



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

상악 구치부에서 Hounsfield unit에 바탕한 골밀도 평가

Assessment of bone density based on Hounsfield units in the posterior maxilla

치의학대학원 치의학과 정지인 (지도교수 : 임영준)

1. 목 적

치과 임플란트를 이용한 보철치료가 일반화 되면서, 좋은 예후를 위해 식립 전 골질에 대한 평가를 실시하여 예측 가능한 상태로 시술하고 있다. 임플란트의 초기고정성 및 유지는 골질에 영향을 받기 때문에 이를 예측하는 것은 중요하다. 이 연구에서는 상악 구치부에서 2가지 다른 방법으로 측정된 Hounsfield unit(HU)를 수술 시 시술자가 주관적으로 평가한 골질과 비교하는 것이다.

2. 방 법

이 연구는 서울대학교 치과병원에서 상악구치부에 임플란트 식립을 위해 CT를 촬영하고 각 2개 씩 임플란트를 식립한 30명, 총 60개의 임플란트 식립위치를 대상으로 하였다. 임플란트 식립 시 술자가 주관적으로 평가한 골질은 Misch's classification으로 분류하고, 수치화한 분류를 위해서는 임플란트 식립 전/후에 촬영한 CT 영상을 이용하여, 각각 'OnDemand3D™ (CybermedInc., Seoul, Korea)', 'picture- archiving and commu-

nication system(PACS) (INFINITT; Infinitt Healthcare, Seoul, Korea)'를 통하여 영상의 골질을 Hounsfield unit(HU) 로 측정하고, 그 값을 Misch's classification에 따라 분류하였으며, 이들의 분류 값을 비교하여 상관관계를 알아본다.

3. 결 과

모든 조사대상에서 술자가 주관적으로 분류한 상악 구치부의 골질은 여러 논문에서 이미 밝힌 바와 같이 D3 와 D4 였다. Hounsfield unit을 측정하여 분류한 골질은 Hounsfield unit을 측정한 방법(OnDemand3D™, PACS)에 따라 약간의 차이를 보였다. OnDemand3D™는 CT영상에서 체적에 대한 밀도를 Hounsfield unit으로 측정하였기에, 실제로 술자가 느낀 tactile sense에 근접하게 골질을 분석할 수 있으며, PACS는 CT 영상의 횡단면 한 장의 영상에서의 Hounsfield unit을 측정하기에 그 값이 실제 골밀도를 정밀하게 재현하기 어렵다고 볼 수 있다.

주요어 : 골밀도, 골질, Hounsfield Unit, 상악 구치부, CT, 임플란트

학 번 : 2012-22205

INTRODUCTION

치과 임플란트는 완전 무치악을 수복할 뿐 아니라 단일치 상실 부분 무치악 환자에서도 성공적인 치료 방법으로 널리 평가받고 있으며, 발명 초기에는 하악의 완전 무치악을 수복하는 데 초점을 맞췄으나 현재는 단일치 상실 부분의 수복 치료 방법 중 가장 우선적으로 여겨지고 있다[1]. 국내에서는 1년에 1만명 당 180개 정도의 임플란트가 사용되는 것으로 추정되며, 보철 치료의 약 30-40%가 임플란트 보철로 대체되고 있는 것으로 보고된다. 노인인구의 증가 및 임플란트 보철의 다양한 장점으로 인해 임플란트 보철에 대한 기대와 요구는 계속 증가하는 추세이다[2].

치과용 임플란트의 성공 여부를 판단하는 기준은 다양하게 존재하지만[3-7], T.Albrektsson et al.에 의하면 다음과 같은 내용을 포함할 수 있다;

1. 임플란트 재료의 생체 적합성; Biocompatibility of the implant material.
2. 임플란트 표면의 거시적, 미시적인 특성; Macroscopic and microscopic nature of the implant surface
3. 감염되지 않은 건강한 환경, 골질에 심겨진 임플란트의 상태; The status of the implant bed in both a health (non-infected) and a morphologic (bone quality) context
4. 수술적 숙련도; The surgical technique
5. 영향을 받지 않은 회복 기간; The undisturbed healing phase
6. 이 후의 보철물의 디자인과 장기적인 부하(탑재) 단계(위생/심미적 고려사항을 포함한 디자인, 금속의 종류, 임플란트 위치, 부하 작용 등); The subsequent prosthetic design and long-term loading phase. This reconciles considerations of design, materials used, location of im-

plants, and anticipated loading, together with hygienic and cosmetic considerations [8].

제시한 여러 조건 중에서도 Morris, H.E. et al.은 골 유착 임플란트의 장기적인 임상 성공률은 크게 두 가지에 의해 영향을 받는다고 밝혔다;

1. 골-임플란트 사이의 계면 상태; the status of the bone-implant interface
2. 골-임플란트 주변 골의 밀도; the density of the surrounding bone [9]

임플란트의 임상적인 성공률 및 생존율은 임플란트의 식립 안정성을 지표로 삼아 평가하고, 임플란트의 식립 초기 안정성은 예후를 평가하는 좋은 수단이 된다. 이러한 임플란트의 초기 안정성은 골의 밀도에 따라 편차가 있으며, 골 밀도를 평가하는 것이 초기 안정성을 향상시키는 데 유의할 수 있다[10].

임플란트를 식립하기 전에 술자는 방사선 사진을 통하여 악골의 해부학적 구조물의 위치 확인, 치조골의 평가 등을 실시한다[11]. 치과병원에서는 비교적 경제적이고, 촬영이 용이한 파노라마 방사선 사진을 이용하여 환자의 악골을 평가하고 있지만, 입체적인 구조를 평면적인 영상으로 구현한 파노라마 방사선 사진으로 임플란트 시술 전에 골질을 평가하기에는 한계가 존재한다[12]. 따라서 3 차원적으로 환자의 악골을 확인할 수 있는 Computed tomography (CT) 영상을 촬영하여 술자가 시각적으로 골질을 일차 평가하고, 이 영상에서 Hounsfield Unit 을 측정하여 이차적으로 수치화한 골 평가를 실시할 수 있다[10, 13-15].

본 연구의 목적은 첫째, 임플란트 식립 전 골 밀도를 평가함으로써 임플란트의 초기 안정성 및 성공률을 향상시키는 것이고, 둘째로는 골 밀도를 평가하는 적절한 방법을 선택하는 것이다.

Materials and Methods

Materials

서울대학교 치과병원에서 2012 년 7 월부터 2014 년 5 월까지 기간 중에 상악 구치부에 2 개의 임플란트를 식립한 환자를 대상으로 하였으며, 임상적으로 식립된 임플란트에 동요도가 있는 경우는 제외하고 30 명 즉, 60 개의 임플란트 식립 부위를 무작위로 선정하였다. 총 30 명의 환자 중, 남자는 20 명, 여자는 10 명이었고, 연령은 60 세를 기준으로 60 세 이하는 13 명, 60 세 초과는 17 명이었다(표 1). 이들 모두는 임플란트 식립 전 후에 서울대학교 치과병원 구강악안면방사선과에서 전산화 단층사진촬영기, Somatom Sensation 10(Siemens AG, Forchheim.,Germany)를 이용하여 CT 영상을 촬영하였다. 임플란트의 종류, 직경, 식립토크에 대하여는 통일되지 않은 상태로 표본이 충분하지 않아 구분 없이 진행하였다.

특별히, 연구대상의 위치를 상악 구치부로 한정하였는데 그 이유는 여러 연구에서 Hounsfield unit 으로 측정된 골질이 구강 내 다른 부분에 비해 상악 구치부에서 가장 불량하고, 그 부분의 낮은 골 밀도와, 구치부의 강한 교합력 때문에 임플란트 실패율이 가장 높게 나타났기 때문이다[14-17].

Methods

(1) Subjective tactile sensation

현재 골질을 분류하는 방법으로는 Lekholm & Zarb 의 해부학적 구조를 고려한 분류법을 전 세계적으로 가장 널리 사용되고 있다[18]. 그러나 골밀도를 예측하기 위해 해부학적 구조를 직접 분석하기는 어렵기 때문에 Misch 가 제안한 촉진 시 느낌으로 골질을 분류하는 방법도 병행하고 있다. 이는 술자가 임플란트 식립 시에 느끼는 tactile sense 를 바탕으로 골질을 분류하는

방법으로 기준은 (표 2)와 같고, 술자의 주관적인 느낌으로 골의 밀도를 평가하게 된다.[7, 10, 16, 19].

(2) Hounsfield Unit(HU) 측정 – OnDemand3D™

골밀도를 객관적으로 수치화하여 평가하기 위해서는 CT 영상에서 Hounsfield unit(HU)으로 CT value 를 측정한다. OnDemand3D™ (CybermedInc., Seoul, Korea) 프로그램을 사용하면, 3 차원 체적을 토대로 Hounsfield unit 을 측정할 수 있기 때문에 재현성이 좋다. 식립한 임플란트의 정보를 입력하고, 임플란트 식립 전 후의 CT 영상을 overlap 하여 임플란트 주변 골의 위치를 정밀하게 설정할 수 있다. 설정한 임플란트 주변 골에서 3 차원적 체적 밀도를 Hounsfield unit 으로 측정하였다. 측정한 Hounsfield unit 을 Misch 가 제시한 기준을 바탕으로 해당 골질을 D1 부터 D4 까지 분류한다(표 3)[16].

(3) Hounsfield Unit(HU) 측정 – PACS

Hounsfield unit 을 측정하는 또 다른 방법으로는 picture- archiving and communication system(PACS) (INFINITT; Infinitt Healthcare, Seoul, Korea)를 이용하였다. 임플란트 식립 전 CT 영상의 횡단면 한 장에서 임플란트를 식립할 것으로 예측하는 부위의 약 $4.00 \pm 0.2 \text{ mm}^2$ (오차범위 5%) 너비의 원형을 설정하여 그 부분의 Hounsfield unit 의 평균값을 측정하였다(그림 1). 마찬가지로 측정한 Hounsfield unit 을 Misch 가 제시한 기준을 바탕으로 해당 골질을 D1 부터 D4 까지 분류한다(표 3)[16].

Statistical Analysis

SPSS v22 software(SPSS, IBM, USA)를 이용하여 연령과 성별에 따라 골질의 분포가 영향을 받는지 살펴보고, Hounsfield unit 을 측정하는 각각의 방법; OnDemand, PACS; 이 서로 유의하게 골질을 분류하는지 분석한다. 유의수준 5%에서 카이제곱 검정을 통해 독립성 검정을 실시하였다.

Results

(1) 술자의 subjective tactile sensation 에 의해 분류된 골질의 분포

총 60 개의 표본에서 골질은 모두 D3 또는 D4 로 감지되었으며, 각각은 37 개, 23 개로 D3 의 수가 더 많이 관찰되었다. 연령은 60 세를 기준으로 60 세 이하 그룹과 60 세 초과 그룹으로 나누어 비교하였으며, 각각을 성별에 따라서도 골질의 분포에 차이가 있는지 확인하였다.

먼저 연령별로, 60 세 이하의 표본은 26 개였으며, D3 와 D4 는 각각 14 개(53.8%), 12 개(46.2%)로 분류되었다. 60 세를 초과하는 그룹은 총 34 개 중 D3 가 23 개로 67.6%, D4 가 11 개로 32.4%를 차지했다(표 4). 유의성 검정을 통하여 연령별로 골질의 분포는 독립적으로 나타나는 것을 확인할 수 있었다($p>0.05$)(표 5).

성별에 따라 살펴보면, 남자 표본 40 개와 여자 표본 20 개 중 남자는 D3 가 30 개(75%), D4 가 10 개(25%)로 3:1 의 비율로 D3 가 더 많이 존재했고, 여자는 D3 가 7 개(35%), D4 가 13 개(65%)로 D4 의 비율이 더 높게 분포했다(표 6). 유의성 검정을 실시하였을 때, 0.004 로 매우 유의한 값을 나타냈다($p<0.05$)(표 7).

(2) OnDemand3D™ 로 구한 Hounsfield unit(HU)

식립된 임플란트 주변 골의 밀도를 OnDemand3D™ (CybermedInc., Seoul, Korea) software 를 이용하여 Hounsfield unit 을 측정하였고, 이를 바탕으로 Misch 의 분류 기준(표 3)에 따라 골질을 분류하였다(표 8). D3, D4 로 분류된 표본은 각각 37 개, 23 개로 술자가 주관적으로 분류한 것과 일치하게 분류되었다(표 9).

D3 로 분류된 표본의 Hounsfield unit 의 평균은 507.9, 표준 편차는 110.8 이며, 평균은 Misch 의 분류 기준으로 제시된 D3 Hounsfield unit 범위의 중앙값보다 작은 값을 나타냈다(표 10).

D4 로 분류된 표본의 Hounsfield unit 의 평균은 237.1, 표준 편차는 77.8 이고, 평균은 Misch 의 분류 기준으로 제시된 D4 Hounsfield unit 범위의 중앙값보다 약간 크게 관찰되었다(표 11).

(3) PACS 로 구한 Hounsfield unit(HU)

식립된 임플란트 주변 골의 밀도를 picture- archiving and communication system(PACS) (INFINITT; Infinit Healthcure, Seoul, Korea)를 이용하여 Hounsfield unit 을 측정하였고, 이를 바탕으로 Misch 의 분류 기준(표 3)에 따라 골질을 분류하였다(표 12). OnDemand3D™로 측정한 값과 달리 총 60 개의 표본 중 D2, D3, D4 가 각각 2 개, 31 개, 27 개로 분류 되었으며, 술자가 주관적으로 분류할 때는 없었던 D2 골질이 관찰되었다. 술자가 시술 시 tactile sense 로 골질을 D3 로 분류한 것과 PACS 를 이용하여 Hounsfield unit 을 구하여 D3 로 분류한 것은 약 90.3%의 일치도를 보였고, D4 에 있어서는 이 두 분류의 일치도가 74.1%로 나타났다(표 13).

D2 로 분류된 표본의 Hounsfield unit 의 평균은 918.5, 표준 편차는 74.4 이며, 평균은 Misch 의 분류 기준으로 제시된 D2 Hounsfield unit 범위의 중앙값보다 작았다(표 14).

D3 로 분류된 표본의 Hounsfield unit 의 평균은 484.7, 표준 편차는 97.7 이며, 평균은 Misch 의 분류 기준으로 제시된 D3 Hounsfield unit 범위의 중앙값보다 작았으며, OnDemand3D™ 로 구한 D3 의 Hounsfield unit 평균값에 비해서도 작았다(표 15).

D4 로 분류된 표본의 Hounsfield unit 의 평균은 252.2, 표준 편차는 73.2 이고, 평균은 Misch 의 분류 기준으로 제시된 D4 Hounsfield unit 범위의 중앙값과 근사하였다(표 16).

(4) Hounsfield unit 측정 방법에 따른 골질의 분류 일치도

본 연구에서는 Hounsfield unit 을 측정하는 방법에 있어서 두 가지 프로그램(OnDemand3D™, PACS)을 사용했다. 술자가 임플란트 식립 시 느낀 tactile sense 로 분류한 골질을 기준으로, OnDemand3D™로 측정한 Hounsfield unit 으로 분류한 골질은 동일한 분포를 보였고, PACS 로 측정한 Hounsfield unit 으로 분류한 골질은 다소 차이가 있었다(표 17). 통계적으로는 OnDemand3D™로 Hounsfield unit 을 측정하여 골질을 분류하는 것과 PACS 로 Hounsfield unit 을 측정하여 골질 분류 자료로 사용하는 것은 독립적이다($p>0.05$)(표 18).

연령별로 두 측정 프로그램의 분류 결과의 일치율을 살펴보면, 60 세 이하의 그룹에서는 20 개의 표본이 일치하여 76.9%를 차지했고, 60 세 초과 그룹에서는 28 개의 표본이 일치하여 82.4%의 일치율을 보였다(표 19). 이들 일치율은 측정 프로그램에 따른 유의성을 보이지 않으므로 서로 독립적이다($p>0.05$)(표 20).

성별에 따라서 두 측정 프로그램의 분류 결과의 일치율을 살펴보면, 남자 표본은 29 개, 72.5%가 일치하였고, 여자 표본에서는 19 개, 95.0%가 일치율을 보였다(표 21). 이들 일치율은 연령별로 살펴본 것과 달리 측정 프로그램에 통계적으로 유의성이 있었다($p<0.05$)(표 22).

Discussion

치과 임플란트는 역사가 그리 길지는 않지만 그에 비해 매우 단기간에 치과에서 대중적인 수복/보철 치료의 방법으로 사용되고 있다. 환자들의 임플란트 치료에 대한 요구가 증가함에 따라 임플란트 재료와 시스템도 지속적인 개발이 이루어지고 있으며, 이러한 노력들은 임플란트 성공률을 높이기 위한 것이라고 할 수 있겠다.

임플란트의 성공 여부는 여러 기준에 의해 판단되지만[3-7], 그 중에서도 주목하여 볼 것은 바로 골-임플란트 계면에서의 골의 밀도이다[9]. Motofumi et al.에서 언급한 바 골 밀도를 평가함으로써 임플란트의 초기 안정성을 향상시킬 수 있고[10], 골 밀도에 따라 치유기간이나 부하의 시기 및 양을 조절하면서 환자 맞춤형으로 향후 치료를 계획할 수 있다[20].

이미 많은 연구 결과를 통해 구강 내에서 악골의 위치에 따른 골 밀도, 즉 골질의 분포 경향을 알 수 있는데, 상악과 하악, 전치부와 구치부를 기준으로 가장 밀도가 높은 부분(D1)은 하악 전치부이고, 가장 낮은 밀도를 나타내는 부분(D4)은 상악 구치부이다(표 2)[18].

최근 F.C.Setzer et al.에 의하면 임플란트의 실패율이 약 6%정도로 보고되는 가운데[21], 구치부의 임플란트 성공률은 90% 정도로, 전치부에 비해서는 예후가 불량하며, 그 중에서도 골 밀도가 낮은 상악 구치부에 있어서는 더욱 주의가 필요함을 알 수 있다[22].

임플란트를 식립하는 부위의 골질을 평가하는 방법으로는 술자가 직접 시술 시에 느끼는 저항감을 토대로 분류하는 법, 형태학적으로 골을 생검하여 단면을 계측하는 방법, 방사선 사진을 통하여 Hounsfield unit 또는 흑화도를 측정하여 골의 밀도를 분류하는 방법 등 다양한 방법들이 시도되고 있다[9-14, 16, 23, 24]. 술 전에 골질을 예측하기 위해서 기존에 사용되어 온 방법은 비교적 간편하고 경제적인 파노라마 방사선 사진, 또는 치근단 방사선 사진을

촬영하는 것이었다[11]. 최근에는 수술의 정확성을 높이기 위해 CT 영상을 더욱 보편화하여 사용하고 있으므로, 이를 토대로 임플란트 식립 위치를 예측할 뿐 아니라 해당 골질의 해부학적 구조를 예측하고 골질을 분류하여 예후 평가를 하기에 용이하게 되었다. 영상을 보는 것만으로 골질을 평가하는 것은 술자의 숙련도에 따라 차이가 생길 수 있으나, Hounsfield unit 을 측정하여 골질을 평가하는 것은 비교적 객관적인 방법이라 할 수 있다[13, 14].

본 연구에서 살펴보고자 했던 것은 첫째로, 술자가 임플란트 식립 시에 느끼는 골질이 실제 Hounsfield unit 을 측정하여 분류하는 골질과 어느 정도 유사한지 비교하는 것이고, 둘째로는 Hounsfield unit 을 측정하는 방법에 따라 골질의 분류가 차이가 있는지 비교하는 것이다.

술자가 임플란트 식립 시에 상악 구치부 골질을 분류했을 때, 60 개 표본의 골질은 밀도가 낮은 D3, D4 로 분류되었다. 이는 상악 구치부의 골질이 가장 불량하다는 기존의 많은 연구와 유사한 결과 값을 보여주었고, 시술 시에 술자의 각별한 주의가 필요하다고 할 수 있겠다. 60 세를 기준으로 두 그룹에서는 골질의 분포가 독립적으로 나타나는 것을 확인했으며($p>0.05$), 성별에 있어서는 남성에서는 D3 의 분포가, 여성에서는 D4 의 분포가 매우 유의하게 나타난 것을 확인했다($p<0.05$).

다음으로는 술자가 시술 시 느끼는 tactile sensation 을 통해 골질을 분류하는 것보다 비교적 객관적인 수치가 제시되는 Hounsfield unit 을 바탕으로 골질을 평가하고자 두 가지 방법을 시도했다. 첫 번째는 OnDemand3D™를 사용하여 3 차원적인 체적을 바탕으로 밀도를 측정하는 방법이다. 이 방법을 통해 Hounsfield unit 을 측정하고, 해당 값을 바탕으로 Misch 의 분류 기준에 따라 골질을 분류한 분포는 술자가 직접 느낀 골질의 분포와 100% 일치한 결과를 보여주었다. 반면, PACS 를 사용하여 Hounsfield unit 을 측정하고, 그에 따라 골질을 분류하였을 때는 이전까지 없었던

D2 의 분류가 새로 생겼으며, D3 와 D4 의 분포에도 약간의 변동이 있었다. 이 분포는 술자의 직접적인 골질 분류와 비교했을 때 D3 에서 90.3%의 일치도를 보이고, D4 에서 74.1%의 일치도를 보였다.

OnDemand3D™를 사용하여 Hounsfield unit 을 측정하는 과정에서는 임플란트 시술 시 사용하는 임플란트의 종류를 입력하고, 시술 전 후의 CT 영상을 overlap 하여 임플란트의 식립 위치를 명확히 하였다. 이를 통해 임플란트가 식립된 주변 골조직의 3 차원적 골밀도를 Hounsfield unit 으로 측정 가능하게 된다. 따라서 이 과정에서 얻어진 골질의 분포는 상당히 신뢰할 만한 자료가 될 것이다. 더욱이 술자가 감각적으로 분류한 골질의 분포와도 동일한 양상을 보였으므로, 임플란트 시술 시 골질을 평가하기에 OnDemand3D™는 재현성이 좋다고 할 수 있다.

그에 반해, PACS 를 사용하여 Hounsfield unit 을 측정할 때는, CT 영상을 이용하기는 했으나 3 차원적인 체적을 고려한 밀도를 산출하는 것이 아니라, CT 영상의 한 횡단면 사진으로 해당 부분의 Hounsfield unit 을 측정했기 정확성이 떨어진다. 그리고 Part et al.의 연구에서 밝힌 바 골소주가 일정하게 배열되는 것이 아니라 비록 약 $4.00 \pm 0.2 \text{ mm}^2$ 의 작은 직경이라도 cortical bone 과 cancellous bone 의 배열이 일정하지 않고, cancellous bone 의 입자도 fine 또는 coarse 성상으로 다르게 나타날 수 있기 때문에 정확한 임플란트 주변 골의 Hounsfield unit 을 측정하는 것이 쉽지 않다[5]. 따라서 정확하게 임플란트가 식립되는 주변의 골조직의 위치를 선정할 필요도 있을 뿐 아니라 해당 위치에서의 입체적인 밀도를 측정하기 위해서는 여러 장의 횡단면 CT 영상을 분석하는 등의 방안이 필요할 것으로 생각된다.

통계적으로 OnDemand3D™로 구한 Hounsfield unit 으로의 골 분류와 PACS 로 구한 Hounsfield unit 으로의 골 분류는 서로 독립적임을 알 수 있었고, 연령별로 나누어 비교해봐도 유의성은 없었지만 성별에 따라서는 이 두 프로그램이 통계적으로 유의성이 있음을 보였다. 골질의 평가가 Hounsfield

unit 을 측정하는 두 프로그램에 대하여 독립적이기 때문에 임상적으로는 두 가지 방법 중 어느 것을 사용하더라도 골질의 분류가 편향되게 측정되지는 않음을 알 수 있다. 그럼에도 정확성의 측면에 있어서는 체적을 바탕으로 Hounsfield unit 을 측정한 OnDemand3D™의 분류를 더 신뢰할 수 있겠으나, 술 전에 골질을 예측하려면 본 연구에서 시행한 것과 같이 술 전/후의 영상을 overlap 하여 위치를 조정하는 것은 불가하므로 약간의 오차가 발생할 수 있을 것으로 생각한다. 또한 프로그램의 조작성도 고려해본다면 임상가가 술전에 PACS 로 Hounsfield unit 을 측정하여 골질을 평가하는 것도 충분히 의미 있는 평가가 될 것이라 생각한다.

Conclusion

상악 구치부는 Hounsfield unit 을 측정하여 분류 시에 주로 D3 또는 D4 로 분류되어 골질이 불량함을 알 수 있다. 술자가 임플란트를 식립하는 당시에 느낀 골질은 CT 영상으로 Hounsfield unit 을 측정하여 분류한 골질과 매우 유사하다. Hounsfield unit 을 측정하는 방법에는 OnDemand3D™와 PACS 를 사용하는 방법이 있는데, 이 둘은 통계적으로 유의하지 않아 독립적인 결과값을 제시하였으며 골질, 나이, 성별에 따라 그 일치도가 각각 다르게 나타났으나 표본이 제한적이었던 한계점이 있으므로 추후에 대상에 대하여 비교 추적이 필요할 것으로 사료된다. 그러나 임상적으로 사용하기에 비교적 조작이 용이한 PACS 를 사용하여 Hounsfield unit 을 측정하는 것도 골질 평가에 유용할 것으로 보인다.

연령	남자	여자	Total	%
60 세 이하	14	12	26(13 명)	43%
60 세 초과	26	8	34(17 명)	57%
Total	40(20 명)	20(10 명)	60(30 명)	
%	67%	33%		

표 1. 대상자의 분포(연령,성별)

Bone density	Description	Tactile analog	Typical anatomical location
D1	Dense cortical	Oak or maple wood	Ant. Mn.
D2	Porous cortical and coarse trabecular	White pine or spruce wood	Ant. Mn. / Mx. & Post. Mn.
D3	Porous cortical(thin) and fine trabecular	Balsa wood	Ant. Mx. & Post. Mx. / Mn.
D4	Fine trabecular	Styrofoam	Post. Mx.

표 2. Lekholm & Zarb, Misch's classification[16, 18]

Bone density	Hounsfield unit(HU)	HU 중앙값
D1	>1,250	
D2	850 – 1,250	1,050
D3	350 – 850	600
D4	150 – 350	250

표 3. Hounsfield unit 으로 분류한 골질[10, 16]

			골질		
			D3	D4	총계
연령	60 세 이하	개수	14	12	26
		기대개수	16.0	10.0	26.0
		연령 내 %	53.8%	46.2%	100.0%
	60 세 초과	개수	23	11	34
		기대개수	21.0	13.0	34.0
		연령 내 %	67.6%	32.4%	100.0%
총계		개수	37	23	60
		기대개수	37.0	23.0	60.0
		연령 내 %	61.7%	38.3%	100.0%

표 4. 연령별 골질 분류(술자의 subjective tactile sense)

	값	df	점근	정확한	정확한
			유의수준(양면)	유의수준(양면)	유의수준(단면)
Pearson 카이제곱	1.187 ^a	1	.276		
연속성 보정 ^b	.675	1	.411		
우도비	1.185	1	.276		
Fisher의 정확 검정				.298	.206
선형 대 선형 연결	1.167	1	.280		
유효 케이스 N	60				

표 5. 연령별로 분류된 골질의 독립성 검정(술자의 subjective tactile sense)

			골질		
			D3	D4	총계
성별	남자	개수	30	10	40
		기대개수	24.7	15.3	40.0
		연령 내 %	75.0%	25.0%	100.0%
	여자	개수	7	13	20
		기대개수	12.3	7.7	20.0
		연령 내 %	35.0%	65.0%	100.0%
총계		개수	37	23	60
		기대개수	37.0	23.0	60.0
		연령 내 %	61.7%	38.3%	100.0%

표 6. 성별 골질 분류(술자의 subjective tactile sense)

			점근	정확한	정확한
	값	df	유의수준(양면)	유의수준(양면)	유의수준(단면)
Pearson 카이제곱	9.025 ^a	1	.003		
연속성 보정 ^b	7.412	1	.006		
우도비	8.996	1	.003		
Fisher의 정확 검정				.004	.003
선형 대 선형 연결	8.874	1	.003		
유효 케이스 N	60				

표 7. 성별로 분류된 골질의 독립성 검정(술자의 subjective tactile sense)

Houndsfield Unit	골질	Houndsfield Unit	골질
538.34	D3	435.71	D3
438.72	D3	377.41	D3
424.44	D3	473.98	D3
385.25	D3	442.80	D3
398.03	D3	737.53	D3
411.01	D3	556.36	D3
392.66	D3	651.16	D3
386.61	D3	256.14	D4
447.67	D3	260.94	D4
558.40	D3	48.11	D4
514.78	D3	65.14	D4
482.60	D3	316.02	D4
523.65	D3	238.87	D4
499.03	D3	170.39	D4
563.51	D3	346.47	D4
516.70	D3	332.68	D4
382.69	D3	274.36	D4
445.99	D3	199.79	D4
476.88	D3	305.64	D4
527.40	D3	264.92	D4
625.27	D3	240.03	D4
630.72	D3	293.83	D4
394.77	D3	270.59	D4
379.93	D3	232.31	D4
512.11	D3	270.05	D4
468.57	D3	160.75	D4
571.88	D3	153.72	D4
677.84	D3	304.96	D4
761.23	D3	180.53	D4
779.61	D3	267.87	D4

표 8. OnDemand 로 측정한 Hounsfield unit 의 값과 골질 분류

			OnDemand 골질		
			D3	D4	총계
Subjective 골질	D3	개수	37	0	37
		Subjective 골질 내 %	100.0%	0.0%	100.0%
		OnDemand 골질 내 %	100.0%	0.0%	61.7%
	D4	개수	0	23	23
		Subjective 골질 내 %	0.0%	100.0%	100.0%
		OnDemand 골질 내 %	0.0%	100.0%	100.0%
총계		개수	37	23	60
		Subjective 골질 내 %	61.7%	38.3%	100.0%
		OnDemand 골질 내 %	100.0%	100.0%	100.0%

표 9. 솔자에 의해 분류된 Subjective 골질과 OnDemand 로 분류한 골질의 일치도

	N	평균	표준 편차	분산
Hounsfield Unit	37	507.9	110.8	12283.1
유효한 N	37			

표 10. OnDemand로 구한 D3의 Hounsfield unit(HU) 값의 기술통계량(소수점 첫째자리까지 나타냄)

	N	평균	표준 편차	분산
Hounsfield Unit	23	237.1	77.8	6056.4
유효한 N	23			

표 11. OnDemand로 구한 D4의 Hounsfield unit(HU) 값의 기술통계량(소수점 첫째자리까지 나타냄)

Hounsfield unit	골질	Hounsfield unit	골질
865.9	D2	709.29	D3
971.06	D2	589.77	D3
590.17	D3	421.42	D3
414.67	D3	253.26	D4
456.44	D3	297.03	D4
359.27	D3	348.36	D4
377.67	D3	173.17	D4
372.33	D3	316.77	D4
452.63	D3	110.25	D4
459.02	D3	190.36	D4
486.28	D3	280.12	D4
542.42	D3	204.75	D4
461	D3	103.51	D4
491.14	D3	134.26	D4
417.67	D3	315.02	D4
613.88	D3	347.97	D4
509.68	D3	299.3	D4
399.03	D3	304.99	D4
458.45	D3	345.73	D4
440.76	D3	317.76	D4
353.1	D3	233.74	D4
426.77	D3	230.62	D4
653.09	D3	333.9	D4
509.75	D3	200.13	D4
481.13	D3	261.42	D4
407.6	D3	219.22	D4
583.57	D3	276.26	D4
376.14	D3	211.67	D4
505.88	D3	320.89	D4
706.27	D3	179.27	D4

표 12. PACS 로 측정된 Hounsfield unit 의 값과 골질 분류

			PACS 골질			
			D2	D3	D4	총계
Subjective 골질	D3	개수	2	28	7	37
		Subjective 골질 내 %	5.4%	75.7%	18.9%	100.0%
		PACS 골질 내 %	100.0%	90.3%	25.9%	61.7%
	D4	개수	0	3	20	23
		Subjective 골질 내 %	0.0%	13.0%	87.0%	100.0%
		PACS 골질 내 %	0.0%	9.7%	74.1%	38.3%
총계		개수	2	31	27	60
		Subjective 골질 내 %	3.3%	51.7%	45.0%	100.0%
		PACS 골질 내 %	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

표 13. 술자에 의해 분류된 Subjective 골질과 PACS 로 분류한 골질의 일치도

	N	평균	표준 편차	분산
Hounsfield Unit	2	918.5	74.4	5529.3
유효한 N	2			

표 14. PACS 로 구한 D2 의 Hounsfield unit(HU) 값의 기술통계량(소수점 첫째자리까지 나타냄)

	N	평균	표준 편차	분산
Hounsfield Unit	31	484.7	97.7	9541.1
유효한 N	31			

표 15. PACS 로 구한 D3 의 Hounsfield unit(HU) 값의 기술통계량(소수점 첫째자리까지 나타냄)

	N	평균	표준 편차	분산
Houndsfield Unit	27	252.2	73.2	5365.0
유효한 N	27			

표 16. PACS 로 구한 D4 의 Hounsfield unit(HU) 값의 기술통계량(소수점 첫째자리까지 나타냄)

		골질				
			D2	D3	D4	총계
HU측정방법	OnDemand	개수	0	37	23	60
		기대개수	1.0	34.0	25.0	60.0
		HU측정방법 내 %	0.0%	61.7%	38.3%	100.0%
	PACS	개수	2	31	27	60
		기대개수	1.0	34.0	25.0	60.0
		HU측정방법 내 %	3.3%	51.7%	45.0%	100.0%
총계	개수	2	68	50	120	
	기대개수	2.0	68.0	50.0	120.0	
	HU측정방법 내 %	1.7%	56.7%	41.7%	100.0%	

표 17. Hounsfield unit을 측정하는 두 프로그램(OnDemand, PACS)의 골질 분류

	값	df	점근 유의수준(양면)
Pearson 카이제곱	2.849 ^a	2	.241
우도비	3.623	2	.163
선형 대 선형 연결	.121	1	.728
유효 케이스 N	120		

표 18. Hounsfield unit을 측정하는 두 프로그램(OnDemand, PACS)의 골질 분류의 독립성 검정

			일치여부		총계
			일치	불일치	
연령	60세 이하	개수	20	6	26
		기대개수	20.8	5.2	26.0
		연령 내 %	76.9%	23.1%	100.0%
	60세 초과	개수	28	6	34
		기대개수	27.2	6.8	34.0
		연령 내 %	82.4%	17.6%	100.0%
총계		개수	48	12	60
		기대개수	48.0	12.0	60.0
		연령 내 %	80.0%	20.0%	100.0%

표 19. 연령에 따른 OnDemand에 의한 골분류와 PACS에 의한 골분류의 일치도

	값	df	점근 유의수준(양면)	정확한 유의수준(양면)	정확한 유의수준(단면)
Pearson 카이제곱	.271 ^a	1	.602		
연속성 보정 ^b	.038	1	.845		
우도비	.270	1	.604		
Fisher의 정확 검정				.747	.420
선형 대 선형 연결	.267	1	.605		
유효 케이스 N	60				

표 20. 연령에 따른 OnDemand에 의한 골분류와 PACS에 의한 골분류의 일치도의 유의성 검정

			일치여부		
			일치	불일치	총계
성별	남자	개수	29	11	40
		기대개수	32.0	8.0	40.0
		성별 내 %	72.5%	27.5%	100.0%
	여자	개수	19	1	20
		기대개수	16.0	4.0	20.0
		성별 내 %	95.0%	5.0%	100.0%
총계		개수	48	12	60
		기대개수	48.0	12.0	60.0
		성별 내 %	80.0%	20.0%	100.0%

표 21. 성별에 따른 OnDemand에 의한 골분류와 PACS에 의한 골분류의 일치도

	값	df	점근 유의수준(양면)	정확한 유의수준(양면)	정확한 유의수준(단면)
Pearson 카이제곱	4.219 ^a	1	.040		
연속성 보정 ^b	2.930	1	.087		
우도비	5.054	1	.025		
Fisher의 정확 검정				.047	.037
선형 대 선형 연결	4.148	1	.042		
유효 케이스 N	60				

표 22. 성별에 따른 OnDemand에 의한 골분류와 PACS에 의한 골분류의 일치도의
유의성 검정



그림 1. PACS 로 임플란트 식립 예측 부위의 밀도 측정(HU)

References

1. 고정성치과보철학교수협의회, *고정성 치과보철학 원리와 임상*. 2012: p. 419-438.
2. Misch, C.E., *Dental Implant Prosthetics, second edition*. 2015: p. 1-65.
3. Molly, L., *Bone density and primary stability in implant therapy*. Clin. Oral Imp. Res., 2006. **17**(2): p. 124-135.
4. Esposito M, H.J.-M., Lekholm U, Thomsen P, *Biological factors contributing to failures of osseointegrated oral implants*
(II). *Etiopathogenesis*. Eur J Oral Sci, 1998. **106**: p. 721-764.
5. Park, H.S., et al., *Density of the alveolar and basal bones of the maxilla and the mandible*. Am J Orthod Dentofacial Orthop, 2008. **133**(1): p. 30-7.
6. Goiato, M.C., et al., *Longevity of dental implants in type IV bone: a systematic review*. Int J Oral Maxillofac Surg, 2014. **43**(9): p. 1108-16.
7. Michael R.Norton, C.G., *Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan*. Clin. Oral Imp. Res., 2001. **12**: p. 79-84.
8. T. Albrektsson, G.Z., P. Worthington, A.R. Eriksson, *The long-term efficacy of currently used dental implants: A Review and Proposed criteria of success*. JOMI, 1986. **11**(25).
9. Harold F. Morris, D., MS, et al., *BONE DENSITY:ITS INFLUENCE ON IMPLANT STABILITY AFTER UNCOVERING*. Journal of Oral Implantology, 2003. **XXIX**(6): p. 263-269.
10. Motofumi Sogo, K.I., Tsung-Chieh Yang, Masahiro Wada, Yoshinobu Maeda, *Assessment of Bone Density in the Posterior Maxilla Based on Hounsfield Units to Enhance the Initial Stability of Implants*. Clinical Implant Dentistry and Related Research, 2012. **12**(1): p. e183-187.
11. Lee SS, C.S., *Radiographic examination for successful dental implant*. Korean J Oral Maxillofac Radiol, 2005. **35**: p. 63-68.
12. Sul-Mi Lee, K.-H.H., Won-Jin Yi, Min-Seok Heo, Sam-Sun Lee, Tae-In Gang, Soon-Chul Choi, *Morphological analysis of mandibular posterior edentulous bones using cross-sectional CT images*. Korean J Oral Maxillofac Radiol, 2007. **37**: p. 133-138.
13. Rubelisa Cândido Gomes de Oliveira, C.R.L., Leonardo Martins Normanha, Christina Lindh, Odont dr, and Rejane Faria Ribeiro-Rotta, Goiânia, Goiás, Brazil and Malmö, *Assessments of trabecular bone density at implant sites on CT images*. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod, 2008. **105**(2): p. 231-8.
14. Turkyilmaz, I., T.F. Tozum, and C. Tumer, *Bone density assessments of oral implant sites using computerized tomography*. J Oral Rehabil, 2007. **34**(4): p. 267-72.

15. Okumura, N., et al., *Influence of maxillary cortical bone thickness, implant design and implant diameter on stress around implants: a three-dimensional finite element analysis*. J Prosthodont Res, 2010. **54**(3): p. 133-42.
16. Misch, C.E., *Bone density: a key determinant for clinical success*. In: Misch CE, ed. *Dental implant prosthetics*. 1st ed. 2004: p. 130-144.
17. Turkyilmaz, I., U. Aksoy, and E.A. McGlumphy, *Two alternative surgical techniques for enhancing primary implant stability in the posterior maxilla: a clinical study including bone density, insertion torque, and resonance frequency analysis data*. Clin Implant Dent Relat Res, 2008. **10**(4): p. 231-7.
18. Lekholm U, Z.G., *Patient selection and preparation*. In: Branemark, P-I, Zarb GA, Albrektsson T, editors. *Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence. 1985: p. 199-209.
19. Misch, C.E., *Contemporary Implant Dentistry, third edition*. 2008: p. 645-667.
20. Misch, C.E., *Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive bone loading*. Int J Oral Implantol, 1990. **6**: p. 23-31.
21. Setzer, F.C. and S. Kim, *Comparison of long-term survival of implants and endodontically treated teeth*. J Dent Res, 2014. **93**(1): p. 19-26.
22. Gyung-Joon Chae, U.-W.J., Chang-Sung Kim, June-Sung Shim, Kyoo-Sung Cho, Chong-Kwan Kim, Seong-Ho Choi, *Retrospective analysis of frialit-2® implant system placed in maxilla*. 대한치주과학회지, 2005. **35**(2): p. 449-460.
23. Huang, H.-M., et al., *Resonance frequency assessment of dental implant stability with various bone qualities: a numerical approach*. Clin. Oral Impl. Res., 2002. **13**: p. 65-74.
24. Johansson P, S.K.-G., *Assessment of bone quality from cutting resistance during implant surgery*. Int J Oral Maxillofac Implants, 1994. **9**: p. 279-88.

- ABSTRACT -

Assessment of bone density based on Hounsfield units in the posterior maxilla

(Directed by Professor Young Jun Lim)

Ji-Ihn Jung
Department of Dentistry
School of Dentistry
Seoul National University

1. Purpose

The aim of the present study is to enhance success rate of dental implant in the posterior maxilla by assessing the bone density based on Hounsfield units. To classify bone quality objectively, computed tomography(CT) was used to calculate Hounsfield units in the operation site. Also operator classified the bone quality by his/her tactile sensation during installation. It is meaningful to compare between these two subjective and objective classification and choose proper software to examine the bone quality.

2. Method

30 patients who treated with 60 implants in posterior maxilla area were examined. The bone densities are categorized by Misch's classification in both subjective and

objective evaluation. The objective evaluation was performed based on Hounsfield units by two different software, 'OnDemand3D™(CybermedInc., Seoul, Korea)' and 'picture-archiving and communication system(PACS) (INFINITT; Infinitt Healthcare, Seoul, Korea)'.

3. Result

All 60 implant sites was categorized in D3 or D4(only 2 were categorized in D2 by using PACS). The subjective classification and OnDemand3D™ based objective classification was exactly equal. Since the OnDemand3D™ evaluate Hounsfield units based on volumetric density, it is sophisticated. PACS is useful and handfull to assess the bone density, but it has limitation using only one slice cortical image among whole CT scans.

Keywords : bone density, Hounsfield Units, posterior maxilla, CT, computed tomography, bone quality, bone classification

Student number : 2012-22205