(a), (b), (c) fractured fixture (d), (e), (f) fatigue striation

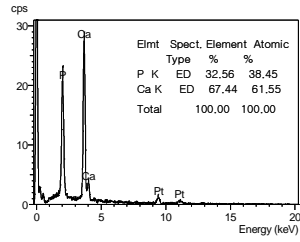
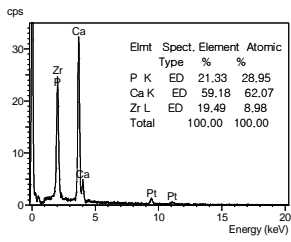
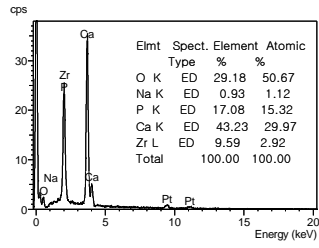
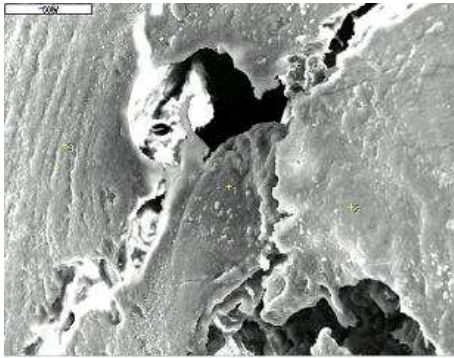


Fig. 16. SEM and EDS showing the surface morphology of the middle part of 33 month used fixture.

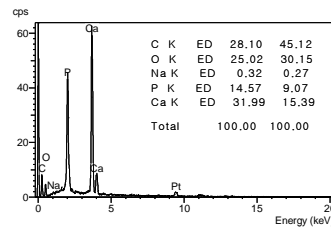
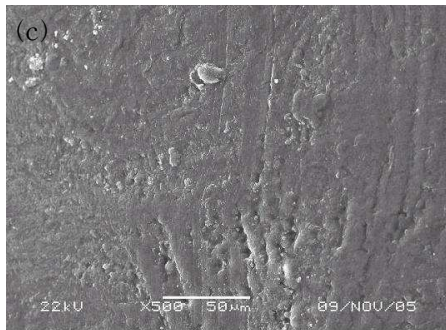
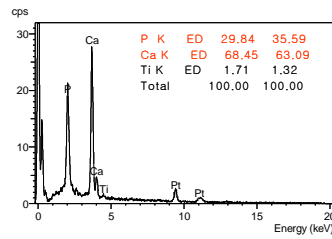
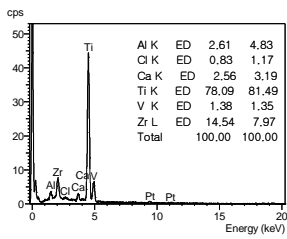
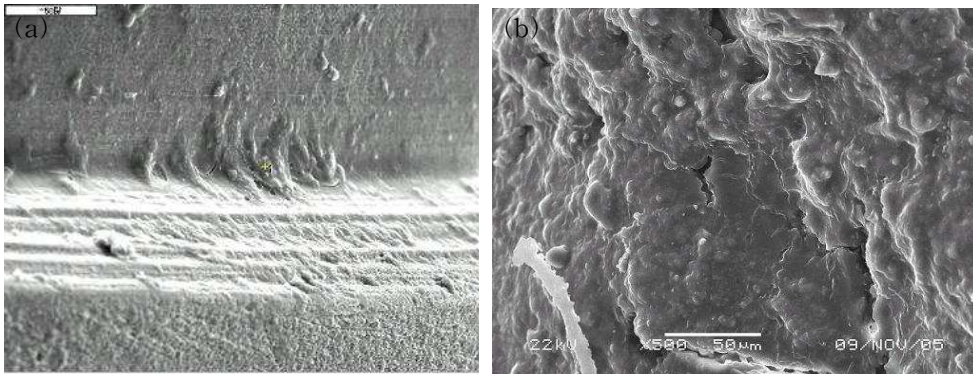


Fig. 17. SEM and EDS showing the surface morphology of the lower part of 33 month used fixture.

(a),(b) bottom of thread, (c) flank