

전신 뼈 검사에서 신장 기능에 따른 뼈 섭취율에 대한 고찰

- A Study of Bone Uptake According to Renal Function in the Whole Body Bone Scan -

동남권 원자력의학원 핵의학과 · 동의과학대학교 방사선학과¹⁾

조용인 · 장동근 · 박철우¹⁾

— 국문초록 —

전신 뼈 검사는 골 병변에 대한 조기발견, 원발성 암의 뼈 전이 유무, 골수염과 골절의 진단 및 경과추적 등 골격계에 대해 높은 민감도와 해상력을 제공하는 검사로서, 핵의학과에서 가장 흔히 수행되는 검사 중의 하나이다. 그러나 체내분포를 위한 대기시간이 부적절한 것 이외에도 연부조직 및 뼈 섭취에 영향을 미치는 요인들에 의해 영상의 질을 떨어뜨리는 경우가 발생하게 된다. 2012년 6월~2012년 12월까지 본원에서 전신 뼈 검사를 시행한 환자 387명을 대상으로 방사성 의약품 주사 후 환자의 생리화학적 요소 및 신장 기능을 평가하는 지표에 따른 방사성 의약품의 섭취율과의 연관성을 알아보고자 본 연구를 시작하게 되었다. 정량적, 정성적 분석 결과 사구체여과율이 정상수치 이하로 감소할수록, 혈중 크레아티닌이 정상 수치 이상으로 증가할수록 연부조직 대비 뼈의 평균 섭취율이 다소 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 상관관계분석과 일원배치분산분석을 통해 연부조직 대비 뼈 섭취율에 영향을 미치는 인자에 대하여 분석한 결과 각 요인간 상관관계는 다소 낮게 나타났고, 본 연구에서 다루지 않은 다른 매개변수로 인해 거의 모든 그룹에서의 통계적 유의성은 확인할 수 없었다. 이는 신장기능 외에 다른 부가적 요인으로 인한 것으로 생각되며, 추후 본 실험에서 언급했던 것 이외에도 연부조직 및 뼈 섭취율에 영향을 미치는 매개변수와의 관계와 환자의 배설기능 등과 관련하여 영상의 질 향상에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

중심 단어: 전신 뼈 검사, 연부조직 대비 뼈 섭취율, 사구체 여과율, 크레아티닌

I. 서 론

전신 뼈 검사(Whole Body Bone scan)는 골 병변에 대한 조기발견, 원발성 암의 뼈 전이 유무, 골수염과 골절의 진단 및 경과추적 등 골격계에 대해 높은 민감도와 해

상력을 제공하는 검사로서, 핵의학과에서 가장 흔히 수행되는 검사 중의 하나이다¹⁾. 전신 뼈 검사는 방사성 동위원소인 ^{99m}Tc(Technetium)에 뼈 친화성 표지화합물인 DPD(Dicarbonyl-xylene diphosphonate), MDP (Methylene diphosphonate), HMDP (Hydroxymethylene diphosphonate)를 표지한 방사성의약품을 사용한다. 의약품을 인체에 정맥주사 후 체내 분포를 위하여 3~4시간 정도 지연 후 영상을 획득하게 되며, 연부조직 및 뼈의 섭취에 관여하는 요인으로 환자의 생리학적 요소(성별, 연령), 병력사항, 영상획득시간, 주사량 그리고 장비의 재구성 방법 등의 다양한 매개변수가 있다²⁾. 이러한 생리학적 요소 중 연령의 경우 나이가 증가함에 따라서 뼈의 질량과 밀도가 감

* 접수일(2013년 9월 12일), 1차 심사일(2013년 11월 8일), 확정일(2013년 12월 5일)

교신저자: 박철우, (614-175) 부산광역시 부산진구 양지로 54
동의과학대학교 방사선학과
Tel : 051-860-3532, Fax : 051-860-3351
E-mail : cwpark@dit.ac.kr

소하게 되며³⁾, 전신 뼈 검사 시의 뼈의 섭취의 영향을 미치기도 한다.

전신 뼈 검사에 사용되는 방사성 의약품은 주사 후 2시간 동안 40~50%가 신장을 통하여 배설되며^{1,4)}, 연부조직의 섭취로 4~6시간에서 뼈의 최대 대조도를 이루게 된다⁵⁾. 이처럼 전신 뼈 검사에서 의약품은 대부분 신장을 통해 소변으로 배설되는 것으로 알려져 있다.

일반적인 골밀도 검사에서 뼈의 골절 진단에 대퇴 근위부의 형태가 중요한 요소로 알려져 있으며³⁾, 신장 기능을 평가하는 지표가 정상수치에 가까울수록 연부조직 대비 뼈 섭취율이 높은 것이라는 가설을 설정하였다. 이러한 배경지식을 기반으로 연부조직 대비 뼈 섭취율을 간접적으로 평가하기 위해 대퇴 근위부의 FTR(Femur to soft tissue ratio)을 통해 전신 뼈 검사 시 방사성 의약품 주사 후 환자의 생리화학적 요소 및 신장 기능을 평가하는 지표에 따른 방사성 의약품의 연부조직 대비 뼈 섭취율과의 연관성을 알아보하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 대상 및 방법

2012년 6월부터 2012년 12월까지 본원에서 전신 뼈 검사를 시행한 환자 총 387명을 대상으로 후향적 분석을 시행하였다(Table 1). 분석은 환자군, 정상군으로 나누어 진행하였으며, 환자군은 382명(평균 56.2 ± 14.9 세)으로 신장 기능을 판단하는 지표인 사구체 여과율의 정상 참고치를 기준으로 여과율 정도에 따라 고도, 중등도, 경도, 정상 수치로 나누어 각각 A, B, C, D 그룹으로 설정하였다. 또한 크레아틴의 정상 참고치를 기준으로 기능 이상 유무에 따라 정상 수치 이하, 정상수치, 기능 이상 수치로 남녀 각각 A', B', C' 그룹으로 분류하였다(Table 2,3). 정상군으로는 질환이 없고, 신장기능이 정상인 5명(평균 30.6 ± 3.84 세)을 선정하였다.

검사방법으로는 방사성 의약품 $^{99m}\text{Tc-MDP}$ 약 740~1,100 MBq (20~30 mCi)을 정맥 주사 후 체내 분포를 위한 지연 시간(평균 3.4 ± 0.7 h)을 가지고, 검사 직전에 배뇨를 통해 방광의 소변을 제거한 뒤 전신 검사를 시행

Table 1. Patients classification according to physiological factors

Item	Classification	n(%)
Sex	Male	190(49.1)
	Female	197(50.1)
Age	Less than 20 y	20(5.2)
	20 y to 30 y	26(6.7)
	30 y to 40 y	35(9.0)
	40 y to 50 y	68(17.6)
	More than 50 y	238(61.5)
	Scan Delay time	Less than 3,5 h
Fluid intake before admission	More than 3,5 h	124(32.0)
	less than 250 mL	16(4.1)*
Bone Metastasis or Trauma	More than 250 mL	371(95.9)
	Yes	23(5.9)*
	No	364(94.1)
	Total	387(100.0)

* Excluding patients who is fluid intake less than 250mL, metastasis and trauma

Table 2. Patients classification according to GFR level.

Group	eGFR level(mL/min/1.73m ²)	n(%)	
A group	15~29 mL	Highly reduced GFR	10(2.6)
B group	30~59 mL	Mild reduced GFR	32(8.3)
C group	60~89 mL	Kidney damage & Mild reduced GFR	97(25.1)
D group	90 mL over	Kidney damage and Normal GFR	209(60.1)
Total			348(100.0)

Table 3. Patients classification according to creatinine level.

Group	Creatinine(Male)	n(%)	Creatinine(Female)	n(%)
A' group	0.2~0.7 mg/dL	26(15.3)	0.2~0.5 mg/dL	11(6.2)
B' group	0.7~1.1 mg/dL	123(72.4)	0.5~1.0 mg/dL	110(61.8)
C' group	1.1 mg/dL over	21(12.3)	1.0 mg/dL over	57(32.0)
Total		170(100.0)		178(100.0)

하였다. 획득 조건은 Matrix size는 256×1024 이고, Window center는 140 keV, Window width는 ±15%로 하였다. 검사 속도는 평균 분당 15~20 cm으로 설정하였으며, 검사장비는 LEHR (low energy high resolution) 콜리메이터를 장착한 Symbia E (Siemens medical system, USA)을 사용하였다.

2. 영상평가 및 통계적 분석

방사성 의약품 주사 후 생리화적인 요소 및 신장 기능을 평가하는 지표에 따른 방사성 의약품의 섭취율을 간접적으로 평가하기 위하여 정량적 평가방법과 정성적 평가방법으로 나누어서 진행하였다. 정량적 평가방법은 전신 뼈 영상 전면상에서 1596.34 mm² 크기의 직사각형 관심영역(Region of interest)를 대퇴골 체부의 중앙, 대퇴 연부조직 부위, 배후방사능(background)에 동일하게 설정하여 각 관심영역의 화소(pixel)당 계수치를 구하여 FTR 식(1)을 통해 평가하였다(Fig. 1).

$$FTR = \frac{Femur\ count - Background}{Soft\ tissue\ count - Background} \quad (1)$$

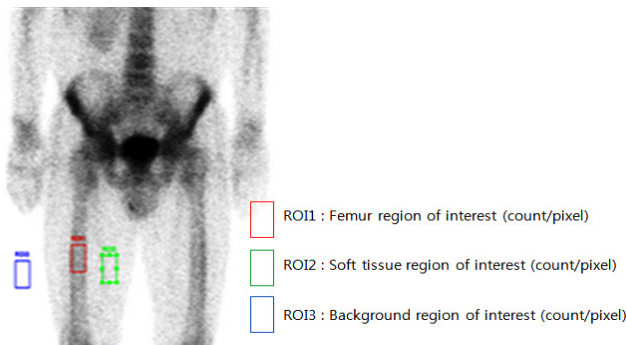


Fig. 1. FTR(Femur to soft tissue ratio) estimation.

정성적 평가방법으로 382명의 실험군을 대상으로 하여 질병이 없고, 신장기능이 정상인 정상군 5명의 전신 뼈 검사 영상을 기준으로 5점 척도로 평가하였다. 영상 평가는 핵의학과 판독의와 5년 이상의 실무경험을 가진 방사선사가 각각의 영상을 Blind test로 연부조직 대비 뼈의 섭취율에 대해서 육안분석(Visual quality estimation)을 통하여 비교 평가 하였다(Fig. 2).

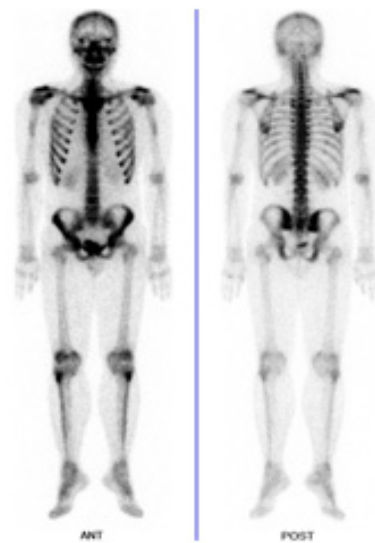


Fig. 2. Wholebody bone scan image of normal group for blind test.

통계적 분석은 PASW Statistics(1200) 18.0 version (SPSS Inc, USA)을 이용하였으며, 연부조직 및 뼈의 섭취율에 영향을 미치는 다양한 요인 중 검사 대기시간, 연령, 사구체 여과율, 크레아티닌과 FTR, Blind score간의 상관관계분석과 일원배치분산분석(one-way ANOVA)을 통해 통계적 유의성을 평가하였다.

III. 결 과

1. 정량적 평가

신장 기능을 평가하는 지표인 사구체 여과율 수치에 따른 각 그룹 당 평균 FTR을 산출한 결과 A 그룹 1.913±0.05, B 그룹 2.379±0.82, C 그룹 2.649±0.74, D 그룹 2.908±0.99로 사구체 여과율의 여과정도가 증가할수록 FTR이 증가하는 형태를 나타냈다(Table 4)(Fig. 3). 또한 크레아틴 수치에 따른 FTR은 남성 A' 그룹 2.610±1.24, B' 그룹 2.623±0.88, C' 그룹 2.360±1.31 이고, 여성 A' 그룹 3.210±0.94, B' 그룹 3.119±0.82, C' 그룹 2.610±0.62 으로 크레아틴이 정상 수치 보다 높은 환자의 경우 FTR이 점차적으로 감소하는 경향을 나타냈다(Table 5)(Fig. 4).

방사성 의약품 섭취율에 영향을 미치는 다양한 요소 중 대기시간, 연령, 사구체여과율, 크레아틴과 FTR간의 상관관계분석 결과 대기시간, 연령, 사구체여과율, 크레아틴 수치 모두 다소 낮은 상관관계(R<0.4)을 보였다. 일일배

치분산분석(One-way ANOVA) 결과 그룹 중 B, D 그룹 간에는 통계적으로 유의한 것으로 나타났고(p<0.05), 크레아틴 수치별 그룹간에는 귀무가설을 기각하지 못하여 통계적으로는 유의하지 않은 것으로 나타냈다(p>0.05).

2. 정성적 평가

정상군 5명의 전신 뼈 검사 영상을 5점 척도 기준으로 382명의 실험군의 영상을 분석한 결과 사구체 여과율에 따른 그룹에서의 평균 VQE는 A 그룹 2.7±0.6, B 그룹 2.7±0.7, C 그룹 3.1±0.6, D 그룹 3.1±0.7로 사구체 여과율의 여과 정도가 증가할수록 VQE가 높은 형태를 보였다. 크레아틴 수치에 따른 평균 VQE는 남성 A' 그룹 3.0±0.6, B' 그룹 3.1±0.6, C' 그룹 3.0±0.7이고, 여성 A' 그룹 2.9±0.6, B' 그룹 3.0±0.7, C' 그룹 2.8±0.8으로 크레아틴이 정상 수치 보다 높은 환자의 경우 VQE가 점차적으로 감소하는 경향을 나타냈다(Table 4,5).

Table 4. The change of both FTR and VQE according to the GFR level.

Group	FTR	VQE	n(%)
A group	1.913±0.05	2.7±0.6	10(2.6)
B group	2.379±0.82*	2.7±0.7	32(8.3)
C group	2.649±0.74	3.1±0.6	97(25.1)
D group	2.908±0.99*	3.1±0.7	209(60.1)

FTR, Femur to soft tissue ratio; VQE, Visual Quality Estimation { *p<0.05, B group vs D group }

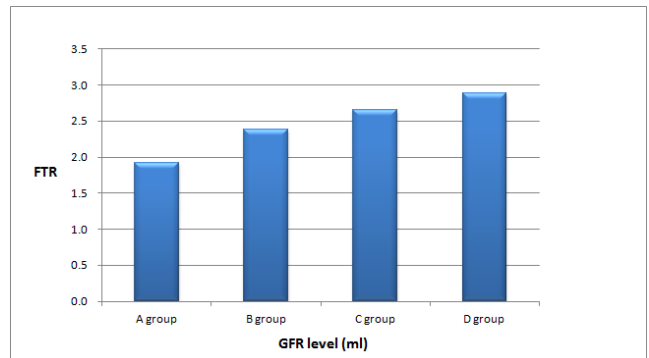


Fig. 3. The change of the FTR according to the GFR level.

Table 5. The change of both FTR and VQE according to the creatinine level.

Group(Male)	FTR	VQE	n(%)
A' group	2.610±1.24	3.0±0.6	26(15.3)
B' group	2.623±0.88	3.1±0.6	123(72.4)
C' group	2.360±1.31	3.0±0.7	21(12.3)
Group(Female)	FTR	VQE	n(%)
A' group	3.210±0.94	2.9±0.7	11(6.2)
B' group	3.119±0.82	3.0±0.7	110(61.8)
C' group	2.610±0.62	2.8±0.8	57(32.0)

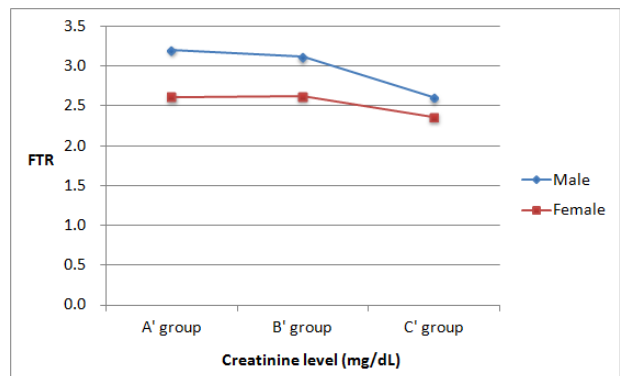


Fig. 4. The change of the FTR according to the creatinine level.

방사성 의약품 섭취율에 영향을 미치는 다양한 요소 중 연령, 사구체여과율, 크레아틴, FTR과 Blind score간의 상관관계분석 결과 대기시간, 연령, 사구체여과율, 크레아틴 수치 모두 다소 낮은 상관관계($R < 0.4$)을 보였으나, FTR과 높은 상관관계($R = 0.744$)를 나타냈다. 일원배치분산분석(One-way ANOVA) 결과 귀무가설을 기각하지 못하여 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다($p > 0.05$).

V. 고찰

일반적으로 전신 뼈 검사는 핵의학과에서 가장 흔히 수행되는 검사 중의 하나이며, ^{99m}Tc 과 인산화합물이 표지된 방사성 의약품 주사 후 3~4시간 정도에 검사를 하는 것이 보통이다. 이론적으로는 1시간에서 6시간까지 검사가 가능하나 연부조직의 섭취로 인해 4시간부터 6시간의 검사가 최적이라고 언급하고 있다⁴⁾. 하지만 주사 후 4~6시간 정도의 검사에서도 연부조직의 섭취정도에 따라 대조도가 떨어져 영상의 질을 저하시키는 경우가 있다.

본 연구에서는 전신 뼈 검사를 시행한 환자 387명을 대상으로 ^{99m}Tc -MDP 주사 후 방사성의약품 섭취율에 영향을 미치는 다양한 요소 중 신장기능에 따른 연부조직 대비 뼈의 섭취 비율의 연관성을 분석하였다. 신장 기능을 평가하는 지표인 사구체 여과율 수치는 정상치의 35~50%까지 감소하더라도 정상 네프론의 보상작용으로 인해 몸에 대한 큰 변화는 나타나지 않지만, 10~15% 이하로 감소하게 되면 투석이나 신장 이식 등의 치료를 받지 않으면 위험한 만성 신부전증이 된다. 본 연구에서는 신부전 환자에 해당하는 수치는 대상에서 없었으나, 사구체 여과율이 증가할수록 점진적으로 평균 FTR값과 VQE가 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 환자군 중 신장을 절제한 경우와 수신증이 있는 경우에는 사구체여과율에 관계없이 FTR값이 조금 낮아진 경향을 나타냈으나, 이는 환자 표본 수가 제한되어 큰 의미가 없는 것으로 보인다. 사구체여과율에 영향을 받는 크레아틴은 사구체에서 여과되고 일부는 세뇨관으로 배설되는 인체의 노폐물의 일종으로 크레아틴 수치가 증가하면 배설에 장애가 오며 이는 곧 신장장애가 크다는 것을 의미하고, 근육량에 비례하여 수치가 증가하므로 본 연구에서는 남녀의 정상 참고치를 달리하여 평가하였다. 남녀 그룹 모두 정상 참고치 이상으로 크레아틴이 증가하면 평균 FTR과 VQE수치가 떨어지는 경향을 나타냈다.

상관관계분석과 일원배치분산분석을 통해 연부조직 대비 뼈 섭취율에 영향을 미치는 요인에 대하여 통계적으로

분석한 결과 각 요인간에 다소 낮은 상관관계를 나타냈고, 중등도와 정상 사구체 여과율의 두 그룹간의 통계적 유의성을 확인하였으나, 그 외 다른 그룹에서의 통계적 유의성은 확인할 수 없었다. 이는 상대적으로 신장 기능이 정상 수치에 가까운 환자군의 분포가 고르지 않은 제한점과 신장 기능 외에 다른 부가적 요인으로 인한 것으로 생각된다. 이는 단순히 신장 기능을 평가하는 지표인 사구체 여과율과 크레아틴 수치에만 국한하여 연부조직 대비 뼈의 섭취율과의 연관성을 찾는 부분에 있어서 제한점이 있는 것으로 사료된다. 추후 연구를 통하여 본 실험에서 언급했던 것 이외의 연부조직 및 뼈 섭취율에 영향을 미치는 매개변수와 환자의 배설기능 등과 관련하여 영상의 질 향상에 대한 연구가 필요할 것으로 보인다.

VI. 결론

전신 뼈 검사는 핵의학검사의 대표적인 검사로 알려져 있는 검사이다. 본 연구에서는 전신 뼈 검사에 일반적으로 많이 사용되어지고 있는 ^{99m}Tc -MDP 주사 후 연부조직 대비 뼈의 섭취 비율과 환자들의 신장 기능에 따른 섭취 영향을 알아보려고 연구를 시작하게 되었다. 신장 기능을 평가하는 지표에 따른 연부조직 대비 뼈 섭취 비율은 사구체 여과율이 정상치 이하로 감소할수록 섭취비율이 감소하는 경향을 나타냈고, 크레아틴 수치는 정상치 이상으로 증가할수록 섭취비율이 감소하는 형태를 나타냈다. 이를 통해 일반적으로 신장 기능이 정상인보다 떨어지는 환자에 있어서 상대적으로 연부조직 대비 뼈 섭취율이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 그러나 상관관계분석과 일원배치분산분석을 통해 연부조직 및 뼈 섭취율에 영향을 미치는 인자에 대하여 분석한 결과 거의 모든 그룹에서의 통계적 유의성은 확인할 수 없었다. 이는 신장기능 외에 다른 요인들이 연부조직 및 뼈의 섭취율에 관여하고 있음을 나타내며, 추후에 연부조직 및 뼈 섭취율에 영향을 미치는 매개변수와 관계와 환자의 배설기능 등과 관련하여 영상의 질 향상에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Sang Moo Rhim, Ran Jae Park, Byung Tae Kim et al. : Evaluation of Extrasosseous Abnormalities Detected in Bone Scan, The Korean Journal of

- Nuclear Medicine, Vol. 16, No. 1, 1982
2. Jung Yeol Kim, Chun Goo Kang, Min Soo Park, Hoon Hee Park et al. : Utility of Wide Beam Reconstruction in Whole Body Bone Scan, J. Nucl. Med. Technol. Vol 14. No. 1. 2010;83-89
 3. S. E. Kim, K. H. Kim, C. M. Choi, T. H. Choi, I. G. Jung : Growth and Development, Korea Media Publisher Co, pp.159-186, 2007.
 4. Yong Whee Bahk, Kyung Sub Shinn, Woo Jin Yang, Jae Young Byun, Mi Sook Sung, Jung Mi Park : Evaluation of Significance of Diffusely Increased Bilateral Renal Uptake on Bone Scan, The Korean Journal of Nuclear medicine, Vol. 24, No. 1, 1990
 5. J. K. Chung, M. C. Lee : Koh Chang Soon Nuclear Medicine, Korea Medical Publisher Co, 2008
 6. Soung Ock Park, Hyun Bae Lee : A study of Bone Scan Time by Use of ^{99m}Tc -MDP.
 7. Kevin J. Donohoe, Manuel L. Brown et al. : Society of Nuclear Medicine Procedure Guideline for Bone Scintigraphy, S. Nucl. Med. , Version 3.0, approved June 20, 2003
 8. Gwang Gil Yang, Woo Young Jung : A Study on the Determination of Scan Speed in Whole Body Bone Scan Applying Oncoflash, J. Nucl. Med. Technol. Vol. 13. No. 3. October 2009
 9. Eun Sun Cha, Ik Sang No, Gi Kim, Choon Gi Choi, Jae Dong Suk : Evaluation of Image Quality by Parameter Change in Onco Flash, J. Nucl. Med. Technol. Vol. 13. No. 1. May 2009
 10. B. David Collier, Abdelhamid H. Elgazzar, Magdy M. Khalil : Technical Errors in Planar Bone Scanning, J. Nucl. Med. Technol. 2004; 32: 148-153
 11. Einat Even-Sapir, Eyal Mishani, Gideon Flusser, Ur Metser : ^{18}F -Fluoride Positron Emission Tomography and Positron Emission Tomography/Computed Tomography, J. Sem. Nucl. Med. 2007. 07. 002

• Abstract

A Study of Bone Uptake According to Renal Function in the Whole Body Bone Scan

Yong-In Cho · Dong-gun Jang · Cheol-woo Park¹⁾

Dept. of Nuclear Medicine, Dongnam Institute of Radiological & Medical Sciences Cancer Center

¹⁾*Dept. of Radiological Technology Dong-Eui Institute of Technology*

Whole body bone scan has been used to confirm bone metastasis and follow-up study with radio isotope. However, if the factors related to ^{99m}Tc uptake and waiting time for study are inappropriate, it would be image of low quality. The purpose of present study was to investigate correlation between the evaluation index of renal function and uptake of radiopharmaceuticals. The population for this retrospective study consisted of 387 patients who underwent whole body bone scan between June 2012 and December 2012. As a result of quantitative and qualitative analysis, we were able to confirm that GFR of less than normal range and creatinine levels in blood of more than average are more likely to be under the mean uptake rate. As a result of analysis on the indicator affecting soft-tissue and bone uptake, the correlation of all elements was somewhat low. Also there are no statistically significances due to the other parameters we did not deal with. Therefore, further research on additional factors is needed for exact study and improvement of the image quality.

Key Words : Whole body bone scan, FTR(Femur to soft tissue ratio), GFR, Creatinine