근골격계 외상환자에서 골신티그라피가 도움이 되는가?

경북대학교 의과대학

이 재 태

처음 병원을 방문하는 근골격계 외상환자의 진단과 치료 후의 추적검사에서 대부분 단순 X선 검사와 단층촬영(CT), 자기공명영상술이 시행되고 있다. 외상환자에서 골스캔의 이용은 대부분이 병발한 근골격계의 감염을 진단하거나, 인공보철물을 삽입한 환자의 술후 골관절부위의 평가와 합병증의 진단에 이용되는 것에 국한되고 있는 현실이다. 그러나 골스캔은 전신촬영이 가능하며, 골외막의 손상 및 피로골절의 진단, 골부위에 인접한 연조직과 관절의 평가가 가능하며, 방사선영상에 명확하게 들어나지 않는 정도의 경미한 골손상과 잠재적 골절을 조기에 진단할 수 있다는 장점이 있다. 그러므로 본 제목의 질문에 대한 답을 결론적으로 말하자면 골스캔은 이미 알려진 바와 같이 근골격계의 병적인 변화를 가장 민감하게 측정할 수 있는 방법으로서 골격계의 손상과 복구정도에 따라 병변내 골스캔제재의 섭취속도 및 섭취정도가 비례하므로, 단순 X-선 검사에서 이상이 없으나 임상적으로 외상에 의한 손상이 의심되는 경우나 X-선 검사에서 나타난 이상소견의 병태생리를 평가하는데 유용하게 이용될 수 있다고 하겠다. 또한 횡문근융해와 같은 중요한 골외병변을 국소화할 수 있다는 장점이 있다. 연자는 골외상과 치유에 연관된 골스캔 소견을 기술하고 임상적으로 골스캔이 중요한 역할을 하는 임상소견을 검토하고자 한다.

골절과 골스캔 소견의 연관성

골절은 골조직의 포화능력을 초과하는 부하가 발생하는 경우에 일어난다. 아래의 Fig. 1에 나타난 바와 같이 골손상 정도가 복구능력을 초과하는 경우에는 골절이 일어나게 되고, 임상적으로 통증이 발생하는 시기와 비슷하게 골스캔상의 이상소견이 나타날 수 있어 골절병변이 진행된 경우에만 진단할 수 있는 X-선영상보다 보다 조기에 병변부위를 찾을 수 있다. 골절이나 골손상이 발생하면 손상 후 수시간이내에 복구작용이 시작되고, 24시간이 되면 골절부위에서 육아조직이 혈종내로 자라들어가 혈종을 용해시키고 결국 섬유화조직으로 채우게 된다. 1주일 후에는 죽은 조직과 혈종이 흡수되고 연골이나 내연골(enchondral bone)이 골절사이의 틈에서 생기고 주위의 염증반응이 일어나게 되어 임상적으로는 부종과 통증이 발생하게 된다. 이러한 골병변의 변화와 연관되어지는 골스캔상의 소견은 3단계로 구분할 수 있다. 첫 3-4주동안의 급성기에는 비교적 넓고 광범위한 부위에 추적자의 섭취증가가 일어나고, 이어서 8-12주 동안의 아급성기에는 영양화가 일어나는 골절선(fracture line)에 강한 방추형의 섭취증가가 일어나게 되나 이후에는 시간의 경과에 따라 섭취정도는 감소하게 된다. 고양이의 실험적 경골골절에서는 섭취정도는 손상 후 4주에 최대로 일어났고 이후 점차적으로 감소되고 복구반응이 완료된 만성기에는 섭취증가가 소실되었다.

골절 후 얼마나 빠른 시간에 골스캔상 이상소견이 나타날 수 있는가?

골스캔에 관한 보고들을 종합하면 골손상시 빠른 시간내에 골피질이 손상되어 골스캔상에 이상소견을 나타나게 된다고 한다. 65세이하의 환자들에서는 95%의 대상에서 24시간이내에 섭취증가가 나타나고, 빠르게는 6시간이내에도 관찰된다. 65세이상의 노년층 일부에서는 복구반응이 늦어져서 24시간에 80%정도만 이상소견이 나타나고, 3일정도에 양성

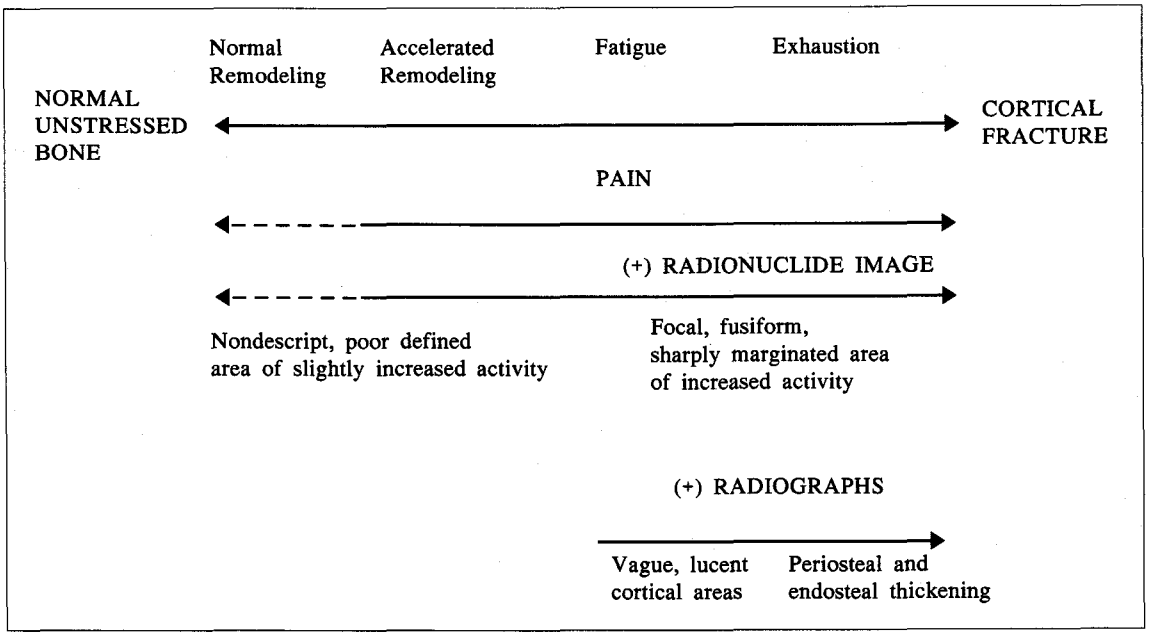

Fig. 1. Stress reaction in bone (Roub LW, et al: Bone stress: A radionuclide imaging perspective, Radiology 1979;132:431).

소견을 보이거나 늦은 경우는 10일이 지나서 진단되는 경우도 있다. 그러므로 젊은사람에서는 수상 후 24시간의 골스캔이 정상이거나, 노년층에서 5-7일에도 정상이면 골절의 가능성을 배제할 수 있다(Table 1). 그러나 손상 후 조기에는 연조직의 혈류증가와 섭취증가가 병발되어 골손상의 진단을 모호하게하는 경우가 있으므로 증상이 계속되거나 임상적으로 골손상 소견이 의심되면 수일 뒤에 반복검사를 시행하는 것이 좋다. Holder는 통증이 있는 근골격계손상 환자에서 통증이 골손상에 의한 것으로 의심되는 경우에는 단순 X선검사가 정상이라도 3상 골스캔("three phase bone scan")을 시행하여 골이나 관절부위의 이상소견이 나타나면 확대촬영 등의 추가적인 방사선 검사와 CT, 가끔은 MRI 검사를 시행하라고 권하였고, 연조직의 이상이나 골수에 병변이 동반된 경우에는 MRI를 시행하는 알고리즘을 제안한 바 있다. 특히 골스캔은 진단적 예민도가 높아 Holder 등의 노년층 hip bone골절을 대상으로한 연구의 결과는 예민도 0.933, 특이도 0.950 양성예측도 0.918, 음성예측도 0.960으로 보고하였고, 방사선 검사상 정상이거나 판독이 애매하였던 145명을 대상으로 한 연구에서도 예민도 0.978 음성예측도 0.990로 보고되었다. 골스캔의 높은 진단적 예민도는 척추 손상환자에서도 골스캔이 치료에 중요한 정보를 제공할 수 있다는 근거가 된다. 경추부위의 Whiplash손상의 경우 조기에 시행한 골스캔상에 이상섭취 소견이 없었으나 추적검사상 골절이 발견된 경우는 없었다고 보고되어, 음성골스캔소견은 근골격계 손상을 배제할 수 있는 중요한 소견으로 알려져 있다. 흉추부 손상환자에서는 X선검사상 정상소견을 보인 환자들 중 50%에서 골스캔상 이상소견이 나타난다고 한다. 또한 Dye와 Boll은 슬개골 통증이 있으나 정상 X-선 소견을 보이는 환자를 대상으로 골스캔을 시행하여 많은 환자에서 이상소견을 관찰할 수 있었고, 이상 섭취증가가 있었던 환자 중 골생검을 시행한 경우에는 골대사와 골전환의 증가(increased bone turnover, remodeling)소견을 관찰할 수 있었다고 보고하였다. 그러므로 골스캔은 명백한 골절이 발생하기 전의 잠재성골절(occult fracture)나 골타박상(bone bruise)를 민감하게 진단할 수 있어, 적절한 치료방법을 선택하는데 도움을 준다. 골타박상에서는 X-선 검사상 정상이고 피로골

Table 1. Time After Fracture at Which Bone Scan Becomes Abnormal

Time after fracture	No. patients studied	No. with abnormal scans	Abnormal (%)	% abnormal under 65-yrs-of-age
1 day	20	16	80	95
3 day	39	37	95	100
1 week	60	59	98	100

Matin P. J Nucl Med 1979;20:1227.

Table 2. Normal Bone Scans at Fracture Site

	No. Studied	Normal at 1 yr (%)	Normal at 2 yr (%)	Normal at 3 yr (%)	Minimum time to normal
Vertebrae	32	19 (59)	29 (90)	31 (97)	7 mo
Long bones	22	14 (64)	20 (91)	21 (95)	6 mo
Ribs	28	22 (79)	26 (93)	28 (100)	5 mo
Miscellaneous	20	12 (60)	18 (90)	19 (95)	6 mo

Matin P. J Nucl Med 1979;20:1227.

절이나 shin splint의 소견과는 다른 작은 부위의 국소적인 섭취증가가로 나타나며 골내 출혈, 골수내 수분함량의 증가와 관련된 일시적인 골다공증, 골막의 거상(perisoteal elevation) 등과 연관된 수복과정에 의한 소견으로 믿어지고 있다.

골절환자에서 골스캔상의 섭취증가는 언제까지 나타나는가?

골절부위는 혈류의 증가와 골손상을 복구하기 위하여 골대사가 증가됨에 기인하여 골스캔상 섭취증가부위로 나타나게 된다. 그러나 대사가 중지된 골절부위에서는 골스캔제재의 섭취증가가 소실되는데, 일반적으로 외과적인 수술이나 합병증이 병발하지 않는 비개방성 골절은 부위에 따른 차이는 있으나, 손상 후 최소 5-7개월에 섭취가 정상화될 수 있고, 60-70%의 환자에서는 1년이내에, 90%의 환자에서는 2년이내에 섭취증가가 정상화 된다. 그러므로 골스캔 소견을 참고로 하면, 단순 방사선 검사에 나타난 골절부위가 진구성 골절에 의한 것인지 최근의 손상에 의한 골절인지를 구별할 수 있게 되고, 골스캔은 노년층의 척추골 압박골절의 평가에 가장 유용하게 사용될 수 있는 검사법으로 알려져 있다. Martin의 보고를 인용하면(Table 2) 골스캔에서 골절부위의 섭취증가 소견은 감염이나 퇴행성 변화, 보철물 삽입술에 의한 2차적 손상이 동반되지 않으면 대부분에서 수상 후 2년이내에는 정상화된다고 한다. 골대사가 늦은 노년층 환자, 복합골절, 반복적으로 하중을 받는 장골의 골절, 골정복 수술이나 골관절 기기삽입술이나 치환술 등을 시행한 경우에는 골스캔상의 섭취증가가 비교적 오래 지속되나, 합병증이 없으면 섭취증가 정도가 미약하다. 노년층의 척추 골절이 있는 경우, 압박골절된 부위의 섭취증가가 있으면 최근 2년이내의 손상으로 추측할 수 있고, 특히 섭취정도가 뚜렷하게 높으면 1년이내의 손상으로 판단할 수 있다. 한편 연조직의 섭취증가는 조기에 소실되어, 횡문근융해증에서 융해가 된 근육내의 방사능추적자 섭취증가는 1-2일에 최대로 일어나고 1주일 후에는 정상화된다. 그러나 감염이나 종양이 진구성 골절에 동반될 수 있으므로 판독시에 CT나 MRI영상을 참고하여야 한다. Spitz 등은 498명의 골절환자를 대상으로한 연구에서 최근의 골절인 경우에는 24시간동안 영상을 얻으면 시간의 경과에 따라 섭취가 증가하게 되어, 골절부위의 섭취정

도를 정량화하였을때 24시간/4시간 섭취율이 1.1를 넘지 않는 경우에는 최근의 골절은 배제 할 수 있었다고 보고하였다. 그러나 골절부위/정상부위의 섭취비율은 위치에 따라 차이가 있어 관절주위가 가장 비율이 높아 골절이나 골절에 연관된 병변의 진단이 용이하나 척추, 골반골, 장골의 중간부위는 섭취율이 상대적으로 낮고 증가정도도 완만하여 골스캔만으로 골절의 발생시기를 평가하는데는 보다 세심한 주의를 기울여야 하며, 임상적인 병력과 CT나 MR 영상 등을 참조하여 판독하여야 한다.

Stress Fracture

- 피로골절(Fatigue fracture)과 부전골절 (Insufficiency fracture) -

골의 피질을 포함하는 명확한 골절은 X-선검사만으로 진단할 수 있으므로, 골스캔이 필요하지 않은 경우가 대부분이나, 앞에서 언급한 바와 같이 골조직이 견딜수 있는 역치를 넘는 반복적인 부하가 가해져서 발생하는 stress fracture는 방사선 검사로도 진단이 어려워 골스캔이 가장 유용한 진단법이다. Stress fracture는 정상 골조직에 반복적인 부하가 가해져서 발생하는 피로골절(Fatigue fracture)과 약해진 골조직에 어느정도의 부하가 가해져서 발생하는 부전골절(Insufficiency fracture)로 구분할 수 있다. 피로골절은 반복적인 부하가 가해지는 장거리 경기선수, 조깅, 발레리너, 신병훈련 중인 군인 및 의장대, 역도선수, 태권도 수련자, 기타 운동경기선수 등에서 dense osteonal bone에 부하가 가해져서 뼈가 공고화(consolidation)과정이 있은 후 흡수과정(resorptive phase)이 뒤따라 일어나고, 이에 의하여 뼈의 해면구조가 약해져서 미세골절이 나타나는 것을 말한다. 특히 하지(metatarsal, calcaneous, tibia, femoral neck, femoral shaft, pubic ramus, symphysis pubis)에 호발하고, 기타 반복적으로 부하가 가해지는 부위의 뼈에 골절이 일어나게 된다. 피로골절의 골스캔 소견도 일반적인 골절의 소견과 유사하여 과부하가 계속되는 경우에는 넓은 부위의 낮거나 중등도의 섭취가 뼈의 체간부 주위를 싸는 모양의 섭취증가가 일어나나, 병변이 더욱 진행되어 명백한 골절이 일어난 경우에는 국소적이고 진한 방추형의 섭취증가 양상이 나타나게 된다. 피로골절이 발생하기 쉬운 대상환자에서 통증이 있는 경우에도 상당부분의 환자에서는 X-선 검사상 이상소견이 관찰되지 않으므로, 골스캔을 실시하여 섭취증가 부위가 있으면 더 이상의 부하가 가해지지 않도록 운동을 최소화하여야만 명백한 골절이나 불구가 발생하는 것을 방지할 수 있다. 실제로 골막을 따라 약한 선형의 섭취증가가 나타나는 정도의 소견이 있는 경우에는 부가적인 부하가 없으면 2-3개월이 지나면 정상으로 회복이 되나, 골피질을 포함한 부위의 방추형의 섭취증가가 나타나는 경우에는 6개월이상이 지나도 정상화 되지 않는다고 한다. 피로골절과 유사하게 발생하는 "Shin splint"는 단단한 평면을 달리는 운동선수, 특히 과체중이나, 골격계가 미성숙된 청소년층에 호발하는 병변으로서 posterior tibialis근육이 부착되는 경골 하부의 Sharpey's fiber (근육, 인대, 치주막이 뼈에 결합되는 부위의 collagen fiber)에 손상과 연관된 골외막 손상(periosteal injury)으로서 경골 하부 1/3부분에 통증과 국소부종이 발생한다. 골스캔상 경골의 내후측을 따라 진한, 선형의 섭취증가가 나타난다. 그러나 피로골절은 3상 골스캔에서 혈류의 증가가 나타나는데 비하여 shin splint는 혈류의 증가가 없다. Anterior tibialis 근육에서도 유사한 변화가 일어날 수 있어 경골의 전면에 이러한 소견이 나타날 수 있다. 또한 골스캔은 근육이나 건의 탈출손상에 의한 avulsion fracture, tenosynovitis, epiphyseal injury, facet syndrome, Os trignum syndrome, tibiotalar impingement syndrome, talar coalition의 진단과 평가에도 중요한 정보를 제공하여 준다.

부전골절은 골다공증, Paget병, 섬유이형성증, 방사선 조사, 스테로이드를 복용중인 환자에서 생리적인 정도 또는 경미한 외상으로도 이미 약해져 있는 골조직에 골절이 발생하는 경우를 말한다. 골다공증이 있는 노년환자의 천골에 발생하는 부전골절이 대표적인 경우로서 이 경우에는 전형정인 나비모양(butterfly lesion, H-sign)이 관찰된다. MR영상에는 피질과 골수의 변화가 나타나나 비특이적이다. 노년층의 부전골절은 증상이 없거나 비특이적인 경우가

많아 골스캔이 진단에 도움이 되고 특히 다발적으로 발생할 수 있는 병변을 동시에 영상화 할 수 있다는 장점이 있다.

골스캔에서 전이성 암병변과 골절병변은 감별될 수 있는가?

노인의 골스캔에서 다발성 골섭취가 관찰되는 경우에는 골절과 골전이암을 감별하여야 한다. 물론 종양에 인접한 부위로 침범된 악성종양에 의한 병변은 임상소견과 X-선 촬영만으로도 감별이 가능하나 대부분의 경우에는 감별진단이 용이하지 않다. 다발성 골절의 경우에는 사지 중 하나이상에 골절이 동반되는 경우가 많고, 늑골골절이 있는 경우에는 인접한 늑골부위에 섭취증가가 같이 나타나는 경우가 많다. 골전이암은 대부분 적색골수가 분포하는 종격골(axial skeleton)에 분포하며, 섭취증가된 부위가 수평이나 수직방향으로의 규칙적인 형태로 분포하지 않는 산발적인 분포를 하고 있으며, 척추 전이암은 대부분이 다발성이며 척추체에 비대칭성 병소를 나타내는 경우가 많다. 골다공성 척추 압박골절의 감별진단에는 CT나 MRI가 가장 많이 이용되고 있다. CT소견은 골피질의 파괴없이 골피질에 경계가 분명한 골절선이 보이고, 골절선은 수질골내로 연결되어 척추체가 여러조각으로 나누어 진듯한 "puzzle sign"이 나타나고, 척추후체의 파편이 척추강내로 밀려들어가 척수나 신경근을 압박하는 모양이 비교적 특이도가 높은 소견으로 알려져 있다. MRI소견은 골절이 일어난 시기에 따라 일반적으로 골절시 3개월까지의 급성기에는 부종, 골절치유과정중의 혈관의 과증식 등으로 T1강조영상에서 저신호강도를 보이고 T2영상에서는 정상추체와 동일한 신호강도를 보이며 조영증강을 하였을때는 조영증강이 되나 증강정도가 정상 척추체와 유사하며, 골절 후 3개월이 지나면 골절된 척추체의 신호강도가 정상 척추체의 신호강도와 동일해 지므로 악성 압박골절과의 감별진단에 어려움이 없다고 한다. 그러나 3개월내의 급성기의 골절은 감별이 특히 어려워 골스캔을 CT, MRI소견으로 진단이 어려운 노년층 압박골절의 감별진단에 도움을 준다. 척추골절인 경우 척추한개에 손상이 국한되면서 척추체에 상/하부에 선형의 대칭성 섭취증가는 골절에 의한 소견으로 판단할 수 있으며 골절이 발생한 시기를 추측할 수 있게 한다.

임상적으로는 늑골의 국소적인 섭취증가 소견이 있을시 감별에 가장 어려움이 있다. 암환자에서 하나의 늑골에 뚜렷한 국소적인 섭취증가가 나타나는 경우, 전이성 암에 의한 병변일 확율은 10%라고 보고된 바 있다. 그러나 외상성 골절과 전이암에 의한 병변을 감별하는 특이한 소견은 없으나, 대체적으로 보아 선형이나 방추형의 섭취증가 병변이면서, 불규칙적인 분포를 보이는 경우는 전이암을 의심하고, 수직으로 분포하는 뚜렷한 섭취증가 병변이 인접한 늑골들에도 분포하는 경우는 외상성 병변으로 판단을 한다. 그러나 골스캔상 전이암병변이 의심되나 다른 임상소견이나 방사선학 소견으로 증명이 되지 않는 경우에는 3개월 뒤에 추적 검사를 시행하는 것이 권유되고 있다.

골절의 치유과정에서 골스캔은 어떤 경우에 도움이 되는가?

골스캔은 첫째로 골두부분의 무혈성괴사(avscular necrosis)나 골절부위의 지연유합(delayed union)과 불유합(non-union)을 조기에 평가하는데 도움이 된다. Philips 등은 대퇴골 골절환자에서 수상 후 촬영한 골수스캔상 대퇴골 두부의 섭취가 없었던 12명의 환자 중 11명에서는 2년이내에 대퇴골 두부의 무혈성괴사가 발생하였으나, 섭취가 있었던 16명 중 15명에서는 합병증없이 완전하게 치유되었음을 보고한 바가 있다. 골절부위의 불유합은 모든 골절의 5% 정도에서 발생하는 어려운 문제로서 대퇴골, 경골, 수부의 navicular, 상완골, 요골, 척골에 호발한다. 지연유합이나 불유합에서 골스캔소견은 섭취증가로 나타나므로 항상 필요한 것은 아니고 추적스캔에서 섭취증가의 속도가 늦으면 지연유합, 섭취증가가 없거나 광자결손으로 나타나면 불유합이 발생할 가능성이 있다고 추측한다. 또한 pseudoarthrosis가 발생한 경우에는 골스캔이 치료방침의 결정에 도움이 된다. 즉 골절편사이에 광자섭취가 없으면 골고정술의 치료효과가 없으므로 골이식을 반드시 시행하여야

만 된다.

둘째로는 손상 후 발생하는 Reflex Sympathetic Dystrophy (RDS, sympathetic maintained syndrome)를 진단할 수 있다. RDS는 손상 후 수부나 족부에 기능이 소실되고 통증과 자율신경 실조증이 나타나는 병변으로서, 손목, 손, 발과 인접한 관절부위에 호발한다. 3상 골스캔상에서 동맥혈류의 증가, 정맥혈 충만의 증가, 골대사기의 섭취증가로 나타나며 손발에 발생한 경우의 진단적 예민도와 특이도는 96%와 97%정도로 높고, 발에 발생한 경우는 예민도는 100%이나 감염이 있거나, 당뇨병성 족부병변이 있는 경우에는 위양성이 많아 특이도는 낮다고 보고되었다.

이상의 내용을 요약하면 골스캔은 골병변을 민감하게 측정할 수 있어, 잠복성 골병변(occult fracture)과 피로골절(stress fracture) 등을 진단하고, 골손상의 정도와 발생시기를 예측할 수 있게 한다. 최근 MRI 영상이 병변의 해부학적인 변화와 골수, 건막 및 연골의 병변까지도 감별할 수 있다고 하나, 골스캔은 골뿐만 아니라 근육, 인접한 관절부위의 병변을 평가할 수 있고, 전신의 영상을 얻을 수 있어 근골격계 외상환자의 진단과 평가에 유용하게 이용될 수 있다. 특히 SPECT촬영이나 바늘구멍조준기(pin hope collimator)를 사용한 영상은 단층촬영상을 얻고 작은 조직의 미세한 병변의 병태생리를 평가할 수 있는 장점이 있으므로, X-선촬영과 동반하거나 X-선 촬영 후 부수적으로 시행하면 많은 도움이 되리라 판단된다.

참 고 문 헌

1. Barton D, Allen M, Findlay D, Belton I. Evaluation of whiplash injuries by technetium-99m isotope bone scanning. *Arch Emerg Med* 1993; 10:197.
2. Collier BD, Hellman RS, Krasnow AZ. Bone SPECT. *Sem Nucl Med* 1987;17:247-2661.
3. Cuenod CA, Laredo JD, Chevret S, Hamze B, Naouri JF, et al. Acute vertebral collapse due to osteoporosis or malignancy: Appearance on unenhanced and gadronium-enhanced MR images. *Radiology* 1996;199:541.
4. Daffner RH, Pavlov H. Stress fractures: current concepts. *Am J Roentgenol* 1992;159:245.
5. Davies AM, Bradley SA. Iliac insufficiency fractures. *Br J Radiol* 1991;64:305.
6. Dye SF, Boll DA. Radionuclide imaging of the patellofemoral joint in young adults with anterior knee pain. *Orthop Clin North Am* 1986;17:249.
7. Holder LE. Bone scintigraphy in skeletal trauma. *Radiol Clin North Am* 1993;31:739.
8. Holder LE, Brown ML. Orthopedic iamging in trauma and sports medicine. In: Collier BD, Fogelman I, Rosenthal L, editors. *Skeletal Nuclear Medicine.* Mosby, St Louis, 1996 pp225.
9. Holder LE, Mattews LS. The nuclear physician and sports medicine. In: Freeman L, Weissman H, eds. *Nuclear Medicine Annual. 1984,* Raven Press New York, p81.
10. McDougall IR, Keeling CA. Complication of fractures and their healing. *Semin Nucl Med* 1988;18:113.
11. Martin P. The appearance of bone scans following fractures, including immediate and long-term studies. *J Nucl Med* 1979;20:1227.
12. Philips TW, Aitken GK, MacKenzie RA. Sulfur colloid bone scan assessment of femoral head avascularization following subcapital fractures of the hip. *Clin Ortho* 1986;208:52.
13. Rosenthal L, Lisbona R. Chapter 7. Bone and joint trauma, *Skeletal Scintigraphy.* Appleton-Century-Crofts, 1989, p161.
14. Spitz J, Lauer I, Tittel K, Weigand H. Scintimetric evaluation of remodeling after bone fracture in man. *J Nucl Med* 1993;34:1403.