대한구강악안면방사선학회지 2004; 34 : 69-74

정상 및 골다공증 여성의 파노라마 방사선사진 계측치 비교

부산대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
김주연 · 나경수 · 정연화

Comparison of panorama radiomorphometric indices of the mandible in normal and osteoporotic women

Joo-Yeon Kim, Kyung-Soo Nah, Yun-Hoa Jung
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Pusan National University

ABSTRACT

Purpose : This study was conducted to compare the radiomorphometric indices of the mandible on panoramic radiographs among three groups of normal, osteopenia and osteoporosis and to determine whether panoramic indices have validity in predicting osteoporotic risk.

Materials and Methods : Ninty-four postmenupausal women aged 42-72 years (mean 62±7.5) were examined using dual energy X-ray absorptionmetry (DEXA) of the lumbar and classified into three groups by WHO classification. Panoramic mandibular index (PMI), mandibular cortical thickness (Mental index (MI), Antegonial index (AI), Gonial index (GI)) and the mandibular cortical index (MCI) were measured bilaterally on panoramic radiographs and analyzed.

Results : There were signigicant differences among normal, osteopenic and osteoporoti groups in PMI (I), PMI (S), MI, AI, GI and MCI. The sensitivities of the MCI (93%) and the combination index of MCI and MI (90%) in diagnosing osteopenic/osteoporotic cases were high.

Conclusion : The widths and shapes of the mandibular cortical bone on panoramic radiography may highly reflect the systemic osteopenic/osteoporotic conditions of the patients. (***Korean J Oral Maxillofac Radiol 2004; 34 : 69-74***)

KEY WORDS : Osteoporosis, Postmenopausal; Radiography, Panoramic

서 론

고령화 시대에 접어들면서, 골다공증에 대한 관심과 함께 악골과 골다공증과의 관계에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.[1-3] 골다공증은 가장 흔한 대사성 골질환으로 골량의 감소, 골의 약화(bone fragility)를 야기하는 미세구조의 약화(mcroarchitectural weakning) 및 골절 위험성의 증가가 특징적으로 나타난다.[4-7]

1994년에 세계보건기구(World Health Organization: WHO)는 골다공증의 임상적인 정의를 척추, 고관절부, 상완(spine, hip, forearm)에서 측정한 골밀도(bone mineral density: BMD)에 근거하여, T-score로 나타낼 것을 추천하였다.[8] T-score는 성인의 골밀도와 성별과 인종을 고려한 건강한 젊은 성인의 평균 골밀도간의 차이를 건강한 젊은 성인의 표준편차로 나누어 계산한다.[9]

치과 의사는 두 가지 측면에서 골다공증에 관심을 기울여야 한다.[6] 첫째, 임플란트와 같은 치료에서의 성공적인 골유합(osseointegration)이 치유 기간동안 안정성을 제공할 수 있는 충분한 양의 주위골을 요구하므로, 치료의 성공이 악골의 골조직 상태에 달려있다는 점이다. 둘째, 치과의사가 진단을 위해 촬영한 방사선사진을 이용하여 환자가 골다공증의 잠재성에 대해 더 정밀한 검사를 받을 필요성이 있는지의 여부를 판별 가능한가 하는 부분이다. 이런 맥락에서 정상군과 골다공증군간에서 골밀도와 하악골의 방사선학적 소견과의 관계성에 대한 연구가 집중되고 있다.[6, 10-15]

전신적인 골다공증과 하악골의 관련성을 평가하는데 있어서, 하악골 구조에 대한 조직형태계측학적(histomorpho-

접수일 : 2004년 2월 17일; 심사일 : 2004년 2월 18일; 채택일 : 2004년 3월 17일
Correspondence to : Prof. Kyung-Soo Nah
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Pusan National University, 1-10, Amidong, Seogu, Pusan, Korea, 602-739
Tel) 82-51-240-7471, Fax) 82-51-244-7473
E-mail) ksnah@pusan.ac.kr

metric) 방법[11,16]에서부터 구내 및 구외 방사선사진을 이용한 방사선형태계측학적 (radiomorphometric) 방법[17,18]과 밀도계측학적 (densitometric) 방법[19,20]에 이르기까지 여러 다양한 방법들이 사용되어 왔다.[6] 이중에너지방사선흡수계측법 (Dual energy X-ray absorptionmetry: DEXA)과 정량적전산화단층촬영법 (Quantitative computed tomography: QCT)과 같이 더 정교한 방법들에 의해 하악골 밀도와 다른 부위 골격간에 유의할 만한 차이가 있다는 것이 증명되었으며,[20-23] 이는 간단한 방사선형태학적인 방법보다는 더 신뢰성이 있다고 생각된다.[6] 그러나, 일반적인 치과 임상가들이 골밀도를 측정하기 위해 특별한 장비를 소유하는 것은 어렵다고 생각되며, 따라서 일반 방사선사진을 이용하여 골다공증의 파괴적인 효과에 대한 위험을 판별할 수 있는 신뢰성 있는 방법에 대한 연구가 요구된다.[6]

파노라마 방사선사진은 일반적인 구강 검사에 널리 이용되고 있으며, 하악골의 방사선학적인 변화가 골격적인 골감소증과 골다공증을 인지할 수 있는지를 평가하는데 매우 유용하다.[4] 1991년 Benson 등[5]은 이공과 하악 하연과의 거리가 비교적 일정하다는 것에 착안하여 이 거리와 하악 하연 피질골 두께와의 비를 Panorama mandibular index (PMI)로 표현하였으며, 이 후 이 PMI를 사용한 연구들이 진행되어 왔다. Watson 등[24]은 54-71세의 여성을 대상으로 한 연구에서 정상과 골다공증 여성간에 평균 PMI의 차이가 없었다고 했으며, 48-71세의 폐경 이후 무치악 여성 30명을 대상으로 한 Drozdzowska 등[4]의 연구에서도 정상군, 골감소증군, 골다공증군 간에서 평균 PMI의 유의할 만한 차이가 없었다고 보고한 바 있다. 그러나, Klementti 등[25]의 연구에서는 PMI와 대퇴골 경부(femoral neck) 및 척추의 DEXA 수치간에 약하지만 유의한 상관관계가 있다고 했다. 그들은 비록 폐경 이후 중년 여성들에서 PMI와 골격의 전신적인 무기질 상태 간에 강한 양의 상관관계를 발견하기는 어려우나 PMI 값이 모집단의 평균 PMI에 비해 현저히 변위를 보일 경우 PMI가 골내 무기질 변화의 지표로 쓰일 수 있을 것이라고 예측했다.

한편 Bollen 등[26]은 하악 피질골이 대조군에 비해 골다공증성 골절이 있는 군에서 유의할 만하게 얇다는 것을 발견하였고, Taguchi 등[27]도 하악골 하연의 두께와 척추 골밀도(spinal BMD)간에 유의할 만한 상관관계가 있다고 보고했으며, Bras 등[11]의 연구에서도 폐경 이후 여성과 만성신부전 환자의 하악각 피질골(mandibular angular cortex)이 정상군에 비해 확연하게 얇았으며 피질골의 두께가 대사성 골 감소를 평가하는 유용한 도구가 될 수 있다고 제안했다. 반면 Mohajery 등[23]은 폐경 이후 여성에서 정상군과 골다공증군 간에 피질골 두께가 차이를 보이지 않는다고 했다. 이와 같이 파노라마 방사선사진상에서의 하악골 계측치와 전신적인 골다공증과의 상관관계에 대한 많은 상반된 연구 결과가 보고되어 왔다.

이 연구의 목적은 폐경 이후 여성을 대상으로 파노라마 방사선사진상에서 다양한 하악골 계측치(indices)를 측정하여 정상군, 골감소증군, 골다공증군 사이에서 비교함으로써 파노라마 방사선사진이 전신적인 골격의 골다공증 유무를 예측하는데 유용하게 사용될 수 있는지를 평가하는 것이다.

대상 및 방법

1. 연구대상

42-72세 (평균 62±7.5)의 척추 또는 고관절부 골절의 병력이 없는 폐경 이후 여성 94명을 대상으로 이중에너지방사선흡수계측법 (DEXA, LUNAR Prodigy, Lunar Corporation, Madison, WI, USA)으로 요추의 골밀도를 측정한 후 T-score에 의한 세계보건기구(WHO) 분류[8]에 의해 정상군, 골감소증군, 골다공증군으로 분류하였다(Table 1).

Table 1. Clinical characteristics of women studied

	Normal n=18	Osteopenia n=36	Osteoporosis n=40	All women n=94
Age (years)	59.0	61.4	65.0	62.5
Weight (kg)	59.6	58.9	54.8	57.3
Height (cm)	156.7	156.9	154.4	155.8

2. 연구방법

1) 방사선사진의 분석

PM 2002 CC 촬영기 (Planmeca, Helsinki, Finland)를 사용하여 파노라마 방사선사진을 촬영하였다. 방사선사진은 판독대 상에서 Vernier Caliper (Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)를 사용하여 0.05 mm 단위로 측정하였으며, 보조적으로 확대경을 사용하였다.

2) 측정 항목

각 파노라마 방사선사진 상에서 다음의 방사선형태계측학적 지표(radiomorphometric indices)를 측정하였다. (1), (2)의 각 항목에 대해 파노라마 방사선사진의 좌우측 모두에서 측정하였으며, 일주일의 간격을 두고 2번 반복 측정하여 평균치를 구하였다.

(1) Panorama mandibular index (PMI)

PMI는 이공 부위에서의 하악 하연 피질골의 두께를 하악 하연에서 이공 하연 또는 상연까지의 거리로 나눈 값으로 정의된다.[6] Ledgertone 등[6]의 방법에 따라 파노라마 방사선사진상에서 이공을 결정한 뒤 하악 하연의 접선(a)에 수직으로 이공의 중앙을 통과 하는 선(b)을 긋고 이 선을 따라 피질골 두께(C), 이공의 하연에서 하악 하연까지의 거리(I), 이공의 상연에서 하악 하연까지의 거리(S)를 측정하였다(Fig. 1).

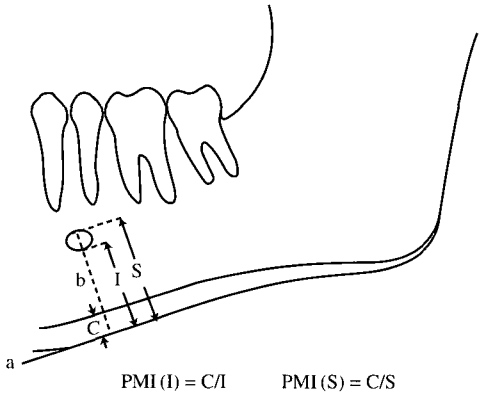

Fig. 1. Diagram showing the derivation of the measurements used in calculation of the panoramic mandibular index (PMI). A line (b) was drawn perpendicular to the tangent (a) to the lower border of the mandible and through the center of the mental foramen. Measurements were made along this line of cortical width (C) and the distances between the lower border of the mandible and the inferior (I) and superior (S) margins of the mental foramen.

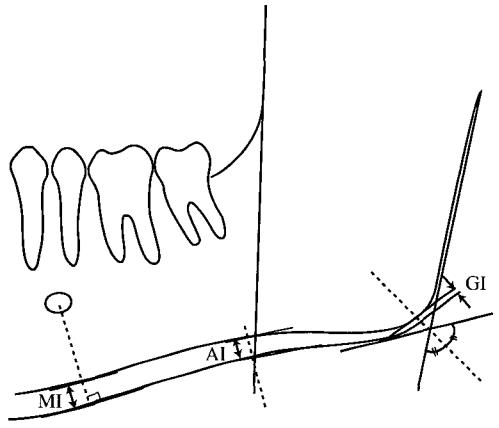

Fig. 2. Diagram showing the measuements of mental index (MI), antegonial index (AI) and gonial index (GI). MI is the cortical thickness below the mental foramen and GI is at gonion. AI is the measurement of cortical thickness in the region at a point identified by extending a line (b) of 'best fit' on the anterior border of the ascending ramus down to the lower border of the mandible. The line (a) is the tangent to the lower border of mandible and the line (c) is perpendicular to the line (a). The measurement of AI is made along this perpendicular line (c).

(2) Cortical thickness

i) Mental index (MI)

MI는 이공 하방의 하악 하연 피질골 두께로 Fig. 1의 C에 해당한다(Figs. 1, 2).

ii) Antegonial index (AI)

Horner 등[28]의 방법에 따라 상행지의 전연을 따라 가장 적합되는 직선(b)을 하악 하연과 교차하여 그은 뒤, 하악 하연의 접선(a)에 수직인 선(c)을 긋고 이 수직선(c)을 따라 antegonial cortical thickness를 측정하였다(Fig. 2).

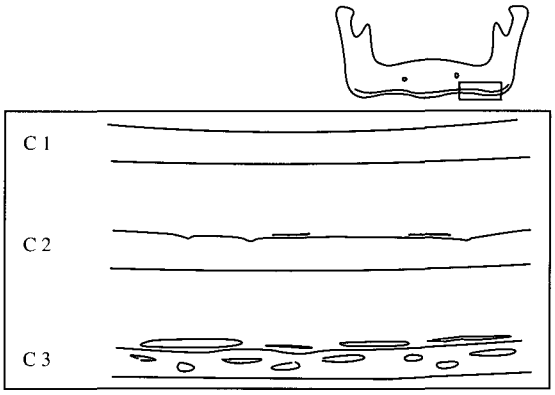

Fig. 3. Classification of mandibular cortex (C1-3) based on changes in inferior cortex on panoramic x-ray images.

iii) Gonial index (GI)

GI는 Bras 등[11]의 방법에 따라 Gonion에서의 하악 하연의 피질골 두께를 측정하였다(Fig. 2).

(3) MCI (Mandibular cortical index)

Klementti 등[29]의 분류에 따라 이공 후방 하악 하연 피질골의 형태에 근거하여 C1-C3의 세 군으로 분류하였다. 즉, C1은 피질골의 골내막 경계(endosteal margin)가 좌우측 모두에서 균일하며 예리한 경우를, C2는 피질골 골내막 경계가 한측 또는 좌우측 모두에서 반월형 결손(semilunar defects)을 보이거나 1-3층의 골내막 피질골 층(endosteal cortical layer)을 형성하는 경우를, C3는 피질골 층이 심한 골내막 잔사(endosteal residues)를 형성하거나 명확하게 다공성을 보이는 경우로 하였다(Fig. 3).

3) 통계 분석

정상군, 골감소증군 및 골다공증군에서 PMI, MI, AI, GI의 값이 유의한 차이를 보이는 가를 평가하기 위해 일원분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, MCI에 대해서는 교차분석(x^2 test)을 실시하였다(SPSS 10.0 for Windows).

골감소증/골다공증의 진단에 있어서 파노라마 방사선사진 계측치의 감별력을 평가하기 위해 골감소증군의 계측치 평균값을 기준으로 하여 평균 이하는 정상군으로 평균 이상은 골감소증/골다공증군으로 판정하여 각 지표의 민감도(sensitivity), 특이도(specificity), 양성 예측도(positive predictive value) 및 음성 예측도(negative predictive value)를 각각 평가하였다.

결 과

1. PMI, MI, AI, GI의 분석

전체 대상자들과 각 군에 대한 파노라마 측정 지표들의

Table 2. Mean values of parameters studied

	Normal mean SD n=18	Osteopenia mean SD n=36	Osteoporosis mean SD n=40
PMI (I)	0.28 (0.08)	0.24 (0.07)	0.20 (0.08)*
PMI (S)	0.24 (0.07)	0.20 (0.06)	0.17 (0.06)*
MI	3.99 (1.03)	3.54 (1.08)	2.97 (1.08)*
AI	3.41 (0.21)	3.15 (0.15)	2.58 (0.12)*
GI	1.25 (0.37)	1.16 (0.39)	0.93 (0.31)*

* statistically significant ($p<0.05$)

Table 3. Observed frequencies of cortical changes (C1-C3) in skeletal mineral density groups

	Normal	Osteopenia	Osteoporosis	Total
C1	9	3	2	14*
C2	9	30	30	69*
C3	0	3	8	11*
Total	18	36	40	94

* statistically significant ($p<0.05$)

Table 4. The ability of PMI (I) to discriminate between normals and osteopenics/osteoporotics

PMI (I)	Nomal	Osteopenia/Osteoporosis	Total
>0.24 mm	12	25	37
≤0.24 mm	6	51	57
Total	18	76	94

Table 5. The ability of PMI (S) to discriminate between normals and osteopenics/osteoporotics

PMI (S)	Nomal	Osteopenia/Osteoporosis	Total
>0.20 mm	12	24	36
≤0.20 mm	6	52	58
Total	18	76	94

평균과 표준편차를 Table 2에 나타내었다. PMI (I), PMI (S), MI, AI, GI 모두 정상군, 골감소증군, 골다공증군 간에 통계학적으로 유의할 만한 차이를 보였다(ANOVA, $p<0.05$).

2. MCI의 분석

하악 하연 피질골의 형태 변화 정도(MCI: C1-C3)는 정상군, 골감소증군, 골다공증군 간에 유의할 만한 차이를 보였다(Table 3, x^2 test, $p<0.05$).

3. 민감도와 특이도

이중에너지방사선흡수계측법 (DEXA) 측정치에 의한 정상군과 골감소증/골다공증군에서의 파노라마 방사선사진 계측치의 분포를 Table 4-10에 나타내었으며, 각 지표의 민감도, 특이도, 양성 예측도 및 음성 예측도를 Table 11에 나타내었다.

Table 6. The ability of MI to discriminate between normals and osteopenics/osteoporotics

MI	Nomal	Osteopenia/Osteoporosis	Total
>3.54 mm	12	27	39
<3.54 mm	6	49	55
Total	18	76	94

Table 7. The ability of AI to discriminate between normals and osteopenics/osteoporotics

AI	Nomal	Osteopenia/Osteoporosis	Total
>3.15 mm	10	27	37
<3.15 mm	8	49	57
Total	18	76	94

Table 8. The ability of GI to discriminate between normals and osteopenics/osteoporotics

GI	Nomal	Osteopenia/Osteoporosis	Total
>1.16 mm	11	23	34
<1.16 mm	7	53	60
Total	18	76	94

Table 9. The ability of MCI to discriminate between normals and osteopenics/osteoporotics

MCI	Nomal	Osteopenia/Osteoporosis	Total
C1	9	5	14
C2, C3	9	71	80
Total	18	76	94

Table 10. The ability of MCI and MI in combination to discriminate between normals and osteopenics/osteoporotics

Combined index	Nomal	Osteopenia/ Osteoporosis	Total
C1 and MI>3.54 mm	8	4	12
C2, C3 and MI<3.54 mm	5	36	41
Total	13	40	53

PMI (I), PMI (S)의 민감도는 각각 73, 68%였으며, 특이도는 67%로 동일하였다. MI, AI, GI의 민감도는 64, 64, 61%였으며, 특이도는 67, 56, 70%를 나타내었다. MCI의 민감도, 특이도는 각각 93, 50%를 보였으며 MCI와 MI를 조합한 경우의 민감도, 특이도는 각각 90, 62%였다. 단일 지표 중 MCI가 가장 높은 민감도(93%)와 음성 예측도(64%)를 나타내었으나 특이도(50%)는 낮았다. MCI를 제외한 지표 모두에서 양성 예측도가 가장 높은 값을 보였으며, 음성 예측도가 가장 낮은 값을 나타내었다. MCI와 MI를 조합한 지

Table 11. Sensitivity, specificity, positive predictive value, negative predictive value of panorama radiomorphometric indices in diagnosing osteopenia/osteoporosis

	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Positive predictive value (%)	Negative predictive value (%)
PMI (I)	73	67	90	32
PMI (S)	68	67	90	33
MI	64	67	90	31
AI	64	56	86	27
GI	61	70	88	32
MCI	93	50	89	64
Combined index of MCI and MI	90	62	88	67

표를 사용한 경우 특이도를 제외하고는 단일 지표 MCI에 비해 별다른 개선을 보이지 않았다.

고 찰

골량은 일차적으로 유전적인 요인에 의해 결정되며 이중 가장 중요한 요인은 성별이다.[30] 남성과 여성에 있어서 주된 골성장은 30세까지 완성되며 남성의 최대 골량(peak bone mass)이 여성에 비해 크다.[30] 여성의 경우, 폐경 이후 5-10년 동안의 골감소 시기가 있으며 이때의 골 감소율은 폐경 이전 감소율의 2-4배가 된다.[30] 이에 비해 남성의 골량 감소는 여성보다 늦게 시작되어 더욱 서서히 진행된다.[30] 폐경 이후 여성의 이러한 급격한 골소실은 estrogen의 소실에 의한 것으로 생각된다.[30,31] 따라서 본 연구에서는 골량 감소에 의한 골다공증의 위험도가 높은 폐경 이후 여성을 대상으로 앞선 문헌들[6,11,23,29]에서 제시된 바 있는 여러 파노라마 방사선형태계측학적 지표들을 측정, 비교하여 그 유효성에 대해 알아보고자 하였다.

방법적인 면에 있어서 PMI 및 MI를 측정하는 과정에서 이공의 위치를 판별하는 것이 어려운 경우 다른 방사선학 전공자와 논의하여 결정하였으며 설골의 상과 하악 하연이 중첩되어 나타나 하악 하연 피질골의 두께를 결정하기가 어려운 경우에 있어서는 확실히 구분되는 가장 가까운 피질골의 외형을 따라 추적하여 결정하였다. 또한 본 연구에서는 경계가 불명확하고 다공성을 보이는 하악 피질골을 가진 대상이 많았으므로 하악 하연 피질골의 상연을 결정하기가 어려운 경우가 있었으며, 이런 경우 Ledgertone 등[6]의 연구에서와 같이 치밀한 피질골의 가장 얇은 두께를 측정하였다. 그리고 Klementti 등[29]의 분류에 따라 MCI를 결정하는 과정에서 실제적으로 그 기준을 분명히 적용하기가 힘든 경우에 있어서는 C1과 C2의 결정이 힘든 경우 C1으로, C2와 C3의 결정이 힘든 경우 C3로 분류하였다.

실험 결과, PMI (I), PMI (S), MI, AI, GI, MCI 모두에서 정상군, 골감소증군, 골다공증군 간에 통계학적으로 유의할 만한 차이를 보였으며 ($p<0.05$), 이것은 파노라마 방사선사진상의 하악 하연 피질골 두께 및 형태 변화가 세 군간에서 유의한 차이를 보임을 의미한다.

본 연구에서 골다공증의 위험을 진단하는데 있어서 각 지표들의 특이도(50-70%)와 음성 예측도(27-67%)는 중등도이거나 낮은 결과를 보인 반면 양성 예측도(86-90%)는 대체적으로 높은 결과를 보였다. 따라서 파노라마 방사선사진상에서 하악 하연 피질골의 두께 감소나 형태 변화가 심할 경우 골다공증의 위험도에 대해 의심할 수 있음을 제시한다고 생각된다. 그러나 Drozdzowska 등[4]은 민감도(20-93%), 특이도(31-81%), 양성 예측도(40-79%), 음성 예측도(47-83%)가 다양한 범위를 보여 골다공증에 대한 진단능은 낮거나 중등도라고 보고하였으며 Klementti 등[29]의 연구에서도 민감도와 특이도가 낮거나 다양한 결과를 보여 이 지표들을 환자 개개인의 개별적인 진단에 사용하기에는 문제가 있다고 보고하였다.

한편 본 연구에서 단일 지표 중 MCI의 민감도가 93%로 상당히 높은 값을 보였으며, 이는 Drozdzowska 등[4]의 연구 결과와 유사하다. MCI는 하악 하연 피질골의 형태에 근거한 단순한 분류법으로 다른 지표들의 경우 부가적인 측정과 계산 과정을 필요로 하는데 비해서 특별한 도구를 사용하지 않고 간단하게 이용할 수 있다는 장점과 서로 다른 파노라마 기계를 사용한 경우 확대율의 다양성을 고려해야 하는 다른 선형 측정 방법에 비해 결과가 안정적일 수 있다는 장점이 있다.[32] 이런 점들을 고려해 볼 때 골다공증의 위험도를 예측하는 지표로써 MCI의 유용성을 개선시킬 수 있는 방법들에 대한 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

본 연구에서는 하악 하연 피질골 두께와 형태 변화를 종합적으로 고려했을 때의 민감도 및 특이도의 개선 여부를 시험해 보기 위해 Klementti 등[29]과 같이 MCI와 MI를 조합한 지표에 대한 민감도 및 특이도를 계산하였다. Klementti 등[29]의 연구에서 MCI와 MI를 종합적으로 고려한 경우 특이도가 99%까지 개선되는 결과를 나타내었다고 했으나, 이 연구에서는 단일 지표로써의 MCI에 비해 별다른 개선점을 보이지 않았다. 그러나 이 지표 역시 상당한 민감도(90%)를 보였으므로 하악 하연 피질골의 형태 변화와 함께 두께 감소가 동반된 경우 골다공증의 위험이 높음을 예측할 수 있으리라 생각된다.

한편 본 연구에서는 각 지표에 대한 민감도, 특이도 등을 산출하기 위한 분류 기준점을 Klementti 등[29]의 연구와 유사하게 골감소증군의 평균으로 정하였으나, 기준점을 어떻게 정하느냐에 따라 결과에 상당한 변화가 예상되므로 타당성 있고 유효한 기준점 설정에 대해 더 많은 연구가 필요하리라 생각된다.

결론적으로 골격계의 골밀도에 따라 분류한 세 군(정상군, 골감소증군, 골다공증군)간에서 파노라마 방사선사진상의 하악 하연 피질골 두께에 근거한 계측치 (PMI (I), PMI

(S), MI, AI, GI)와 하악 하연 피질골 형태 변화에 근거한 계측치 (MCI) 모두가 정상군, 골감소증군, 골다공증군 간에 통계학적으로 유의할 만한 차이를 나타내었으며, MCI 및 MCI와 MI를 조합한 지표의 민감도가 상당히 높은 결과를 보였다. 따라서, 치과 의사는 치과 진료를 위해 촬영한 환자의 파노라마 방사선사진상에서 하악 하연 피질골의 형태 변화가 심하거나, 형태 변화와 함께 피질골 두께 감소가 동반된 경우 골다공증의 위험도에 대해 주의할 필요가 있으며, 더 정밀한 골다공증 검사에 대해 환자에게 추천하는 것이 필요하리라 생각된다.

참 고 문 헌

1. 이병도. 골다공증에 따른 치조골 방사선사진농도와 하악하연두께의 변화에 대한 연구. 대한구강악안면방사선학회지 2000; 30 : 235-42.
2. Choel L, Duboeuf F, Bourgeois D, Briguet A, Lissac M. Trabecular alveolar bone in the human mandible : a dual-energy x-ray absorptiometry study. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 95 : 364-70.
3. Baxter JC. Osteoporosis : oral manifestations of a systemic disease. Quintessence Int 1987; 18 : 427-9.
4. Drozdzowska B, Pluskiewicz W, Tarnawska B. Panoramic-based mandibular indices in relation to mandibular bone mineral density and skeletal status assessed by dual energy X-ray absorptiometry and quantitative ultrasound. Dentomaxillofac Radiol 2002; 31 : 361-7.
5. 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.
6. Ledgerton D, Horner K, Devlin H, Worthington H. Panoramic mandibular index as a radiomorphometric tool : an assessment of precision. Dentomaxillofac Radiol 1997; 26 : 95-100.
7. Kanis JA. Diagnosis of osteoporosis and assessment of fracture risk. Lancet 2002; 359 : 1929-36.
8. World Health Organization study group. WHO Technical Report Series. Assessment of Fracture Risk and its Application to Screening for Postmenopausal Osteoporosis. World Health Organization. Geneva 1994; 5.
9. Blake GM, Fogelman I. Dual energy x-ray absorptiometry and its clinical applications. Semin Musculoskelet Radiol 2002; 6 : 207-18.
10. Kribbs PJ. Comparison of mandibular bone in normal and osteoporotic women. J Prosthet Dent 1990; 63 : 218-22.
11. Bras J, van Ooij CP, Abraham-Inpijn L, Kusen GJ, Wilmink JM. Radiographic interpretation of the mandibular angular cortex : a diagnostic tool in metabolic bone loss. Part I. Normal state. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1982; 53 : 541-5.
12. Wilding RJ, Levin I, Pepper R. The use of panoramic radiographs to measure alveolar bone areas. J Oral Rehabil 1987; 14 : 557-67.
13. Goldberg AF, Gergans GA, Mattson DE, Rudman D. Radiographic alveolar process/mandibular height ratio as a predictor of osteoporosis. Gerodontics 1988; 4 : 229-31.
14. Packota GV, Hoover JN, Neufeld BD. A study of the height of intact alveolar bone on panoramic radiographs of adult patients. J Prosthet Dent 1988; 60 : 504-9.
15. Taguchi A, Tanimoto K, Suei Y, Otani K, Wada T. Oral signs as indicators of possible osteoporosis in elderly women. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1995; 80 : 612-6.
16. Wical KE, Swoope CC. Studies of residual ridge resorption. I. Use of panoramic radiographs for evaluation and classification of mandibular resorption. J Prosthet Dent 1974; 32 : 7-12.
17. Von Wowern N. Variations in bone mass within the cortices of the mandible. Scand J Dent Res 1977; 85 : 444-55.
18. Von Wowern N. Microradiographic and histomorphometric indices of mandibles for diagnosis of osteopenia. Scand J Dent Res 1982; 90 : 47-63.
19. Kribbs PJ, Smith DE, Chesnut CH 3rd. Oral findings in osteoporosis. Part I : Measurement of mandibular bone density. J Prosthet Dent 1983; 50 : 576-9.
20. Horner K, Devlin H, Alsop CW, Hodgkinson IM, Adams JE. Mandibular bone mineral density as a predictor of skeletal osteoporosis. Br J Radiol 1996; 69 : 1019-25.
21. 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.
22. Klemetti E, Vainio P, Lassila V, Alhava E. Trabecular bone mineral density of mandible and alveolar height in postmenopausal women. Scand J Dent Res 1993; 101 : 166-70.
23. Mohajery M, Brooks SL. Oral radiographs in the detection of early signs of osteoporosis. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1992; 73 : 112-7.
24. Watson EL, Katz RV, Adelezzi R, Gift HC, Dunn SM. The measurement of mandibular cortical bone height in osteoporotic vs. non-osteoporotic postmenopausal women. Spec Care Dentist 1995; 15 : 124-8.
25. Klemetti E, Kolmakov S, Heiskanen P, Vainio P, Lassila V. Panoramic mandibular index and bone mineral densities in postmenopausal women. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1993; 75 : 774-9.
26. Bollen AM, Taguchi A, Hujoel PP, Hollender LG. Case-control study on self-reported osteoporotic fractures and mandibular cortical bone. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2000; 90 : 518-24.
27. Taguchi A, Suei Y, Ohtsuka M, Otani K, Tanimoto K, Ohtaki M. Usefulness of panoramic radiography in the diagnosis of postmenopausal osteoporosis in women. Width and morphology of inferior cortex of the mandible. Dentomaxillofac Radiol 1996; 25 : 263-7.
28. Ledgerton D, Horner K, Devlin H, Worthington H. Radiomorphometric indices of the mandible in a British female population. Dentomaxillofac Radiol 1999; 28 : 173-81.
29. Klemetti E, Kolmakov S, Kroger H. Pantomography in assessment of the osteoporosis risk group. Scand J Dent Res 1994; 102 : 68-72.
30. White SC. Related Oral radiographic predictors of osteoporosis. Dentomaxillofac Radiol 2002; 31 : 84-92.
31. Tanaka M, Toyooka E, Kohno S, Ozawa H, Ejiri S. Long-term changes in trabecular structure of aged rat alveolar bone after ovariectomy. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 95 : 495-502.
32. Horner K, Devlin H. The relationship between mandibular bone mineral density and panoramic radiographic measurements. J Dent 1998; 26 : 337-43.