



골밀도 검사의 실제: Dual-Energy X-ray Absorptiometry (DXA) 중심으로

부산대학교병원 내분비대사내과

김은희 · 김인주 · 전윤경

Measurement and Interpretation of Dual-Energy X-ray Absorptiometry Bone Density Measurements

Eun Heui Kim, In Joo Kim, and Yun Kyung Jeon

Division of Endocrinology, Department of Internal Medicine, Pusan National University Hospital, Busan, Korea

Dual-energy X-ray absorptiometry (DXA) is a widely used technology used to diagnosis osteoporosis and monitor changes in bone mineral density (BMD). The present paper reviews the clinical application of DXA in evaluating osteoporosis, including indications for BMD testing, interpretation of DXA results, diagnosis of osteoporosis, and serial BMD follow up. As the clinical utility of DXA depends on the quality of the scan acquisition, the precision assessment of DXA is also discussed. (Korean J Med 2019;94:268-272)

Keywords: Osteoporosis; Diagnosis; Bone mineral density; Dual-energy X-ray absorptiometry

서 론

전 세계적으로 노령화가 급속히 진행되고 있으며, 대한민국도 2026년 초고령 사회에 도달할 것으로 예측하고 있다. 이와 더불어 노령화와 관련된 질환이 관심의 대상이 되고 있으며 대표적인 질환 중 하나가 골다공증이다. 2017년 대한골대사학회와 국민건강보험공단이 발표한 「2017 한국인 골다

공증 및 골다공증 골절 Fact Sheet」 [1]에서는 50세 이상 여성의 37%, 남성의 7.5%에서 골다공증이 발생함을 보고하였으며, 골감소증의 발생 비율은 남·여 각각 46%, 48%로 2명 중 1명이 골감소증인 것으로 보고하였다. 또한 여성에서는 연령이 10세 증가할 때마다 골다공증이 2배씩 증가하여 70세 이상 여성은 68.5%가 골다공증 환자이며, 2008년 이후 2013년까지 골다공증 골절 발생률이 매년 4%씩 증가하는 것으로

Received: 2019. 4. 3

Revised: 2019. 5. 2

Accepted: 2019. 5. 2

Correspondence to Yun Kyung Jeon, M.D., Ph.D.

Division of Endocrinology, Department of Internal Medicine, Pusan National University Hospital, 179 Gudeok-ro, Seo-gu, Busan 49241, Korea

Tel: +82-51-240-7222, Fax: +82-51-254-3237, E-mail: puritystar@hanmail.net

Copyright © 2019 The Korean Association of Internal Medicine

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

보고하였다[1].

골다공증은 골량의 감소와 미세구조의 이상을 특징으로 하는 전신적인 골격계 질환으로서 결과적으로 ‘뼈가 약해져서 부러지기 쉬운 상태가 되는 질환’으로 정의하고 있다[2]. 세계보건기구(World Health Organization, WHO)에서는 ‘골다공증’이라는 용어를, 폐경 후 여성과 50세 이상의 남성을 대상으로 한정하여 골밀도 검사상 T-점수가 -2.5 이하인 경우로 정의하고 있으며, 50세 이하의 남성과 폐경 전 여성에서는 Z-점수 -2.0을 기준으로 ‘연령 기대치 이하 또는 연령 기대치 이내’로 진단하고 있다[3,4]. 현재 골밀도를 측정하는 방법은 초음파 검사(quantitative ultrasonography, QUS), 정량적 전산화 단층 골밀도 검사(quantitative computed tomography, QCT), 말단골 골밀도 검사(peripheral quantitative computed tomography, pQCT) 등이 다양하게 이용되고 있다. 그러나 QUS의 경우 골다공증 골절의 발생 예측에는 사용할 수 있지만 정밀도가 낮아서 약물 치료에 대한 반응을 판단하기 어렵고, 중심골 QCT의 경우 민감도가 높아 t값으로 진단하면 과잉 진단을 할 수 있어 기준을 mg/cm^3 로 진단해야 하며, 현재 척추 골밀도에 대한 값만 우리나라 보험에서 인정된다. 따라서 본 논문에서는 이중에너지 엑스선 흡수계측법(dual energy X-ray absorptiometry, DXA)을 이용한 골밀도 검사에 한정하여 골밀도 검사의 실제에 대하여 알아보려고 한다.

본 론

골밀도 검사의 적응증

세계임상골밀도측정학회(International Society for Clinical Densitometry, ISCD)에서는 65세 이상의 여성과 70세 이상의 남성에서 골밀도 검사를 권고하고 있으며, 65세 미만의 여성과 70세 미만의 남성이더라도 저체중, 이전의 골절력, 골다공증을 유발할 수 있는 질환이 있거나 약물을 복용 중인 경우, 골감소를 유발할 수 있는 질환이나 상태에 있는 경우, 골다공증 치료를 시작하거나 치료 효과를 판정하기 위한 경우 골밀도 측정을 권고하고 있다[5]. 최근 개정된 국내 보험(고시 제 2019-28호)에서도 만 18세 이상 성인을 대상으로 1) 65세 이상 여성과 70세 이상 남성, 2) 고위험요소가 1개 이상 있는 65세 미만의 폐경 후 여성(고위험요소는 체질량지수 $< 18.5 \text{ kg}/\text{m}^2$ 인 경우, 비외성성 골절의 과거력이 있거나 가족력이 있는 경우, 외과적 수술로 인한 폐경 또는 40세 이전의 자연 폐경인

경우), 3) 비정상적으로 1년 이상 무월경을 보이는 폐경 전 여성, 4) 비외성성(fragility) 골절인 경우, 5) 골다공증을 유발할 수 있는 질환이 있는 경우, 6) 골다공증을 유발할 수 있는 약물을 복용 중이거나 장기간(3개월 이상) 투여 계획이 있는 경우, 7) 기타 골다공증 검사가 반드시 필요한 경우 골밀도 검사를 인정하고 있다(Table 1). 이번 개정에서 여섯 번째 항목인 골다공증을 유발할 수 있는 약물 복용에 ‘장기간(3개월 이상) 투여 계획이 있는 경우’가 추가되었다.

검사는 진단시 1회 인정하며, 말단골 골밀도 검사 결과가 추가 검사의 필요성이 있는 경우 1회에 한하여 중심골(척추, 고관절)에서 추가 검사를 인정한다. 추적 검사의 실시 간격은 1년 이상으로 하되, 검사 결과 정상 골밀도로 확인된 경우는 2년으로 한다. 치료 효과 판정을 위한 추적 검사는 중심골에서 실시한 경우에 한하여 인정한다. 다만 스테로이드를 3개월 이상 복용하거나 부갑상선기능항진증으로 약물 치료를 받는 경우, 정상 골밀도인 경우 첫 1년에 1회, 이후부터는 2년에 1회 골밀도 검사를 진행하도록 인정한다. T-점수가 -3.0 이하인 경우, 첫 1년은 6개월에 1회 이후부터는 1년에 1회 실시하도록 한다. 고시 제2019-28호에서 추가된 부분은 임신과 연관된 골다공증성(pregnancy & lactation associated osteoporosis) 골절이 의심되는 경우 6개월 간격으로 2회, 환자의 장기 부재, 진료 일정 등 불가피한 사유로 추적 검사 실시 간격을 충족하지 못하는 경우 4주 범위 내에서 인정한다는 점이다. 또한 만 10세 이상-만 18세 미만의 소아를 분리, 골

Table 1. Indication for BMD

Insurance standards for bone Mineral density testing
Adults aged over 10 years
1) Women aged over 65 and men over 70
2) post-menopausal women younger than age 65 who has more than 1 risk factor
3) Premenopausal women with abnormal amenorrhea for more than one year
4) in case of fragility fractures
5) If you have a disease that can cause osteoporosis
6) If you are taking medication that can cause osteoporosis or you plan to take it for a long time (3 months or more)
7) Other tests for osteoporosis are necessary
** high risk factors
i) body mass index $< 18.5 \text{ kg}/\text{m}^2$
ii) history or family history of fragility fracture
iii) menopause before age 40 due to surgical or natural causes

BMD, bone mineral density.

밀도 검사의 국내 소아·청소년 참고치가 있는 [다334가] 양 방사선(광자) 골밀도 검사(DXA)를 이용한 골밀도 측정을 인정한다는 것이 신설되었다. 골다공증을 유발할 수 있는 질환이 있는 경우, 골다공증을 유발할 수 있는 약물을 복용 중이거나 장기간(3개월 이상) 투여 계획이 있는 경우, 기타 골다공증 검사가 반드시 필요한 경우 시행하도록 하며, 급여 횟수는 진단시 1회, 추적 검사는 Z-점수 > -1.0인 경우 2년에 1회, $-2.0 \leq Z\text{-점수} \leq -1.0$ 인 경우 1년에 1회, Z-점수 < -2.0인 경우 첫 1년은 6개월에 1회, 그 이후부터는 1년에 1회로 인정하고 있다. 특히 1년 이상의 간격으로 골밀도를 측정하도록 하는 규정이 환자의 장기 부재, 진료 일정 등 불가피한 사유로 추적 검사 실시 간격을 충족하지 못하는 경우 4주 범위 내에서 인정하도록 변경된 것은 환자 중심의 의료 환경을 만들기 위한 노력의 결과라 할 수 있겠다.

골밀도 측정

정밀도 측정

DXA로 골밀도를 측정하는 경우 기계의 정밀 오차를 확인

해야 하며 검사자는 검사 술기를 습득하고 100명의 환자를 대상으로 훈련 과정을 거친 뒤 정밀도를 검사한다. ISCD에서는 무작위로 환자를 선발하여 15명을 3번 측정하거나 30명을 2번 측정하여 정밀도를 검사하도록 하고 있으며, 재측정 시 환자는 반드시 검사대에서 내려왔다가 다시 올라가게 하여 자세를 재조정하도록 한다[5]. 보정(calibration)을 위해서 척추 팬텀을 사용하며, 팬텀은 칼슘 하이드록시 아파타이트(calcium hydroxyapatite) 재질로 인체와 유사한 3가지 조건(저밀도-정상-고밀도)으로 된 척추의 모양으로 만들어져 있다. ISCD에서는 보정을 위하여 최소 1주에 1회 팬텀 스캔을 권고하고 있다. 또한 DXA 하드웨어가 변경된 경우 또는 동일한 기술을 갖춘 시스템이 교체된 경우 교차 보정(cross calibration)을 수행하여 시스템과의 정량적 비교를 허용할 것을 권장하고 있다. 교차 보정은 교체 전과 후 팬텀을 이용하여 10회씩 측정한 후 평균 골밀도의 차이가 1% 이상인 경우 제조업체에 수정을 요구하도록 한다[6]. 그 외에도 실제 DXA를 측정하고 결과를 해석, 보고할 때에는 여러 가지 주의해야 할 점이 있으며, ISCD에서는 각각의 단계에서 주의해야 할 점을 표로 정리하여 체크하도록 권고하고 있다(Table 2) [7].

Table 2. Best practices for DXA measurement and reporting: ISCD [7]

DXA best practice: scan acquisition and analysis
1.1. At least one practicing DXA technologist, and preferably all, has a valid certification in bone densitometry.
1.2. Each DXA technologist has access to the manufacturer's manual of technical standards and applies these standards for BMD measurement.
1.3. Each DXA facility has detailed SOPs for DXA performance that are updated when appropriate and available for review by all key personnel.
1.4. The DXA facility must comply with all applicable radiation safety requirements.
1.5. Spine phantom BMD measurement is performed at least once weekly to document stability of DXA performance over time. BMD values must be maintained within a tolerance of $\pm 1.5\%$, with a defined ongoing monitoring plan that defines a correction approach when the tolerance has been exceeded.
1.6. Each DXA technologist has performed in vivo precision assessment according to standard methods and the facility LSC has been calculated.
1.7. The LSC for each DXA technologist should not exceed 5.3% for the lumbar spine, 5.0% for the total proximal femur, and 6.9% for the femoral neck.
DXA best practice: interpretation and reporting
2.1. At least 1 practicing DXA interpreter, and preferably all, has a valid certification in bone densitometry.
2.2. The DXA manufacturer and model are noted on the report.
2.3. The DXA report includes a statement regarding scan factors that may adversely affect acquisition/analysis quality and artifacts/confounders, if present.
2.4. The DXA report identifies the skeletal site, region of interest, and body side for each technically valid BMD measurement.
2.5. There is a single diagnosis reported for each patient, not a different diagnosis for each skeletal site measured.
2.6. A FRAX is used appropriately.
2.7. When reporting differences in BMD with serial measurements, only those changes that meet or exceed the LSC are reported as a change.

DXA, dual-energy X-ray absorptiometry; ISCD, International Society for Clinical Densitometry; BMD, bone mineral density; SOPs, standard operating procedures; LSC, least significant change; FRAX, fracture risk assessment tool.

검사 전 확인 사항

DXA에 의한 방사선 노출은 매우 적어 일반적인 하루 환경 방사선과 비슷한 정도이다. 그러나 매우 적은 양이지만 이온화 방사선이 사용되므로 검사 전에는 임신 여부를 확인해야 하며, 임신시에는 검사를 시행하지 않는다. 검사 전 조영제를 사용한 경우, 스캔된 부위에 이물질이 있는 경우에도 골밀도에 영향을 미칠 수 있으므로 미리 제거하도록 한다[5].

골밀도 결과지 해석

골밀도 검사가 제대로 이루어졌는지 우선 골영상을 확인한다

척추의 경우 척추가 영상의 가운데 위치하는지, 일직선으로 유지되는지 확인한 후, 양쪽의 장골능(iliac crest)이 살짝 보이면서 네 번째 요추의 X shape이 보이는지 12번째 늑골(rib)이 살짝 보이는지 확인한다. 고령으로 갈수록 퇴행성 변화나 시술로 인한 인공 삽입물이 골밀도에 영향을 주는 경우가 많으므로 주의 깊게 살펴야 한다. 대체로 요추는 1번에서 4번으로 갈수록 골밀도가 증가하는 경향이 있다. 만약 위쪽 요추가 더 높은 값을 보이거나, 인접한 척추보다 T-점수가 1 이상 높게 측정되는 경우 이 부위의 오류인자를 파악하고 이 부위를 제외한 척추값의 평균을 채택하도록 한다. 만약

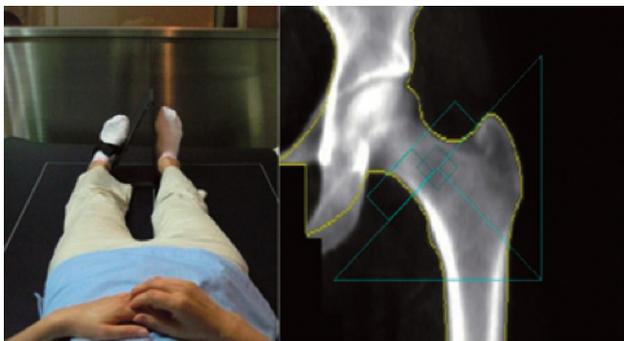


Figure 1. Appropriate positioning for BMD of the femur [8]. BMD, bone mineral density.

Table 3. Diagnosis of osteoporosis [3]

Definition	Category
Normal	T-score \geq -1.0
Osteopenia	-2.5 < T-score < -1.0
Osteoporosis	T-score \leq -2.5
Severe osteoporosis	T-score \leq -2.5 and fragility fracture

판정 가능한 요추가 하나인 경우 결과는 판정 불가로 판독하여야 한다.

대퇴골의 경우 검사시 다리를 15-20° 내전(adduction)하여 소전자부(lesser trochanter)가 약간 보일 정도가 되어야 하며, 영상의 세로축에 대퇴골이 일직선으로 곧게 위치하였는지 확인해야 한다(Fig. 1) [8].

골다공증의 진단

WHO가 제시하여 현재까지 이용되고 있는 골다공증의 진단 기준은 환자의 고관절 부위, 요추부 혹은 전완부(forearm) 골밀도를 측정하여 젊은 백인 성인 대조군의 정상 평균값과 비교하여 산출된 표준편차를 t값으로 표기한 것이다(Table 3) [3,4]. WHO의 진단 기준에서는 몇 군데의 골밀도를 측정하는지와 관심영역(region of interest, ROI) 설정에 관한 구체적인 기준을 제시하지 않았으므로 ISCD에서는 다음과 같이 제안하였다. 척추 부위와 고관절 부위를 모두 측정하는 것을 원칙으로 하되, 척추는 두 부위 이상의 평균값을 기준으로 한다. 고관절의 경우 근위대퇴골(total proximal femur), 대퇴골 경부(femoral neck)를 각각 측정하여 가장 낮은 골밀도를 결과로 진단한다. Ward 부위는 진단에 사용할 수 없다. 척추와 고관절 부위를 측정할 수 없거나 해석이 어려운 구조적 문제가 있는 경우, 부갑상선기능항진증 환자나, DXA 측정 테이블의 무게 하중을 초과한 비만의 경우, 비 우세한 쪽의(non-dominant) 전완부의 요골 원위 33% 부위(one-third radius) 골밀도를 진단에 사용할 수 있다[9].

골밀도의 추적 검사

골밀도 추적 검사의 경우 이전 검사와 동일한 자세로 동일한 관심영역(ROI)을 동일한 촬영 모드와 스캔 분석으로 시행해야 한다. 예상되는 골밀도 변화가 골밀도 측정 장비 고유의 최소한의 의미 있는 변화(least significant change, LSC) 이상으로 변화된 경우 의미 있는 변화라고 판단하며, 치료 효과나 시기를 결정하는 데 도움이 된다. LSC는 각 기관에서 직접 측정된 자료를 바탕으로 얻은 분산 계수(coefficient of variance)에 2.77 (95% 유의수준)을 곱한 값으로 ISCD는 척추의 LSC는 5.3% (정밀오차 1.9%), 대퇴골 전체 골밀도는 5.0% (정밀오차 1.8%), 대퇴골 경부는 6.9% (정밀오차 2.5%) 이내 가 되도록 권고하고 있다[7].

결 론

DXA를 이용한 골밀도 검사시 여러 가지 문제점이 있을 수 있다. 환자의 체형이 비만으로 지방량이 많은 경우 골밀도가 높게 측정될 수 있고, 골밀도 측정시 자세 또한 결과의 정확성에 영향을 미칠 수 있다. 검사자의 숙련도가 정확도에 영향을 줄 수 있다는 한계를 가지고 있음에도 불구하고 [10,11], 현재까지 DXA는 골밀도 측정의 표준화된 방법으로 받아들여지고 있다[12]. 검사 과정 중 발생할 수 있는 여러 문제점과 정도 관리를 위해서는 검사팀과 긴밀한 협조가 필요하다. 얻어진 이미지의 적정성을 확인하고, 판독하는 노력을 통하여 정확한 골다공증의 진단과 치료 효과 판정이 가능할 것으로 생각된다. 또한 골밀도 이외의 검사들, 골표지자 검사나 칼슘, 비타민 D 등의 혈청학적 검사를 병행한다면 골다공증을 일으키는 이차적 원인을 찾거나, 부족한 성분을 보충해 줄 수 있는 기회가 되어 더 나은 의료를 제공할 수 있을 것으로 기대한다.

중심 단어: 골다공증, 진단, 골밀도, 이중에너지 엑스선 흡수계측법

REFERENCES

1. Korean Society for Bone and Mineral Research. Korean Osteoporosis and Osteoporotic fracture Fact Sheet [Internet]. Seoul (KR): Korean Society for Bone and Mineral Research, c2017 [cited 2019 May 1]. Available from: http://www.bktimes.net/data/board_notice/1508488324-85.pdf.
2. NIH Consensus Development Panel on Osteoporosis Prevention, Diagnosis, and Therapy. Osteoporosis prevention, diagnosis, and therapy. *JAMA* 2001;285:785-795.
3. Kanis JA, Melton LJ 3rd, Christiansen C, Johnston CC, Khaltaev N. The diagnosis of osteoporosis. *J Bone Miner Res* 1994;9:1137-1141.
4. WHO Study Group. Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis. Report of a WHO Study Group. *World Health Organ Tech Rep Ser* 1994;843:1-129.
5. Shepherd JA, Schousboe JT, Broy SB, Engelke K, Leslie WD. Executive summary of the 2015 iscd position development conference on advanced measures from DXA and QCT: fracture prediction beyond BMD. *J Clin Densitom* 2015;18:274-286.
6. Shepherd JA, Lu Y, Wilson K, et al. Cross-calibration and minimum precision standards for dual-energy X-ray absorptiometry: the 2005 ISCD Official Positions. *J Clin Densitom* 2006;9:31-36.
7. Lewiecki EM, Binkley N, Morgan SL, et al. Best practices for dual-energy X-ray absorptiometry measurement and reporting: international society for clinical densitometry guidance. *J Clin Densitom* 2016;19:127-140.
8. Korean Society for Bone and Mineral Research Committee on the compilation of guidelines. Korea Osteoporosis Treatment Guideline 2018 [Internet]. Seoul (KR): Korean Society for Bone and Mineral Research Committee on the compilation of guidelines, c2018 [cited 2019 May 1]. Available from: <http://www.google.co.kr/url?sa=t&rcct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwj118781fzhAhWS7GEKHcwOCGgQFjABegQIAxAC&url=http%3A%2F%2Fwww.mdon.co.kr%2Fnews%2Fdownload.html%3Fno%3D20841%26atno%3D66938&usq=AOvVaw2Ars6cBfOC2-Mb9bn9KbKJ>.
9. Leib ES, Lenchik L, Bilezikian JP, Maricic MJ, Watts NB. Position statements of the international society for clinical densitometry: methodology. *J Clin Densitom* 2002;5 Suppl: S5-S10.
10. Watts NB. Fundamentals and pitfalls of bone densitometry using dual-energy X-ray absorptiometry (DXA). *Osteoporos Int* 2004;15:847-854.
11. Messina C, Bandirali M, Sconfienza LM, et al. Prevalence and type of errors in dual-energy X-ray absorptiometry. *Eur Radiol* 2015;25:1504-1511.
12. Sözen T, Özışık L, Başaran NÇ. An overview and management of osteoporosis. *Eur J Rheumatol* 2017;4:46-56.