

생애전환기 건강진단 골밀도 검사시 측정도구에 따른 진단범위의 유효성 평가

Estimation of Diagnostic Range for Measurement Tools, while BMD Testing to Health Examination in Transitional Ages

김남수*, 정경식*, 강은정**, 오정은**, 이병국*

순천향대학교 환경산업의학연구소*, 순천향대학교 보건행정경영학과**, 순천향대학교 천안병원 가정의학과***

Nam-Soo Kim(kns0903@sch.ac.kr)*, Kyung-Sick Jung(calisma-j@hanmail.net)*,
Eun-Jung Kang(marchej72@gmail.com)**, Jung-Eun Oh(fmoh@schmc.ac.kr)**,
Byung-Kook Lee(bklee@sch.ac.kr)*

요약

본 연구의 목적은 생애전환기 건강진단 골밀도 검사시 측정도구(DEXA, QUS, RA)에 따른 진단범위의 유효성을 평가하는 것이다.

DEXA를 이용한 골밀도 검사 결과 T-score -2.5를 기준으로 할 때 QUS의 cutoff 값은 -1.733이며, 이때 민감도는 70.4%, 특이도는 59.5%이었고 T-score -3.0을 기준으로 할 때 cutoff 값은 -2.323으로 이때 민감도는 70.4%, 특이도는 56.8%이었다. DEXA를 이용한 골밀도 검사 결과 T-score -2.5를 기준으로 할 때 RA의 cutoff 값은 -1.675이며, 이때 민감도는 70.0%, 특이도는 63.7%이었고 T-score -3.0을 기준으로 할 때 cutoff 값은 -2.325로 이때 민감도는 70.0%, 특이도는 42.9%로 QUS와 RA의 측정도구 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 골밀도 측정도구의 상관관계와 재현성에 대한 평가에서는 일부 차이를 제외하고는 측정도구 간 및 측정도구의 반복 측정값 간에 유의한 차이를 보이지 않았다.

ROC 분석에서 측정도구별 평균골밀도 측정결과는 DEXA를 기준으로 할 때 RA와 QUS는 모두 유효한 것으로 판단된다. 다만, 생애전환기 골다공증 진단에 보다 정확한 결과를 얻기 위해서는 성별이나 연령층, 다양한 측정부위별 정량화된 결과를 진단기준의 보정지표로 고려하는 것이 필요하다.

■ 중심어 : | 생애전환기 | 골밀도 | 민감도 | 특이도 |

Abstract

The aim of this study was to determine the effectiveness of diagnostic range for BMD measurement tools(DEXA, QUS, and RA) to health examination in transitional ages.

In standard T-score -2.5 of DEXA, cutoff value by RA is -1.675(sensitivity: 70.0%, specificity: 63.7%) and cutoff value by QUS is -1.733(sensitivity: 70.4, specificity: 59.5%), also T-score -3.0 of DEXA, cutoff value by RA is -2.325(sensitivity: 70.0%, specificity: 42.9%) and cutoff value by QUS is -2.323(sensitivity: 70.4, specificity: 56.8%). There was, however, no significant difference in standard DEXA(lumbar spine and femur) between RA and QUS by repeat measurement(precision), and correlation were without effect.

ROC analysis showed that all methods are qualified for BMD measurement tools to health examination in transitional ages; however, the different sensitivities and specificities of the methods, as well as age and gender, calibration parameters for diagnostic tests have to be considered.

■ keyword : | Transitional Ages | BMD | Sensitivity | Specificity |

I. 서론

생애전환기 건강진단은 생애주기별 건강관리의 전환점인 만 40세(중년기), 만 66세(노년기)의 연령층을 대상으로 성별, 연령별 특성을 고려한 건강검진 프로그램으로 우리나라의 경우 2007년부터 시행되었다. 생애주기별 전환시점으로 특히, 노년기(만 66세)가 되면 낙상, 인지기능장애 등 노인성 질환의 위험이 증가하고 전반적인 신체기능이 저하되는 시기이며, 김영선은 건강보험심사평가원의 2010년도 자료를 이용한 연간 인구대비 골다공증의 의사진단 환자비율은 매년 8.7%씩 증가하고 2005년부터 2008년까지 50세 이상의 골다공증성 골절의 발생수가 연평균 3.8%씩 증가하는 것으로 보고한바 있다[1]. 또한 골다공증성 척추압박 골절의 경우 육체적, 기능적, 정신적인 후유증을 동반하며, 삶의 질 감소나 사망률의 증가와 같은 중대한 합병증을 낳는다고 보고하였다[2].

우리나라의 경우 65세 이상 인구가 2010년 11월 기준 542만 명으로 내국인 기준으로 11.3%를 차지하는 고령화시대로 접어들었고 2018년 정도로 예상했던 고령사회(65세 인구비중이 14%이상인 사회)의 진입 시기도 빨라질 가능성이 제기되고 있어[3], 골다공증에 의한 골절의 빈도는 더욱 증가할 것으로 보이며, 이와 함께 골다공증의 조기 발견을 위한 골밀도 측정도구의 수요도 증가할 것으로 기대된다. 그러므로 골밀도 측정도구의 진단법(유효성)을 평가할 필요가 있다.

골다공증의 진단기준은 골량의 감소, 골질의 유무, 연령, 요배통, 생화학적 검사 등으로 되어 있으며, 각 항목의 합계로 골다공증을 진단하게 된다. 골량 감소의 유무는 척추의 방사선 사진과 골질의 유무를 알기 위한 단순 방사선 사진이나 형태계측(morphometry) 장비를 이용하여 판정한다. 골밀도(bone mineral density; BMD)의 정량적 측정법으로 현재 임상에서 이용되는 방법은 이중에너지 방사선흡수법(dual energy X-ray absorptiometry; DEXA/ peripheral DEXA), 정량적 전산화단층촬영(quantitative computed tomography; QCT/ peripheral QCT), 정량적초음파(quantitative ultrasound; QUS), 방사선흡수법(radiographic

absorptiometry; RA) 등이 있다. 이중 가장 흔히 사용되는 골밀도 측정도구는 이중에너지 방사선흡수법(DEXA)을 이용하는 것으로 측정이 간편하고 오차범위가 3% 이내로 비교적 높은 재현성을 보이는 것으로 보고되었다[4]. 그러나 현재 다양한 골밀도 측정도구가 보급되어 동일한 대상자를 측정하여도 측정도구마다 서로 다른 골밀도 값을 나타내고 있는 실정이다[5]. 이는 골밀도 측정도구의 신뢰도에 큰 영향을 미치고 진단 및 골절의 위험도와 치료 효과를 판정하는데 오차가 발생할 수도 있다. 또한 측정도구별로 골밀도 기준값이 다르고, 한국인을 대상으로 한 기준은 미비한 실정으로 성별이나 연령 등에 따른 표준 골밀도 값을 조사하여 정상치를 정형화하여야 하는 작업이 필요하다. 기계회사와 소프트웨어의 판 등에 따른 상호 보정은 개개인의 골밀도 결과를 장기적으로 추적검사에 활용하기 위하여 꼭 필요하며, 스테로이드를 사용하는 경우는 해면골을 측정하고, 부갑상선의 기능항진증은 피질골의 측정이 중요하듯이 임상상황에 따라서 골밀도의 측정방법과 부위가 선정되어야 한다. 또한 골밀도 값은 골다공증의 위험이라는 한 가지를 알아내는 객관적인 방법이므로, 골절 유발에 관여하는 직접적인 외력의 방향과 크기, 근육의 세기, 골의 형태학적 모양 등이 총체적으로 해석되어야 하며, 현재 이용되고 있는 골밀도 측정도구의 장단점을 이해하여 각각의 임상상황에 적절하게 이용할 수 있어야 한다. 다만, 기존의 선행연구에서는 측정도구별로 반영되는 뼈의 특징이나 골절 위험도에 따라 도구간의 비교 평가가 단편적으로 진행되어 이를 적절히 평가할 방법이 없다.

본 연구는 현재 건강보험 건강검진의 골밀도 측정도구로 우리나라에서 주로 사용되고 있는 DEXA 및 QUS와 RA에 대한 진단범위의 유효성을 평가하였다. 이는 '07년부터 국가건강검진 사업으로 시행되고 있는 생애전환기 건강진단(골밀도 검사대상; 만 66세 여성)에 대한 골밀도 측정도구의 활용성 제고를 위한 근거를 마련하고자 본 연구를 수행하였다.

II. 방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구에서 골밀도 측정도구의 평가는 2011년 7월부터 12월까지 5개월에 걸쳐 진행하였으며, 생애전환기 건강보험 건강진단(골밀도 검사)이 만66세(여성)에서 시행되고 있어 골밀도 측정도구의 진단법(유효성) 평가에 적합한 대상으로 60세 이상 성인을 대상으로 하였으며, 남녀 101명이 참여하였다. 골밀도의 재현성 및 정확도에 대한 평가를 위해 DEXA, QUS, RA를 이용하여 연구대상 전원에 대해 4회씩 평가하였다. 다만 연구대상 선정전에 검사부위인 요추부 및 대퇴부, 왼손 및 왼발에 심한 퇴행성 병변, 감염성이나 종양성 병변, 수술한 적이 있는 경우 등은 연구에서 제외되었으며, 연구에 참여하기로 동의한 경우만 연구대상자로 선정하였다.

2. 연구방법

2.1 신체 계측 및 골밀도 측정평가

신장과 체중은 자동신체계측기를 이용하여 측정하였고 체질량지수(body mass index, BMI)는 [체중(kg)/신장(m)²]의 식을 이용하여 계산하였다.

골밀도 측정도구별로 당일 모두 검사를 진행하였다. DEXA, QUS, RA에 의한 골밀도 측정도구의 평가는 아래의 내용으로 수행되었으며, 각각 측정도구별로 4회 반복 측정되고, 반복검사에 앞서 자세를 재위치 시킨 후 검사를 진행하였다.

첫째, DEXA는 GE-Lunar사의 Prodigy(GE-Lunar, Madison, WI, USA)를 이용하여 요추부와 대퇴부의 골밀도를 표준지침에 준하여 측정하였다. 요추부는 L1-4 부위의 평균치, 대퇴부에서는 왼쪽과 오른쪽 대퇴부 두 부위를 측정하였으며, 결과는 절대수치 g/cm³, T-score와 Z-score로 나타내었다.

둘째, QUS는 Metra Biosystems사의 QUS-2 (Metra Biosystems Inc., USA)를 이용하여 표준지침에 따라 대상자의 종골에서 broadband ultrasound attenuation(BUA)을 측정하였다. BUA는 dB/MHz를 단위로 하여 골의 물리적 밀도와 압축력을 반영하는 것으로 BUA 측정값은 세계보건기구(WHO)의 표준 환산 기준에 의해 T-score[T-score_{subject} = (BUA_{subject} - BUA_{Mean young normal}) / BUA SD_{young normal}]로 산정되며,

이를 골밀도의 측정값으로 사용하였다.

셋째, RA는 X-선 tube 중심을 CCDR Detector 중심선과 일치시킨 후CCDR Detector 중심선에 미국 CompuMed 회사의 Osteogram[®] 2000에서 제공하는 알루미늄 웨지(측정대상인 손가락 전 부위[뼈, 살 등]의 방사선 흡수값과 같은 방사선 흡수값을 갖도록 설계된 미국 특허 제품)가 부착된 템플레이트를 맞춘다. 연구참가자의 왼손 세 번째 마디가 놓이도록 위치시킨 후 기기제조사에서 추천하는 설정 중 적합한 50kVp, 200mA 5msec가 되도록 설정하고 촬영한다. 이후 Osteogram[®] 2000 프로그램을 실행한 후 골밀도 값을 g/cm³, T-score로 나타내었다.

한편, 골밀도의 측정결과의 재현성을 유지하기 위하여 골밀도 측정법의 정도관리(Quality Control)는 필수적이다. 본 연구에서도 DEXA 및 QUS 골밀도 측정시 자동화된 상태로 기계 작동과 보정의 통과 유무(pass or fail)를 거친다. 지속적인 정확성과 정밀도를 유지하기 위해서 명백한 고장이 나기 전에 매일 첫 피검자를 검사하기 전에 행하는 팬텀 검사가 중요하며 이결과를 정도관리 도표로 나타내어 변화(shift)나 이동(drift)을 확인하였다.

2.2 통계 분석

각각의 검사방법에서 연구대상자의 골밀도 측정결과는 T-score로 환산하여 비교분석하였다. 골밀도 측정도구 중 현재 가장 흔히 사용되는 DEXA 측정 결과를 기준 값으로 하여 각각의 측정도구 결과와 상관관계를 비교하였다. 또한 세계보건기구(WHO) 정의에 의해 정상(T-score≥-1.0), 골감소증(-1.0>T-score>-2.5), 골다공증(T-score≤-2.5)으로 분류하여 각각의 그룹에서 분포, 불일치율은 카이제곱 검정을 하였고 측정도구별 측정회간 재현성 평가는 t-검정을 하였다. 각각의 검사방법에 대한 민감도 및 특이도를 산출하고, ROC(receiver operator characteristic) curve 등을 활용하여 측정도구의 유효성에 대해 알아보았다. 모든 통계 분석은 SAS 9.2(SAS Institute, Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 사용하였고 신뢰수준은 95%로 하여, p값이 0.05미만일 때 통계학적으로 유의한 것으로 판정하였다.

표 1. 성별에 따른 측정도구별 골밀도 평균

변수	여성 (N=73)				남성 (N=28)			
	평균	표준편차	최소	최대	평균	표준편차	최소	최대
연령 (years)	65.4	3.1	60	71	64.7	3.1	60	71
체질량지수 (kg/m ²)	24.66	2.90	19.48	32.20	25.47	3.29	19.43	33.57
요추부1-4 (T-score)	-1.890	1.063	-4.575	0.625	-0.592	1.570	-2.600	4.175
왼쪽대퇴부 (T-score)	-1.023	0.960	-2.900	1.400	-0.621	0.984	-2.450	1.200
오른쪽대퇴부 (T-score)	-1.034	0.940	-2.725	1.475	-0.691	0.987	-2.750	1.225
대퇴부합 (T-score)	-1.030	0.932	-2.788	1.288	-0.656	0.977	-2.600	1.213
RA (T-score)	-1.139	1.019	-3.350	1.600	-0.734	0.924	-2.650	1.075
BUA (T-score)	-1.062	1.227	-3.368	3.033	0.182	1.534	-2.413	3.718

표 2. 측정도구별 정상, 골감소증, 골다공증 분포

	DEXA, N (%)			RA, N (%)	QUS, N (%)	p-value*
	요추부	대퇴부합	요추부 + 대퇴부합			
정상 (T-score>-1.0)	29 (28.7)	54 (53.4)	44 (43.6)	40 (39.6)	56 (55.4)	(0.01 ¹⁾ (0.05 ²⁾
골감소증 (-1.0≥T-score>-2.5)	48 (47.5)	43 (42.5)	49 (48.5)	56 (55.4)	39 (38.6)	0.07 ³⁾ (0.01 ⁴⁾
골다공증 (T-score≤-2.5)	24 (23.7)	4 (3.96)	8 (7.9)	5 (4.95)	6 (5.94)	(0.01 ⁵⁾ (0.01 ⁶⁾

* Chi-square test

¹⁾요추부와 RA, ²⁾요추부와 QUS, ³⁾대퇴부합과 RA, ⁴⁾대퇴부합과 QUS, ⁵⁾요추부 + 대퇴부합과 RA, ⁶⁾요추부 + 대퇴부합과 QUS

III. 결 과

1. 측정도구별 골밀도 평균 및 분포, 불일치율 비교[표 1][표 2]

전체 참여대상자 101명의 평균 연령은 65.2세이며, 남자는 28명, 여자는 73명으로 평균 연령은 각각 64.7세, 65.4세이다.

DEXA로 측정된 요추부(제1요추-제4요추) 골밀도 합계의 평균(표준편차)은 남자의 경우 T-score -0.59(1.57)이며, 여자의 경우 T-score -1.89(1.06)이었다. 참여대상자 전체를 대상으로 한 경우 T-score -1.53(1.35)이며, 이중 골감소증(-1.0>T-score>-2.5) 대상자는 48명(47.5%)이었으며, 골다공증(T-score≤-2.5) 대상자는 24명(23.7%)이었다. 대퇴부(왼쪽 대퇴부의 오른쪽 대퇴부) 골밀도 합계의 평균(표준편차)은 남자의 경우 T-score -0.66(0.98)이며, 여자의 경우 T-score -1.03(0.93)이었다. 참여대상자 전체를 대상으

로 한 경우 T-score -0.93(0.95)이며, 이중 골감소증(-1.0>T-score>-2.5) 대상자는 43명(42.5%)이었으며, 골다공증(T-score≤-2.5) 대상자는 4명(3.96%)이었다. 요추부 및 대퇴부 합계의 골밀도 평균(표준편차)은 남자의 경우 T-score -0.63(1.08)이며, 여자의 경우 T-score -1.32(0.87)이었다. 참여대상자 전체를 대상으로 한 경우 T-score -1.13(0.98)이며, 이중 골감소증(-1.0>T-score>-2.5) 대상자는 49명(48.5%)이었으며, 골다공증(T-score≤-2.5) 대상자는 8명(7.9%)이었다.

QUS로 측정된 종골의 골밀도 평균(표준편차)은 남자의 경우 T-score 0.18(1.53)이며, 여자의 경우 T-score -1.06(1.23)이었다. 참여대상자 전체를 대상으로 한 경우 T-score -1.03(1.01)이며, 이중 골감소증(-1.0>T-score>-2.5) 대상자는 39명(38.6%)이었으며, 골다공증(T-score≤-2.5) 대상자는 6명(5.9%)이었다.

RA로 측정된 손가락 전 부위의 골밀도 평균(표준편차)은 남자의 경우 T-score -0.73(0.92)이며, 여자의 경

우 T-score -1.14(1.02)이었다. 참여대상자 전체를 대상으로 한 경우 T-score -0.72(1.43)이며, 이중 골감소증 (-1.0>T-score>-2.5) 대상자는 56명(55.4%)이었으며, 골다공증(T-score≤-2.5) 대상자는 5명(4.95%)이었다.

측정도구별 골감소증 및 골다공증 분포는 DEXA(대퇴부 합)의 평균값)와 RA의 골밀도 측정값 간의 분포에 대한 비교를 제외한 결과에서 모두 유의한 차이를 보였다[표 2].

2. 측정도구별 골밀도 결과의 상관관계

전체 참여대상자에 대한 DEXA(요추부 및 대퇴부 합)의 평균값)와 RA의 골밀도 측정값 간에는 0.450의 유의한 상관계수를 보였고, DEXA와 QUS와도 0.543의 유의한 상관계수를 나타내었다. 또한 RA와 QUS의 골밀도 측정값 간에도 0.338로 유의한 상관관계를 나타내었다.

여성 대상자 73명을 대상으로 한 DEXA와 RA의 골밀도 측정값 간에는 0.495의 유의한 상관계수를 보였고, DEXA와 QUS와는 0.464의 유의한 상관계수를 나타내

었다. 또한 RA와 QUS의 골밀도 측정값 간에는 0.238로 유의한 상관관계를 나타내었다. 남성 대상자 28명을 대상으로 한 DEXA와 RA의 골밀도 측정값 간에는 0.257로 상관계수가 유의하지 않은 것으로 나타났으며, DEXA와 QUS와는 0.509의 유의한 상관계수를 나타내었다. 또한 RA와 QUS의 골밀도 측정값 간에는 0.440로 유의한 상관관계를 나타내었다. 기타 요추부(Lumbar1-4) 골밀도 측정값, 왼쪽 대퇴부(Left femur) 골밀도 측정값, 오른쪽 대퇴부(Right femur) 골밀도 측정값, 대퇴부 합)의 평균(Femur total) 골밀도 측정값과 RA와 QUS 골밀도 측정값간의 상관관계는 [표 3]의 내용과 같다.

3. 측정도구별 골밀도 결과의 유효성 및 재현성 평가

DEXA의 골밀도 결과 T-score -2.5를 기준으로 할 때 QUS의 cutoff 값은 -1.733이며, 민감도는 70.4%, 특이도는 59.5%로 이때 ROC curve 아래 면적은 0.7087이었다[그림 1]. 또한 골밀도 결과T-score -3.0을 기준

표 3. 측정도구별 골밀도 결과의 상관관계

	요추부 1-4	왼쪽 요추부	오른쪽 대퇴부	대퇴부합	요추부1-4 & 대퇴부합	RA	QUS
전체							
연령	-0.081	-0.153	-0.081	-0.119	-0.115	-0.109	-0.066
요추부1-4		0.626**	0.568**	0.606**	0.855**	0.415**	0.458**
왼쪽 대퇴부			0.940**	0.985**	0.930**	0.421**	0.506**
오른쪽 대퇴부				0.985**	0.903**	0.361**	0.497**
대퇴부합					0.931**	0.397**	0.509**
요추부1-4 & 대퇴부합						0.450**	0.543**
RA							0.338**
여성							
연령	-0.149	-0.206	-0.120	-0.166	-0.179	-0.083	-0.073
요추부1-4		0.595**	0.512**	0.564**	0.809**	0.432**	0.224
왼쪽 대퇴부			0.928**	0.982**	0.942**	0.474**	0.528**
오른쪽 대퇴부				0.982**	0.908**	0.406**	0.499**
대퇴부합					0.942**	0.449**	0.523**
요추부1-4 & 대퇴부합						0.495**	0.464**
RA							0.238*
남성							
연령	0.155	0.041	0.072	0.057	0.110	-0.118	0.068
요추부1-4		0.676**	0.663**	0.676**	0.895**	0.304	0.530**
왼쪽 대퇴부			0.964**	0.991**	0.928**	0.191	0.382*
오른쪽 대퇴부				0.991**	0.922**	0.166	0.442*
대퇴부합					0.934**	0.180	0.416*
요추부1-4 & 대퇴부합						0.257	0.509**
RA							0.440*

*: p<0.05, **: p<0.01

표 4. DEXA를 기준으로 할 때 QUS와 RA의 유효성

기준값	DEXA -2.5		DEXA -3.0	
	QUS		RA	
	T-score (-1.733)	T-score (-2.323)	T-score (-1.675)	T-score (-2.325)
정확도	62.7	60.8	65.6	51.0
민감도	70.4	70.4	70.0	70.0
특이도	59.5	56.8	63.7	42.9
위양성	57.3	58.9	54.7	65.6
위음성	17.6	18.3	16.8	23.1

으로 할 때 cutoff 값은 -2.323이며, 민감도는 70.4%, 특이도는 56.8%로 이때 ROC curve 아래 면적은 0.7286 이었다[그림 2]. DEXA의 골밀도 검사 결과 T-score -2.5를 기준으로 할 때 RA의 cutoff 값은 -1.675이며, 민감도는 70.0%, 특이도는 63.7%로 이때 ROC curve 아래 면적은 0.7192이었다[그림 1]. 또한 골밀도 결과 T-score -3.0을 기준으로 할 때 cutoff 값은 -2.325이며, 민감도는 70.0%, 특이도는 42.9%로 이때 ROC curve 아래 면적은 0.7132 이었다[그림 2].

한편, DEXA로 요추부를 4회 측정 후 각각의 측정 결과에 대한 재현성 검정결과 측정회(1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4)에 따라 유의한 차이는 없었으며, 측정회 간 골밀도 평균(표준편차)의 차이는 -0.00036~0.00009(0.0111~0.0121) 범위이고 표준오차는 -0.0042~0.0121 범위를 나타냈다. DEXA로 왼쪽 대퇴부를 측정 한 결과에서도 측정회(1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4)에 따라 유의한 차이는 없었으며, 측정회 간 골밀도 평균(표준편차)의 차이는 -0.00053~0.00013(0.0117~0.0160) 범위이고 표준오차는 0.00116~0.00159 범위를 나타냈다. DEXA로 오른쪽 대퇴부를 측정 한 결과에서도 측정회(1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4)에 따라 유의한 차이는 없었으며, 측정회 간 골밀도 평균(표준편차)의 차이는 -0.00067~0.00010(0.0090~0.0147) 범위이고 표준오차는 0.00090~0.00146 범위를 나타냈다. QUS로 4회 측정 후 각각의 측정결과에 대한 재현성 검정결과 측정회(1-2, 1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4)에 따라 유의한 차이는 없었으며, 측정회 간 골밀도 평균(표준편차)의 차이는 -2.31~-0.0985(5.81~13.85) 범위이고 표준오차는 0.5786~1.3778 범위를 나타냈다. RA로 4회 측정 후 각각의 측정결과에 대한 재현성 검정결과 측정회(1-2)

에 유의한 차이를 보였으며(p<0.05), 그 이외의 측정결과 간(1-3, 1-4, 2-3, 2-4, 3-4)에 유의한 차이는 없었다. 측정회 간 골밀도 평균(표준편차)의 차이는 -0.8248~0.4020(2.9408~3.1648) 범위이고 표준오차는 0.2962~0.3149 범위를 나타냈다.

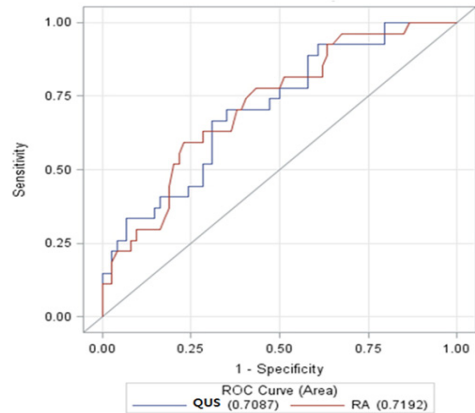


그림 1. DEXA(T-score -2.5)를 기준으로 QUS와 RA의 ROC curve 비교

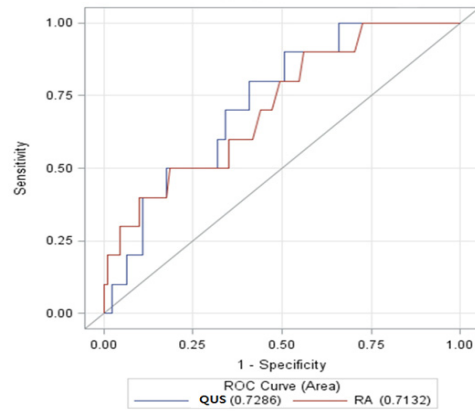


그림 2. DEXA(T-score -3.0)를 기준으로 QUS와 RA의 ROC curve 비교

4. 정도관리

DEXA 및 QUS 검사에서 자동화된 상태로 기계 작동과 보정의 통과 유무(pass or fail)를 거쳤다.

골밀도 임상검사 진행기간 동안 총 20회에 걸쳐 진행되었으며, DEXA의 경우 팬텀을 이용하여 BMD 허용범위(0.953~1.043g/cm²)의 통과 유무를 거쳤으며, 엑스레이 및 검출기 상태, 기계 테스트, 보정 상태도 통과 유무를 거친 후 골밀도 임상검사를 진행하였다.

QUS의 경우 장비의 정상상태 유무를 판별하기 위하여 장비와 함께 제공된 팬텀을 이용하여 BUA high 범위(124~136dB/MHz)와 low 범위(37~43dB/MHz)의 통과 유무를 거친 후 골밀도 임상검사를 진행하였다.

IV. 고찰

본 연구는 현재 건강보험 건강검진의 골밀도 측정도구로 우리나라에서 주로 사용되고 있는 DEXA 및 QUS와 그 이외의 골밀도 측정도구로 RA에 대한 진단범위의 유효성을 평가하였다.

참여대상자 전체를 대상으로 DEXA를 이용한 요추부와 대퇴부의 평균골밀도(T-score) 측정결과는 각각 -1.53, -0.93으로 QUS를 이용한 종골의 평균골밀도 -1.03과 RA를 이용한 손가락 전부위의 평균골밀도 -0.72와 다소 차이를 보였으며, DEXA를 이용한 요추부와 대퇴부 합계의 평균골밀도를 기준으로 비교할 경우 DEXA가 -1.13으로 가장 낮고, QUA, RA 순으로 나타났다. 류경남의 조사에서는 50~60대 54명을 대상으로 한 경우 DEXA를 이용한 요추부와 대퇴부 검사결과가 RA에 비해 평균 골밀도가 높게 측정되었으며[5], 60대 9명을 대상으로 한 경우도 결과는 동일하여 본 결과와 다소 상이한 결과를 보였다. 또한 신체의 측정부위별 골밀도 수준도 류경남의 조사에서는 60대에서 요추부의 평균골밀도가 -1.89, 대퇴부 -1.13, 종골 -2.02, 손가락 전부위 -2.62로 나타났으며[5], 종골의 경우 (본 조사 QUS, 류경남 pDEXA를 이용함) 골밀도 측정도구의 진단법에 차이는 있으나[5] 본 조사에서는 요추부의 평균 골밀도가 -1.53, 대퇴부 -0.93, 종골 -1.03, 손가락 전부

위 -0.72로 류경남의 결과와는 다른 결과를 보였다[5].

골밀도 측정도구의 측정결과간 상관관계는 본 조사에서 DEXA(요추부 및 대퇴부 합)와 RA의 경우 0.45, DEXA(요추부 및 대퇴부 합)와 QUS의 경우 0.543의 유의한 상관계수를 나타내었다. 기존 연구들에서도 DEXA와 QUS, DEXA와 RA사이에 유의한 상관관계를 보였으며[5][6], 폐경여성을 대상으로 한 연구에서 DEXA(대퇴부)와 QUS(왼쪽), QUS(오른쪽)의 골밀도 측정값 간에 상관관계는 각각 0.65와 0.54로 보고하여 본 연구와 큰 차이를 보이지 않았다[7].

ROC(Receiver Operating Characteristic) curve를 이용한 골밀도 측정도구의 유효성 평가에서 DEXA를 이용한 골밀도 검사 결과 T-score -2.5를 기준으로 할 때 QUS의 민감도는 70.4%, 특이도는 59.5%, RA의 민감도는 70.0%, 특이도는 63.7%로 두 측정도구 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 류경남의 조사에서는 T-score -1.0을 기준 할 때 RA의 민감도는 66.5%, 특이도는 83.5%로 큰 차이를 보이지 않았다[5].

폐경여성을 대상으로 한 기존연구에서 Boonen 등은 221명(50~75세)에 대한 측정도구의 민감도는 DEXA 76.9%(95% CI: 60.7~88.8%), QUS 67.6%(95% CI: 50.2~82.0%), RA 82.9%(95% CI: 67.9~92.8%)이며, 음성예측도는 DEXA와 RA는 94%, QUS 90%로 측정도구 모두 골다공증 진단이 유효한 것으로 보고하였다 [8]. Lektrakul도 DEXA(대퇴부)를 기준으로 QUS(왼쪽)에 대한 민감도 및 특이도는 각각 88%, 75%이며, QUS(오른쪽)에 대한 민감도 및 특이도는 각각 94%, 67%로 골다공증 진단이 가능한 수준이라고 하였다[7]. 반면에 Hamidi 등은 180명에 대한 DEXA(요추부 및 대퇴부)와 QUS의 골다공증 진단율은 각각 28.8%, 28.9%로 차이를 보이지 않았으나 DEXA(요추부)에 대한 골밀도 검사결과 T-score -2.0을 기준으로 할 때 QUS의 민감도 및 특이도는 각각 78.8%, 55.9%이며, DEXA(대퇴부)를 기준으로 한 QUS의 민감도와 특이도는 산정할 수 없었다고 밝히며, 두 측정 도구 간에 일치율이 낮아 QUS는 DEXA를 대체하기에는 바람직하지 않고, 스크리닝의 방법으로 이용될 수 있다고 하였다[9]. 또한 Edelman-Schäfer 등은 43명(62~87세)을 대상으로 한

연구에서 골다공증 진단율은 DEXA(요추부)와 QUS가 각각 75%, 100%이며, DEXA, QUS의 특이도는 각각 89%, 66%로 모두 골다공증 진단에 유효하나 측정도구 간에 민감도와 특이도에 대한 차이를 극복하기 위해서는 골다공증 진단에 이용되는 thresholds가 고려되어야 한다고 보고하였다[10].

한편, 추적조사에 대한 연구에서 Trimpou 등은 DEXA(대퇴부)를 기준으로 QUS의 민감도와 특이도는 각각 79%, 45%로 보고하였으며, 역학연구에서 DEXA 접근이 용이하지 않은 경우 QUS의 이용이 가능할 것으로 보고하였으며, 이때 골다공증에 대한 진단기준으로 $QUS < -3.65$ (표준편차)이면 DEXA의 진단 없이 이용이 가능하다고 하였다[11]. 또한 Moayyeri 등은 1455명(65-76세)을 대상으로 한 DEXA(대퇴부)와 QUS에 대한 평가에서 QUS는 골질의 절대위험도에 대한 예측 모델 적용에 활용이 가능할 것으로 권고하였다[12]. 반면에 Bittar 등은 척추질환자의 골다공증진단에 대한 평가에서 DEXA(대퇴부)와 QUS의 결과 간에 유의한 차이를 보였으며, 이러한 차이는 QUS의 종골에 대한 낮은 수준의 기계적 자극(mechanical stress) 때문으로 QUS는 진단이나 추적관리에는 좋은 선택은 아니라고 밝힌바 있다[13].

이외에도 Collinqe 등은 정형외과의상환자를 대상으로 한 연구에서 DEXA를 기준으로 QUS의 민감도 및 특이도는 각각 90%, 80%로 정형외과의상환자의 골다공증 위험성평가에 상대적으로 낮은 비용으로 간편하고 신뢰성 있는 결과를 얻는 것이 가능하다고 밝혔다[6]. 반면에 Muluqeta 등은 58명(4-18세)을 대상으로 한 연구에서 DEXA를 기준으로 할 때 골감소증에 대한 RA의 영상진단결과에서 민감도와 검사자간 일치율이 불량한 것으로 나타나, 임상특징과 소아환자의 위험요인은 DEXA를 이용하여 진단할 것을 권고하였다[14]. Soontrapa 등은 DEXA가 현재 골밀도 측정 및 진단에 가장 최선의 방법이지만 상대적으로 고가이고 방사선 방출 등의 위험성 및 휴대성이 낮아 QUS의 활용을 고려해 볼 수 있으며, 다만 정확도가 낮아 QUS를 이용한 골다공증 위험성 평가에는 OSTA(Osteoporosis Risk Assessment Tool for Asians)와 같은 지표를 만

들어 활용할 것을 제안하였다[15].

이상에서 고찰한 바와 같이 최근 이루어진 연구들에서도 연구대상 및 측정도구에 따라 결과에서 다소 차이를 보이는데 이는 측정도구의 평균값/표준편차의 결과로 대상자의 연령이나 특성을 정확히 반영하지 못하고 있기 때문이다. 동일인에서도 측정부위와 기종에 따라 T-score가 달라지는데 골격의 부위에 따라 골조성과 골소실의 정도가 다르고, T-score 산정의 기준이 되는 젊은 연령층의 정상 골밀도 자료가 기종마다 다르며, 골밀도 측정도구마다 정확도에 차이가 있기 때문으로 보고되고 있다[16]. 또한 연령이나 체중, 체질량지수, 폐경여부, 영양섭취 상태, 음주 및 흡연 등 다양한 원인이 골밀도의 증감과 골질의 위험요인으로 알려져 있다[7][17]. 따라서 골밀도 측정도구의 정확한 평가를 위해서는 이러한 영향요인도 함께 고려되어야 할 것이다.

본 연구는 몇 가지 제한점을 갖는다. 일개 건강검진 센터에 자발적 참여자를 대상으로 한 연구이므로 생애 전환기 인구집단을 대표할 수 없다. 또한, 골밀도 측정도구의 방법마다 한 기종에 대한 평가로 다양한 측정도구의 결과를 반영하지는 못 하였으며, 생애전환기중 60세 이상 노년기를 대상으로 한 연구로 성별이나 연령 등 다양한 영향요인을 함께 고려하지는 못하였다.

V. 결론

본 연구에서 DEXA를 기준으로 할 때 QUS와 RA는 모두 유효한 것으로 판단된다. 다만, 측정도구의 동일 검사자에 대한 반복 측정에서 RA는 QUS보다 측정값 간에 표준오차가 작은 것으로 나타나 골밀도에 대한 추적검사의 활용에 더 유용할 것으로 판단되었다. 또한 동일인에서도 측정부위와 기종에 따라 T-score가 달라지는데 이는 DEXA의 요추부 결과를 진단기준에 반영한 것으로 기존의 결과를 종골이나 손가락 전부위에 적용하는 것은 문제가 있으며, 성별이나 연령층, 다양한 측정부위별 정량화된 결과를 진단기준의 보정지표로 활용하여 결과에 반영하는 것이 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 김영선, 골다공증 환자에서 골절 발생에 영향을 미치는 요인, 전북대학교대학원 석사학위논문, 2011.
- [2] 김환정, “골다공증성 골절의 수술적 치료”, 대한골절학회지, 제22권, 제4호, pp.314-18, 2009.
- [3] 통계청, 인구총조사, 2010.
- [4] 한범희, 정홍량, 임청환, 이해남, 정천수, 이상호, “DXA측정기 종류에 따른 요추부와 대퇴경부 골밀도 값의 측정오차 비교”, 한국콘텐츠학회논문지, 제10권, 제3호, pp.250-7, 2010.
- [5] 류경남, 방사선흡수법(RA)에 의한 골밀도 측정기의 평가 가이드라인 개발 연구, 식품의약품안전청, 2008
- [6] C. A. Collinqe, G. Lebus, M. I. Gardner, and L. Gehriq, “A Comparison of Quantitative Ultrasound of the Calcaneus with Dual-energy X-ray Absorptiometry in Hospitalized Orthopaedic Trauma Patients,” J. of Orthop Trauma, Vol.24, No.3, pp.176-80, 2010.
- [7] S. Lektrakul, “Quantitative Ultrasound Capably Predicts Osteoporosis,” J. of Med Assoc Thai, Vol.92, pp.S42-4, 2009.
- [8] S. Boonen, J. Nijs, H. Borqhs, H. Peeters, D. Vanderschueren, and F. P. Luyten, “Identifying Postmenopausal Women with Osteoporosis by Calcaneal Ultrasound, Metacarpal Digital X-ray Radiogrammetry and Phalangeal Radiographic Absorptiometry: a Comparative Study,” Osteoporos Int, Vol.16, No.1, pp.93-100, 2005.
- [9] Z. Hamidi, M. Sedaqhat, S. M. Hejri, and B. Larijani, “Defining Cut-off Values for the Diagnosis of Osteoporosis in Postmenopausal Women by Quantitative Ultrasonography of the Phalanx,” Gynecol Endocrinol, Vol.24, No.10, pp.546-548, 2008.
- [10] B. Edelmann-Schafer, L. D. Berthold, H. Stracke, P. M. Luhrmann, and M. Neuhauser-Berthold, “Identifying Elderly Women with Osteoporosis by Spinal Dual X-ray Absorptiometry, Calcaneal Quantitative Ultrasound and Spinal Quantitative Computed Tomography: a Comparative Study,” Ultrasound Med Biol, Vol.37, No.1, pp.29-36, 2011.
- [11] P. Trimpou, I. Bosaeus, B. A. Benqtsson, and K. Landin-Wilhelmsen, “High Correlation between Quantitative Ultrasound and DXA during 7 Years of Follow-up,” Eur J. of Radiol, Vol.73, No.2, pp.360-364, 2010.
- [12] A. Moayyeri, S. Kaptoqe, N. Dalzell, S. Bingham, R. N. Luben, N. J. Wareham, J. Reeve, and K. T. Khaw, “Is QUS or DXA Better for Predicting the 10-year Absolute Risk of Fracture?,” J. of Bone Miner Res, Vol.24, No.7, pp.1319-1325, 2009.
- [13] C. K. Bittar, A. Jr Cliquet, and M. Dos Santos Floter, “Utility of Quantitative Ultrasound of the Calcaneus in Diagnosing Osteoporosis in Spinal Cord Injury Patients,” Am J. of Phys Med Rehabil, Vol.90, No.6, pp.477-481, 2011.
- [14] P. G. Muluqeta, M. Jordanov, M. Hemanz-Schulman, C. Yu, and J. H. Kan, “Determination of Osteopenia in Children on Digital Radiography Compared with a DEXA Reference Standard,” Acad Radiol, Vol.18, No.6, pp.722-725, 2011.
- [15] S. Soontrapa, S. Soontrapa, and S. Chaikitpinyo, “Using Quantitative Ultrasound and OSTA Index to Increase the Efficacy and Decrease the Cost for Diagnosis of Osteoporosis,” J. of Med Assoc Thai, Vol.92, pp.549-553, 2009.
- [16] P. D. Miller, “Bone Mineral Density-clinical Use and Application,” Endocrinol Metab Clin

North Am, Vol.32, pp.159-179, 2003.

- [17] Q. Wu, J. J. Lefante, J. C. Rice, and J. U. Magnus, "Age, Race, Weight, and Gender Impact Normative Values of Bone Mineral Density," *Gen Med*, Vol.8, No.3, pp.189-201, 2011.

저 자 소 개

김 남 수(Nam-Soo Kim)

정회원



- 1998년 8월 : 한양대학교 환경보건학과(공학석사)
- 2006년 8월 : 순천향대학교 환경보건학과(보건학박사)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 환경산업의학연구소 연구

교수

<관심분야> : 산업보건, 환경보건

정 경 식(Kyung-Sick Jung)

정회원



- 2008년 2월 : 서울시립대학교 환경공학과(공학석사)
- 2012년 2월 : 순천향대학교 의과학과(보건학박사)
- 2011년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 환경산업의학연구소 연구원

<관심분야> : 환경보건, 산업보건

강 은 정(Eun-Jung Kang)

정회원



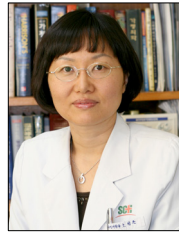
- 1997년 8월 : 서울대학교 보건학과(보건학석사)
- 2004년 8월 : 펜실베이니아 주립대학 보건정책학과(보건정책학박사)
- 2010년 9월 ~ 현재 : 순천향대학교 보건행정경영학과 교수

학교 보건행정경영학과 교수

<관심분야> : 보건정책, 보건행정

오 정 은(Jung-Eun Oh)

정회원



- 2004년 2월 : 순천향대학교 의학과 가정의학전공(의학석사)
- 2007년 8월 : 순천향대학교 의학과 가정의학전공(의학박사)
- 2001년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 천안병원 가정의학과 교수

<관심분야> : 건강증진, 생활습관개선, 만성질환

이 병 국(Byung-Kook Lee)

정회원



- 1973년 2월 : 가톨릭대학교 의학과 예방의학전공(의학석사)
- 1980년 2월 : 가톨릭대학교 의학과 예방의학전공(의학박사)
- 1988년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 의과대학 예방의학교실 교수

<관심분야> : 납중독, 산업의학, 환경의학