

유방촬영술 판독용 모니터의 선택 기준과 고려사항

김유정¹ · 안주원¹ · 오정근¹ · 장정민²

¹LG 전자 솔루션사업담당 메디컬상품/기술영업지원팀, ²서울대병원 영상의학과

서 론

영상의학과 분야에서 정확한 진단은 영상의 화질에 영향을 받게 된다. 이는 영상 촬영 당시의 영상 화질의 수준 뿐만 아니라, 적절하게 촬영된 영상이라도 영상에 최적화된 모니터를 통해 디스플레이될 때 가장 높은 화질의 영상을 확인할 수 있다. 디스플레이 기술의 발전은 의료 영상 애플리케이션을 위해 특별히 설계된 모니터의 개발로 이어졌고 의료용 모니터는 고해상도, 넓은 색역 등의 기능을 갖추고 있어 상세하고 정확한 이미지를 만들어 낼 수 있다. 본 종설에서는 판독용 모니터 및 유방영상 판독용 모니터의 특징 및 조건에 대하여 알아보고, 유방촬영술 판독에 있어 다양한 모니터 사용을 통한 성적에 대하여 알아보고자 한다.

1. 의료용 모니터의 특징

영상의학과 전문의는 질병의 정확한 진단을 위해 영상을 이용하여 모니터를 사용하므로, 의료용 모니터는 일반 모니터와 달리 영상의 질을 저하시키지 않고, 일관적으로 영상을 출력하는 것이 기본 되어야 한다 (1). 일관적인 출력이란, 영상이 기기에서 처음 획득되는 순간부터 영상 의학과 의사가 영상을 판독하고, 임상이가 결과를 확인하는 일련의 과정동안 동일해야 함을 의미하며 시간이 지남에 따라 모니터의 수명저하에 따른 화질 왜곡이 없어야 한다. 영상의 품질은 영상이 저장되는 워크스테이션 (또는

PACS), 모니터로 영상을 출력하는 PC부품인 그래픽카드, 최종적으로 영상을 표시하는 모니터, 그리고 판독하는 환경에 영향을 받는다 (2).

의료용 모니터는 성능과 품질관리를 위해 의료용 기기 인증 획득과 함께 다양한 지침을 따른다. 미국의 경우 미국방사선의학회 (American College of Radiology, ACR) 의 가이드라인을 따르도록 권장되고 있으며, 특히 유방촬영술 판독에 있어서는 유방촬영술 정도관리 표준법 (Mammography Quality Standard Act, MQSA)이 1992년부터 미국 공중보건법에 공표되어 FDA 인증된 장비만을 사용하도록 하고 있다 (표 1) (3, 4). ACR과 National Electrical Manufacturers Association이 1984년에 정한 정한 GSDF(Grayscale Standard Display Function)는 회색조 의료 영상 모니터의 표준이며, 진단용 모니터는 DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) Part 14에서 정한 모니터의 유지, 보수 및 품질 검사방법을 따른다. 진단용 모니터는 색상과 밝기를 모니터 사용기간 동안 동일하게 유지하기 위해 주기적으로 캘리브레이션 작업이 수행된다. 모니터에 부착된 Front Sensor나 Calibrator 장비 및 Calibration software를 활용해 모니터의 색상과 밝기를 주기적으로 교정하며, 이러한 모니터 질관리를 통해 DICOM의 표준으로 조정된 모니터는 회색조 의료영상을 정확하고 디테일한 영역까지 볼 수 있게 된다.

2. 판독용 모니터의 조건

영상의학과에서 사용하는 모니터는 크게 두 가지로, 판독용 모니터 (Diagnostic Monitor, 진단용 모니터)와 조회용 모니터 (Clinical Review Monitor, 임상용 모니터)로 나뉘어 진다. 판독용 모니터는 영상의학과 전문의가 진단을 위해 사용하는 모니터이며, 임상용 모니터는 방사선

통신저자: 장정민

본 연구는 주식회사 LG 전자의 지원 (서울대병원 위탁과제 06-2021-3690) 을 받아 수행되었습니다.

03080 서울시 종로구 대학로 101번지,

서울대학교병원 영상의학과

Tel. (02)-2072-2584 Fax. (02)-748-7418

E-mail: imchangjm@gmail.com

사 혹은 임상전문가가 PACS 영상을 조회하는 목적의 모니터이다. 한국 식약처 의료기기 등급에서는 판독용 모니터와 조회용 모니터가 모두 잠재적 위해성이 없는 1등급 의료기기이나, 건강보험심사평가원 영상진단 및 방사선 치료료 지급시 모니터의 성능과 사용 목적에 따라 요구기준이 달라진다. 판독용 모니터의 해상도, 크기, 모니터 수의 기준이 조회용 모니터의 기준보다 더 높다 (표 2). 미국의 경우, 판독용 모니터는 영상의학회에서 권고하는 지침을 따르도록 되어있으나, 조회용 모니터에는 적용되지 않는다.

3. 모니터 성능 평가 요소 및 유방촬영술 판독 모니터의 조건

1) 해상도 (Resolution)

해상도란 영상의 선명도를 나타내는 표현으로, 모니터

의 화면을 구성하는 픽셀(점)의 크기와 밀도로 측정된다. 면적당 분포되어 있는 픽셀이 많을수록 선명도가 높아지기 때문에, 동일한 해상도라면, 작은 크기의 모니터의 선명도가 커지고 모니터 크기가 커질수록 선명도가 떨어진다. 주어진 화면 영역 내에서 픽셀의 크기가 얼마인지를 측정하기 위해 PPI (화소밀도, Pixel per inch) 단위를 사용하며, 이는 1인치 (25.4mm) 안에 표현되는 화소의 수를 의미한다. 모니터의 종류는 픽셀 수에 따라 2 MP (1,200×1,600픽셀), 3 MP (1,536×2,048픽셀), 5 MP (2,048×2,560픽셀), 8 MP (3,840×2,160픽셀), 10 MP (4,096×2,560픽셀), 12 MP (4,200×2,800픽셀) 분류된다.

유방진단용 모니터는 대부분 5 MP 이상 해상도 모니터로 출시된다. 같은 사이즈의 모니터라면, 5 MP 이상의 모니터가 3 MP 모니터보다 픽셀의 밀도가 높아 고화질로 판독 가능하다. 영상의 화질은 획득된 원본 영상에서 결정되므로, 일반적인 유방 영상 원본 해상도 (1,914×2,294픽셀) 보다 높은 화소의 모니터로 진단하더라도 해상도가 원

표 1. 의료용 모니터와 일반 모니터의 차이

Item	Commercial Monitors	Medical Grade Monitors	
		Clinical Review	Diagnostic
Medical grade Certification (FDA)	No	FDA Class 1	FDA Class 2
Medical grade Certification (CE)	No	CE MED Class 1	CE MED Class 2a
Medical grade Certification (IEC)	No	IEC60601-1	IEC60601-1
DICOM Part14 Complaint	No	Yes	Yes
Brightness Stabilization	No	Yes	Yes
High Brightness	No	Recommended	Recommended
Front Sensor	No	No	Recommended

표 2. Full PACS 요양급여비용 산정기준 (판독용 및 조회용 모니터)

구분	판독용 모니터	조회용 모니터
해상도	일반촬영 또는 디지털저필름용: 2,048×2,560 이상 (14×17기준) CT/DSA/Digital fluoroscopy ; 1,200×1,600 또는 1,600×1,200이상 (LCD인 경우 1,280×1,024 이상)	1,200×1,600 또는 1,600×1,200 이상 (LCD모니터 사용시 1,024×768 이상)
크기	20 inch equivalent 이상 (CT는 19inch 이상)	17 inch (LCD는 15inch)이상을 원칙으로 하되, 19 inch (LCD는 17inch) 이상의 모니터가 50%이상 확보되어야 함
모니터수	2대 이상	각 외래 진료과목별 1대 이상 각 병동별 1대 이상 한 병동이 여러 층에 걸쳐있는 경우는 최소한 각 층별로 1대 이상

자료 출처: 건강보험심사평가원, 청구방법 및 급여기준 조회 시스템. I. 행위-제3장 영상진단 및 방사선 치료료 [제2021-183호 2021-06-29]. Available at: http://rulesvc.hira.or.kr/lmxsrv/print/lawDetailPrintView.srv?SEQ=40&SEQ_HISTORY=2134&SEQ_CONTENTS=317877

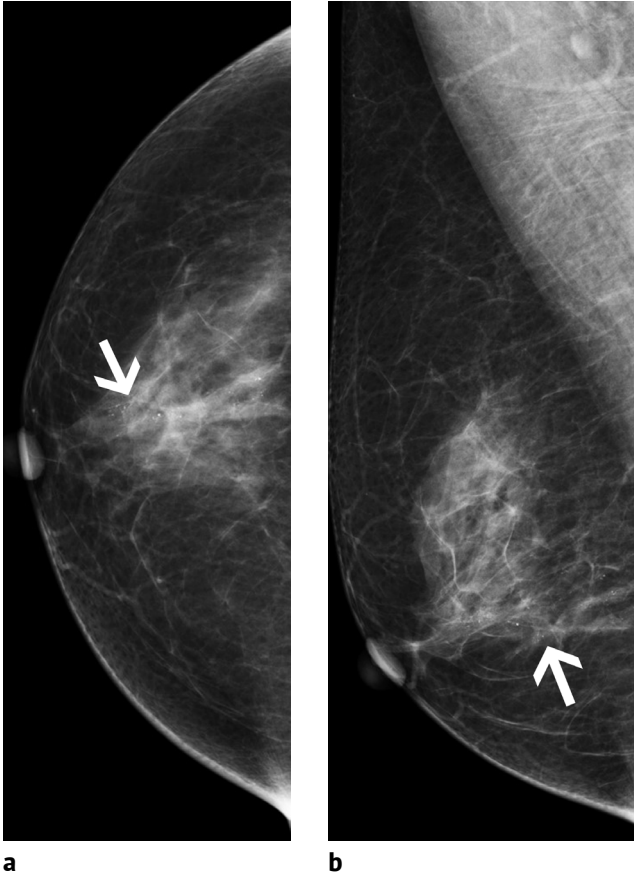


그림 1. 52세 우측 상피내암으로 진단된 여성의 유방촬영술. 우측 유방의 상하위 (a) 및 내외사위 (b) 영상을 12 MP 판독용 모니터 (LG 31HN713D) 를 분할하여 디스플레이할 때 분절성 분포를 보이는 다형태성 석회화의 모양과 분포가 명확하게 확인됨을 알 수 있다.

본 영상보다 향상되지는 않는다. 그러나 큰 해상도 모니터에서 영상을 판독하는 경우, 판독자는 화면의 좌우 이동 없이 전체 영상을 한번에 볼 수 있어 사용자 편의성이 향상되는 장점이 있다 (그림 1).

최근 모니터 제조업체는 8 MP, 10 MP 이나 12 MP처럼 와이드스크린의 ‘듀얼 모니터’를 출시하고 있다. 이러한 모니터는 양측 유방 영상 또는 과거 영상과의 비교를 위하여 2 개의 이미지를 보거나, 여러장의 CT 영상 또는 MRI 영상을 보기에 적합하다. 와이드스크린의 모니터는 모니터 질 관리 관점에서는 단일 모니터로 취급된다 (5). 같은 크기의 영상이어도 모니터의 크기와 해상도의 변화에 따라 가로/세로 비율의 차이가 다르게 나타날 수 있다 (그림 2).

2) 밝기, 명암비

모니터의 밝기는 통상적으로 모니터가 낼 수 있는 가장 높은 밝기를 의미한다. 모니터의 눈부심의 정도 즉, 대상 면에서 발산되는 빛의 양을 의미하는 휘도 (Luminance) 라 말하며 광도나 조도와 다른 개념이다. 휘도의 단위는 면적당 칸델라 (cd/m^2) 또는 니트(nit) 로 표기한다. 1 칸델라(candela)는 촛불 한 개의 밝기를 뜻한다. 휘도는 영상 품질에 중요한 영향을 주는 요소이며 사용기간 동안 적절한 범위 내에서 밝기가 유지되어야 한다. 일반 모니터의 휘도는 $250\text{--}350 \text{ cd}/\text{m}^2$ 이나 의료용 모니터는 $1,000 \text{ cd}/\text{m}^2$ 이상으로 높은 편이다. 모니터의 밝기는 모니터의 사용연수에 영향을 준다. 권장 밝기를 warranty 기간 동안

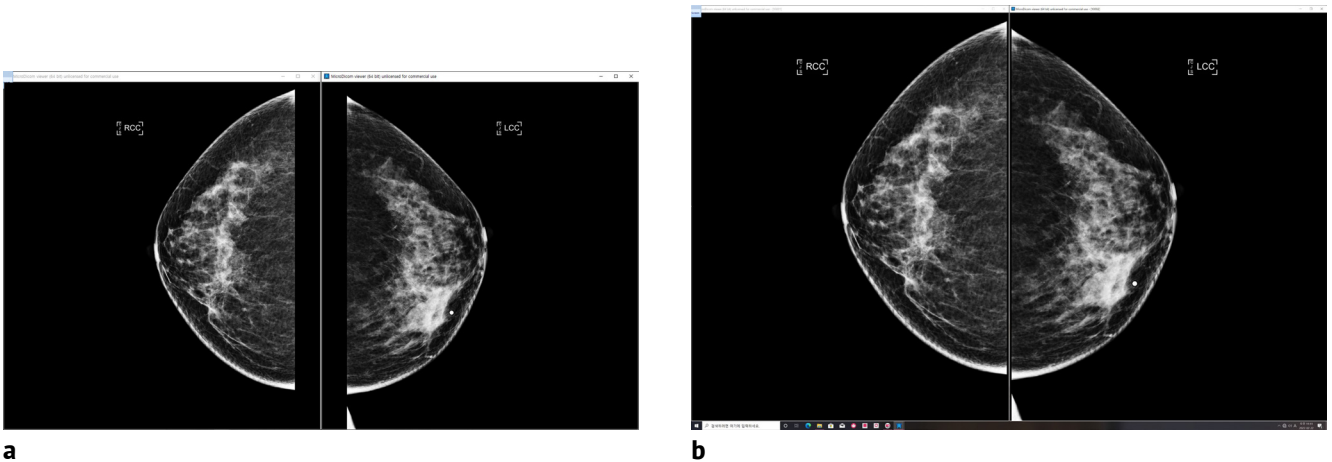


그림 2. 좌측 유방암을 가진 46 세 여성의 유방촬영술. 같은 영상을 두 개의 다른 모니터에 디스플레이 하였을 때 8 MP 모니터 (LG 32HQ713D) (a) 와 12 MP 모니터 (LG 31HN713D) 에서 (b) 에서 영상이 나타나는 가로/세로 비율의 차이가 나타날 수 있다.

적절한 범위 내에서 유지되어야 하기 때문에 의료용 모니터는 최대 밝기가 일반 모니터보다 높으며 시간이 지나도 휘도를 유지할 수 있는 Brightness Stabilization 기능을 탑재하고 있다 (5). ACR은 진단용 모니터의 밝기는 350 cd/m^2 , 유방판독 모니터의 밝기를 420 cd/m^2 로 권장하고 있다. 유방 진단 시에는 판독자가 아주 경미한 대조도의 변화도 감지할 수 있어야 하기 때문이다.

명암비는 최대 밝기(흰색)을 최소 밝기(검은색)으로 나눈 수치를 계산하는 값이다. 예를 들어 명암비가 500:1의 모니터는 흰색 휘도가 500 cd/m^2 이고 검은색 휘도가 1 cd/m^2 이며, 500 단계의 밝기(휘도) 표현이 가능하다. 명암비의 영역이 넓을수록 흰색과 검은색의 구분이 분명해지며 섬세한 표현이 가능하다. 따라서 명암비가 높은 모니터는 같은 그레이 스케일의 색상이더라도 더 미묘하고 세부적인 색상 표현이 가능하다. 유방진단용 모니터의 명암비는 AAPM Task Group 18의 권장사항에 따라 DICOM GSDF의 10% 범위 값으로 측정되어야 한다 (6).

3) 색심도

모니터가 표현할 수 있는 색상을 나타내는 수치로 색 심도라고 부르며, 표현단위로 비트 (bit)를 사용한다. 검은색이 0, 흰색을 1로 가정했을 때 1 bit는 2의 제곱인 2가지 색을 표현할 수 있어 bit 숫자가 늘어날수록 명암과 색을 표현할 수 있는 숫자가 2의 제곱만큼 늘어난다. 모니터의 1개 픽셀은 R (적색), G (녹색), B (청색)의 서브 픽셀로 이루어져 있어, 8 bit 모니터의 경우 RGB 각각 서브픽셀별로 2^8 인 256가지 색을 표현할 수 있다. 따라서 8 bit color 모니터는 1천 6백만개의 수를 표현할 수 있으며, 10 bit color는 10억 7천만 색의 수를 표현할 수 있다 (7,8).

유방영상에서 회색조의 미묘한 차이가 유방 연부 조직의 차이를 의미하기 때문에 색심도는 다른 영상 판독보다 유방 판독에서 더 중요하다. 따라서 ACR에서는 최소 요건으로 8 bit 이상의 색심도 모니터를 판독모니터 기준으로 정하고 있으며, 9 bit 이상의 모니터 사용을 권장하고 있다 (9).

4. 유방영상판독에 있어서의 모니터에 따른 성적 연구

유방촬영술의 판독은 5 MP 모니터 한 쌍을 사용하는 것이 표준적인 방법이다. 하지만 최근에는 디스플레이 기술의 혁신으로 더 큰 포맷의 모니터가 개발되어 한 대의 모니터로 두 개의 유방촬영 결과물을 볼 수 있게 되었다. 한

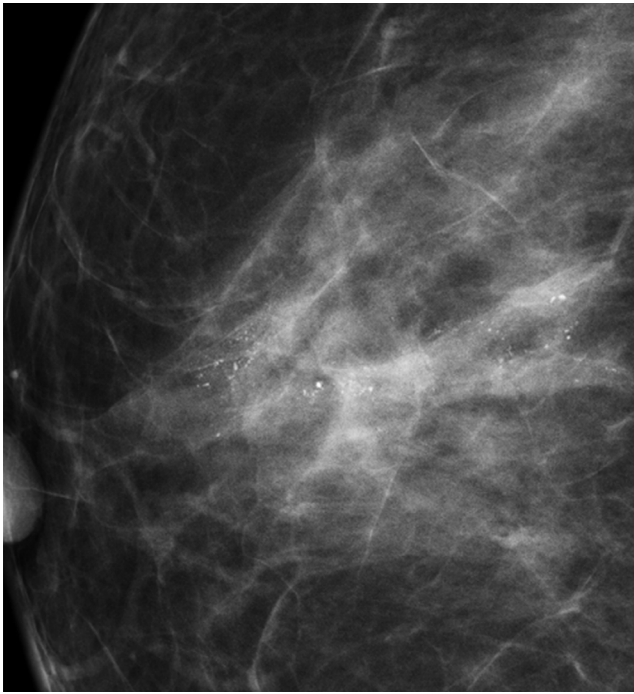
개의 모니터를 이용하여 영상을 나란히 보는 방식은 두 개의 개별 모니터에 영상을 디스플레이 하는 방식보다 영상간의 이질성이 적게 발생하고 영상간의 물리적인 gap을 없앨 수 있다는 장점이 있다. 그러나 한 대의 모니터로 디스플레이될 때 해당 모니터가 10 MP 이상의 모니터가 아니라면, 각각의 영상은 5 MP 보다 낮은 해상도를 가지게 된다. 예를 들어 8 MP 모니터는 두 개의 4 MP 디스플레이를 단일 스크린에 나타낼 수 있다 (그림 3). 기존의 연구들에서는 다양한 해상도의 모니터를 이용하여 유방촬영술을 판독할 때, 실제 판독 성능의 차이를 분석하였으며 이들 연구에서는 5 MP 미만의 모니터에서 판독을 하여도 실제 진단 성능 면에서는 차이가 없음을 보고하였다 (10-12). 모니터의 발전으로 최근 개발된 8 MP 모니터를 분할하여 영상을 디스플레이하고 그 화질을 평가하였을 때 한 개의 5 MP 모니터와 그 차이를 정확하게 식별하기는 어려운 면이 있다 (그림 4). 그러나, 일반 또는 조희용 모니터를 이용한 영상 판독은 병변이 분명한 증례에서는 비등한 성적을 보일 수 있으나, 미세한 변화만을 가지고 있는 암 증례에서도 화질에 차이가 없을지는 불분명하며 유방촬영술 판독에 있어서 5 MP 이상의 모니터를 사용하라는 권장 조항은 바뀌지 않고 있다.

결 론

유방촬영술을 비롯한 영상 검사의 판독에 있어서 모니터



그림 3. 단일 8 MP 모니터 (LG 32HQ713D) 에 양측 내외사위 유방촬영술을 디스플레이 하여 영상간 이질성과 물리적인 공간의 벌어짐 없이 보여주고 있다.



a



b

그림 4. 52세 여성의 우측 상하위 유방촬영술. 8MP 모니터 (LG 32HQ713D 분할 사용, 4 MP 효과) (a) 와 12 MP 모니터 (LG 31HN713D 분할 사용, 6 MP 효과) (b) 에서 석회 병변을 확대해서 보았을 때 모니터로 인한 영상의 화질 차이를 인지하기 어렵다.

터의 성능은 정확한 판독을 가능케 하며, 판독의 효율성을 증대시키는 극히 중요한 역할을 수행한다. 대학병원이 아닌 의원급에서도 유방촬영술 시행과 판독이 늘어나고 있으며, 원격진료 기술의 활성화로 멀지 않은 미래에는 병원 이외의 환경에서도 판독이 필요한 수요가 증가할 것으로 예상된다. 모니터 기술의 진보로 인해 모니터 선택의 다양성이 늘어나고 있는 상황에서 5 MP 모니터와 동등한 성능을 지니는 비용 대비 효율적인 모니터 개발과 보급은 매우 중요하다. 이러한 모델을 이용한 판독이 암 진단에 영향을 미치지 않는 것이 입증된다면, 이는 의료 환경 발전 뿐만 아니라 국내 산업계 발전에도 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 정해조, 김희중, 김성규. 5Mega 화소 진단용 전자표시 장치 인수검사 및 국내 실정에 적합한 정도관리 가이드 라인 연구. 의학물리. 2007;18:98-106
2. American College of Radiology. ACR-AAPM-SIIM technical standard for electronic practice of medical imaging, Revised 2022 (Resolution 48). Available at: <https://www.acr.org/-/media/ACR/Files/Practice-Parameters/elec-practice-medimag.pdf>. Accessed March 13, 2023
3. 고은영. Mammography Quality Standard Act in Korea. 대한유방검진의학회지. 2005;2:196-204
4. FDA, Mammography Quality Standards Act and Program, Available at: <https://www.fda.gov/radiation-emitting-products/mammography-quality-standards-act-and-program/about-mammography-program>. Accessed March 13, 2023
5. Brightness Stabilization. <https://www.lg.com/global/business/medical-displays/lg-32HL512D>. Accessed March 30, 2023
6. Krupinski EA, Williams MB, Andriole K., et al. Digital radiography image quality: image processing and display. Journal of the American College of Radiology. 2007;4:389-400
7. 8-Bit, 10-Bit, What Does It All Mean for Your Videos? <https://www.bhphotovideo.com/explora/video/tips-and-solutions/8-bit-10-bit-what-does-it-all-mean-your-videos>. Accessed March 30, 2023
8. 모니터의 핵심, 디스플레이의 스펙 따라잡기 - 색 심도. <https://news.lgdisplay.com/2014/04/%EB%AA%A8%EB%8B%88%ED%84%B0%EC%>

- 9D%98-%ED%95%B5%EC%8B%AC-%EB%94%94%EC%8A%A4%ED%94%8C%EB%A0%88%EC%9D%B4%EC%9D%98-%EC%8A%A4%ED%8E%99-%EB%94%B0%EB%9D%BC%EC%9E%A1%EA%B8%B0-%EC%83%89%EC%8B%AC%EB%8F%84/ Accessed March 30, 2023
9. Siegel E, Krupinski E, Samei E, et al. Digital mammography image quality: image display. Journal of the American College of Radiology. 2006;3:615-627
10. Krupinski EA. Diagnostic Accuracy and Visual Search Efficiency: Single 8 MP vs. Dual 5 MP Displays. J Digit Imaging. 2017;30:144-147
11. Chen Y, James JJ, Turnbull AE, Gale AG. The use of lower resolution viewing devices for mammographic interpretation: implications for education and training. Eur Radiol 2015;25:3003-3008
12. Yamada T, Suzuki A, Uchiyama N, Ohuchi N, Takahashi S. Diagnostic performance of detecting breast cancer on computed radiographic (CR) mammograms: comparison of hard copy film, 3-megapixel liquid-crystal-display (LCD) monitor and 5-megapixel LCD monitor. Eur Radiol 2008;18:2363-2369