

골다공증의 진단시 파노라마 방사선사진 유용성에 대한 연구

원광대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실, *경희대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
이 병 도 · 이 상 래*

Usefulness of panoramic radiography in the diagnosis of osteoporosis

Byeong-Do Lee, Sang-Rae Lee*

Dept. of Oral & Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Wonkwang University

*Dept. of Oral & Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Kyunghee University

ABSTRACT

Purpose : To assess the possibility of using panoramic indices as an indicator of jaw osteoporosis.

Methods : Mandibular cortical width (MCW), degree of mandibular alveolar bone resorption (ABR) and morphology of mandibular inferior cortex (MIC) on panoramic radiograph were used as panoramic indices. These panoramic indices were compared with bone mineral density (BMD) of lumbar (L1-L4) and femoral neck measured by dual energy X-ray absorptiometry. We also compared MCW and ABR of young men with those of postmenopausal women.

Results : There was a significant correlation between ABR and BMD of lumbar and femoral neck. And also significant correlation between MIC and BMD of lumbar and femoral neck. ANOVA test of BMD of lumbar and femoral neck showed significant differences according to morphologic classification of inferior cortex. There was significant difference in MCW and ABR between young men and postmenopausal women.

Conclusion : Our results suggested that ABR and MIC on panoramic radiograph could be reliable in screening of osteoporosis. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2001; 31 : 67-71)

KEY WORDS : mandible; alveolar bone loss; osteoporosis; postmenopause

서 론

골다공증은 골형성의 감소 및 골흡수의 증가로 골량이 전반적으로 감소되는 질환으로 이로 인해 요추나 대퇴골, 원위요골 등의 골절이 야기되고 심하면 사망에 이르기기도 한다.^{1,2}

인간의 골조직은 약 30대 중반까지 골밀도가 계속 증가하다가³ 그 후에는 감소되는 것으로 알려져 있으며 이로 인해 골량 (bone mass)이 감소되고 폐경여성의 경우에는 estrogen 분비 감소로 인해 현저한 골소실이 가능하다고 보고되고 있다.^{4,7}

골다공증이 존재하는 경우 악골밀도도 감소된다는 점에

대해 이미 선학들의 연구가 많이 진행되어 있다. 골다공증과 악골밀도와의 관계에 대해서는 Kribbs 등,⁸ Uitewaal 등,⁹ Taguchi 등¹⁰이, 잔존치제와의 관계에 대해서는 Hirai 등¹¹이, 피질골판의 비박에 대해서는 Klemetti 등¹²이 연구하여 전신적인 골다공증과 악골밀도와의 관련성을 보고하였다. Taguchi 등¹³은 골다공증과 치주질환과의 관련성에 대해 언급하였으며 Ward와 Manson¹⁴은 골다공증이 치주염 자체를 유발시키는 것이 아니라 이미 치주염이 존재하는 경우 골소실속도를 증가시킬 수 있다고 하였고 Hunziker 등¹⁵은 estrogen분비가 부족하면 전신적인 골다공증과 함께 악골밀도도 감소되어 나타난다고 하였다.

골조직의 강도는 골량에 상당부분 의존하기 때문에 골다공증이 의심되는 경우 골밀도 (bone mineral density, BMD)를 측정하는 것이 일반적이다.¹⁶ 여러가지 골밀도 측정방법이 이용되고 있으며 특히, 빈번하게 골절이 유발되는 요추와 대퇴골경부를 대상으로 하는 이중에너지방사선 흡수계측법 (Dual energy X-ray absorptiometry, DEXA)이 일반적이고 정확한 방법으로 소개되고 있다.¹⁷

* 이 논문은 2000년도 원광대학교 교비지원에 의해서 연구됨.
접수일: 2001년 3월 26일 채택일: 2001년 5월 17일
Correspondence to: Dr. Byeong-Do Lee
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Wonkwang University, 344-2, shinyong dong, Iksan city, chunbuk, Korea. 570-711
Tel) 82-63-850-1912. Fax) 82-63-857-4002
E-mail) eebydo@wonkwang.ac.kr

악골밀도를 비교적 정확히 측정하기 위해서는 이와 같은 이중에너지방사선흡수법 혹은 정량적전산화단층촬영법 등이 사용될 수 있으나 고가의 검사비용, 촬영상의 어려움 등 때문에 이용빈도가 매우 적은 실정이다. 그래서 파노라마 방사선사진을 이용하여 여러 가지 항목들을 측정하고 관찰하여 전신적인 골다공증과의 관련성을 조사하는 연구들이 진행되었다.

Benson 등¹⁸이 Panorama mandibular index (PMI)에 대해서, Klemetti¹⁹와 Klemetti 등,²⁰ Taguchi와²¹ Taguchi 등^{22,23}이 파노라마 방사선사진상의 하악 하연의 형태와 대퇴골의 골밀도와의 관련성에 대해서, Mohajery와 Brooks,²⁴ Kribbs,²⁵ Taguchi 등^{26,27}이 하악 하연 두께와 골다공증에 대해서 보고하였고 Hirai 등¹¹과 von Wovern, Kollerup²⁸이 골다공증과 잔존치조제 흡수와의 관련성에 대해 보고하여 파노라마 방사선사진을 이용한 골다공증의 진단가능성을 제기하였다.

파노라마 방사선사진에서는 잔존치아의 수, 치조골 소실, 하악골 밀도, 하악 피질골 두께, 하악하연의 형태 등을 평가할 수 있으며 이 중 하악 하연 부위는 비교적 다른 해부학적 구조물과의 중첩없이 비교적 명확히 관찰되는 부위이고²³ 치조골의 소실이 골다공증에 의해 민감하게 반응할 것으로 예상된다. 따라서 저자들은 파노라마 방사선사진상의 하악 하연 두께와 형태변화, 그리고 하악 치조골 흡수정도가 전신적인 골다공증정도를 표현하는 요추와 대퇴골경부의 골밀도와 어떠한 관련성을 가지는지를 조사하고자 본 연구를 진행하게 되었다.

재료 및 방법

1. 연구대상

이 연구에 동조하는 20-70대의 성인 73명(남: 30명, 여: 43명)을 대상으로 하였다. 연구대상은 골밀도에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용한 과거력이나 갑상선 질환, 부갑상선 질환, 만성 간질환, 신장질환등 전신질환을 앓았던 병력이 없고 골다공증에 대한 치료력도 없는 경우로 제한하였다.

2. 연구방법

1) 모든 실험대상자의 요추(Lumbar1-Lumbar4) 부위와 대퇴골경부(femur neck)의 골밀도(g/cm^2)를 측정하였으며 골밀도 측정은 이중에너지방사선흡수계측법(DEXA, Hologic)을 이용하였다.

2) 연구대상자의 악궁이 파노라마 촬영기(Planmeca 2000, Finland)의 상층의 중앙에 오도록 하고 정중시상면이 정확히 중심에 오게 한다음 파노라마 방사선사진촬영을 하여 하악골 하연두께(mandibular cortical width, MCW), 하악 치조골 흡수정도(degree of mandibular alveolar bone

resorption, ABR), 하악하연의 형태(morphology of mandibular inferior cortex, MIC) 변화 등을 관찰하고 0.1 mm까지 측정이 가능한 caliper를 사용하여 계측치를 측정하였다. 관찰과 계측은 1명의 관찰자가 시행하였으며 1개월의 간격을 두고 반복 측정하였다.

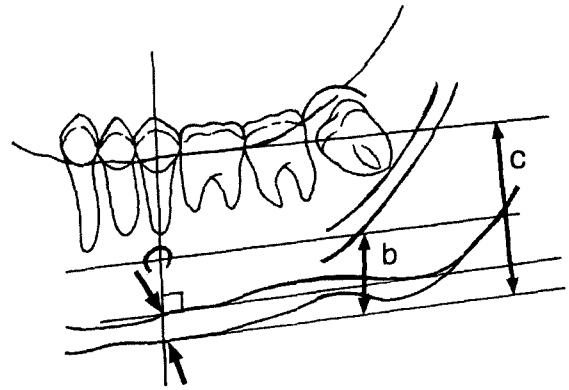


Fig. 1. Diagram of mandibular cortical width (MCW) and degree of mandibular alveolar bone resorption (ABR).

Line parallel to long axis of mandible and tangential to inferior border of mandible was drawn. Line perpendicular to this tangential line was constructed, along which the following measurements were made:

MCW: thickness of inferior cortex at the mental foramen region
ABR: height from inferior border to alveolar crest divided by height from inferior border to center of mental foramen.

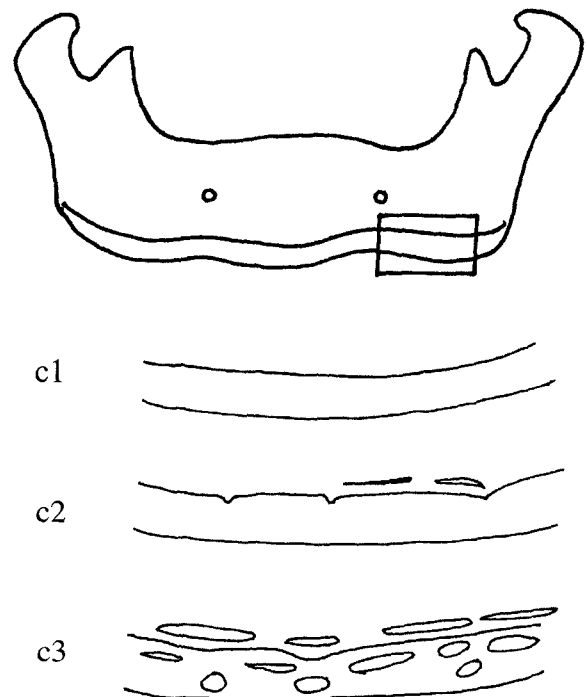


Fig. 2. Classification of morphology of inferior cortex (MIC). c1: smooth cortex c2: semilunar cortex c3: porous cortex

3) 그림 1에서와 같이 이공부위의 하악하연부위에서 접선을 긋고 이곳으로부터 이공의 수직적 중앙부위까지의 수직선상의 길이를 b라 하고 수직선이 치조정과 만나는 점에서 하악하연까지의 길이를 c라 한 다음 c를 b로 나눈 값을 하악 치조골 흡수정도(ABR)라고 하였다. 하악골 하연두께(MCW)는 그림에서와 같이 이공부위의 하악하연의 두께의 계측치로 하였다. 이때의 좌우의 계측치의 평균치를 이용하여 ABR, MCW를 기록하였다(Fig. 1).

4) 하악하연의 형태변화(MIC)는 다음의 3단계의 분류법을 이용하였다(Klemetti 등²⁰의 classification 인용). 즉 이공 후방 하악 하연의 골내막 변연이 연속적인 경우(c1형), 반달형의 결손이 관찰되면서 1-3층의 이개된 골내막층(endosteal cortical residues)이 형성되어 있는 경우(c2형), 이개된 골내막층이 형성되어 있으면서 피질골의 다공성(porous)이 확인되는 경우(c3형)의 3단계로 분류하였다. 만약 좌우측이 각각 c1, c2형인 경우는 c2형으로 c2, c3형인 경우에는 c3형으로 기록하였다(Fig. 2).

5) 이상과 같이 얻어진 하악골 하연두께, 하악 치조골 흡수정도, 하악하연의 형태 등과 요추 및 대퇴골경부의 골밀도등과의 관련성을 SPSS (9.0version) 통계 프로그램을 이용하여 통계분석하였다.

6) 폐경여성 31명과 젊은 성인 42명의 하연두께, 하악 치조골 흡수치를 독립표본 t-test를 시행하여 서로 비교분석하였다.

결 과

요추 및 대퇴골 경부의 골밀도는 하악하연의 형태(MIC), 하악 치조골 흡수정도(ABR) 등과 $p < 0.01$ 수준에서 서로 유의한 상관관계가 있었다(Table 1).

하악하연의 형태변화(MIC)를 c1, c2, c3의 3군으로 분류한 후 요추 및 대퇴골 경부의 골밀도와 각각 분산분석한 결과 유의한 차이가 있었다($p < 0.001$). 사후 분석(Post Hoc Test)한 결과 MIC c1, c2, c3군과 요추 골밀도의 분석에서는 MIC 각군간에 서로 유의한 차이가 존재하였으며 MIC 각 군과 대퇴골 경부의 골밀도의 분석에서는 c1군과 c3군, c2군과 c3군간에 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$, Table 2).

Table 1. Pearson Correlation Coefficients

	MIC	MCW	ABR
LumBMD	0.537**	0.192	0.407**
FnBMD	0.425**	0.203	0.344**

**Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).
number of object: 73

MIC: morphology classification of mandibular inferior cortex

MCW: mandibular cortical width

ABR: degree of mandibular alveolar bone resorption

LumBMD: lumbar (L1-L4) bone mineral density (g/cm²)

FnBMD: bone mineral density of femoral neck

Table 2. Analysis of Variance of lumbar BMD and Femoral neck BMD according to MIC change

	N	lumbar BMD		Significance
		Mean \pm S.D	F	
c1	36	0.99 \pm 0.12	15.4	P < 0.001
c2	29	0.90 \pm 0.15		
c3	8	0.72 \pm 0.08		
total	73	0.93 \pm 0.15		

	N	Femoral neck BMD		Significance
		Mean \pm S.D	F	
c1	36	0.83 \pm 0.12	9.46	P < 0.001
c2	29	0.78 \pm 0.15		
c3	8	0.60 \pm 0.78		
total	73	0.78 \pm 0.14		

c1: smooth cortex, c2: semilunar cortex, c3: porous cortex

Post Hoc Tests (P=0.05) (by Scheffe) in lumbar BMD

c1*c2, c1*c3, c2*c3

Post Hoc Tests (P=0.05) (by Scheffe) in Femoral neck BMD

c1*c3, c2*c3

MIC: morphology of mandibular inferior cortex

Table 3. Mean value of MIC and ABR in young men and postmenopausal women

	young men (mean \pm S.D)	postmenopausal women (mean \pm S.D)
MIC	4.74 \pm 0.64	4.63 \pm 0.73*
ABR	2.27 \pm 0.18	2.10 \pm 0.32*

*: The mean difference is significant at the 0.05 level

MIC: morphology of mandibular inferior cortex

ABR: degree of mandibular alveolar bone resorption

폐경여성 31명(평균연령; 58 \pm 9.3세)과 젊은 성인 42명(평균연령; 25.8 \pm 3.85세)의 하악골 하연두께, 하악 치조골 흡수정도 등을 측정하여 독립표본 T-test를 시행하여 비교한 결과 폐경여성의 측정치가 모두 유의하게 감소되었다($p < 0.05$, Table 3).

고 찰

골밀도를 방사선학적으로 측정하는 방법으로는 광학농도측정법, 단일광자감마선측정법, 양광자감마선측정법, 이중에너지방사선흡수계측법(DEXA), 정량적전산화단층촬영법(QCT), 정량적 초음파법 등 다양하며^{29,30} 이러한 방법들을 이용하여 골질이 예상되는 부위를 선택적으로 촬영하면 된다. 이 중 비교적 정확한 방법이라고 알려진 DEXA 또는 QCT 이용은 악골부위에서는 상당한 제약이 따르기 때문에 파노라마 방사선사진 상에서 여러 가지 관찰 항목들을 이용하여 골다공증 정도를 평가하려는 시도들이 있어 왔다.

파노라마 방사선사진에서 단순히 하악하연의 두께만을 계측하면 촬영시의 부적절한 환자위치등에 의해 기인

한 계측오차가 발생할 수 있으며 이에 따라 Benson 등¹⁸은 단순히 이 부위의 두께를 측정하는 것보다는 이공까지의 거리에 대한 하악하연의 두께 비 (panoramic mandibular index, PMI)를 이용하는 것이 보다 객관적인 방법이라고 생각하였는데 하악골의 기저부(basal bone)가 치조골 부위에 비해 일생동안 높이 변화가 적다는 사실이 인용의 기초가 되었다. 그러나 저자들이 예비실험한 결과 요추의 T value에 따라 젊은 성인과 폐경여성간의 PMI를 분산분석 시 유의한 차이가 있었으나 교호작용(interaction effect)이 있었으며 민감도가 미약하였다. 이³¹가 발표한 바에 따르면 PMI는 비록 연령차이에 의해 유의한 차이를 보였지만 연령이 증가할수록 증가하는 경향이 있었으며 Klemetti 등³²도 비슷한 결과를 발표하였다. 이러한 결과는 PMI 변화가 연령에 따른 피질골 변화를 예민하게 나타내는 방법이 되지 못한다는 점을 암시하는 것 같다.

Taguchi 등²¹은 QCT로 측정된 하악하연의 밀도(mandibular cortical density, MCD)가 40대 이후에 급격히 감소되며 PMI보다는 하악하연 두께(MCW)가 하악하연의 밀도와 밀접하게 관련되어 있고 요추의 골밀도와 연관성을 갖는다고 하였다.²⁷

이상과 같이 PMI는 악골밀도를 표현하는 방법으로 채택하기에는 적절치 않다고 판단되어 본 연구에서는 하악하연 두께(MCW), 치조골 흡수정도를 관찰항목으로 채택하였다.

Mohajery와 Brooks²⁴는 파노라마 방사선사진상의 상악동저, 치조백선, 하악 우각부위의 피질골 두께 등이 골다공증 정도를 적절히 표현하지 못한다고 하였고 Klemetti 등²⁰도 파노라마 방사선사진상에서 하악 하연의 두께를 계측하고 형태를 평가하는 것이 골다공증 여부를 결정하는데 별 도움이 되지 않는다고 하였으나 연구대상 연령이 48-56세로 매우 한정적이었기 때문에 문제점이 있었다고 본다. 이 외에 Kribbs²⁵도 하악 하연 두께로 골다공증을 판별할 수 없다고 하였다

Taguchi 등²⁷은 하악하연의 형태, 하악골 하연두께 등과 요추 골밀도와의 관계를 조사한 결과 상당한 상관관계가 존재하였다고 하였다. 그리고 잔존치아와 하악골 하연두께 간에는 남성의 경우에는 유의한 연관관계가 없었으나 60대 여성들의 경우 15개 이상의 치아를 보유하고 있는 여성들이 그렇지 못한 여성들에 비해 유의하게 높은 하악골 하연두께를 보였다고 하였다.²⁶ 본 연구에서 치조골 흡수정도(ABR)가 요추 및 대퇴골부위와 밀접한 상관관계를 가지고 있었으며 하악하연 두께와는 상관관계가 없었다. 이는 하악하연 두께보다는 전체 하악 높이를 하악 기저부높이로 나눈 치조골 흡수정도가 전신적인 골다공증 정도와 더욱 밀접한 관계를 가지는 것으로 생각된다. Goldberg 등³³도 치조골 높이와 하악골의 높이 비율로 척추와 대퇴골의 골밀도를 평가할 수 있다고 하였으며 본 연구와 유사한 점이

있다고 생각한다. 한편 본 연구에서 젊은 성인에 비해 폐경여성의 하악하연 두께 및 치조골 흡수정도가 유의하게 감소되어 나타났으며, 이와 같은 결과는 골밀도가 확연하게 감소될 것으로 예상되는 폐경여성의 경우에는 하악하연의 두께도 골다공증을 표현할 수 있는 요소로 판단할 수 있는 근거라고 생각한다. 본 연구의 결과 골다공증을 암시하는 계측항목으로서 하악하연 두께보다는 치조골 흡수정도가 더욱 예민한 항목인 것으로 생각되며, 발치여부 혹은 발치기간 등 여러 가지 관련요인을 변수로 하는 광범위한 통계학적 연구설정도 흥미있으리라고 생각된다.

Wishart 등³⁴, Matsumoto 등³⁵이 중수골의 형태변화가 골다공증 진단에 유효하다고 하였고 Klemetti¹⁹도 하악하연의 형태분류가 요추, 대퇴골의 골밀도와 관련이 있었다고 하여 본 연구에서도 하악 하연의 형태 변화에 대해서 연구하게 되었다.

그 결과 하악하연 형태군에 따라 요추 및 대퇴골의 골밀도가 각각 유의하게 차이가 났다. 사후분석(Post Hoc Test) 결과 하악하연의 형태변화군 즉 골내막이 연속적인 경우(c1: smooth cortex) 골내막에 반월형의 골결손이 존재하는 경우(c2: semilunar cortex), 다공성의 피질골인 경우(c3: porous cortex) 등에 따라 요추 골밀도를 분석시에 하악하연의 형태변화군간에 서로 유의한 차이가 존재하였다. 그리고 하악하연의 형태변화군에 따른 대퇴골 경부의 골밀도의 분산분석에서는 c1군과 c3군, c2군과 c3군간에 유의한 차이가 있었다. 본 실험에서 하악 하연의 형태변화가 대퇴골 경부의 골밀도에 비해 요추의 골밀도 변화와 밀접한 관련이 있다고 단정적으로 말하기는 어렵지만 Taguchi 등¹⁰이 악골의 골밀도는 요추의 골밀도와 관련이 깊다고 한 내용, Hirai 등,¹¹ Taguchi 등,²⁷ von Wovern과 Kollerup²⁸이 하악골의 높이가 요추의 골밀도 변화와 관련이 있다고 보고한 내용들과 관련성이 있다고 생각한다. 이와 같은 하악하연의 형태변화는 관찰시 재현성이 높고²⁰ 파노라마 방사선사진에서 쉽게 관찰이 되기 때문에 빈번하게 이용할 수 있는 항목이라고 생각한다.

이상의 연구 결과 하악하연 형태변화와 치조골 흡수정도는 요추 및 대퇴골 경부의 골밀도와 밀접한 관련성이 존재하였으며, 폐경 여성의 하악하연두께와 치조골의 흡수정도는 젊은 성인의 것에 비해 유의하게 감소되어 나타났다.

참 고 문 헌

1. World Health Organization study group. WHO Technical Report Series 843. Assessment of Fracture Risk and its Application to Screening for Postmenopausal Osteoporosis (World Health Organization. Geneva) 1994: 5.
2. White SC, Pharoah MJ. Oral Radiology: Principles and Interpretation. 4th ed. St. Louis: The C.V. Mosby Co.; 2000.

3. Goldsmith NF, Johnson JO, Picetti G, Garcia C. Bone mineral in the Radius and Vertebral Osteoporosis in an Insured Population. *J Bone Joint Surg* 1973; 55A : 1276.
4. Riggs BL, Melton LJ. Evidence for two distinct syndromes of involutional osteoporosis. *Am J Med* 1983; 75 : 899-901.
5. Young EA. Nutrition, aging, and the aged. *Med Clin North Am* 1983; 67 : 295.
6. Riggs BL, Wahner HW, Dunn WL, Mazess RB, Offord KP, Melton LJ. Differential changes in bone mineral density of the appendicular and axial skeleton with aging. *J Clin Invest* 1981; 67 : 328-35.
7. Krolner B, Nielson PS. Bone mineral content of the lumbar spine in normal and osteoporotic women; Cross-sectional and longitudinal studies. *Clin Sci* 1982; 62 : 329-36.
8. Kribbs PJ, Chesnut CH, Ott SM, Kilcoyne RF. Relationships between mandibular and skeletal bone in an osteoporotic population. *J Prosthet Dent* 1989; 62 : 703-7.
9. Uitewaal PJ, Lips P, Netelenbos JC. An analysis of bone structure in patients with hip fracture. *Bone Mine* 1987; 3 : 63-73.
10. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Ohama K, Wada T. Relationship between the mandibular and lumbar vertebral bone mineral density at different osteomenopausal stages. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 80 : 612-6.
11. Hirai T, Ishijima T, Hashikawa Y, Yajima T. Osteoporosis and reduction in edentulous patients. *J Prosthet Dent* 1993; 69 : 49-56.
12. Klemetti E, Vainio P, Lassila V, Alhava E. Cortical bone mineral density in the mandible and osteoporosis status in postmenopausal women. *Scand J Dent Res* 1993; 101 : 219-23.
13. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Ohama K, Wada T. Relationship between the mandibular and lumbar vertebral bone mineral density at different postmenopausal stages. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 80 : 612-16.
14. Ward VJ, Manson JD. Alveolar bone loss in periodontal disease and the metacarpal index. *J Clin Periodontol* 1973; 44 : 763-9.
15. Hunziker J, Wronski TJ, Miller SC. Mandibular bone formation rates in aged ovariectomized rats treated with anti-resorptive agents alone and in combination with intermittent parathyroid hormone. *J Dent Res* 2000; 79 : 1431-8.
16. Gardsell P, Johnell O, Nilsson BE, et al. The predictive value of bone loss for fragility fractures in women : a longitudinal study over 15 years. *Calcif Tissue Int* 1991; 49 : 90-4.
17. Kribbs PJ, Smith DE, Chesnut III. Oral findings in osteoporosis. Part I: Measurement of mandibular bone density. *J Prosthet Dent* 1983; 50 : 576-80.
18. Benson BW, Prihoda TJ, Glass BJ. Variations in adult cortical bone mass as measured by a panoramic mandibular index. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1991; 71 : 349-56.
19. Klemetti E. Edentulous jaws and skeletal mineral status. Kuopio, Finland : Kuopio University Printing Office; 1993. Thesis.
20. Klemetti E, Kolmakov S, Kröger H. Pantomography in assessment of the osteoporosis risk group. *Scand J Dent Res* 1994; 102 : 68-72.
21. Taguchi A. The basic study on measurement of bone mineral density of mandible with dual energy quantitative computed tomography. *J Hiroshima Univ Dent Soc* 1992; 24 : 18-38.
22. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, et al. The estimation of the radiomorphometric indices of the mandible using panoramic radiography. *Dent Radiol* 1993; 33 : 309-16.
23. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Ohtsuka M, Otani K, Wada T. Oral signs as indicators of possible osteoporosis in elderly women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 80 : 612-16.
24. Mohajery M, Brooks SL. Oral radiographs in the detection of early signs of osteoporosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 73 : 112-7.
25. Kribbs PJ. Comparison of mandibular bone in normal osteoporotic women. *J Prosthet Dent* 1990; 63 : 218-22.
26. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Wada T. Tooth loss and mandibular osteopenia. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1995; 79 : 127-32.
27. Taguchi A, Suei Y, Ohtsuka M, Otani K, Tanimoto K, Ohtaki M. Usefulness of panoramic radiography in the diagnosis of menopausal osteoporosis in women. Width and morphology of inferior cortex of the mandible. *Dentomaxillofac Radiol* 1996; 25 : 263-7.
28. von Wowern N, Kollerup G. Symptomatic osteoporosis a risk factor for residual ridge reduction of the jaws. *J Prosthet Dent* 1992; 67 : 656-60.
29. Henderson RD. The correlation between dual-energy X-ray absorptiometry measures of bone density in the proximal femur and lumbar spine of children. *Skeletal Radiol* 1997; 26 : 544-7.
30. 용석중, 임승길, 허갑범, 박병문, 김남현. 한국인 성인 남녀의 골밀도. *대한의학협회지* 1988; 31 : 1350-8.
31. 이병도. 골다공증에 따른 치조골 방사선사진농도와 하악하연두께의 변화에 대한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 2000; 30 : 235-42.
32. Klemetti E, Kolmakov S, Heiskanen P, Vainio P, Lassila L. Panoramic mandibular index and bone mineral densities in postmenopausal women. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1993; 75 : 774-9.
33. Goldberg AF, Gergans GA, Mattson DE, Rudman D. Radiographic alveolar process/mandibular height ratio as a predictor of osteoporosis. *Gerontology* 1988; 4 : 229-31.
34. Wishart JM, Horowitz M, Bochner M, Need AG, Nordin BEC. Relationships between metacarpal morphometry, forearm and vertebral bone density and fractures in postmenopausal women. *Br J Radiol* 1993; 66 : 435-40.
35. Matsumoto C, Kushida K, Yamazaki K, Imose K, Inoue T. Metacarpal bone mass in normal and osteoporotic Japanese women using computed X-ray densitometry. *Calcif Tissue Int* 1994; 55 : 324-9.