

## 한국인 연령에 따른 하악 치조골 골밀도

이철원 · 김철환

단국대학교 치과대학 구강악안면외과학교실

**Abstract** (J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011;37:496-504)

### The bone density of mandible as the aging process in Koreans

Chul-Won Lee, Chul-Hwan Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery, College of Dentistry, Dankook University, Cheonan, Korea

**Introduction:** This study compared the alveolar bone density of the mandible according to gender, age and position using Cone-beam computed tomography (CT).

**Materials and Methods:** The maxillofacial CT scan data was obtained from 60 Korean patients. In addition, the alveolar bone density of 5 males and 5 females with normal occlusion aged from 10 to 70 years was measured at the buccal cortical bone, cancellous bone and lingual cortical bone, as well as at the position of the incisors, canines, premolars and molars.

**Results:** The age-specific mean bone density was highest in patients in their third decade. The buccal cortical bone of the molars showed the highest bone density. Males in their fifties and sixties had a higher bone density in the cancellous bone in the region of the premolars and the buccal cortical bone of the molars, respectively, than females but there was no significant difference between males and females in the other parts. The cancellous bone density was highest in those in their twenties and thirties, and tended to decline up to their seventh decade.

**Conclusion:** These results revealed a significantly different bone density according to gender, age and position in the Korean population. In addition, it is possible to predict the bone density based on these results.

**Key words:** Cone-beam computed tomography, Mandibular alveolar bone density, Hounsfield unit

[paper submitted 2011. 7. 26 / revised 2011. 11. 8 / accepted 2011. 11. 24]

## I. 서 론

하악골은 성장할 때 뿐 아니라 일생에 걸쳐 변화하는 뼈로 나이가 들면서 형태, 미세구조, 역학구조에 변화가 일어나고<sup>1,2</sup>, 이러한 변화를 알아보는 방법으로 골밀도 측정이 유용한 방법으로 알려져 있다<sup>3</sup>. 특히 골밀도는 개인차가 크고, 측정 부위에 따라 다르게 나타나며<sup>3</sup> 나이 및 성별에도 영향을 받는다고 하였으며<sup>4</sup>, 측정하는 방법에 따라 그 변화가 다를 수 있다고 하였다<sup>5-10</sup>.

골밀도는 대사성 골질환의 조기진단과 치료의 효과판정 등에 유용한 방법이고<sup>11</sup>, 뼈의 질적 특성을 보여주어 뼈를 이용한 수술 시 시술법 및 예후 판단에도 매우 도움을 준

다<sup>12-14</sup>. 골밀도의 측정은 1963년 Cameron과 Sorenson에<sup>11</sup> 의해 처음 기술되었고, 대사성 골질환의 조기진단과 약물투여의 효과판정에 유용한 방법으로, 쉽고 정확하여 현재까지 많은 이용과 발전이 있어 왔다. 이전의 골밀도의 측정은 single photon absorptiometry (SPA)로 피질골의 골밀도 측정을 하였고, dual photon absorptiometry (DPA)는 해면골의 골밀도 측정에 사용되어왔다<sup>11</sup>. 또한 quantitative computed tomography (QCT)<sup>5</sup>나 dual emission X-ray absorptiometry (DEXA)<sup>6</sup>를 이용하여 골밀도(bone mineral density, BMD)를 측정하거나 computed tomography (CT)의 영상을 이용하여 hounsfield unit (HU)<sup>7</sup>을 측정하였다. 특히 치과영역에서 이용할 수 있는 일반 방사선 사진 상에서 흑화도평가, panoramic mandibular index (PMI), mandibular cortex index (MCI)<sup>8</sup>, cone-beam computed tomography (CBCT)의 HU도 측정할 수 있는 방법<sup>15</sup> 중에 하나이다.

SPA, DPA, QCT, DEXA 등을 이용한 기존 연구에서는 대부분 얼굴을 제외한 신체의 피질골과 해면골의 연령의 증가에 따른 정상치 및 부위에 따른 골밀도 분포변화를 연구하였고, 흑화도 평가, PMI, MCI 등을 이용한 연구에서는

### 김 철 환

330-714 천안시 안서동 산 29번지  
단국대학교 치과대학 부속병원 구강악안면외과

### Chul-Hwan Kim

Department of Oral and Maxillofacial Surgery,  
College of Dentistry, Dankook University,  
San 29, Anseo-dong, Cheonan 330-714, Korea  
TEL: +82-41-550-1996 FAX: +82-41-551-8988  
E-mail: kimchoms@dankook.ac.kr

골변화를 민감하게 반영하지 못해 골밀도를 추정하는 데 어려움이 있다. 또한 비교적 정확한 골밀도 측정이 가능한 CT를 이용하는 방법은 대부분의 연구들이 주로 백인과 흑인만을 대상으로 해왔고 아시아권에서는 별로 연구된 바가 없었다.

이에 이번 연구에서는 CBCT를 이용하여 하악 치조골의 피질골과 해면골의 골밀도를 측정하여 남녀별, 연령별, 협·설 피질골과 해면골 및 치아 부위별로 비교함으로써 한국인의 하악 치조골 골밀도에 대한 특징을 알아보고자 하였다.

## II. 연구 대상 및 방법

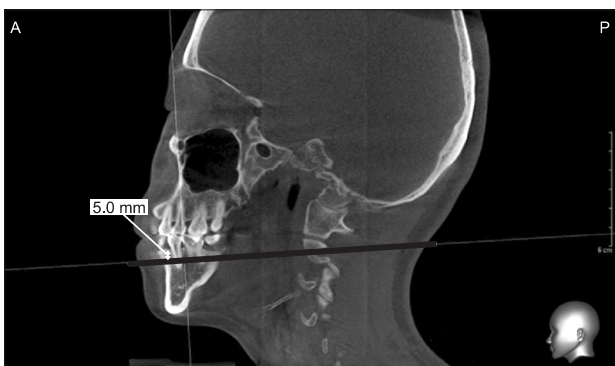
### 1. 연구 대상

본 연구는 한아의료법인 문치과병원에서 2009년 1월부터 2010년 12월까지 CBCT를 촬영한 환자 중 측정 부위의 제3대구치를 제외한 모든 치아가 있고 건강 상 특별한 이상이 없는 환자 60명(남자 30명, 여자 30명)을 대상으로 하였다. 골밀도에 영향을 줄 수 있는 전신질환자와 약물 복용자, 골용기가 있는 환자는 대상에서 제외하였다.(Table 1)

**Table 1.** Patient distribution according to age and gender

Age (yr)	n (mean±standard deviation)	
	Male	Female
11-20	5 (17.1±2.8)	5 (16.5±1.8)
21-30	5 (26.7±2.6)	5 (25.9±1.9)
31-40	5 (37.8±2.5)	5 (32.4±1.5)
41-50	5 (43.7±3.0)	5 (46.1±2.8)
51-60	5 (56.1±3.6)	5 (52.5±2.4)
61-70	5 (68.7±2.7)	5 (62.4±2.1)

Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2011



**Fig. 1.** Windows of EZ3D (2009 Professional Version, Vatech, Hwaseong, Korea) program, sagittal views.  
Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2011

### 2. 연구 방법

#### 1) CBCT 촬영

전산화단층사진 촬영을 위하여 연구 대상자를 수직, 수평 정렬을 위한 레이저 빔에 맞추어 CBCT (Pax-Zenith 3D, Vatech, Hwaseong, Korea)에 위치시키고, 시야(field of view, FOV) 24×19 cm로 촬영을 시행하여 Digital imaging & communication in medicine (DICOM) 영상정보를 구성하였다.

#### 2) 골밀도 측정을 위한 하악골 영상 제작

촬영으로 얻은 DICOM 영상정보를 EZ3D (2009 Professional Version, Vatech) 프로그램을 이용하여 재구성한 후 sagittal view에서 하악 치조골 치조정을 연결한 단면으로부터 수직적으로 5 mm 하방에 해당하는 단층면을 얻었다.(Figs. 1, 2)

#### 3) 골밀도 측정

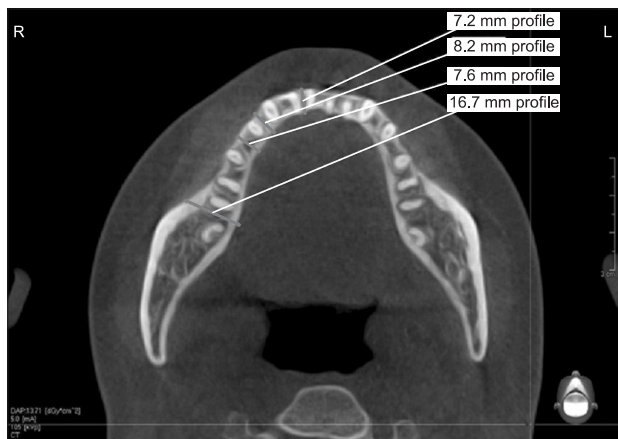
골밀도를 측정하기 위하여 EZ3D 프로그램에서 profile (HU)을 이용하여 bone density를 측정하였고, 측정부위는 전·후로 전치부(중절치와 측절치 사이), 견치부(견치와 제1소구치 사이), 소구치부(제1소구치와 제2소구치 사이), 대구치부(제1대구치와 제2대구치 사이)와 협·설로 협측 피질골, 해면골, 설측 피질골을 정하였다.(Figs. 3-5)

### 3. 통계학적 분석

하악 치조골 골밀도를 연령별로 남녀를 구분하여 전치부, 견치부, 소구치부, 대구치부의 평균골밀도를 산출한 다음 Shapiro-Wilk 검정으로 정규성 여부를 확인한 후 남녀 간의 차이에 대한 독립표본 t 검정을 시행하였다. 측정 부위

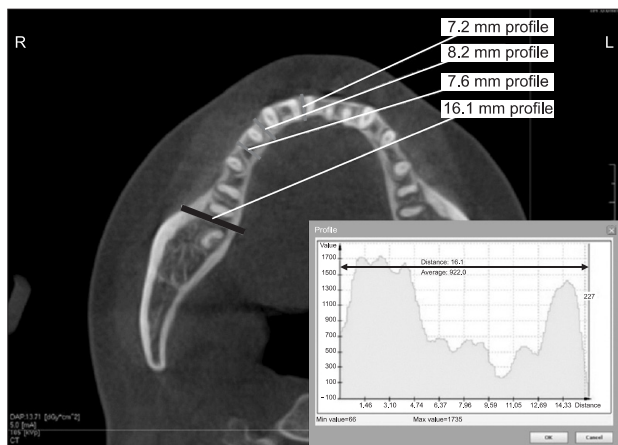


**Fig. 2.** Tomography image showing the site of root in EZ3D (2009 Professional Version, Vatech, Hwaseong, Korea) program.  
Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. *J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg* 2011



**Fig. 3.** Incisor point (between 41 to 42), canine point (between 43 to 44), premolar point (between 44 to 45), molar point (between 46 to 47).

Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011



**Fig. 4.** Bone density is expressed as hounsfield unit in EZ3D. This image showing in the area between 1st molar and 2nd molar of mandible.

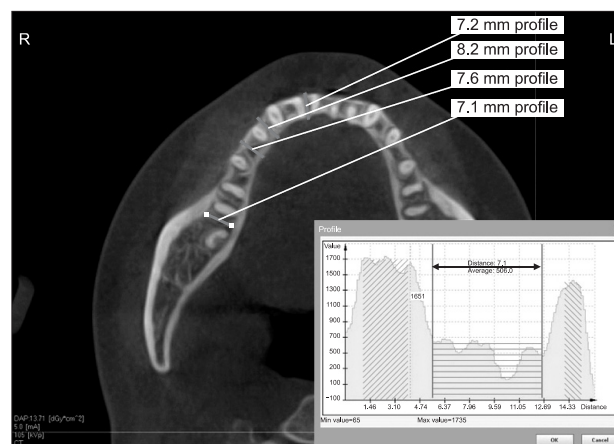
Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011

별 연령에 따른 골밀도 변화를 알아보기 위해 일원배치 분산분석을 시행하였고, 각각의 연령대에서 부위에 따른 골밀도 변화를 알아보기 위해 일원배치 분산분석을 시행하였으며, 일원배치 분산분석 후 수준별 차이를 알아보기 위해 turkey test를 이용한 사후 검정을 실시하였다. 한편 남녀 간의 차이가 있을 경우 남녀를 구분하여, 차이가 없을 경우 남녀를 합산하여 분산분석을 시행하기로 하였다. 모든 분석은 PASW Statistics 18.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA) 프로그램을 사용하였고, 유의수준은 0.05로 하였다.

측정오차를 검증하기 위하여 무작위로 10명을 선택, 동일부위를 1주 후 재측정하여 대응표본 t 검정을 시행한 결과 유의한 차이는 없었다.

### III. 결 과

하악 치조골 각 부위의 평균골밀도를 연령 및 남녀를 구분하여 평균 및 표준편차를 산출하였고, 남녀 간의 차이를



**Fig. 5.** This image showing cancellous bone density in the area between 1st molar and 2nd molar of mandible.

Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011

**Table 2.** Mean bone density of mandible (hounsfield unit, mean±standard deviation)

Age (yr)		11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70
Incisor	B. cortical	630.9±64	825.3±89	825.8±97	805.2±73	696.1±86	614.8±55
	Cancellous	354.9±66	473.4±75	498.3±95	439.6±95	388.0±95	184.4±29
Canine	B. cortical	653.1±58	863.4±84	817.4±89	807.9±99	696.8±92	592.5±86
	Cancellous	390.7±69	508.2±59	499.2±99	431.1±79	391.7±95	172.4±48
Premolar	B. cortical	678.1±98	1,118.7±83	1,027.0±79	827.8±73	726.3±68	594.3±37
	Cancellous	347.9±66	503.9±95	497.9±68	433.9±87	359.1±68	162.4±30
Molar	B. cortical	712.2±109	1,241.1±160	1,035.5±95	1,066.1±66	1,117.2±121	670.9±81
	Cancellous	700.2±91	1,336.6±94	1,346.3±135	1,179.1±113	1,081.6±134	865.5±67
	L. cortical	320.5±69	486.7±79	491.7±76	423.9±84	340.9±83	162.0±49
	L. cancellous	739.1±130	1,350.5±94	1,262.4±241	1,095.2±149	1,112.6±98	771.9±51

(B.: buccal, L.: lingual)

Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011

**Table 3.** Statistical analysis of bone density and comparison between male and female (hounsfield unit, mean±standard deviation)

Age (yr) Gender		11-20			21-30		
		Male	Female	P-value	Male	Female	P-value
Incisor	B. cortical	653±70	609±76	NS	846±77	805±84	NS
	Cancellous	362±61	348±54	NS	455±51	492±66	NS
	L. cortical	634±78	672±74	NS	893±57	834±91	NS
Canine	B. cortical	611±97	596±87	NS	1,085±84	1,016±98	NS
	Cancellous	372±36	410±65	NS	495±54	522±53	NS
	L. cortical	658±85	698±51	NS	1,143±88	1,094±64	NS
Premolar	B. cortical	611±67	605±89	NS	1,200±62	1,099±94	NS
	Cancellous	340±83	355±61	NS	494±79	514±82	NS
	L. cortical	719±74	705±74	NS	1,222±119	1,260±70	NS
Molar	B. cortical	712±69	689±73	NS	1,344±138	1,329±70	NS
	Cancellous	309±99	332±71	NS	495±95	479±82	NS
	L. cortical	767±74	712±57	NS	1,366±73	1,335±93	NS
Age (yr) Gender		31-40			41-50		
		Male	Female	P-value	Male	Female	P-value
Incisor	B. cortical	824±76	828±68	NS	809±76	802±87	NS
	Cancellous	502±80	494±86	NS	431±65	448±73	NS
	L. cortical	836±51	791±65	NS	805±89	811±81	NS
Canine	B. cortical	868±62	849±77	NS	858±66	832±69	NS
	Cancellous	524±99	475±87	NS	424±90	436±79	NS
	L. cortical	1,052±71	1,002±89	NS	849±73	807±65	NS
Premolar	B. cortical	967±63	944±52	NS	1,076±85	964±63	NS
	Cancellous	499±75	496±69	NS	449±66	419±55	NS
	L. cortical	1,050±105	1,021±59	NS	1,103±96	1,029±84	NS
Molar	B. cortical	1,387±98	1,305±112	NS	1,176±78	1,182±116	NS
	Cancellous	489±68	494±65	NS	431±53	417±88	NS
	L. cortical	1,358±210	1,167±245	NS	1,128±140	1,063±132	NS
Age (yr) Gender		51-60			61-70		
		Male	Female	P-value	Male	Female	P-value
Incisor	B. cortical	728±65	664±88	NS	614±64	615±43	NS
	Cancellous	393±86	383±91	NS	190±13	179±18	NS
	L. cortical	724±76	669±86	NS	606±19	579±19	NS
Canine	B. cortical	731±62	698±78	NS	616±54	619±31	NS
	Cancellous	392±54	391±94	NS	171±21	174±18	NS
	L. cortical	756±80	696±72	NS	593±29	595±32	NS
Premolar	B. cortical	910±91	869±84	NS	714±41	683±77	NS
	Cancellous	399±25	320±35	*	161±17	164±25	NS
	L. cortical	1,132±82	1,102±95	NS	688±30	654±34	NS
Molar	B. cortical	1,152±119	1,011±80	NS	900±36	831±29	*
	Cancellous	358±81	324±95	NS	152±20	172±10	NS
	L. cortical	1,146±83	1,080±78	NS	808±21	736±21	NS

(B.: buccal, L.: lingual, NS: non significant)

\*P<0.05 by t-test

Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011

알아보기 위해 t 검정을 시행하였으며, 그 결과 측정부위 72 개중 50대 소구치부 해면골, 60대 대구치부 협측 피질골을 제외한 모든 부위에서 남녀 간의 유의한 차이가 나타나지 않아 남녀를 합하여 골밀도의 평균을 산출하였다.(Tables 2, 3)

1. 부위별 연령에 따른 하악 치조골 골밀도 비교

협측 피질골 골밀도는 전치부에서 20-40대, 견치부·소구치부에서 20대, 대구치부에서 20-30대가 높았다. 해면골 골

밀도는 모든 조사부위에서 20-30대에 다소 높았고, 60대에 뚜렷한 감소경향을 보였으며, 설측 피질골 골밀도는 전치부에서 20-40대, 견치부·소구치부에서 20대, 대구치부에서 20-30대가 높았다.(Table 4)

2. 연령별 부위에 따른 하악 치조골 골밀도 비교

협측 피질골 골밀도는 10대를 제외한 20-60대에서 전치부에서 구치부로 갈수록 높아지는 경향을 보였다. 해면골 골밀도는 10, 20, 50, 60대는 구치부로 갈수록 낮아졌고,



**Table 4.** Statistical analysis of bone density as aging process (hounsfield unit, mean±standard deviation)

Age		11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	P-value
Incisor	B. cortical	630.9±64	825.3±89	825.8±97	805.2±73	696.1±86	614.8±55	*
	Cancellous	354.9±66	473.4±75	498.3±95	439.6±95	388.0±95	184.4±29	*
	L. cortical	653.1±58	863.4±84	817.4±89	807.9±99	696.8±92	592.5±86	*
Canine	B. cortical	603.9±84	1,050.5±67	858.7±69	845.1±59	714.9±107	617.3±62	*
	Cancellous	390.7±69	508.2±59	499.2±99	431.1±79	391.7±95	172.4±48	*
	L. cortical	678.1±98	1,118.7±83	1,027.0±79	827.8±73	726.3±68	594.3±37	*
Pre-molar	B. cortical	608.0±73	1,149.7±88	955.7±71	1,019.8±68	889.6±98	698.7±65	*
	Cancellous	347.9±66	503.9±95	497.9±68	433.9±87	359.1±68	162.4±30	*
	L. cortical	712.2±109	1,241.1±160	1,035.5±95	1,066.1±66	1,117.2±121	670.9±81	*
Molar	B. cortical	700.2±91	1,336.6±94	1,346.3±135	1,179.1±113	1,081.6±134	865.5±67	*
	Cancellous	320.5±69	486.7±79	491.7±76	423.9±84	340.9±83	162.0±49	*
	L. cortical	739.1±130	1,350.5±94	1,262.4±241	1,095.2±149	1,112.6±98	771.9±51	*

(B.: buccal, L.: lingual)

\*P<0.05 by ANOVA

Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011

**Table 5.** Statistical analysis of bone density in each site (hounsfield unit, mean±standard deviation)

		Incisor	Canine	Premolar	Molar	P-value
11-20	B. cortical	630.9±64	603.9±84	608.0±73	700.2±91	*
	Cancellous	354.9±66	390.7±69	347.9±66	320.5±69	*
	L. cortical	653.1±58	678.1±98	712.2±109	739.1±130	*
21-30	B. cortical	825.3±89	1,050.5±67	1,149.7±88	1,336.6±94	*
	Cancellous	473.4±75	508.2±59	503.9±95	486.7±79	*
	L. cortical	863.4±84	1,118.7±83	1,241.1±160	1,350.5±94	*
31-40	B. cortical	825.8±97	858.7±69	955.7±71	1,346.3±135	*
	Cancellous	498.3±95	499.2±99	497.9±68	491.7±76	NS
	L. cortical	817.4±89	1,027.0±79	1,035.5±95	1,262.4±241	*
41-50	B. cortical	805.2±73	845.1±59	1,019.8±68	1,179.1±113	*
	Cancellous	439.6±95	431.1±79	433.9±87	423.9±84	NS
	L. cortical	807.9±99	827.8±73	1,066.1±66	1,095.2±149	*
51-60	B. cortical	696.1±86	714.9±107	889.6±98	1,081.6±134	*
	Cancellous	388.0±95	391.7±95	359.1±68	340.9±83	*
	L. cortical	696.8±92	726.3±68	1,117.2±121	1,112.6±98	*
61-70	B. cortical	614.8±55	617.3±62	698.7±65	865.5±67	*
	Cancellous	184.4±29	172.4±48	162.4±30	162.0±49	*
	L. cortical	592.5±86	594.3±37	670.9±81	771.9±51	*

(B.: buccal, L.: lingual, NS: non significant)

\*P<0.05 by ANOVA

Chul-Won Lee et al: The bone density of mandible as the aging process in Koreans. J Korean Assoc Oral Maxillofac Surg 2011

30-40대에서는 유의한 차이를 보이지 않았으며, 설측 피질 골 골밀도는 구치부로 갈수록 높아졌으나, 그 경향이 협측 보다 뚜렷하지 않았다.(Table 5)

#### IV. 고 찰

치과의사는 구강 내 연조직 및 경조직을 많이 다루게 되는데 주로 접하는 구강 내 경조직은 피질골과 해면골로 이루어진 상·하악골이며, 특히 하악골은 성장 시 뿐 아니라 일생 동안 형태가 변화하는 뼈로 나이가 들면서 치아가 탈락하거나 뼈에 영향을 미치는 여러 인자의 작용으로 형태, 미세구조, 역학구조에 변화가 일어난다<sup>1,2</sup>. 하악골의 질은 골밀도(BMD)로 확인할 수 있으며, 골밀도는 피질골과 해면골의 질을 확인할 수 있는 중요한 척도이다<sup>12-14</sup>. 이러한 하

악의 골밀도는 개인차가 크고 측정 부위에 따라 다르게 나타나며 나이 및 성별에도 영향을 받는다고 하였으며<sup>4</sup>, 측정하는 방법에 따라 그 변화가 다를 수 있다고 하였다<sup>5-10</sup>.

1963년 Cameron과 Sorenson<sup>11</sup>에 의해 기술된 골밀도는 대사성 골질환의 조기진단과 약물투여의 효과판정에 유용한 방법으로 소개되었고, Christiansen 등<sup>16</sup>은 골밀도의 국소적 측정만으로 신체 내의 총칼슘량의 추정이 가능하여 여러 내분비 질환의 골변화의 평가에 이용할 수 있다고 하였다.

특히 치과 영역에서 골밀도에 대한 연구는 주로 임플란트와 관련하여 보철 영역에서 많은 연구가 진행되었으며 임플란트의 성공여부를 결정하는 가장 중요한 변수 중의 하나가 골의 질(bone quality)이라는 보고가 일반적으로 받아들여지고 있다. 골의 질을 분류하는 방법으로 Lekholm과

Zarb<sup>17</sup>는 피질골과 해면골 양의 상대적 비율로 4가지로 분류하였는데 중심의 골소주의 양이 매우 적은 치밀한 피질골을 Q1, 치밀한 골소주 중심 주위를 두꺼운 피질골로 싸여있는 경우 Q2, 적절한 강도의 골소주를 얇은 층의 피질골이 싸고 있는 경우 Q3, 치밀하지 않은 골소주를 얇은 피질골이 둘러싸고 있는 경우를 Q4로 각각 구분하였다. 또한 Misch<sup>18</sup>는 피질골과 해면골의 경도 및 HU에 따라 골밀도를 5가지로 분류하고 각각의 골밀도에 따른 치료계획을 제안하였다. 치밀한 피질골을 D1 (HU>1,250), 치밀하고 두꺼운 다공성의 피질골과 거친 망상골을 D2 (HU 850-1,250), 다공성 피질골과 미세골소주 망상골을 D3 (HU 350-850), 미세망상골을 D4 (HU 150-350), 비성숙, 비광화골을 D5 (HU<150)로 분류하였다. 일반적으로 D1골은 드물게 볼 수 있는데 하악 전치부나 구치부가 해당되며, D2는 하악에서 흔하게 나타나며 하악절치부는 2/3, 하악 구치부는 1/2 정도가 D2골로 나타나고 D3는 하악절치의 약 23%가 D3골을 가지는 반면 하악 구치부는 거의 1/2이 D3골을 보이며 D4골은 하악에서 드물다고 하였다. 골밀도는 골의 강도와 밀접한 관계가 있어 D1과 D4에서 골의 강도는 10배 정도 차이가 있으며 D2골은 D3골과 압축 강도를 비교했을 때 47-68%까지 차이를 보인다고 하였다<sup>19,20</sup>.

골밀도를 평가하는 방법으로 Cameron과 Sorenson<sup>11</sup>에 의해 개발된 SPA는 피질골의 골밀도 측정에 이용되었고, DPA는 해면골의 골밀도 측정에 사용되어왔다. 또한 QCT<sup>5</sup>나 DEXA<sup>6</sup>를 이용하여 BMD를 측정하거나 CT의 영상을 이용하여 HU<sup>7</sup>를 측정하였다. 특히 치과 영역에서 이용할 수 있는 일반 방사선 사진에서 흑화도평가, PMI, MCI<sup>8</sup>, cone-beam CT의 HU도 측정할 수 있는 방법 중에 하나이다<sup>15</sup>.

이 중 치과 영역에서 많이 사용하는 치근단 방사선 사진, 파노라마 방사선 사진 등 일반적인 방사선 사진의 경우, 검사 부위의 골의 두께를 고려하지 않고 단순하게 방사선 사진의 흑화도로 골밀도를 평가할 때는 골밀도가 낮아도, 검사 부위가 두꺼운 부위는 방사선 사진에서 골밀도가 높은 것처럼 보일 수 있으며 골밀도가 높아도 골이 얇은 부위는 방사선 사진에서 골밀도가 낮은 것처럼 보일 수 있다. 또한 파노라마 방사선 사진에서와 같이 다른 부위와 겹침이 심한 경우에는 단순한 방사선 사진의 흑화도로 골밀도를 추정하는 것은 사실상 많은 오류를 낳을 수 있다. 방사선 사진에서 흑화도의 변화를 알기 위해서는 촬영된 골구조의 무기질 변화가 30-50% 선행되어야 하며 노출시간이나 촬영 각도, 현상조건 등의 외부요인에 의해 방사선 사진 흑화도가 표준화되지 못하고 있다. 이런 현상을 줄이기 위한 방법으로 방사선 사진 흑화도 표준화 방법이 있는데 그 중의 하나로 치근단방사선 촬영 시 참조체(stepwedge)를 부착하여 촬영한 다음 표준화하는 방법도 있으나, 이 방법 역시 골변화를 민감하게 반영하지 못할 수도 있다<sup>9,10</sup>.

골밀도를 비교적 정확하게 확인할 수 있는 방법으로 CT

영상을 이용한 방법이 있고, 최근에는 치과용으로 CBCT<sup>15</sup>가 개발되어 저렴한 비용과 적은 방사선 조사로 악안면 부위의 3차원 영상정보를 얻을 수 있게 되었다. CT는 영상촬영의 절편공간으로 묘사되는 두께를 가진 512×512 pixel의 3차원 전산화 영상이며 각각의 구성은 voxel이라고 명칭되고 12 bit의 데이터를 포함한다. CT에 의해 측정된 구조물의 영상 내 밀도는 정량적이고 절대적이어서 부위의 조직을 구분하는 데 이용될 수 있고 단위는 HU 수치로 표현된다. HU 값은 물의 감약 계수를 기준으로 하여 항상 물은 0 HU로 공기는 -1,000 HU, 금속치과수복물은 3,000 HU 이상으로 표준화되어 있으며 정량적이어서 조직을 판별하고 구분하는데 이용된다. Duckmanton 등<sup>21</sup>은 HU가 임플란트 식립부위의 골질을 평가하고 예후를 예측하는 데 많은 도움을 줄 수 있다고 하였으며, Norton과 Gamble<sup>22</sup>은 CT로 얻어진 HU로 매겨진 객관적인 골밀도 등급과 주관적인 골질분류 등급 사이에 높은 상관관계가 있음을 보고하였다. Misch와 Kircos<sup>23</sup>는 이전에 주로 개인적인 경험과 수술 시 손가락 감각에 주로 의존하던 주관적인 골밀도 분류를 HU로 수치화하여 분류하였다.

이번 연구에서는 제2형 당뇨병<sup>24</sup>이나 국소감염과 비타민 D 결핍<sup>25</sup>, 콜린결핍식이<sup>26</sup>, 호르몬 대사장애<sup>27-29</sup>, 불량한 치주조직을 가진 경우<sup>30</sup>는 치조골의 골밀도 감소에 영향을 미치게 되므로 대상에서 배제되었고 국소적인 골융기를 지닌 경우 골밀도 수치에 영향을 미칠 수 있어 대상에서 제외하였다.

CT 상을 3차원 영상화하여 EZ3D 프로그램을 이용하여 시상면 상의 하악 치조골 치조정을 연결한 단면으로부터 수직으로 5 mm 하방에 해당하는 단층면을 얻었는데 이는 치근의 위치를 파악하여 치아 부위를 피할 수 있는 위치이기 때문이다. Parfitt<sup>31</sup>는 치조골의 해면골 구조적 특성과 다양성에 대한 연구에서 치아 주위 사골판에서 골이 가장 치밀하다고 보고하였고 이런 이유로 치근에 근접하여 측정시 골밀도가 높아질 수 있기 때문이다.

기존의 하악 치조골 골밀도에 관한 연구들은 보철용 임플란트 및 교정용 마이크로 임플란트를 이용하기 위한 것이어서 연구 대상자가 높은 연령층의 무치악이거나 교정치료의 주대상인 젊은 환자였으나 이번 연구는 제3대구치를 제외한 모든 치아가 있는 10-60대의 정상교합자를 연구 대상으로 시행하였다. 하악 치조골의 협측 피질골, 해면골, 설측 피질골의 각 부위의 평균 골밀도를 남녀를 구분하여 평균 및 표준편차를 산출하고 남녀 간의 차이를 알아보기 위하여 t 검정을 시행한 결과 남녀간의 차이가 없는 것으로 나타나 이번 연구에서는 모든 비교 분석을 남녀 수치를 합하여 시행하였다.

Henrikson과 Wallenius<sup>32</sup>는 성별에 따라 나타나는 뼈의 무기질의 양은 모든 연령대에서 남성이 여성보다 많다고 하였고, Ulm 등<sup>33</sup>은 하악골에서 성별에 따라 무기질양과 피질

골 두께에서 차이가 나타난다고 하였으며, Dutra 등<sup>34</sup>은 지속적으로 뼈의 재구성이 일어나는 하악골의 피질골은 성별과 치아상태의 영향을 받는다고 하였다. 나이가 들면서 하악골에서 나타나는 뼈감소는 여성에서 뚜렷하고 대개 40대 혹은 50대에서 시작되는 현상으로 알려졌으며<sup>33,35</sup>, Pavlova와 Peliakov<sup>36</sup>는 40대 이후 여성에서 석회화가 지연되어 석회화가 덜 된 뼈단위(osteon)가 출현하는 것이 남성과 여성의 차이라고 하였다. 그러나 von Wowern과 Stoltze<sup>4</sup>는 하악골에서 피질골의 뼈량은 나이가 들면서 감소하나 뼈의 위치, 치아 탈락상태, 성별 등에는 큰 차이가 없다고 하였고, von Wowern<sup>35</sup>은 하악골의 피질골은 개인차가 심하나 남녀 사이에는 차이가 없다고 하였으며, Klemetti 등<sup>37</sup>은 하악 치조골의 골밀도는 성별의 차이보다는 저작근의 활성정도가 더 큰 영향을 미친다고 하였다. Yong 등<sup>38</sup>의 연구에서는 해면골은 나이 및 성별에 따른 차이는 아직 논란의 여지가 있다고 말하였다. 이번 연구에서는 측정부위 72개중 50대 소구치부 해면골, 60대 대구치부 협측 피질골을 제외한 모든 부위에서 남녀 간의 유의한 차이가 나타나지 않았고, 이는 조사대상 인원을 늘려 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

이전 연구에서 치조골의 골밀도를 치밀한 피질골을 D1 (HU>1,250), 치밀하고 두꺼운 다공성의 피질골과 거친 망상골을 D2 (HU 850-1250), 다공성 피질골과 미세골소주 망상골을 D3 (HU 350-850), 미세망상골을 D4 (HU 150-350), 비성숙, 비광화골을 D5 (HU<150)로 분류하였고, 일반적으로 D1골은 드물게 볼 수 있는데 하악 전치부나 구치부가 해당된다고 하였다. D2는 하악에서 흔하게 나타나며 하악절치부는 2/3, 하악 구치부는 1/2 정도가 D2골로 나타나고 D3는 하악절치의 약 23%가 D3골을 가지는 반면, 하악 구치부는 거의 1/2이 D3골을 보이며 D4골은 하악골에서 드물다고 하였다. 이번 연구의 연령별 하악 치조골의 골밀도는 10대 피질골 600-800 HU, 해면골 300-400 HU, 20-30대 피질골 800-1,400 HU, 해면골 400-600 HU, 40대 피질골 800-1,200 HU, 해면골 400-500 HU, 50대 피질골 600-1,200 HU, 해면골 300-400 HU, 60대 피질골 500-900 HU, 해면골 100-200 HU로 나타났다. 또한 전후 부위별 골밀도는 전치부 피질골 600-900 HU, 해면골 150-500 HU, 견치부 피질골 600-1,100 HU, 해면골 150-550 HU, 소구치부 피질골 600-1,200 HU, 해면골 200-550 HU, 대구치부 피질골 700-1,400 HU, 해면골 150-500 HU로 나타났다. 이 결과는 기존 연구와 비슷한 경향을 보이지만 전체적으로 높게 나타났는데 이는 기존 연구가 무치악부의 골밀도에 대한 연구여서 이런 결과가 나왔다고 생각된다. Klemetti 등<sup>37</sup>은 치아 탈락 후 저작기능이 감소하면서 저작근이 붙어있는 곳에서는 뼈 무기질이 손실된다 하였고, von Wowern<sup>35</sup>은 치아 탈락 후 저작력이 감소하여 하악골의 협측 피질골에서 뼈막속 흡수가 일어나거나 해면골의 뼈기둥이 감소한다고 하였다.

하악 치조골의 협측 피질골 골밀도는 전치부에서 20-40대, 견치부·소구치부에서 20대, 대구치부에서 20-30대가 높았다. 협측 피질골은 모두 20대에서 높았으며 30-40대까지 유지하다가 이후 감소하는 경향을 보였다. 또한 10대는 전치부, 견치부, 소구치부, 대구치부가 크게 차이가 없었고, 20-60대는 전치부에서 구치부로 갈수록 높아지는 경향을 보였다. 하악 치조골의 해면골 골밀도는 전치부, 견치부, 소구치부, 대구치부에서 20-30대가 높았고, 60대에서 뚜렷한 감소를 보였으며, 10대, 20대, 50대, 60대에서는 전치부에서 구치부로 갈수록 낮아졌으나 30-40대에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 10-40대의 해면골의 골밀도의 차이는 피질골의 차이보다 크지 않았지만 특징적인 것은 50-60대에서 뚜렷한 감소 경향을 보인다는 것이다. 또한 하악 치조골의 설측 피질골 골밀도는 협측 피질골 골밀도와 유사하며 전치부에서 20-40대, 견치부·소구치부에서 20대, 대구치부에서 20-30대가 높았고, 10-60대에서 전치부에서 구치부로 갈수록 높아졌다.

Ding 등<sup>39</sup>, von Wowern과 Stoltze<sup>3,4</sup>는 하악골의 뼈량이나 골밀도는 나이가 들면서 감소한다고 하였고, Gordan과 Genant<sup>40</sup>는 하악골에서 40세부터 65세까지 골밀도의 1/3이 감소한다고 하였다. 또한 Pavlova와 Peliakov<sup>36</sup>는 나이가 들면서 하악골에서 뼈감소가 나타난다고 하였으며, 다른 보고에서는 이는 대개 40대 혹은 50대에서 시작되는 현상이라고 하였다<sup>33,35</sup>. Yong 등<sup>38</sup>은 한국인 성인남녀의 골밀도에 대한 연구에서 20-30대에서는 연령이 증가할수록 골밀도가 증가하여 35세 전후에서 최대치를 보인 후, 50세까지 완만하게 감소하고, 50세를 전후하여 급격히 감소한다고 하였다.

피질골의 골밀도는 나이의 영향을 받고 나이가 들면서 감소된다고 하였고, Park<sup>41</sup>은 골밀도에서 하악골이 상악골보다 높으며 피질골 골밀도는 전치부에서 후방부위로 갈수록 높게 나타난다고 하였다. Goldsmith 등<sup>42</sup>, Mazess와 Cameron<sup>43,44</sup>은 피질골 골밀도는 평균적으로 10년당 3-4%씩 감소한다고 하였고, 나이별로 살펴보면 30대 중반에서 최대 골질량을 이룬 후 45-50세까지 3% 정도의 감소를 보이다 그 후 10년당 7-8%로 현저해지고 75세 이후에는 다시 3-4%의 감소를 보인다고 하였다. 이번 연구에서도 피질골의 골밀도는 나이가 들면서 감소하였고 연령에 따른 감소율 또한 기존 연구와 유사하였다. 해면골의 연구에서는 Riggs 등<sup>45</sup>과 Mazess<sup>43</sup>에 의하면 연령증가에 따른 해면골의 감소는 성인 초기부터 시작하여 일정하게 직선적으로 감소한다고 하였고, Aloia 등<sup>46</sup>은 연령의 증가에 따른 해면골의 골량의 변화는 50세를 기준으로 하여 50세 이전에는 변화가 없다가 50세 이후 급격히 감소하는 경향을 설명하였다. 이 연구들은 하악골이 아닌 신체의 일부 뼈에서 시행하였으며, 이번 연구에서는 해면골 또한 치밀골과 감소경향이 크게 다르지 않았다. 또한 Lindh 등<sup>47</sup>은 하악골의 해면골 골밀도에



대한 연구에서 후방부위보다 전방부 해면골의 골밀도가 높다고 보고하였는데, 이번 연구결과에서는 10대, 20대, 50대, 60대에서 구치부보다는 절치부위 골밀도가 높은 양상을 보였지만 30-40대에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

이번 연구에서는 10대, 20대, 30대, 40대, 50대, 60대 남녀 각각 5명을 대상으로 연구를 시행하였으나 향후 각 연령군마다 충분한 수의 연구대상자를 선정하고 이들에 대한 골밀도의 변화를 충분한 기간 동안 추적조사하여 보다 정확한 연령변화에 따른 골밀도 변화를 정립할 수 있으리라 생각된다. 또한 연구 대상자의 몸무게와 저작 시 교합력, 여성의 폐경 유무 등에 대한 사항도 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이들을 고려한 보다 상세한 연구가 필요할 것이다.

## V. 결 론

이 연구는 하악 치조골의 골밀도를 CBCT를 이용하여 알아보고, 남녀별, 연령별, 치아 부위별 및 협·설 피질골과 해면골별로 비교함으로써 하악 치조골 골밀도에 대한 특징을 알아보고자 시행되었다. 측정 부위의 정상교합자를 10대에서 60대까지 나누어 분석하고, 연령별로 남녀 5명씩 선정 한 후 CBCT 촬영 후 3차원 영상으로 재구성한 다음 EZ3D 프로그램을 이용하여 전치부에서 대구치부까지 12부위를 선정하여 골밀도를 측정하고 HU으로 표현하였다. 각 부위에서 얻은 평균 골밀도를 남녀, 연령, 부위에 따라 나누어 비교 분석을 통해 다음과 같은 결과를 얻었다.

- 연령별 평균 골밀도는 10대 협측 피질골 635.8 HU, 해면골 353.5 HU, 설측 피질골 695.6 HU, 20대 협측 피질골 1,090.5 HU, 해면골 493.1 HU, 설측 피질골 1,143.4 HU, 30대 협측 피질골 996.6 HU, 해면골 496.8 HU, 설측 피질골 1,035.6 HU, 40대 협측 피질골 962.3 HU, 해면골 432.1 HU, 설측 피질골 949.3 HU, 50대 협측 피질골 845.6 HU, 해면골 369.9 HU, 설측 피질골 913.2 HU, 60대 협측 피질골 699.1 HU, 해면골 170.3 HU, 설측 피질골 657.4 HU로 나타났다.
- 부위별 평균 골밀도는 전치부 협측 피질골 733.1 HU, 해면골 389.8 HU, 설측 피질골 738.5 HU, 견치부 협측 피질골 781.7 HU, 해면골 398.9 HU, 설측 피질골 828.7 HU, 소구치부 협측 피질골 886.9 HU, 해면골 384.2 HU, 설측 피질골 973.8 HU, 대구치부 협측 피질골 1,084.9 HU, 해면골 370.9 HU, 설측 피질골 1,055.3 HU로 나타났다.
- 각각의 부위에서 남녀의 평균 골밀도를 비교한 결과 72개의 조사부위 중 50대 소구치부 해면골과 60대 대구치부 협측 피질골은 남자가 높았으며, 다른 부위에서는 유의한 차이가 없었다.
- 하악 치조골의 협측 피질골 골밀도는 전치부에서 20-40대, 견치부·소구치부에서 20대, 대구치부에서

20-30대가 높았고, 20-60대는 전치부에서 구치부로 갈수록 높아지는 경향을 보였다.

- 하악 치조골의 해면골 골밀도는 전치부, 견치부, 소구치부, 대구치부에서 20-30대가 높았고, 60대에서는 뚜렷한 감소경향을 보였으며, 10대, 20대, 50대, 60대에서는 전치부에서 구치부로 갈수록 낮아졌다. 30-40대에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.
- 하악 치조골의 설측 피질골 골밀도는 전치부에서 20-40대, 견치부·소구치부에서 20대, 대구치부에서 20-30대가 높았고, 10-60대에서 전치부에서 구치부로 갈수록 높아졌다.

이상의 연구 결과를 종합하면 하악 치조골 골밀도의 연령별 수치를 알 수 있고, 나이 변화에 따른 골밀도 변화를 예상할 수 있다. 또한 부위별 골밀도 수치도 알 수 있어 하악 치조골 골밀도에 대한 해부학적 지식에 도움을 줄 수 있다고 생각된다.

## References

- Neufeld JO. Changes in the trabecular pattern of the mandible following the loss of teeth. *J Pro Den* 1958;8:685-97.
- Denissen HW, Veldhuis HA, van Faassen F. Implant placement in the atrophic mandible: an anatomic study. *J Prosthet Dent* 1984;52:260-3.
- von Wowern N, Stoltze K. Age differences in cortical width of mandibles determined by histoquantitation. *Scand J Dent Res* 1979;87:225-33.
- von Wowern N, Stoltze K. Sex and age differences in bone morphology of mandibles. *Scand J Dent Res* 1978;86:478-85.
- Lindh C, Petersson A, Klinge B, Nilsson M. Trabecular bone volume and bone mineral density in the mandible. *Dentomaxillofac Radiol* 1997;26:101-6.
- Pouilles JM, Tremollieres F, Todorovsky N, Ribot C. Precision and sensitivity of dual-energy x-ray absorptiometry in spinal osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1991;6:997-1002.
- Berman CL. Osseointegration. Complications. Prevention, recognition, treatment. *Dent Clin North Am* 1989;33:635-63.
- Kim HW, Huh KH, Park KS, Kim JH, Lee WJ, Huh MS, et al. Correlation of bone quality in radiographic images with clinical bone quality classification. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2006; 36:25-32.
- Kim JD. Assessment of the measurement method of the bone mineral density on Cu-equivalent image. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2000;30:101-8.
- Lee BD. Diagnostic method of osteoporosis using dental radiographic images. *J Korean Dental Assoc* 2004;42:184-9.
- Cameron JR, Sorenson J. Measurement of bone mineral in vivo. An improved method. *Science* 1964;142:230-2.
- Engquist B, Bergendal T, Kallus T, Linden U. A retrospective multicenter evaluation of osseointegrated implants supporting overdentures. *Int J Oral Maxillofac Implants* 1988;3:129-34.
- Jaffin RA, Berman CL. The excessive loss of Branemark fixtures in type IV bone: a 5-year analysis. *J Periodontol* 1991;62:2-4.
- Payne JB, Reinhardt RA, Nummikoski PV, Patil KD. Longitudinal alveolar bone loss in postmenopausal osteoporotic/osteopenic women. *Osteoporos Int* 1999;10:34-40.
- Sukovic P. Cone beam computed tomography in craniofacial imaging. *Orthod Craniofac Res* 2003;6(Suppl 1):31-6.
- Christiansen C, Rödbro P, Jensen H. Bone mineral content in



- the forearm measured by photon absorptiometry. Principles and reliability. *Scand J Clin Lab Invest* 1975;35:323-30.
17. Lekholm U, Zarb GA. Patient selection and preparation. In: Branemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, eds. *Tissue integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence; 1985:199-209.
  18. Misch CE. Density of bone: effect on treatment plans, surgical approach, healing, and progressive boen loading. *Int J Oral Implantol* 1990;6:23-31.
  19. Carter DR, Hayes WC. Bone compressive strength: the influence of density and strain rate. *Science* 1976;194:1174-6.
  20. Rice JC, Cowin SC, Bowman JA. On the dependence of the elasticity and strength of cancellous bone on apparent density. *J Biomech* 1988;21:155-68.
  21. Duckmanton NA, Austin BW, Lechner SK, Klineberg IJ. Imaging for predictable maxillary implants. *Int J Prosthodont* 1994;7:77-80.
  22. Norton MR, Gamble C. Bone classification: an objective scale of bone density using the computerized tomography scan. *Clin Oral Implants Res* 2001;12:79-84.
  23. Misch CE, Kircos LT. Diagnostic imaging and techniques. In: Misch CE, ed. *Contemporary implant dentistry*. 2nd ed. St Louis: Mosby; 1999:73-87.
  24. Ay S, Gursoy UK, Erselcan T, Marakoglu I. Assessment of mandibular bone mineral density in patients with type 2 diabetes mellitus. *Dentomaxillofac Radiol* 2005;34:327-31.
  25. Bodic F, Hamel L, Lerouxel E, Baslé MF, Chappard D. Bone loss and teeth. *Joint Bone Spine* 2005;72:215-21.
  26. Gorustovich AA, Espósito MA, Guglielmotti MB, Giglio MJ. Mandibular bone remodeling under a choline-deficient diet: a histomorphometric study in rats. *J Periodontol* 2003;74:831-7.
  27. Elovic RP, Hipp JA, Hayes WC. Maxillary molar extraction causes increased bone loss in the mandible of ovariectomized rats. *J Bone Miner Res* 1995;10:1087-93.
  28. August M, Chung K, Chang Y, Glowacki J. Influence of estrogen status on endosseous implant osseointegration. *J Oral Maxillofac Surg* 2001;59:1285-9.
  29. Pasco JA, Henry MJ, Kotowicz MA, Collier GR, Ball MJ, Ugoni AM, et al. Serum leptin levels are associated with bone mass in nonobese women. *J Clin Endocrinol Metab* 2001;86:1884-7.
  30. César-Neto JB, Benatti BB, Neto FH, Sallum AW, Sallum EA, Nociti FH. Smoking cessation may present a positive impact on mandibular bone quality and periodontitis-related bone loss: a study in rats. *J Periodontol* 2005;76:520-5.
  31. Parfitt GJ. An investigation of the normal variations in alveolar bone trabeculation. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1962;15:1453-63.
  32. Henrikson PA, Wallenius K. The mandible and osteoporosis. *J Oral Rehabil* 1974;1:67-74.
  33. Ulm CW, Kneissel M, Hahn M, Solar P, Matejka M, Donath K. Characteristics of the cancellous bone of edentulous mandibles. *Clin Oral Implants Res* 1997;8:125-30.
  34. Dutra V, Yang J, Devlin H, Susin C. Radiomorphometric indices and their relation to gender, age, and dental status. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2005;99:479-84.
  35. von Wövern N. Bone mass of mandibles. In vitro and in vivo analyses. *Dan Med Bull* 1986;33:23-44.
  36. Pavlova MN, Peliakov AN. Age changes in the mineralization of the human femur according to quantitative microradiographic data. *Arkh Anat Gistol Embriol* 1971;61:83-8.
  37. Klemetti E, Vainio P, Kröger H. Muscle strength and mineral densities in the mandible. *Gerodontology* 1994;11:76-9.
  38. Yong SJ, Lim SK, Huh KB, Park BM, Kim NH. Bone mineral density of normal Korean adults. *J Korean Med Assoc* 1988;31:1350-8.
  39. Ding M, Dalstra M, Danielsen CC, Kabel J, Hvid I, Linde F. Age variations in the properties of human tibial trabecular bone. *J Bone Joint Surg Br* 1997;79:995-1002.
  40. Gordan GS, Genant HK. The aging skeleton. *Clin Geriatr Med* 1985;1:95-118.
  41. Park HS. An anatomical study on success rate of microscrew implants for orthodontic anchorage. *Kor J Orthod* 2002;32:435-41.
  42. Goldsmith NF, Johnston JO, Picetti G, Garcia C. Bone mineral in the radius and vertebral osteoporosis in an insured population. A correlative study using 125-I photon absorption and miniature roentgenography. *J Bone Joint Surg Am* 1973;55:1276-93.
  43. Mazess RB. On aging bone loss. *Clin Orthop Relat Res* 1982;(165):239-52.
  44. Mazess RB, Cameron JR. Bone mineral content in normal U.S. whites. In: Mazess RB, ed. *International Conference on bone mineral measurement*. Washington, DC: NIH; 1974:675-683.
  45. Riggs BL, Wahner HW, Seeman E, Offord KP, Dunn WL, Mazess RB, et al. Changes in bone mineral density of the proximal femur and spine with aging. Differences between the postmenopausal and senile osteoporosis syndromes. *J Clin Invest* 1982;70:716-23.
  46. Aloia JF, Vaswani A, Ellis K, Yuen K, Cohn SH. A model for involuntional bone loss. *J Lab Clin Med* 1985;106:630-7.
  47. Lindh C, Nilsson M, Klinge B, Petersson A. Quantitative computed tomography of trabecular bone in the mandible. *Dentomaxillofac Radiol* 1996;25:146-50.