



## 패턴인식 알고리즘을 적용한 임플란트 주변골 흡수 분석

정민기<sup>1</sup> · 김성민<sup>1,3</sup> · 김명주<sup>2,3</sup> · 이종호<sup>1,3</sup> · 명 훈<sup>1,3</sup> · 김명진<sup>1,3</sup>

서울대학교 치의학대학원 <sup>1</sup>구강악안면외과학교실, <sup>2</sup>치과보철학교실, <sup>3</sup>치학연구소

### Abstract

## Marginal Bone Resorption Analysis of Dental Implant Patients by Applying Pattern Recognition Algorithm

Min Gi Jung<sup>1</sup>, Soung Min Kim<sup>1,3</sup>, Myung Joo Kim<sup>2,3</sup>, Jong Ho Lee<sup>1,3</sup>, Hoon Myoung<sup>1,3</sup>, Myung Jin Kim<sup>1,3</sup>

Departments of <sup>1</sup>Oral and Maxillofacial Surgery, <sup>2</sup>Prosthodontics, <sup>3</sup>Dental Research Institute, School of Dentistry, Seoul National University

**Purpose:** The aim of this study is to analyze the series of panoramic radiograph of implant patients using the system to measure peri-implant crestal bone loss according to the elapsed time from fixture installation time to more than three years.

**Methods:** Choose 10 patients having 45 implant fixtures installed, which have series of panoramic radiograph in the period to be analyzed by the system. Then, calculated the crestal bone depth and statistics and selected the implant in concerned by clicking the implant of image shown on the monitor by the implemented pattern recognition system. Then, the system recognized the x, y coordination of the implant and peri-implant alveolar crest, and calculated the distance between the approximated line of implant fixture and alveolar crest. By applying pattern recognition to periodic panoramic radiographs, we attained the results and made a comparison with the results of preceded articles concerning peri-implant marginal bone loss. Analyzing peri-implant crestal bone loss in a regression analysis periodic filmed panoramic radiograph, logarithmic approximation had highest  $R^2$  value, and the equation is as shown below.  $y=0.245\text{Log}x \pm 0.42$ ,  $R^2=0.53$ , unit: month (x), mm (y)

**Results:** Panoramic radiograph is a more wide-scoped view compared with the periapical radiograph in the same resolution. Therefore, there was not enough information in the radiograph in local area. Anterior portion of many radiographs was out of the focal trough and blurred precluding the accurate recognition by the system, and many implants were overlapped with the adjacent structures, in which the alveolar crest was impossible to find.

**Conclusion:** Considering the earlier objective and error, we expect better results from an analysis of periapical radiograph than panoramic radiograph. Implementing additional function, we expect high extensibility of pattern recognition system as a diagnostic tool to evaluate implant-bone integration, calculate length from fixture to inferior alveolar nerve, and from fixture to base of the maxillary sinus.

**Key words:** Dental implants, Marginal bone loss, Pattern recognition algorithm, Segmentation process

원고 접수일 2013년 1월 24일, 원고 수정일 2013년 2월 11일,  
게재 확정일 2013년 5월 15일

책임저자 김명진  
(110-768) 서울시 중로구 대학로 101, 서울대학교 치의학대학원 구강악안면외과학교실  
Tel: 02-2072-2632, Fax: 02-766-4948, E-mail: myungkim@snu.ac.kr

RECEIVED January 24, 2013, REVISED February 11, 2013,  
ACCEPTED May 15, 2013

Correspondence to Myung Jin Kim  
Department of Oral and Maxillofacial Surgery, School of Dentistry, Seoul National University  
101 Daehak-ro, Jongno-gu, Seoul 110-768, Korea  
Tel: 82-2-2072-2632, Fax: 82-2-766-4948, E-mail: myungkim@snu.ac.kr

© This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서 론

임플란트 식립 후 임플란트 주변골은 임플란트와 골유착을 이루며 그에 맞추어 변화한다. 15년간의 연구 결과를 보고한 Brånemark group에 의해 임플란트 주변 변연골 소실은 식립 후 1년간 1~1.5 mm, 평균 1.2 mm의 주변골 소실을 보이고, 그 후에는 연간 0.1 mm의 골소실을 보인다고 보고된[1] 이후, Cochran 등[2], Adell 등[3], Lekholm 등[4], Henry 등[5], Quirynen 등[6] 및 van Steenberghe 등[7]도 유사한 임상적 연구 결과를 보고한 바 있었다.

이처럼 임플란트 식립 후 중요한 기준이 되는 임플란트 주변골이나 구조물 변화의 측정은 방사선 사진상의 길이를 프로그램을 이용하여 측정하는 방식으로 이루어지고 있는데, 측정과정에서의 오류, 측정자 간의 치조골의 경계선 및 임플란트 주변골의 기준점의 차이 등으로 인한 측정 오차가 있을 수 있고, 또한, 같은 사진에서도 재측정 시 다른 값을 측정하게 되는 오차가 발생하는 단점들이 있어 왔다.

측정자 수준의 오류를 줄이고 진단능력의 정확성을 높이려는 노력은 의학 분야에서 시작되었는데, Hughes 등[8]은 전산화의 패턴인식(pattern recognition)을 이용하여 흉부 방사선 사진에서 패턴인식을 통한 정보의 체계화 후에 진단 기술에서의 유효성이 우수함을 검증하였고, 또한, Geraets 등[9]은 수완부 방사선 사진에 대한 패턴인식을 통해 골밀도(bone mineral density)를 측정하기도 하였다. 이에 비해 치의학 영역에서 패턴인식의 적용에 대한 연구는 아직 활발히 이루어지지 않는 못하였는데, 치조골 결손부를 진단하거나[10], 법치의학 영역에서 방사선 사진에 대한 패턴인식을 통해 사체 검증(human identification)을 하는 데에 국한된 연구가 보고되었고[11], 국내에서는 아직 관련된 보고가 없어 왔다.

본 연구에서는 전산화의 패턴인식 알고리즘(pattern recognition algorithm)을 치의학 영역에 적용시켜서 임플란트 식립 환자의 방사선 사진에 적용 가능한 시스템을 구현하고자 하였다. 저자 등이 고안한 알고리즘을 이용하여 임플란트 매식체, 주변골 및 구조물 들의 좌표를 분석하여 임플란트 주변 치조골의 치조정과 임플란트 매식체의 플랫폼(platform)까지의 거리를 계산하였다. 이렇게 구현된 기능을 이용하여 임플란트 시술 환자의 기간별 파노라마 사진들을 분석하여 알고리즘에 의한 임플란트 변연골 소실량을 정확하고 간편하게 측정함으로써 기존의 다른 방법에 의한 임플란트 주변골 소실에 대한 연구 내용과 비교하여 패턴인식의 유효성을 평가하고자 하였다.

## 연구방법

### 1. 환자군 선택 및 임플란트 종류

서울대학교치과병원 구강악안면외과에서 한 명의 외과 전문의가 수술하고 치과보철과에서 한 명의 보철과 전문의가 시술한 임플란트 환자를 대상으로 최소 1년에서 최대 3년간 주기적으로 파노라마 방사선 사진을 촬영한 전체 환자 10명의 45개의 임플란트를 대상으로 조사하였다. 남자는 2명, 여자는 8명이었으며 이들의 평균연령은  $59.1 \pm 10.8$ 세(남자 61.5세, 여자  $58.5 \pm 12.1$ 세)였다. 악골의 골질은 주로 2형에서 3형이었으며, 상악구치부의 한 예는 1형이었다. 하루 한 갑 이상의 흡연자 및 이갈이(bruxism) 환자는 없었으나, 경도의 고혈압 환자가 2명, 조절이 잘 되는 당뇨병 환자가 1명 있었고, 다른 남자 1명은 기존의 심장 스텐트 시술경험으로 시술 전후 항응고제에 대한 조절을 시행한 이외에는 다른 특이한 환자들의 의학적 병력은 없었다.

시술 부위로는 상악에 29개, 하악에 16개였으며, 상악구치부의 상악동거상술(sinus lifting procedure)을 동반한 경우 21개, 상악전치부의 골유도재생술(guided bone regeneration)을 동반한 경우 8개, 하악구치부의 16개였다. 임플란트의 종류는 Straumann tissue level<sup>®</sup> 임플란트(Institute Straumann, Waldenburg, Switzerland) 31개, Straumann bone level<sup>®</sup> 임플란트(Institute Straumann) 7개, Biomet Osseotite<sup>®</sup> 임플란트(3i implant innovations, West Palm Beach, FL, USA) 2개, 오스템사의 SSII<sup>®</sup> 임플란트(Osstem Co., Seoul, Korea) 3개, 신홍사의 Luna<sup>®</sup> 임플란트(Shinhung Co., Seoul, Korea) 2개였으며, 시술 후 1일 내외로 촬영한 파노라마 사진을 기준으로 3개월, 6개월, 12개월, 24개월 및 36개월 경과할 때 촬영한 파노라마 사진을 바탕으로 분석하였다.

### 2. 알고리즘 프로그램 개발

전체 시스템은 프로그래밍 언어 Java의 J2SE™ JFC<sup>®</sup> (Java Foundation Class, Java™ Platform, Oracle Co., Redwood Shores, CA, USA)를 활용하였고, User Interface는 Java Swing<sup>®</sup> 프로그램을 이용하여 알고리즘을 구현하였다. 서울대학교치과병원에서 사용하는 의료영상 저장전송시스템인 Pi view PACS<sup>®</sup> (Picture archiving and communication system, version 2.0, Mediface Co., Seoul, Korea)에서 얻어낸 jpg 형태의 파노라마 방사선 사진을 상용 프로그램인 ALsee<sup>®</sup> 프로그램(version 6.71, ESTsoft Co., Seoul, Korea)을 이용하여 bitmap (bmp) 형식의 파일로 변환시켰다. Bmp 파일을 읽어 들어서 시스템에서 파노라마 방사선 사진을 컴퓨터 화면에 띄우고, 사용자가 정보를 읽어 들이고 싶은 임플란트를 마우스를 통해 선택하면 임플란트의 영역, 주변 치조골의 치조정 위치를 자동으로 인식하여 원하는 수치

들을 출력해주는 프로그램을 개발하였다.

### 3. 분절화(segmentation) 과정

프로그램의 알고리즘은 방사선 사진 bmp 파일의 header를 분석하여 이미지 파일의 크기와 해상도를 인식하고, 이를 통해 해상도와 같은 크기의 배열을 할당하여 각 배열에 상응하는 위치에 있는 화소의 정보를 담았다. 각 화소는 각각 256단계의 red (R), green (G), blue (B) 값을 가지는데, 방사선 사진은 흑백이므로 R, G, B 값이 모두 동일한 값을 가진다. 연구자가 컴퓨터 마우스를 통해 선택한 임플란트의 밝기를 기준으로 주변 인접 화소를 반복적으로 검색하고, 과정 중에 인접 화소와 비교하여

명도가 일정 값 이상으로 바뀔 때까지 범위를 확장시켜가면서 검색하였다. 처음 선택한 화소가 임플란트의 대표성을 의미할 수 없을 수 있으므로 임플란트로 판별된 화소들이 추가될 때마다 화소 간 명도의 평균값을 계산하여 경계값 계산에 추가 적용하여 비교값으로 사용하였다. 이러한 분절화 과정을 통해 구분된 임플란트를 이미지상에서 노랑색으로 표시해 주었다(Fig. 1). 대부분의 영상에서 임플란트와 주변 구조물 간 명도 차이는 대략 25 이상의 차이를 보여 구분이 용이하였다. 임플란트와 주변 구조물의 구분 기준이 되는 차이값을 크게 하면 임플란트의 부분만을 인식하는 문제가 발생하였고, 차이값이 너무 작으면 임플란트와 이어지는 방사선 불투과상(osteosclerosis, hard palate)도 임플

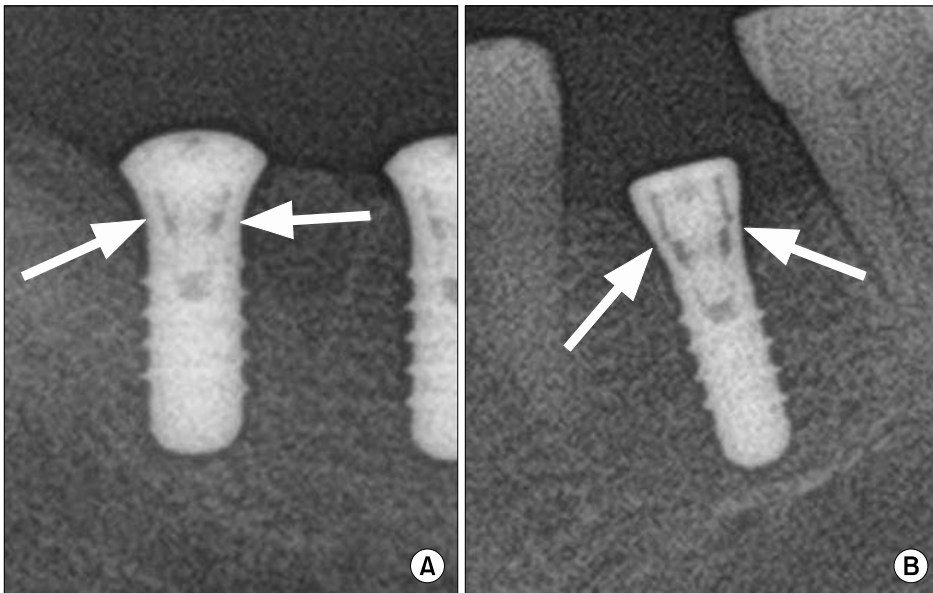


Fig. 1. Marginal bone loss measurements in the panoramic radiography showing the relationship between implant fixture and marginal crestal bone height (arrows), Straumann tissue level® (Institute Straumann, Waldenburg, Switzerland) implant with closure screw (A) and cover screw (B).

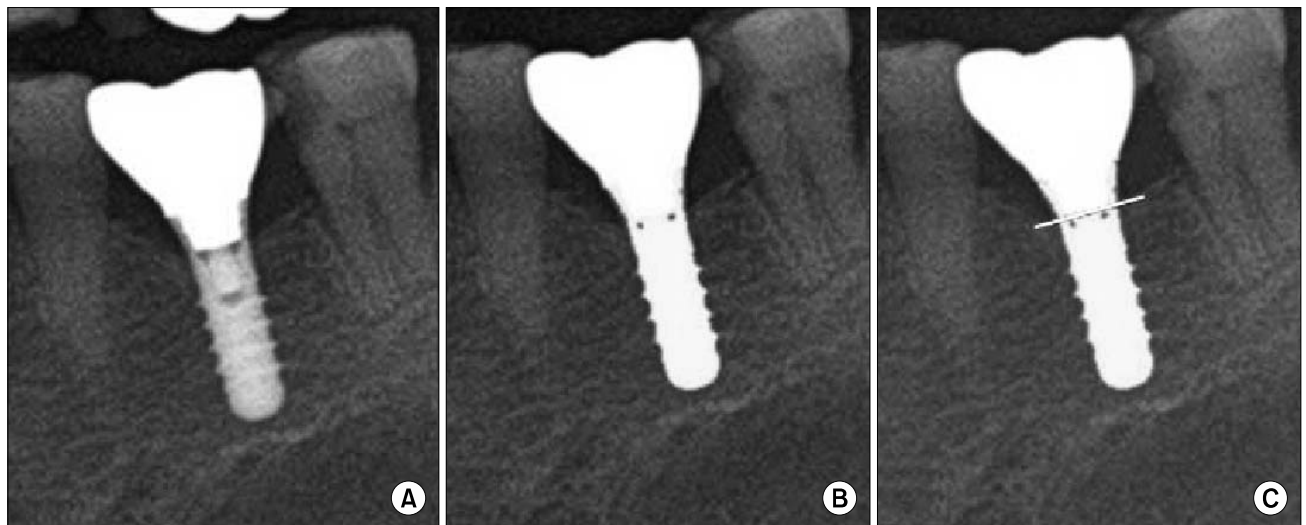


Fig. 2. Recognition of implant fixture with marginal bone according to implemented segmentation systems used in this study, before (A), after application (B), and determination point (C).

란트로 오인식되는 오류가 발생했다. 방사선 사진별로 대조도의 차이가 있어 전체적으로 동일한 기준 값을 사용하기 위해서 작은 값을 기준으로 사용하였다. 이 경우 시스템이 임플란트 전체를 인식하지 못하고 부분적으로만 인식한 경우에는 인식하지 못한 부분을 추가적으로 마우스로 클릭하여 부족한 부분을 메꿀 수 있게 하였고, 그러함으로써 임플란트로 인식된 화소들을 반복적으로 검사하여 상하좌우가 모두 임플란트로 인식된 화소로 둘러싸인 화소를 제외하여 임플란트의 경계 화소를 구분하고, 이를 좌표별로 정렬하여 상방경계와 하방경계, 그리고 근심측 및 원심측 경계를 이루는 화소 등과 같이 모두 4종류의 경계 화소로 분류하였다(Fig. 2).

4. Hough transform을 이용한 직선식 근사(straight lines extraction)

임플란트 매식체를 이루는 화소들을 시스템이 인식한 뒤 매식

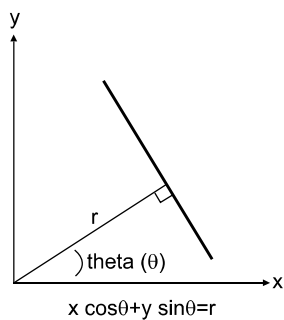


Fig. 3. Relationship between (x, y) and theta approximation showing Hough transform algorithm.

체 플랫폼을 이루는 직선식을 근사하였고, 근사 과정에는 Hough transform approximation을 사용하였다(8,12,13) (Fig. 3). 직선식을 근사하는 과정에서 일반적인 직선식  $y=ax+b$ 를 이용하면, 기울기의 값이 0부터 무한대까지 발산하기 때문에 무한대의 연산 시간이 필요하게 되어 근사가 불가능하기 때문에  $r, \theta$  좌표계에서의 직선식인  $x\cos\theta+y\sin\theta=r$ 을 이용하여 근사하였다. 이러한으로써  $\theta$ 값의 범위가 0부터  $\pi$ 로 국한되어 한정된 횟수의 연산을 통해 근사가 가능하였다(Fig. 3).

처음 사용자가 클릭한 마우스 좌표를 원점으로 하여  $\pi$ 까지를 180등분하여  $\theta$ 값으로 하고  $r$ 은 0부터 100까지를 근사하였다. 계산의 편의를 위하여 가능성이 낮은 범위는 인식에 영향을 주지 않는 범위하에서 반복연산 근사과정에서 제외하였다. 각각의 반복연산 과정에서 대입되는  $r$ 과  $\theta$ 값으로 결정되는 직선과 패턴이 인식한 임플란트의 상방 경계를 이루는 점들 간의 거리의 평균 제곱근 오차(root mean square error)가 가장 작은 선을 근사선으로 결정하였다.

임플란트 플랫폼의 근사선에서 임플란트로 인식된 화소중 거리가 가장 먼 화소까지의 거리가 매식체의 길이가 되므로 프로그램에서 이를 결과값으로 출력하였으며, 매식체의 근원심을 이루는 경계 화소들로부터 각각 6화소 떨어진 화소들을 평행하게 검사해 나가면서 급격한 명도 변화를 보이는 점을 치조골 변연의 경계로 결정하였다(Fig. 4). 이 과정에서 치조골 내 망상골 형태(trabecular pattern)를 잘못 인식하는 현상을 줄이기 위해 연속된 4개의 화소의 평균값을 이용해 그 평균값이 경계값을 결정하였다. 화소의 평균값을 구하기 위해 연속되는 화소의 개수를 증가시키면 망상골 형태를 경계로 인식하는 오류는 줄어들었지만 경계의

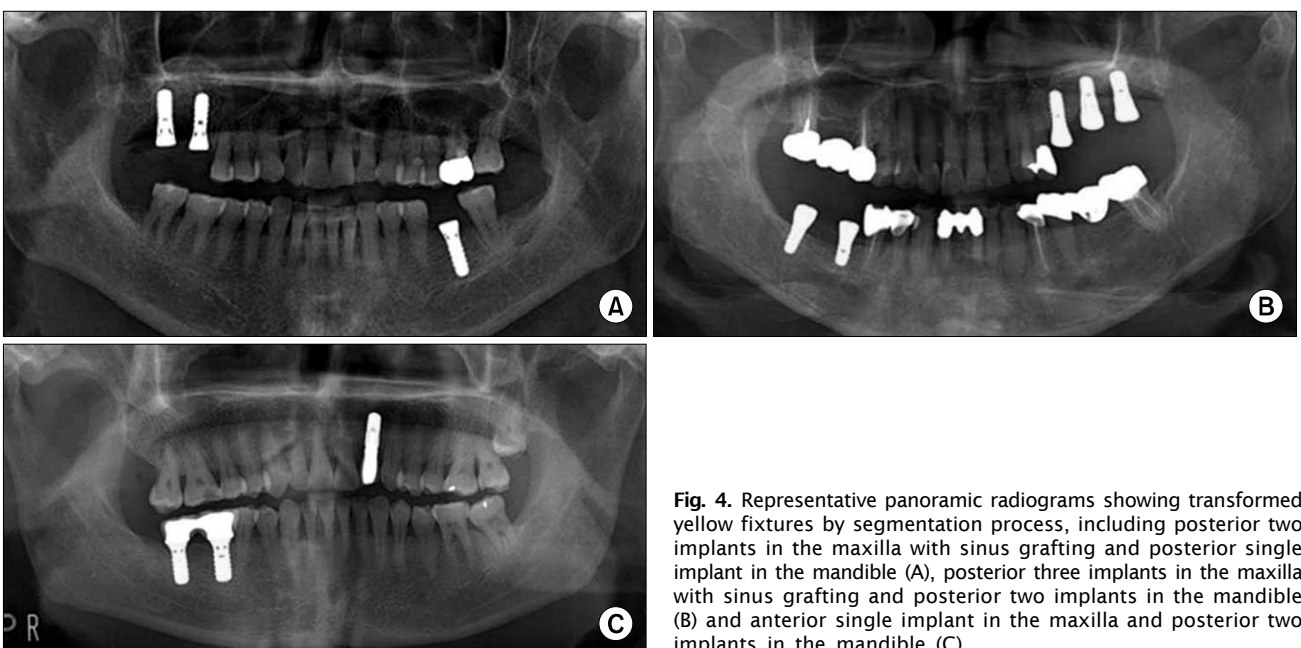


Fig. 4. Representative panoramic radiograms showing transformed yellow fixtures by segmentation process, including posterior two implants in the maxilla with sinus grafting and posterior single implant in the mandible (A), posterior three implants in the maxilla with sinus grafting and posterior two implants in the mandible (B) and anterior single implant in the maxilla and posterior two implants in the mandible (C).

위치가 최대 연속되는 화소의 개수의 절반까지의 오차를 나타내었다. 연속된 4개의 화소의 명도 평균값을 이용하여 경계를 결정하였을 경우 최대 2개 화소만큼의 오차를 보였으며, 이는 부위에 따라 다르지만 10:1 이하인 실제길이(mm) 대 화소 비율을 감안하면 0.2 mm 이하의 오차로 생각할 수 있다. 이렇게 결정된 치조정으로부터 근사선까지의 거리를 화소 단위로 계산하고 이를 치조골 깊이로 정의하고 근원심 양쪽의 치조골 깊이를 출력하도록 시스템을 구현하였다.

5. 산출 및 통계 처리

임플란트 매식체의 실제 길이와 시스템상 플랫폼에서 기저부까지의 화소수를 이용해 화소-mm 간의 비례상수를 계산하였으며, 실제 길이는 환자 의무기록을 확인하였다. 측정된 근원심 치조골 깊이의 평균값을 이용해 식립 직후의 방사선 사진상 치조골 깊이를 기준으로 증가량을 골소실량으로 정의하여 통계 처리하였으며, 통계 분석은 SPSS 프로그램(ver. 12.0K; SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용해 회귀 분석(regression analysis)을 하였고, 평균값을 계산하였다.

결 과

주기적 재내원을 통해 촬영된 파노라마 방사선 사진상의 측정된 치조골 흡수량의 근원심 평균값을 기간별 회귀분석을 통해서 근사하였을 때, 여러 형태의 식들 중 지수식이 가장 R<sup>2</sup>값이 높게 나왔고, 그 식은 다음과 같다(Fig. 5).

$$y=0.245 \text{Log}x \pm 0.42, R^2=0.53$$

이 때 단위 지정으로 개월은 x, 소실 길이측정은 y값으로 하였고 mm 단위로 산정하였다.

방사선 사진상에서의 골소실량의 평균값은 식립 3개월 후에는 0.46±0.35 mm, 6개월 후에는 0.53±0.39 mm, 12개월 후에는

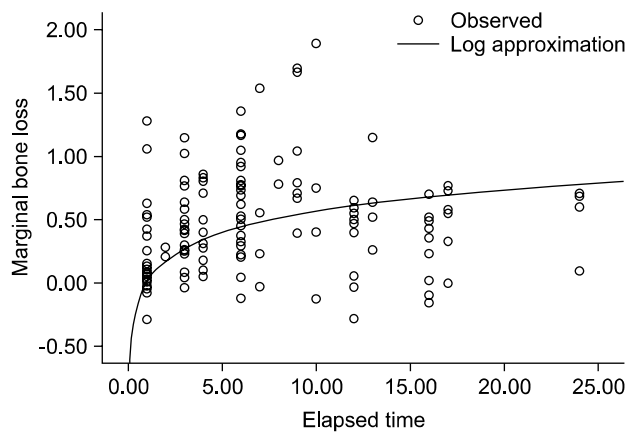


Fig. 5. Logarithm approximation curvature of marginal bone loss attained by regression analysis.

0.69±0.56 mm, 24개월 및 36개월 후에는 각각 0.74±0.12 mm, 0.81±0.24 mm로 측정되었다(Table 1). 상하악간 골소실량 비교에서는 식립 1년 후 상악에서는 0.84±0.51 mm, 하악에서는 0.28±0.29 mm의 골소실량을 보여 상악이 유의미한 차이로 높게 측정되었으며, 식립 후 보철물이 장착된 후인 평균 6~12개월 이후에 소실량이 조금 증가하였다가 이후에는 거의 변화 없는 골소실로 측정되었다(Table 2).

고 찰

치의학 및 구강악안면외과학 영역의 방사선 사진에 대한 패턴 인식 연구, 특히 임플란트 영상학에서의 분석은 매우 의미가 큰 연구라 할 수 있는데[11], 치과용 임플란트는 다른 구조물에 비해 방사선 사진상 뚜렷한 명도 차이를 나타내며, 패턴인식의 인식률도 높고, 동시에 방사선 사진상의 여러 인접 구조물 간의 관계가 치료계획 및 치료과정 그리고, 치료 후 평가에까지 지속적으로 연계되는 임상술식이기 때문이다. 이처럼 임플란트 환자의 방사선 사진에 대한 패턴인식의 연구는 앞으로도 많은 확장 가능성을 지니며 실제 임상적으로도 적용 가능한 분야로 생각된다. 본 연구에서의 패턴인식 시스템의 임플란트 패턴 인식률은 매우 우수하였는데, 10명 환자에게 식립된 총 48개의 임플란트 중에서 하악전치부에 식립되어 중첩된 이미지로 근심이 인접치와 겹쳐져서 치조정을 인식할 수 없었던 3개의 임플란트를 제외한 45개의 임플란트를 인식할 수 있었다.

본 연구에서 구현한 전산 및 공학에서의 패턴인식 알고리즘은 임플란트 수복 환자의 방사선 사진에 적용 가능한 시스템을 구현하고, 이를 바탕으로 임플란트, 주변골, 빈 공간의 x, y좌표를

Table 1. Comparisons of mean marginal bone loss with standard deviation (mm) between pattern recognition algorithm application and conventional approximated projections

Month	Pattern recognition algorithm application	Conventional approximated projections
3	0.46±0.35	0.27±0.21
6	0.53±0.39	0.44±0.23
12	0.69±0.56	0.61±0.34
24	0.74±0.12	0.77±0.42
36	0.81±0.24	0.87±0.25

Table 2. Comparisons of mean marginal bone loss with standard deviation in the posterior maxilla and mandible

Month	In maxilla (mm)	In mandible (mm)
1	0.26±0.38	0.12±0.10
3	0.52±0.31	0.28±0.24
6	0.65±0.35	0.29±0.25
12	0.84±0.51	0.28±0.29
24	0.87±0.43	0.40±0.29

인식한 뒤, 얻어진 각 구조물들의 좌표를 분석하여 임플란트 주변 치조골의 치조정과 매식체 상부와의 거리를 pixel 단위로 계산한 것으로 Java 언어를 이용해 구현된 패틴인식 시스템을 통해 읽어 들인다. 시스템에서 파노라마 방사선 사진을 컴퓨터상 화면에 띄우면 사용자가 정보를 읽어 들이고 싶은 임플란트를 마우스를 통해 선택하면, 임플란트 영역과 주변 치조골의 치조정 위치를 인식하여 원하는 수치들을 자동으로 출력해주도록 하였고 이러한 프로그램을 임플란트 수복 환자의 기간별 파노라마 사진들을 분석하여 시간의 경과에 따른 임플란트 변연골 소실량을 정확하고 간편하게 측정하도록 하였다.

주기적 재내원으로 촬영된 파노라마 방사선 사진상의 치조골 흡수량을 회기분석을 통해서 근사하였을 때, 여러 형태의 식들 중에서  $y=0.245\text{Log}x \pm 0.42$ ,  $R^2=0.53$  (단위:  $x$ 는 개월,  $y$ 는 mm)의 지수식을 통해  $R^2$ 값을 근사할 수 있었는데, 처음의 연구 목표나 오차 정도를 고려할 때 파노라마 방사선 사진보다는 치근단 방사선 사진에의 분석이 더 좋은 결과를 나타내 줄 것으로 예상되었다. 실제 본 연구의 초기 목적은 치근단 평행 방사선 사진을 대상으로 한 패틴인식 프로그램 분석이었으나, 임플란트 식립 환자 중 일정 간격으로 재내원하여 치근단 방사선 사진을 촬영한 경우보다 파노라마 방사선 사진을 촬영한 경우가 대부분이어서 파노라마 사진을 바탕으로 진행하였다. 파노라마 방사선 사진의 경우 같은 해상도의 구내 방사선 사진에 비하여 더 넓은 범위의 정보가 담겨 있기 때문에, 본 연구의 패틴인식을 일관적으로 적용시키기에는 여러 오차를 보일 수 있었는데, 예를 들면 Focal Trough를 벗어나 흐릿한 부위가 특히, 전치부에 있었고, 인접한 구조물과 중첩되어 치조정을 찾을 수 없는 경우도 있었으며 이러한 임플란트 부위를 측정할 경우에는 여러 번 반복하여도 유의미한 값을 얻을 수 없었다. 실제로 Molander 등<sup>14</sup>의 연구에 의하면 파노라마 방사선 사진은 1 mm 이상의 오차를 보이고 미세한 변화의 경우 잘 반영되지 않아 판독능이 저하될 수 있다고 하였으며, 파노라마 방사선 사진의 경우 부위별 확대율의 차이와 촬영별 투사 각도(angulation)의 차이로 인해 협설측 골이 촬영할 때마다 다르게 반영된다는 점이 연구 결과의 오차에 영향을 준 것으로 보인다<sup>15,16</sup>. 향후에는 치근단 평행 촬영법을 이용한 구내 방사선 사진을 이용하는 보다 전향적인 연구 방향을 설정함으로써 추가적인 기능 구현을 통해 임플란트와 골 간 결합 정도의 평가, 임플란트와 하치조 신경 및 상악동저까지의 거리 계산 등의 임플란트 시술 후 진단 및 평가 도구로서의 확장성을 위한 연구 내용을 고려할 수 있으리라 생각한다.

패틴인식을 통해 분석한 골흡수량의 측정값에서 식립 후 1년 평균  $0.69 \pm 0.56$  mm, 기존의 투사근사치(approximated projection)로 측정된 값은  $0.61 \pm 0.34$  mm로 측정되었는데, 이는 이전 문헌 보고에서의 Brånemark group의 연구 결과의 평균값인 1.2 mm보다 유의하게 작은 값을 보였다. 이는 임플란트 표면

처리 기술의 발달로 인한 초기 흡수량의 감소에 기인하였거나 하악골의 흡수량이 매우 적게 측정된 결과로 생각한다. 전체적인 흡수 양상을 살펴보았을 때, 1년 내에 평균 1.2 mm, 그 후에는 연간 0.1 mm 내외의 안정된 골소실량을 보이는 것이 임플란트 치료의 성공 조건이라는 기존의 여러 임상적 연구 결과와 상응하는 결과를 보였다고 생각한다. 상악 및 하악 간의 골소실량 비교에서 1년 후 골소실량이 상악에서는  $0.84 \pm 0.51$  mm, 하악에서는  $0.28 \pm 0.29$  mm로 측정되었는데, 이러한 상하악 간의 골흡수량의 유의한 차이는 상악에 식립된 29개의 임플란트 중 21개가 상악동 골이식 후에 진행되었다는 사실에 기인한다고 볼 수 있겠다. 유사한 국내 학자에 의해 최근 보고된 상악동 골이식 후 식립된 임플란트 주변골 흡수에 관한 Kim 등<sup>17</sup>의 연구에서 1년 후 평균 골흡수량인 0.9 mm와 비슷한 결과값을 나타냈을 때, 본 패틴인식을 적용한 골흡수량의 측정은 어느 정도 일관된 측정 패틴을 가질 수 있으리라 기대되었다. 하악에서의 골흡수량은 기존의 연구들과 비교하여 다소 적은 값을 나타내었는데, 이는 하악골 흡수량이 적은 환자에 편향된 표본에 기인한 결과로 생각한다. 회기분석을 통한 추세선 분석에서 전체적인 골소실량의 기간별 흡수 분포는 선행 연구 결과들과 유사한 대수 형식을 따르지만,  $R^2$ 값이 0.53으로 조금 낮게 근사된 것은 개인별로 측정값의 차이가 크기 때문으로 생각한다. 또한, 추세선에서 가장 많이 벗어난 환자에서는 실제 1년 후 측정값과 그 이후의 방사선 사진을 분석에 포함시키지 못해서 추세 오차에 보다 영향을 주었을 것으로 생각되었다.

## 결론

패틴인식을 치의학에 접목시키는 새로운 영역의 치의학 연구를 진행하고자 했던 본 연구의 목적은 구현된 시스템을 통한 임플란트와 그 주변골의 치조정에 대한 높은 인식률을 통해 어느 정도 달성되었으나 상대적으로 계획한 자료를 모두 구비한 중례 부족과 파노라마 방사선의 오차로 인해 실제 결과값에서 여러 아쉬운 결과를 동시에 보이기도 하였다. 그러나 중첩 구조물과 좁은 임플란트와 치조골 상부의 경계면 및 부위별 다른 확대율을 갖는 파노라마 방사선 사진의 한계점에도 불구하고 높은 인식률을 보였고, 기존의 tracing을 통한 골흡수량 측정의 경우 재측정하거나, 다른 사람이 측정하는 경우 그 값이 달라질 수 있는 반면, 패틴인식 알고리즘을 통해 측정하는 경우 재측정 시나 측정자가 달라질 경우에도 항상 일정한 측정값을 보인다는 점에서 그 유용성을 기대할 수 있다. 패틴인식 알고리즘의 적용을 통해 향후에는 전향적인 치근단 평행 촬영술로 촬영된 구내 방사선 사진에 대한 연구가 동시에 진행된다면, 보다 확실한 근거로 치의학 영역의 방사선 사진 분석에 대한 패틴인식 알고리즘의 적용의 유효성을 검증할 수 있을 것으로 기대된다. 나아가 추가적인 기능 구현을

통해 임플란트와 골 간 결합 정도의 평가를 통해 임플란트 초기고정에 대한 방사선학적 지표를 제시하고, 임플란트와 하치조신경 간의 거리, 임플란트와 상악동저까지의 추가적인 수치들을 평가할 수 있는 진단도구로서의 확장성을 계속되는 연구에서 기대할 수 있으리라 생각된다.

## Acknowledgements

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology (2012-008544).

## References

1. 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;10:387-416.
2. Cochran DL, Nummikoski PV, Schoolfield JD, Jones AA, Oates TW. A prospective multicenter 5-year radiographic evaluation of crestal bone levels over time in 596 dental implants placed in 192 patients. *J Periodontol* 2009;80:725-33.
3. Adell R, Lekholm U, Rockler B, *et al.* Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures (I). A 3-year longitudinal prospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986; 15:39-52.
4. Lekholm U, Adell R, Lindhe J, *et al.* Marginal tissue reactions at osseointegrated titanium fixtures. (II) A cross-sectional retrospective study. *Int J Oral Maxillofac Surg* 1986;15:53-61.
5. Henry P, Bower R, Woolridge J. Radiographic evaluation of marginal bone height around titanium implants. *J Dent Res* 1988;67:629.
6. Quirynen M, Naert I, van Steenberghe D, Dekeyser C, Callens A. Periodontal aspects of osseointegrated fixtures supporting a partial bridge. An up to 6-years retrospective study. *J Clin Periodontol* 1992;19:118-26.
7. van Steenberghe D, Klinge B, Lindén U, Quirynen M, Herrmann I, Garpland C. Periodontal indices around natural and titanium abutments: a longitudinal multicenter study. *J Periodontol* 1993;64:538-41.
8. Hughes H, Hughes K, Hamill R. A study to evaluate the introduction of a pattern recognition technique for chest radiographs by radiographers. *Radiography* 1996;2:263-88.
9. Geraets WG, Van der Stelt PF, Netelenbos CJ, Elders PJ. A new method for automatic recognition of the radiographic trabecular pattern. *J Bone Miner Res* 1990;5:227-33.
10. van der Stelt PF, van der Linden LW, Geraets WG, Alons CL. Digitized pattern recognition in the diagnosis of periodontal bone defects. *J Clin Periodontol* 1985;12:822-7.
11. Nomir O, Abdel-Mottaleb M. A system for human identification from X-ray dental radiographs. *J Pattern Recognition* 2005;38: 1295-305.
12. Duan D, Xie M, Mo Q, Han Z, Wan Y. An improved Hough transform for line detection. Beijing: ICCASM; 2010.
13. Du S, van Wyk BJ, Tu C, Zhang X. An improved Hough Transform neighborhood map for straight line segments. *IEEE Trans Image Process* 2010;19:573-85.
14. Molander B, Ahlqvist M, Gröndahl HG, Hollender L. Agreement between panoramic and intra-oral radiography in the assessment of marginal bone height. *Dentomaxillofac Radiol* 1991;20:155-60.
15. Park KH, Han DH. Radiographic study of marginal bone loss around osseointegrated implants after functional loading. *J Korean Acad Prosthodont* 1998;36:806-15.
16. Sewerin IP. Errors in radiographic assessment of marginal bone height around osseointegrated implants. *Scand J Dent Res* 1990;98:428-33.
17. Kim YK, Yun PY, Kim SG, Kim BS, Ong JL. Evaluation of sinus bone resorption and marginal bone loss after sinus bone grafting and implant placement. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2009;107:e21-8.