

하악골 골염도의 정량적 평가에 관한 비교연구

박원길 · 최의환 · 김재덕

조선대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실

A Comparative Study of Quantitative Assessment of Bone Mineral Density of the Mandible

Won-Kyl Park, Eui-Hwan Choi, Jae-Duk Kim

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Chosun University

This study was performed to compare the bone mineral densities measured at mandibular premolar area by copper-equivalent image and hydroxyapatite phantom with those measured at radius by dual energy absorptiometry and to evaluate the clinical usefulness of Digital system with slide scanner, copper-equivalent image, and hydroxyapatite phantom.

For experiment, intraoral radiograms of 15 normal subjects ranged from 20 years old to 67 old were taken with copper-step wedge at mandibular premolar area and bone mineral densities calculated by conversion equation to bone mineral density of hydroxyapatite were compared with those measured at radius distal 1/3 area by Hologic QDR-1000.

Obtained results as follows:

- 1) The conversion equation was $Y=5.97X-0.25$ and its determination coefficient was 0.9967. The coefficient of variation in the measurement of copper-equivalent value ranged from 4% to 8% and showed high reproducibility.
- 2) The coefficient of variation in the measurement of bone mineral density by the equation ranged from 7% to 8% and showed high reproducibility.
- 3) The bone mineral densities ranged from 0.35 to 0.79g/cm² at mandibular premolar area.
- 4) The correlation coefficient between bone mineral densities at mandibular premolar area and those at radius distal 1/3 area was 0.8965.

As summary, digital image analyzing system using copper-equivalent image and hydroxyapatite phantom appeared to be clinically useful to measure the bone mineral density at dental area. (*J Korean Oral Maxillofac Radiol 1999;29:161-173*)

Key words : bonemineral density, digital image

I. 서론

최근 골염도 측정법의 개발로 골량 혹은 골의 무기질 성분을 정량적으로 평가할 수 있게 되어 신성 골이영양증(renal osteodystrophy), 골다공증(osteoporosis) 등의 대사성 골질환의 진단에 이용되고 있다. 악안면 영역에 있어서도 악골

의 연령 증가에 따른 또는 병적 골 변화를 정량적으로 평가했다는 보고¹⁾가 있다.

정량적 전산화 단층촬영법(Quantitative Computed Tomography: QCT)은 말단골이나 임의 척추골의 골염도를 측정할 수 있는 이점이 있으나 환자의 X-선 피폭량이 크다는 단점이 있으며 또한 고가의 장비가 필요하다^{2,3)}. 저에너지와 고에너지 두가지의 X-선을 발생시켜 골밀도

를 측정하는 이중에너지 X-선 흡수계(Dual Energy X-ray Absorptiometry: DEXA)법은 비교적 오차가 적어 정밀성과 재현성이 우수하며 검사가 간편하여 널리 사용되고 있다. 이 방법을 이용한 골염도 분석기(Bone Mineral Analyzer: BMA)에 의한 골염량(Bone Mineral Content: BMC) 및 골염도(Bone Mineral Density: BMD)의 측정은 완골, 척추 등에 시행되고 있어⁴⁶⁾ 그 임상적 유용성이 인정되고 있으나, 이 또한 악골이 구조상 복잡한 형태를 갖고 있고 다른 골부와 중첩되는 위치에 있어 악골에 적용시켜 측정하기에는 제약이 따른다.

따라서 치과 임상에서 일반적으로 사용되고 있는 구내 표준방사선사진을 이용하여 간편히 악골의 골염도나 이의 변화를 정량적으로 측정하는 방법이 필요하다.

이에 관해 기초적으로 Sinoda등⁷⁾은 하이드록시아파타이트를 넣고 밀폐시킨 스프링형 참조체를 이용하여 촬영된 골편의 방사선상에서 일직선상의 정보로 얻어진 골염량을 정량 계산하고 원자흡광분석법으로 골편의 칼슘량을 정량 측정하여 비교한 바 있다. 그 외 광학농도측정계(radiographic photodensitometry: RPD)를 이용한 연구⁸⁻¹⁰⁾가 있으나 그 측정 구멍이 작아 역시 선상으로 측정된 정보였으므로 필름 전체의 정보를 얻기에는 상당한 시간과 노력을 요하게 되어 통상 임상에서 다량의 데이터를 처리하는데에는 너무 불편하였다.

이를 해소하기 위해 면으로서 정보처리가 가능한 디지털화상을 이용하여 정량적으로 평가하고자 한 연구가 Ruttimann등^{11,12)}에 의해 시도되었고, 그 외 여러 학자들¹³⁻²⁰⁾에 의해 정량법이 계속 연구되어 왔다. 이들의 정량법은 피사체의 방사선촬영시에 피질골¹¹⁾, 석고⁹⁾, 알루미늄¹⁴⁻²⁰⁾, 구리^{8,13,21)} 등의 웨지를 참조체로 하여 촬영한 뒤 컴퓨터를 이용하여 피사체의 관심영역을 참조체와 등가의 두께로 변환하는 방법이다.

한편 악골의 과도한 치조골 흡수, 치아상실, 만성 파괴성치주염등은 요추나 수완골등의 골다

공증의 징후에 상당한다는 보고^{22,23)}등도 있어 악골에서의 골염도 측정이 임상적 의의를 가질수 있다고 생각된다. 그래서 최근 치과 방사선학 분야에서는 디지털 구내 방사선촬영술을 도입하여 치조골의 미세한 골 변화 감지를 위한 진단적 연구^{10,21,24-27)}가 지속되어 왔고 그 정확도는 상당히 증가되었다.

이에 저자는 악골에서의 골염도 측정을 위해 고해상도의 슬라이드 스캐너를 입력계로 한 디지털영상시스템을 구축하고, 참조체로 얇고 굴신성이 있어 구강내 적용이 용이한 구리 스텝웨지를 이용하여 구리 당량화상을 작성하였다. 그런 다음 하이드록시아파타이트 환통을 이용해 골염도로의 변환관계를 확립하고 이를 임상에 적용하기에 앞서 타측정법과 비교하여 평가될 필요가 있다고 생각되었다.

따라서 본 연구는 생체에서 촬영된 구내 표준방사선사진상을 디지털영상으로 처리해 구리 당량화상을 작성하고 하악 소구치부의 일정영역에 대해 구리당량치로 골염도를 측정한 다음 이를 하이드록시아파타이트 양으로 연산하여 하악골 골염도를 구하였다. 아울러 DEXA법을 이용해 수완골부(radius)의 골염도를 측정한 다음 두 측정치간의 상관관계를 구하고 비교 검토하여 구내 표준방사선사진의 디지털 영상시스템에 의한 하악골 골염도 측정법의 임상적 유용성을 밝히는데 목적을 두었다.

II. 연구 대상 및 방법

1. 연구 대상

연구 대상은 하악 소구치부에 수복물이 없고 근단병소가 없는 20세에서 67세사이의 성인 15명으로 평균 연령은 30.2세였다. 남녀의 구성비는 남자 6명, 여자 9명이었으며, 이들의 체중 분포는 46Kg에서 65Kg이었다(표 1).

Table 1. Distribution of subjects

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
age	20	20	24	21	20	20	22	23	23	31	31	37	46	48	67
wt.	46	48	50	51	52	63	61	64	65	54	60	60	54	60	52
sex	F	F	F	F	F	F	M	M	M	F	F	M	F	M	M

age: (Year), wt.: body weight(Kg), F: female, M: male

2. 연구 방법

1) 수완골부의 골염도 측정

Hologic QDR-1000(Hologic Co., U.S.A.) 방사선 골염도 측정기를 이용하여 70kVp 및 140kVp의 두 가지 서로 다른 에너지의 X-선을 동시에 조사하는 DEXA법을 이용하므로써 연조직에 흡수되는 양을 공제하고, 골조직의 하이드록시아파타이트의 양인 골염량(BMC: grams)과 골염도(BMD: grams/cm²)를 측정하였다. 방사선은 조사중에 항상 0.02 ~ 0.05mSv가 조사되도록 하였다. 측정부위는 좌측 수완골(radius)의 말단(distal) 1/3부로 하여 연령별 정상인 기준치와 함께 비교되어 측정되었다(그림 1).

2) 하악 소구치부 촬영 및 영상처리

방사선사진은 감광도 E군의 치근단용 방사선 필름(Kodak Co., U.S.A.)을 이용하였으며, 구내 방사선촬영장치는 Heliodont MD(Siemens Co., Germany)로 60kVp, 7mA, 0.16초의 동일 조건하에서 촬영하였다. 모든 대상에 대해 필름에 10단계의 구리 스텝웨지를 부착하고 하악 소구치부를 촬영하여 구리 당량화상 작성에 이용하였고, 이어 구리 당량치와 하이드록시아파타이트 양간의 관계식을 얻기 위해 동일 면적을 갖고 높이가 다른 원통형의 하이드록시아파타이트 9 단계의 환통(0.0123g에서 0.1591g)을 제작(그림 2)하여 동일 촬영조건에서 구리 스텝웨지와 함께 구내 필름촬영을 10회 반복 촬영하였다. 이들의 현상은 자동현상기(D RR-Dental Co, Germany)로 처리함으로써 동일 조건화하였다.

영상 처리는 파워 매킨토시 7200/120 컴퓨터(Apple computer Inc., U.S.A.)와 15인치 컬러 모니터(Apple computer Inc., U.S.A.)를 이용하였다. 컴퓨터에 연결된 최대 2800dpi를 지원하는 Quick Scanner(Minolta, Japan)를 이용하여 촬영된 방사선사진상을 입력하였고, 입력된 영상은 640x480 픽셀의 공간 해상도와 256 계조도를 지원하도록 디지털화되었다. 영상분석에는 NIH image(ver.1.56, National Institutes of Health, U.S.A.) 프로그램을 이용하였다.

3) 하악 소구치부의 골염도 측정과 분석

15명의 대상에 대해 얻은 15매의 하악 소구치부 구내 표준필름상을 영상분석시스템을 이용하여 각각의 구리 당량화상을 작성하되 그 변환식의 결정계수가 0.997이상임을 확인한 다음, 이공(mental foramen)을 배제시킨 하악 제 1소구치 근단과 제 2소구치 근단사이 및 하부의 일정 영역의 골조직에 대한 구리 당량치를 측정하였다. 이들을 구리 당량치와 하이드록시아파타이트 양과의 관계식(그림 3)으로 연산 처리하여 소구치부의 일정영역에 대한 구리 당량치를 하이드록시아파타이트 양으로 환산함에 의해 골염도를 구하였다. 이때 구리 당량치와 하이드록시아파타이트 관계식을 10회 연산하여 그 결정계수에 따라 측정치의 변동을 측정하였다.

이어 15명의 대상에게서 DEXA법에 의해 측정된 수완골부 골염도와 하악 소구치부에서 측정된 골염도간의 상관관계를 구하고 비교 분석하여 본 시스템에 의해 측정된 골염도의 임상적 유용성을 검토하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 기초분석

하이드록시아파타이트 부에서 측정된 구리 당량치는 그 변동이 4%에서 8%의 범위에 들어 재현성이 높았다. 하이드록시아파타이트 양과 구리 당량치의 제조도와와의 관계를 연산하여 $y=0.00296x-0.77402$ 의 회귀직선식(y:하이드록시아파타이트의 밀도 g/cm^2 , x:구리 당량치의 제조도)을 구하였으며, 이 식은 결정계수 $r^2=0.9979$ (그림 3)을 나타내었다. 이를 이용하여 높이(mm)가 각각 다른 하이드록시아파타이트 환통의 원주에 대한 밀도(Yg/cm^2)와 구리 당량치(Xcm)간에는 $Y=5.97X-0.25$ 의 직선회귀식이 얻어졌으며 $r^2=0.9967$ 의 높은 상관관계를 보였다.

2. 하악 소구치부에서 디지털 영상시스템에 의해 측정된 골염도

디지털 영상시스템에 의해 얻어진 구리 당량화상에서 하악 소구치부의 일정지역에 대한 구리 당량치를 구한 다음 하이드록시아파타이트와 구리 당량치간의 변환식 $Y=5.97X-0.25$ ($r^2=0.9967$)에 의해 연산된 골염도는 표 2와 같이 $0.354g/cm^2 \sim 0.792g/cm^2$ 의 범위를 보였다. 연산측정치의 변동은 7% ~ 8%의 범위 내에 있어 우수한 재현성을 보였다. 연령의 증가에 따라 정상인에서 20세이후 30세까지 골염도의 증가 경향을 나타내다가 그 이후에는 감소 경향을 보였다(그림 5).

3. DEXA법에 의해 측정된 수완골부 골염도

DEXA법의 원리를 이용한 Hologic QDR-1000에 의해 수완골의 3부위에서 측정된 골염도 즉 하이드록시아파타이트의 염도는 표 2에서 보

Table 2. Hydroxyapatite density measured by intraoral digital radiographic system at mandibular premolar area and Hologic QDR-1000 at three portions of radius of each subjects

Age (Year)	Body Weight (Kg)	Mandibular premolar (g/cm^2)	Radius distal 1/3 (g/cm^2)	Radius middle (g/cm^2)	Radius upper (g/cm^2)	Radius Total (g/cm^2)
20	46	0.437	0.790	0.793	0.710	0.776
20	48	0.448	0.805	0.636	0.337	0.619
24	50	0.451	0.858	0.827	0.780	0.827
21	51	0.451	0.832	0.757	0.539	0.718
20	52	0.450	0.809	0.770	0.701	0.768
20	63	0.792	1.512	1.211	1.002	1.212
22	61	0.649	0.987	0.903	0.847	0.914
23	64	0.731	1.074	0.924	0.715	0.910
23	65	0.730	1.076	0.934	0.822	0.945
31	54	0.761	1.294	0.995	0.798	0.995
31	60	0.735	1.111	0.931	0.605	0.865
37	60	0.533	0.983	0.825	0.546	0.773
46	54	0.361	0.799	0.754	0.631	0.729
48	60	0.654	1.036	0.624	0.624	0.810
67	52	0.354	0.771	0.570	0.278	0.523

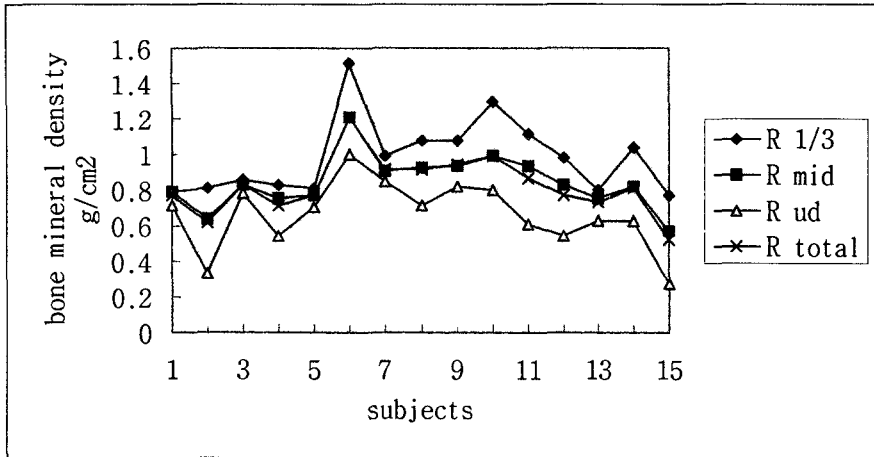


Fig. 4. Bone Mineral Densities measured by Hologic QDR-1000 at three portions of radius of subjects.
 R 1/3: radius distal 1/3, R mid: radius middle, R ud: radius upper,
 R total: radius total

는 바와 같고 대표치인 말단 1/3부의 골염도는 $0.771\text{g/cm}^2 \sim 1.512\text{g/cm}^2$ 의 수치를 보였다. 몸무게와는 높은 상관관계를 보이지는 않았으나 ($r=0.664$) 동연령군에서 몸무게가 큰사람이 골 밀도가 높은 경향을 보였다. 전반적으로 연령의 증가에 따라 정상인에서 20세이후 30세까지 골 염도의 증가 경향을 나타내다가 그 이후에는 감소 경향을 보였다.

4. 상관관계 분석

수완골 3부위에서 측정된 골염도는 각각 달랐으며(표 2), 수완골 말단 1/3부와 수완골 중간부간에는 0.9184의 상관관계를 보였고, 수완골 전체 평균치와 수완골 중간부와는 0.9909의 상관계수(표 3)를 보였으나, 통상에 따라 수완골 말단 1/3부의 측정치를 대표치로 하였다.

하악 소구치부에서 측정된 골염도는 $0.35\text{g/cm}^2 \sim 0.79\text{g/cm}^2$ 의 범위를 보여 수완골 말단 1/3부의 골염도 $0.77\text{g/cm}^2 \sim 1.52\text{g/cm}^2$ 에 비해 16% ~ 48%정도의 낮은 수치를 보였다(표 2).

하악골 소구치부 골염도의 임상적 의의에 대한 검토에서는 각 대상자들의 하악 소구치부 골

염도와 수완골 말단 1/3부의 골염도의 그래프가 수완골 평균치보다 유사성이 있는 그래프를 보여 주고 있으며(그림 5), 그 상관관계는 하악 소구치부에서 측정된 골염도와 수완골 말단 1/3부간에는 0.8965의 상관계수를 보였고, 수완골 평균치와는 0.8415의 상관계수를 보였다.

IV. 총괄 및 고안

방사선을 이용해 생체에서 골염도를 평가하고자 하는 시도는 과거부터 다양하였다. 생체평가가 이전에는 Sinoda등⁷⁾이 하이드록시아파타이트를 참조체로 이용하여 촬영된 골편의 방사선상에서 골염량을 정량 계산하고 원자흡광분석법으로 정량 측정하여 비교하였다. 이들은 선상에서 얻어지는 정보만을 이용하였으므로 필름 전체의 정보를 얻기에는 상당한 시간과 노력이 필요하여 임상에서 사용하기에 너무 불편하였다.

이중에너지 X-선 흡수계(DEXA)법은 면적으로 이루어진 정보로서 골염량 측정이 가능하다는 점이 큰 이점이라고 보고되고 있어 골염도 분석기(bone mineral analyzer: BMA)를 이용하여

Table 3. Correlation coefficients between bone mineral densities measured at 3 portions of radius

	radius distal 1/3	radius middle	radius upper	radius total
radius distal 1/3		0.9184	0.6514	0.8980
radius middle			0.8699	0.9909
radius upper				0.9109

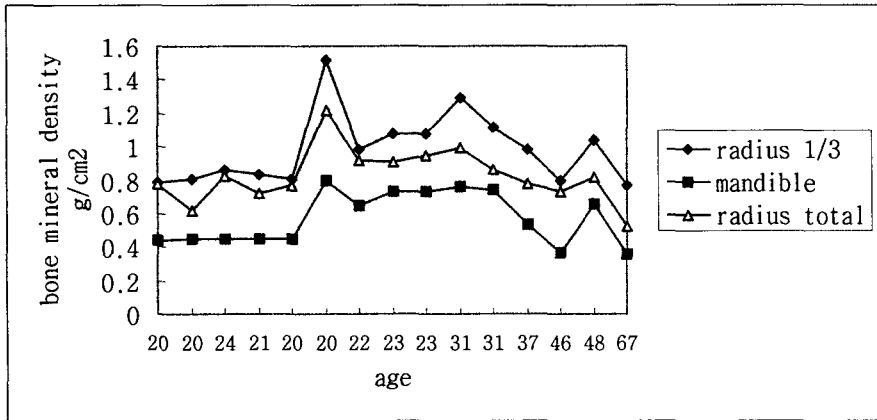


Fig. 5. Comparison of bone mineral densities measured by 2 methods

사지골 등의 장골에서 골염도 측정이 있었으나 이들은 주로 연령증가에 동반한 변화나 내분비학적 연구 등이었다. 또한 그 정밀도를 향상시키기 위해 피질골과 해면골을 각각 다른 X-선으로 2회⁴⁾ 또는 1회⁶⁾에 걸쳐 주사하여 측정이 행해지기도 하였다. 최근 전산화 단층촬영법(computed tomogram)^{2,3)}과 컴퓨터의 보급이 눈부서 생체 내에서 밀도의 서로 다른 부분에 대한 미세한 해석이 빠르게 행해지고 있다. 그러나 이들도 치과 진료 현장에서는 그 설비와 경제적 부담이 크고 간편하지 않다.

디지털 촬영술에서는 필름으로부터의 데이터를 CCD카메라¹⁵⁾ 또는 각종 스캐너^{13,16)}를 이용하여 일시에 컴퓨터에 입력할 수 있고 프로그램으로 그 농도를 디지털처리하므로 간편하게 관심영역에 대한 당량화상으로 전환시킬 수가 있다. 이들을 이용하여 악골의 병적 골변화에 대한 연구^{8,24,25)}는 많은 진전이 있었으나 골염도에 대한 평

가는 드물었다.

한편 중년부터 노년의 치아상실기에 있는 환자에 있어서는 요추등의 골량측정이 상당히 중요한 위치를 점하는 것으로 서술되고 있다^{22,23)}. 그러나 이들의 증상을 악골의 골량감소의 임상증상으로 생각한다면 악골 자체의 골 평가가 행해져야한다고 생각되었다.

이에 생체에서 구내 표준방사선촬영상을 얻은 다음 슬라이드 스캐너를 이용하여 빠르게 디지털 영상처리하고 구리 스텝웨지를 참조체로 구리 당량화상을 작성하였다. 이 화상에서 하악 소구치부의 일정영역에 대한 골염량을 구리 당량치로 측정하고 동시에 촬영된 하이드록시아파타이트 환투를 이용하여 하이드록시아파타이트 양으로 연산함에 의해 골염도를 얻었다. 그다음 DEXA법을 이용하여 얻어진 수완골부 골염도 측정치와 비교하여 그 상관관계를 검토하였다.

본 실험에서는 구리 당량치와 하이드록시아

파타이트 양간의 관계식을 얻기 위해 동일 면적을 갖고 높이가 다른 원통형의 하이드록시아파타이트 9단계의 환통을 동일 촬영조건에서 구리 스텝웨지와 함께 구내 필름촬영을 10회 반복하여 촬영상을 얻었다. 이들중 구내 필름 내에서 판독 유효하였던 0.0485g(원주높이 0.059mm)에서 0.1312g(원주높이 0.153mm)의 6단계에 대하여 소진(burnout)의 영향을 받지 않은 부위를 색상강화법으로 확인하여, 원형면적의 중심부에 55.88mm²의 면적에 대하여 하이드록시아파타이트 밀도(Yg/cm²)와 구리 당량치(Xcm)간에 $Y=5.97X-0.25$ 의 직선회귀식이 얻어졌다. 이 직선식은 높은 상관관계($r^2=0.9967$)를 보였으며, 그 측정치의 변동은 4% ~ 8%의 범위에 들었고, 변환직선식에 의해 연산된 골염도의 구리 당량치 변동도 7% ~ 8%의 범위 내에 있었다. Ruttimann등의 보고¹²⁾에 의하면 25개의 실험병소의 실제무게와 평가된 골양간에 직선회귀분석 결과 $r^2=0.930$ 이었고, Robertson등²⁾에 의하면 피질골회분과 CT에 의해 측정된 피질골 측정치간에는 $r=0.97$ 이었으며, $p<0.01$ 의 양성적 관계를 보였다고 하였다. 한편 측정치의 변동에 관하여는 岩下등¹⁵⁾의 알루미늄 스텝웨지를 이용한 실험에서 알루미늄 두께가 두꺼워질수록 표준편차가 커지는 경향을 보였고, 변동계수가 2mm 두께에서만 높았으며 나머지 층에서는 거의 일정하여 평균 5.8%를 나타내었다고 보고하였다. 김등¹³⁾은 관심영역의 밀도와 크기에 따른 구리 당량치 측정의 변동계수가 평균 0.19를 보였다고 보고한 반면, Cobelt등³⁰⁾이 컴퓨터를 이용하여 알루미늄 당량치를 측정할 경우에서 그 변동계수는 약 4 ~ 6%였다. 이들의 실험적 결과와 본 생체적용 결과의 범위를 고려할 때 임상적 재현성이 충분하다고 생각되었다.

본 실험에서 하악 소구치부에서 측정된 골염도와 수완골 말단 1/3부에서 측정된 골염도간의 상관 관계를 검토한 결과 0.8965의 상관계수를 보였고, 그림 5에서 보는 바와 같이 유사한 곡선을 보였다. 하악 건조골의 골소편에 대한 알루미

늄 당량치로부터 환산된 측정치와 QCT에 의해 얻어진 측정치와의 상관계수는 0.935였으며 실제 측정치에 비해 10%정도 감소되어 알루미늄 당량치로부터의 추정질량치가 얻어졌다고 보고된 바 있다¹⁶⁾. 좌완중지와 좌완골의 측정치간의 관계를 조사한 결과 양자의 상관계수는 0.94의 직선관계를 나타냈다는 보고³¹⁾가 있다. 본 실험에서 수완골 말단 1/3부와 수완골 중간부간에는 0.9184의 상관관계를 보였고, 수완골 전체 평균치와 수완부 중간부와는 0.9909의 상관계수(표 3)를 보였으나 통상에 따라 수완골 말단 1/3부의 측정치를 대표치로 하여 비교하였다.

하악 소구치부에서 측정된 골염도는 0.35g/cm² ~ 0.79g/cm²의 범위를 보여 수완골 말단 1/3부의 골염도 0.77 ~ 1.52g/cm²에 비해 16% ~ 48%정도의 낮은 수치를 보였다. 한편 DEXA법에 의해 측정된 여성 120예에서 요추의 전후방 주사시 골밀도는 1.4g/cm² ~ 0.4g/cm²의 범위 내에 있었다고 보고³²⁾되어 있다.

Sinoda 등⁷⁾에 의하면 TV이미지에 의해 선상에서 정량 계산된 하악골편의 칼슘량은 원자흡광 분석법으로 측정된 칼슘양에 비해 전치부에서 12.8% ~ 15.0%의 감소된 값을 보였고, 구치부에서는 18.6mg, 19.0mg에 비해 17.67mg, 18.80mg으로 각각 1.1%, 5.0%의 감소치를 나타내었다고 보고하고 있으나 골염도에 대한 언급은 하지 않았다.

한편 파노라마 방사선사진을 이용한 골형태 측정평가법³³⁾에서 정상인 남성에서 20세이후는 50세까지 거의 평행을 유지하다가 그 이후는 감소를 나타내는데 여성에서는 50세까지 서서히 감소하다가 그 이후는 급격히 감소를 나타낸다고 보고하였으며, 남성은 30세까지 서서히 골 폭이 증가되었음에 비해 여성에게서는 0 ~ 20세에서 인생의 거의 전 골 폭이 얻어져 그 이후는 유의한 증감을 나타내지 않았다^{34,35)}. 본 실험에서는 많은 대상자를 검토하지는 않았으나 동연령군에서 몸무게가 큰사람이 골밀도가 높은 경향을 보였고, 전반적으로 연령의 증가에 따라 정상인에서 20

세이후 30세까지 골염도의 증가 경향을 나타내다가 그 이후에는 감소 경향을 보였다. 골형태 계 측정방법과 골염도 측정법간의 차이를 검토 해볼 필요가 있다고 생각되나, 본 실험에서는 그 대상이 적어 충분한 골염도의 분포에 대한 비교가 불가하였다. 이에 대하여 향후 구내 표준방사선사진으로 디지털 영상시스템을 이용하여 좀더 많은 수의 대상자들을 상대로 연구 비교될 필요가 있다고 생각된다.

이상을 종합하여 볼 때 구내 표준방사선사진을 이용한 디지털 영상시스템에 의한 골염도의 측정은 임상적으로 간편하게 악골에 적용하여 유용할 수 있음을 나타내었다.

V. 결론

본 연구는 20세에서 67세에 이르는 구강질환이 없는 정상인 남녀 15명을 대상으로 구내 표준방사선사진을 촬영하여 디지털 영상처리에 의한 구리 당량화상을 작성한 다음, 하악 소구치부의 일정영역에 대해 구리 당량치로 골염도를 측정하고 이를 하이드록시아파타이트 환통을 이용해 골염도로 연산하였다. 이렇게 얻어진 악골 골염도의 임상적 의의를 검토하고자 DEXA법으로 수완골부에서 측정된 골염도와 비교 검토하고 두 측정치간의 상관관계를 구하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 하이드록시아파타이트 밀도(Yg/cm^2)와 구리 당량치(Xcm)간에는 $Y=5.97X-0.25$ 의 직선 회귀식이 얻어졌고, 높은 상관관계($r^2=0.9967$)를 보였으며 그 측정치의 변동은 4% ~ 8%의 범위에 들어 재현성이 높은 것으로 나타났다.
2. 변환식에 의해 연산된 골염도 측정치의 변동은 7% ~ 8%의 범위 내에 있어 재현성이 우수하였다.
3. 하악 소구치부에서 측정된 골염도는 $0.35g/cm^2$ ~ $0.79g/cm^2$ 의 범위를 보였다.

4. 하악 소구치부에서 측정된 골염도와 수완골 말단 1/3부에서 측정된 골염도간에는 0.8965의 상관계수를 보였다.

이상을 종합하여 볼 때 구내 표준방사선사진을 이용한 디지털 영상시스템에 의한 골염도의 측정은 임상적으로 간편하게 악골에 적용하여 유용할 수 있음을 나타내었다.

참고문헌

1. Matsue, I., Zimmermann, E.R., Collings, C.K. and Best, J.T. : "Microdensitometric analysis of human autogenous implant II Two dimensional density and pattern analysis of interproximal alveolar bone". J. Periodont., 42:435-438, 1971.
2. Robertson, D.D. and Huang, H.K. : "Quantitative bone measurements using x-ray computed tomography with second-order correction". Med. Phys., 13:474-479, 1986.
3. Taguchi, A., Tanimoto, K., Ogawa, M., Sunayashiki, T. and Wada, T. : "Effect of size of region of interest on precision of bone mineral measurements of the mandible by quantitative computed tomography". Dentomaxillofac. Radiol., 20:25-29, 1991.
4. Krokowski, E. and Steiner, D. : "Roentgenologische bestimmung des kalziumgehalts im menschlichen slelett". Med. Klin. 56:2073-2076, 1961.
5. Katoh, T., Shimada, K., Chiba, M. and Kobayashi T. : "The basic study on bone mineral assessment with dual energy radiographic densitometry method". 齒放, 18:278-295, 1978.
6. Ishigaki, T., Sakuma, S., Horikawa, Y., Ikeda, M., and Yamaguchi, H. : "One-shot dual-energy subtraction imaging. Radiology, 161:271-273, 1986.
7. Sinoda, K., Hashimoto, K., Ohki, T., Arai, Y., Togawa, K., Kawashima, S., Ohgame, Y., and Honjaya, T. : " Quantitative

- analysis of bone destruction by an intraoral fluoroscopic TV system". 齒放, 27:346-354, 1987.
8. Nagamine, N., Tani, K., Hara, Y., Akamine, A., Maeda, K., Kauda, H., Furukawa, T., Hashiguchi, I., Cheng, Y.J., Toyofuku, F., and Aono, M. : "Radiographic Quantitative Analysis of Bone Repair on Chronic Apical Periodontitis". 日本齒科保存學雜誌, 28:232-242, 1986.
 9. Noda, K. : "A study on the quantitative observation of the roentgenogram of the periapical lesions". 口病誌, 44:96-112, 1977.
 10. Duinkerke, A.S.H., Van De Poel, A.C.M., Doesburg, W.H. and Lemmens, W.A.J.G. : "Densitometric analysis of experimentally produced periapical radiolucencies". Oral Surg., 43:782-797, 1977.
 11. Ruttimann, U.E., Webber, R.L. and Schmidt, E. : "A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography". J. Periodont. Res., 21:486-495, 1986.
 12. Ruttimann, U.E. and Webber, R.L. : "Volumetry of localized bone lesions by subtraction radiography". J. Periodont. Res., 22:215-215, 1987.
 13. 김재덕, 김영진 : "시간경과에 따른 골변화의 영상분석에 관한 연구". 대한구강악안면방사선학회지, 27:521-534, 1997.
 14. 조형희, 김은경 : "방사선사진용 디지털 영상시스템의 정량적 평가에 관한 실험적 연구", 대한구강악안면방사선학회지, 24:137-148, 1994.
 15. 岩下洋一朗, 森田康彦, 野井倉武憲 : "口内法X線寫眞のAl量畫像". 齒放, 29:289-294, 1989.
 16. 野井倉武憲, 森田康彦, 岩下洋一朗 : "アルニウム量畫像に關する骨量の測定による相違". 齒放, 34:171-177, 1994.
 17. Hildebolt, C.F., Vanier, M.W., Pilgram, T.K. and Shrout, M.K. : "Quantitative evaluation of digital dental radiograph imaging systems". Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 70:661-668, 1990.
 18. Hildebolt, C.F., Vannier, M.W., Gravier, M.J., Shrout, M.K., Knapp, R.H., and Walkup, R.K. : "Technical Report Digital dental image processing of alveolar bone: Macintosh II personal computer software". Dentomaxillofac. Radiol., 21:162-169, 1992.
 19. Ortman, L.F., Dunford, R., McHenry, K. and Hausmann, E. : "Subtraction radiography and computer assisted densitometric analyses of standardized radiographs. A comparison study with 125I absorptiometry". J. Periodont. Res., 20:644-651, 1985.
 20. Vos, M.H., Janssen, P.T.M., van Aken, J. and Heethaar, R.M. : "Quantitative measurement of periodontal bone changes by digital subtraction". J. of Periodont. Res., 21:583-591, 1986.
 21. 米良豊常 : "デジタルサブトラクション法による齒槽骨 化の評価". 日齒周誌, 31:129 -146, 1989.
 22. Groen, J.J., Menczel, J., and Shapiro, S. : "Chronic destructive periodontal disease in patients with presenile osteoporosis. J. Periodont., 39:19-23, 1968.
 23. Kribbs, P.J., Smith, D.E., and Chesnut, C. H. : "Oral findings in osteoporosis. part 2 : relationship between residual ridge and alveolar bone resorption and generalized skeletal osteopenia. J. Prosthet. Dent., 50:719-724, 1983.
 24. Brägger, D., Pasquali, L., Rylander, H., Carnes, D. and Kornman, K.S. : "Computer assisted densitometric image analysis in periodontal radiography. A methodological study". J. Clin. Periodontol., 15:27-37, 1988.
 25. Christagu, M., Wenzel, A., Hiller, K.-A. and Schmalz, G. : "Quantitative digital subtraction radiography for assessment of bone density changes following periodontal guided tissue regeneration". Dentomaxillofac. Radiol., 25:25-33, 1996.
 26. Gröndahl, K., Gröndahl, H.G. and Webber, R.L. : "Influence of variations in projection geometry on the detectability of periodontal

- bone loss: A comparison between subtraction radiography and conventional radiographic technique". *J. Clin. Periodontol.*, 11:411-420, 1984.
27. Okano, T., Mera, T., Ohki, M., Ishikawa, I. and Yamada, N. : "Digital subtraction of radiograph in evaluating alveolar bone changes after initial periodontal therapy". *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, 69:258-262, 1990.
 28. Østavik, D., Farrants, G., Wahl, T., and Kerkes, K. : "Image analysis of endodontic radiographs: digital subtraction and quantitative densitometry". *Endod. Dent. Traumatol.*, 6:6-11, 1990.
 29. Strid, K.G. and Klebo, P. : "Bone mass determination from microradiographs by computer-assisted videodensitometry. I. Methodology". *Acta Radiologica*, 29:465-472, 1988.
 30. Cobelt, C., Mazess, R.B. and Schmidt, P.B. : "Bone mineral determination in vitro by radiographic photon absorptiometry". *Investigative Radiology*, 5:336-340. 1970.
 31. Nakagawa, J. : "A new trial of measuring bone mineral content by densitometer". *日本放射線技術學會雜誌*, 40:385-389, 1984.
 32. Hirose, K., Kuramochi, Y., and Iba, S. : "Investigation on bone mineral density and exposure factors". abstract *日本放射線技術學會雜誌*, 51:294, 1995.
 33. Benson, B.W., Prihoda, T.J., and Glass, B.J. : "Variations in adult cortical bone mass as measured by a panoramic mandibular index". *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.* 71:349-356, 1991.
 34. Bras, J. van Ooji, C.P. Abraham-Inpijir, L., Kusen, G.J. and Wilink, J.M. : "Radiographic interpretation of the mandibular angular cortex: a diagnostic tool in metabolic bone loss. Part I. normal state, Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol., 53:541-545, 1982.
 35. Atkinson, P.J., Woodhead, C. : "Changes in human mandibular structure with age". 13:1453-1463, 1968.

Address : Prof. Jae-Duk Kim, Dept. of D.M.F-Radiology, School of Dentistry, Chosun University, Kwangju, KOREA
 Tel : (062) 220-3608 Fax : (062) 227-0270
 E-mail : JDAKIM@mail.chosun.ac.kr

사진부도설명

Fig. 1. Bone mineral content and density measured by Hologic QDR-1000.

Fig. 2. Hydroxyapatite phantom with copper-step wedge.

Fig. 3. Conversion equation between copper-equivalent value and hydroxyapatite.

사진부도



Fig 1

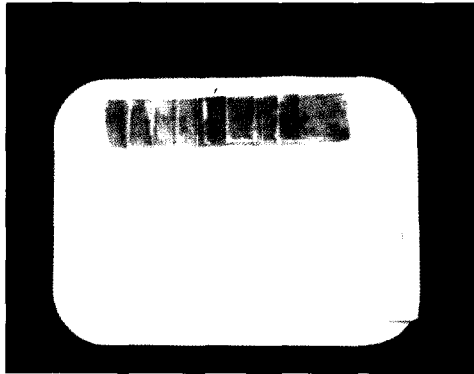


Fig 2

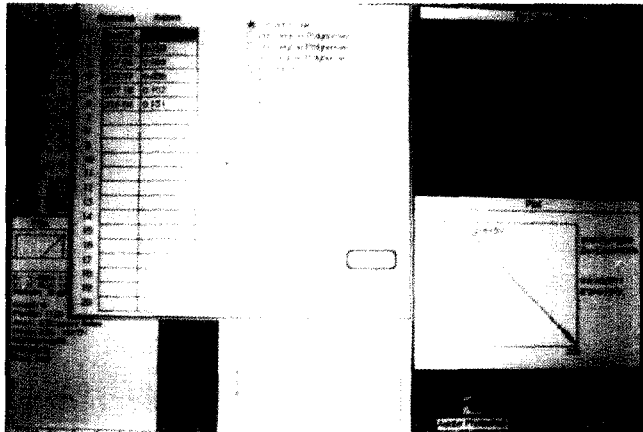


Fig 3