Original Article

^{99m}Tc-DTPA 신장 동적 검사(Renal Dynamic Scan) 시 동위원소 용량 변화와 Matrix Size 변경에 따른 사구체 여과율(Glomerular Filtration Rate, GFR) 수치 변화 비교

서울특별시 보라매병원 핵의학과[1], 서울대학교병원 핵의학과[2]
김현[1] · 도용호[1] · 김재일[1] · 최현준[1] · 우재룡[1] · 박찬록[2] · 하태환[2]

Comparison of Activity Capacity Change and GFR Value Change According to Matrix Size during ^{99m}Tc-DTPA Renal Dynamic Scan

Hyeon Kim[1], Yong-Ho Do[1], Jae-Il Kim[1], Hyeon-Jun Choi[1], Jae-Ryong Woo[1], Chan-Rok Bak[2] and Tae-Hwan Ha[2]

[1]Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Boramae Medical Center, Seoul, Korea
[2]Department of Nuclear Medicine, Seoul National University Hospital, Seoul, Korea

Purpose Glomerular Filtration Rate(GFR) is an important indicator for evaluating renal function and monitoring the progress of renal disease. Currently, the method of measuring GFR in clinical trials by using serum creatinine value and ^{99m}Tc-DTPA(diethylenetriamine pentaacetic acid) renal dynamic scan is still useful. After the Gates method of formula was announced, when ^{99m}Tc-DTPA Renal dynamic scan is taken, it is applied the GFR is measured using a gamma camera. The purpose of this paper is to measure the GFR by applying the Gates method of formula. It is according to effect activity and matrix size that is related in the GFR.

Materials and Methods Data from 5 adult patients (patient age = 62 ± 5, 3 males, 2 females) who had been examined ^{99m}Tc-DTPA Renal dynamic scan were analyzed. A dynamic image was obtained for 21 minutes after instantaneous injection of ^{99m}Tc-DTPA 15 mCi into the patient's vein. To evaluate the glomerular filtration rate according to changes in activity and matrix size, total counts were measured after setting regions of interest in both kidneys and tissues in 2-3 minutes. The distance from detector to the table was maintained at 30cm, and the capacity of the pre-syringe (PR) was set to 15, 20, 25, 30 mCi, and each the capacity of post-syringe (PO) was 1, 5, 10, 15 mCi is set to evaluate the activity change. And then, each matrix size was changed to 32 x 32, 64 x 64, 128 x 128, 256 x 256, 512 x 512, and 1024 x 1024 to compare and to evaluate the values.

Results As the activity increased in matrix size, the difference in GFR gradually decreased from 52.95% at the maximum to 16.67% at the minimum. The GFR value according to the change of matrix size was similar to 2.4%, 0.2%, 0.2% of difference when changing from 128 to 256, 256 to 512, and 512 to 1024, but 54.3% of difference when changing from 32 to 64 and 39.43% of difference when changing from 64 to 128. Finally, based on the presently used protocol, 256 x 256, PR 15 mCi and PO 1 mCi, the GFR value was the largest difference with 82% in PR 15 mCi and PO 1 mCi. conditions, and at the least difference is 0.2% in the conditions of PR 30 mCi and PO 15 mCi.

Conclusion Through this paper, it was confirmed that when measuring the GFR using the gate method in the ^{99m}Tc-DTPA renal dynamic scan. The GFR was affected by activity and matrix size changes. Therefore, it is considered that when taking the ^{99m}Tc-DTPA renal dynamic scan, is should be careful by applying appropriate parameters when calculating GFR in the every hospital.

Key Words Matrix, Activity, GFR

• Received: October 12, 2019 Accepted: October 12, 2019
• Corresponding author: **Hyeon Kim**
• Department of Nuclear Medicine, Seoul national unversity
Boramae Medical Center. 07061 20 Boramae-ro 5-gil, Dongjak-gu, Seoul
Tel: +82-2-870-2596, Fax: +82-2-870-2587
E-mail: 21367@brmh.org

서 론

사구체 여과율(Glomerular Filtration Rate, GFR)은 신 기능의 평가와 신 질환의 경과 관찰에 중요한 지표이다.[1] 임상에서 GFR을 측정하는 방법은 크게 혈청 크레아티닌 수치와 ^{99m}Tc-DTPA(diethylenetriamine pentaacetic acid)을 이용하여 계산하는 검사가 유용하게 이용되고 있다.[2] Gates 공식이 발표된 이후, ^{99m}Tc-DTPA 신장 동적 검사(Renal Dynamic Scan) 시 이를 적용해 사구체 여과율은 감마카메라 장비를 이용하여 측정되고 있다. 본 논문의 목적은 Gates 공식을 적용해 GFR을 측정할 때 동위원소의 용량 변화와 Matrix size 변경에 따른 GFR을 분석해 보고자 한다. Gates 공식에서 반영되는 깊이 보정, 신장 주변 관심 영역(Region of interest: ROI), 신장 내에 DTPA 추적자(Tracer)가 도착한 후, 2-3분 동안 얻어진 분석값 외에 동위원소 용량과 Matrix Size의 조건 또한 GFR 값의 영향을 알아보는 요인으로 논문을 서술하는 데 의의가 있다.[1] 참고 문헌에 따르면 주사 전 동위원소 용량(Pre syringe), 투여 후 체내 동위원소의 흐름(Flow), 주사 후 동위원소 용량(Post syringe)의 Matrix size 설정값이 같은 조건으로 영상을 획득한다. Gates 공식의 반영 되는 조건 외에 다른 영향을 미치는 조건을 확인하기 위해 동위원소 용량 변화와 Matrix size를 변경하여 미치는 영향을 확인하고자 한다.

실험재료 및 방법

1. 실험대상

^{99m}Tc-DTPA renal dynamic scan을 받은 성인 환자 5명(환자나이 = 62 ± 5, 남자 3명, 여자 2명)의 결과를 분석하였다. 조건-1, 2 에 충족하는 환자를 기준으로 분석하였다. 2017～2018년에 본원에 내원한 환자 중 조건-1은 GFR-MDRD(Modification of Diet in Renal Disease), GFR-CKD-EP(Chronic Kidney Disease Epidemiology Collaboration), ^{99m}Tc-DTPA renal dynamic scan 결과 GFR의 수치가 90 이상이 되는 환자와 조건-2는 GFR-MDRD, GFR-CKD-EP, ^{99m}Tc-DTPA renal dynamic scan 결과 GFR의 각각의 값이 ±10% 값을 가지고 있는 환자를 기준으로 분석했다.[3-5]

2. 실험장비

Fig. 1. The γ-camera named GE INFINIA(GE Healthcare, USA) is used.

영상 획득 장비로는 GE INFINIA(GE Healthcare, USA)를 사용하였다(Fig. 1). Pre, Post syringe의 Camera 검사 조건은 다음과 같다. 동위원소 용량 15 mCi, Matrix size 256 x 256, Zoom 1.00, Energy set : ^{99m}Tc Detectors : Posterior, 측정 주사기와 Detector와의 거리 : 30cm, Acquisition Time : 60초로 설정하였다.

3. 검사방법

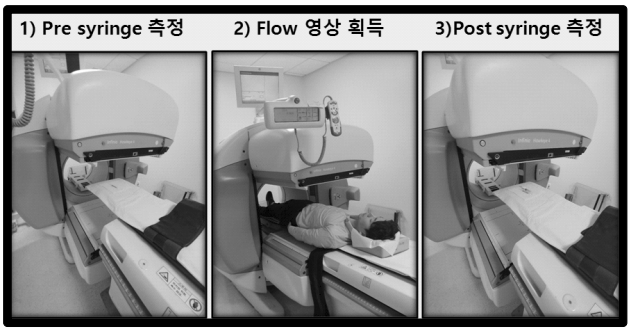

Fig. 2. This image is shown image acquisition process of ^{99m}Tc-DTPA renal dynamic scan.

^{99m}Tc-DTPA 15 mCi를 환자의 정맥에 순간 주사 후 21분간 동적 영상을 획득하였다(Fig. 2). 동위원소의 용량 변화와 Matrix Size 변경에 따라 GFR을 평가하기 위해 2-3분 구간의 양쪽 신장과 조직에 관심 영역을 설정 후 획득된 총 계수를 측정하였다. Detector 와 Table 간의 거리는 30cm로 유지하였고, 동위원소의 용량 변화 평가를 위해 Pre syringe(PR) 의 용량을 15, 20, 25, 30 mCi로 설정하였고, Post syringe(PO) 의 용량을

1, 5, 10, 15 mCi로 설정하였다. 그리고 각각의 Matrix size를 32 x 32, 64 x 64, 128 x 128, 256 x 256, 512 x 512, 1024 x 1024로 변경하여 값을 비교평가 하였다(Fig. 2).[5),6),7)]

4. 분석방법

Total renal uptake of DTPA =

$$\frac{\left(\frac{Rt\ kidney\ counts - Bkg}{e^{-\mu x}}\right) + \left(\frac{Lt\ kidney\ counts - Bkg}{e^{-\mu x}}\right)}{Pre.\ Inj\ counts - Post\ Inj\ counts}$$

$$GFR = Total\ renal\ uptake\ of\ DTPA \times 100 \times (9.75621 - 6.19843)$$

Fig. 3. A formula is shown calculating GFR.

Gates 공식이 발표된 초창기에는 영상 획득 조건으로 환자의 신장이 위치한 쪽에 감마카메라 Detector가 위치한 상태에서 ^{99m}Tc-DTPA를 순간 주사를 하여 영상을 획득하며, Flow 영상의 촬영 시 Matrix의 크기는 128 x 128로 15초 간격으로 획득했다. 또한 Pre & Post Syringe의 측정 Matrix 설정 조건도 128 x 128로 같다. Gates 공식을 바탕으로 한 GFR 공식이다(Fig. 3).

	RT net count	LT net count	pre count	post count	net count	RT dept	LT depth	LAC	RT	LT
	84548	79014	3748599	297451	3451148	5.911938	5.87275	0.153	0.404734	0.407167
									weight	height
									depth 62.7	160
									RT 5.211938	5.911938
Siemens	*case1*				uptake	GFR			LT 5.17275	5.87275
		163562	3451148	0.0473935	4.739351	40.03967				
GE	*case2*						uptake	GFR		
		208897.9506	194057.8	402955.7	3451148	0.11676	11.67599	107.715		
Application	*case3*					GFR				
						105.66				
		75.6	75.8		-0.2	-0.00265	-0.26455			
		173.8	172.6		1.2	0.006904	0.690449			
			0.2	0.0026385	0.263852					
			-1.2	-0.006952	-0.69525					

	RT		LT	
	count	bkg	count	bkg
#1/31	14818	609	12802	569
#2/32	15123	553	13116	559
#3/33	15561	640	13602	543
#4/34	14915	664	14041	564
#5/35	13949	620	14316	564
#6/36	13888	620	14500	564
Total	88254	3706	82377	3363

Fig. 4. GFR is calculated by Excel program.

현재는 장비와 프로그램의 발달 그리고 본원에서는 GE(General Electric)사의 장비를 사용하기에 타 장비에 대한 계산 방법도 고려하였다. 1. Siemems사 2. GE사 3. GE사의 공식 프로그램의 수식을 Microsoft 사의 Excel 프로그램으로 가져와 값을 계산하였다(Fig. 4). GE사의 계산 공식에서는 키, 몸무게에 따른 신장의 깊이를 기존의 계산법에서 추가로 0.7cm 더하고 지수함수를 사용하여 RT net count, LT net count를 적용하는 차이가 있다. 그 외에 Siemems사, GE사 그리고 GE사 공식 프로그램의 계산 공식은 Fig. 3.과 같았다.

결 과

동위원소의 용량 증가에 따른 GFR 값의 차이(Table 3). Matrix 변경에 따른 GFR 값의 차이(Table 4). GFR 값의 차이의 최대값과 최소값(Table 5). 총 3가지 항목으로 분석을 하였으며, 그 값들의 차이를 구하기 위해 (A-B)/A * 100 = 차이(%)로 분석하였다.

Table 1. This table is indicated that each part Total count relating Activity and Matrix

Matrix \ Activity	15 mCi	20 mCi	25 mCi	30 mCi
32x32	627K	734K	947K	1021K
64x64	1211K	1481K	1790K	2014K
128x128	2008K	2586K	3061K	3583K
256x256	2016K	2660K	3171K	3757K
512x512	2013K	2657K	3166K	3751K
1024x1024	2010K	2649K	3162K	3748K

동위원소의 용량 15 mCi 기준으로 Matrix size 32 x 32에서 128 x 128까지 각각의 총 계수 값은 627,000 계수, 1,211,000 계수, 2,008,000 계수를 획득하였다. 동위원소 용량의 증가와 무관하게 Matrix size 128 x 128부터 1024 x 1024까지의 Matrix의 총 계수 값은 큰 차이를 보이지 않았다(Table 1).

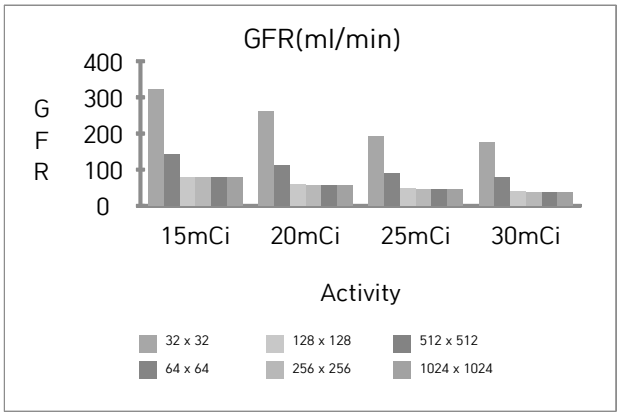

Figure 5. This image is shown GFR relating between Activity and Matrix size.

총 계수 값을 토대로 GFR 공식에 값을 입력하였을 때, Matrix Size 32 x 32, 64 x 64에서는 GFR 값이 정상 환자 GFR 값에 대해 2-3배 높게 값을 얻었다. Matrix size 128 x 128 이상에서는 GFR 값이 Matrix size에 따라 개별적으로 근소한 차이를 보였다(Fig. 5).

Table 3. Difference of GFR value according to activity increase

Activity / Number	15 – 20 mCi (minus)	20 – 25 mCi (minus)	25 – 30 mCi (minus)
Patient1	24.6%	20.2%	15.6%
Patient2	25.4%	20.8%	16.5%
Patient3	25.3%	20.9%	16.5%
Patient4	26.1%	21.9%	17.2%
Patient5	24.2%	19.8%	15.2%
Average	25.1%	20.7%	16.2%

동위원소의 용량 증가에 따른 차이 값은 15 – 20 mCi 25.1%. 20 – 25 mCi 20.7%, 25 – 30 mCi 16.2%로 점차 GFR 값의 차이가 점차 감소하였다(Table 3).

Table 4. Difference of GFR value according to matrix size change

Matrix / Number	32-64 (minus)	64-128 (minus)	128-256 (minus)	256-512 (minus)	512-1024 (minus)
Patient1	55.1%	46.9%	3.3%	0.18%	0.09%
Patient2	55.8%	48.2%	3.6%	0.3%	0.07%
Patient3	55.8%	48.3%	3.4%	0.15%	0.15%
Patient4	56.4%	49.7%	3.58%	0.15%	0.15%
Patient5	54.7%	46.2%	3.18%	0.17%	0.16%
Average	55.6%	47.9%	3.41%	0.19%	0.12%

Matrix size 변경에 따른 차이 값은 32-64, 64-128, 128-256, 256-512, 512-1024의 차(Minus)에서 55.6%, 47.9%, 3.41%, 0.19%, 0.12%이다. Matrix size 이상에서는 근소한 차이 값이 나타났다(Table 4).

Table 5. Maximum and minimum values of difference in GFR values

GFR(%) / Number	MAX	MIN
Patient1	82	0.11
Patient2	82.5	0.17
Patient3	82.5	0.17
Patient4	82.9	0.23
Patient5	81.7	0.17
Average	82.3	0.17

현재 적용중인 256 Matrix, Pre Syringe 15 mCi, Post Syringe 1 mCi로 얻은 환자 GFR 값을 기준으로 32 x 32 Matrix Size, Pre Syringe 15 mCi, Post Syringe 1 mCi 조건에서 82%로 가장 큰 차이가 발생하였고, 64 x 64 Matrix Size, Pre Syringe 30 mCi, Post Syringe 15 mCi의 조건에서 0.2%로 유사한 결과를 나타내었다(Table 5).

고 찰

Detector Size 40cm by 40cm에서 64 x 64 Matrix 같은 경우는 0.625cm/1 Pixel, 128 x 128 Matrix는 0.312cm/1 Pixel, 256 x 256 Matrix는 0.156cm/1 Pixel이다. 예를 들어, 2000 계수가 cm^2에 해당하는 만큼 들어왔고 그 값들을 곱한다면 총 Detector에서 320,000 계수를 받게 되고, 나머지 Matrix에서도 cm^2 당 1 Pixel은 줄어들지만, 전체 Pixel의 개수는 증가하기 때문에 Matrix size가 증가와 무관하게 모든 Matrix size에서 비슷한 계수 값을 얻게 된다.[6-8] 앞서 결과의 Table 1.과 Fig. 5.에서 총 계수를 얻는 과정 중 Matrix size 32 x 32, 64 x 64에서 계수 값이 적게 얻어지는 부분과 GFR 값이 과대 평가되는 부분을 파악하였다. Pre syringe 계수 값의 자료를 수집하고 비교, 분석하는 과정에서 간과했던 동위원소 용량에 의한 영향이 있음을 확인하였다. 동위원소 용량이 커질수록 계수 값의 차이가 증가하는 부분을 알 수 있었고 추후 연구에서 1 mCi부터 30 mCi까지의 값이 아닌, 100 μ Ci부터 5000 μ Ci까지의 적은 동위원소 용량을 사용하고, Pre & Post Syringe의 점선원처럼 사용하는 것이 아닌 $^{99m}TcO_4$ 물 팬텀을 통해 고르게 펼쳐 계수 값을 획득하는 것으로 현재 발생하는 현상을 설명하고 적용해 볼 계획이다.

결 론

총 계수, GFR, 동위원소의 용량 변화에 따른 GFR 값, Matrix size에 변경에 따른 GFR 값, 표준 GFR 값을 기준으로 최대, 최소 GFR 값을 서술하였다. 총 계수 값은 이처럼 Matrix Size 32, 64에서 다른 Matrix Size보다 적은 값을 얻게 됨을 파악하였고, 동위원소의 용량이 커질수록 차이가 증가함을 확인하였다. Matrix Size 128 이상에서는 근소한 값의 차이가 발생하였다. 총 계수 값을 토대로 GFR 공식에 값을 입력하였을 때, Matrix Size 32 x 32, 64 x 64 에서 GFR 값이 높게 얻어지는 부분을 확인할 수 있었고, Matrix Size 128 x 128 이상에서는 GFR 값이 상호 간 근소한 차이를 보였다. 동위원소의 용량 변화와 Matrix size 변경에 따른 GFR 값은 다음과 같은 경향을 확

인하였다. 동위원소의 용량이 증가할수록 각 동위원소 용량에 따른 GFR 값의 차이는 감소함을 알 수 있다. Matrix size 변경에 따른 GFR 값의 경향으로는 Matrix Size가 증가할수록, Matrix size 128 이상에서는 GFR 값의 차이는 급격히 감소함을 알 수 있다. 현재 사용 중인 Matrix Size 256, Pre syringe 15 mCi, Post syringe 1 mCi로 얻은 환자 GFR 값을 기준으로 82%의 큰 차이가 Matrix size 32에서 발생하였다. Matrix Size 64 이상에서는 근소한 차이 0.2%로 확인되었다. 결론적으로, Pre Syringe, Post Syringe의 Matrix Size를 64 이상으로 설정한 상태는 GFR을 계산하는 데 있어 오차의 감소를 기대할 수 있다. 본 논문을 통해 ^{99m}Tc-DTPA Renal Dynamic Scan에서 Gates 공식을 이용하여 GFR을 측정할 때, 동위원소의 용량 변화와 Matrix size 변경에 따라 GFR 값의 영향이 있음을 확인하였다. 그러므로 각 병원에서 이를 적용해 GFR을 측정할 때 적절한 Parameter를 적용해서 검사의 유용성을 높아야 한다고 생각한다.

요 약

사구체 여과율은 신 기능의 평가와 신 질환의 경과 관찰에 중요한 지표다. 현재 임상에서 사구체 여과율을 측정하는 방법은 크게 혈청 크레아티닌 수치와 ^{99m}Tc-DTPA을 이용해서 계산하는 검사가 유용하게 이용되고 있다. Gates 공식이 발표된 이후, ^{99m}Tc-DTPA Renal Dynamic Scan 검사 시 이를 적용해 GFR을 감마카메라 장비를 이용하여 측정하고 있다. 본 논문의 목적은 Gates 공식을 적용해 사구체 여과율을 측정할 때 동위원소의 용량 변화, Matrix Size 변경에 따른 사구체 여과율을 분석해 보고자 한다. 본원에서 ^{99m}Tc-DTPA Renal Dynamic Scan 검사를 받은 성인 환자 5명 (환자나이 = 62 ± 5, 남자 3명, 여자 2명)의 결과를 분석하였다. ^{99m}Tc-DTPA 15 mCi를 환자의 정맥에 순간 주사 후 21분간 동적 영상을 획득하였다. Activity, Matrix Size 변화에 따라 사구체 여과율을 평가하기 위해 2-3분 구간의 양쪽 신장과 조직에 관심 영역을 설정 후 총 계수를 측정하였다. Detector와 Table 간의 거리는 30cm로 유지하였고, 동위원소의 용량 변화 평가를 위해 Pre Syringe(PR)의 용량을 15, 20, 25, 30 mCi로 설정하였고, Post Syringe(PO)의 용량을 1, 5, 10, 15 mCi로 각각 설정하였다. 그리고 각각의 Matrix size를 32 x 32, 64 x 64, 128 x 128, 256 x 256, 512 x 512, 1024 x 1024로 변경하여 값을 비교 평가하였다. Matrix Size에서 동위원소의 용량이 증가할수록 사구체 여과율의 차이는 최대 52.95%에서 최소 16.67%로 점차 감소하였다. Matrix size 변화에 따른 사구체 여과율 값은 128에서 256, 256에서 512, 512에서 1024로 변경 시 2.4%, 0.2%, 0.2%로 유사하게 나타났으나, 32에서 64, 64에서 128로 변경 시 54.3 %, 39.43%로 GFR 값의 차이가 발생하였다. 마지막으로, 현재 사용 중인 256 Matrix, Pre syringe 15 mCi의 GFR 값을 기준으로 32 Matrix, Pre Syringe 15 mCi, Post Syringe 1 mCi 조건에서 82%로 가장 큰 차이가 발생하였고, 64 Matrix, Pre Syringe 30 mCi, Post Syringe 15 mCi의 조건에서 0.2%로 유사한 결과 값을 나타내었다. 본 논문을 통해 ^{99m}Tc-DTPA Renal Dynamic Scan에서 Gates 공식을 이용해 사구체 여과율을 측정할 때, 동위원소의 용량과 Matrix Size 변화에 따라 사구체 여과율 측정에 영향이 있음을 확인하였다. 그러므로 각 병원에서 이를 적용해 GFR을 측정할 때 적절한 Parameter를 적용해서 검사의 유용성을 높아야 한다고 생각한다.

Reference

1. Gary F. Gates. Glomerular Filtration Rate : Estimation from Fractional Renal Accumulation of ^{99m}Tc-DTPA(Stannous). ***American Roentgen Ray Society.*** San Francisco, March 1981. 565-569
2. Dynamic renal imaging in obstructive renal pathology : ***EANM*** Technologist Committee and Technologist Education subcommittee. August 2009. 19-20
3. M. Moonen and G.Granerus : Subtraction of extra-renal background in ^{99m}Tc-DTPA renography : comparison of various regions of interest. ***Clinicl Physiology*** 1992 455-456
4. 곽임수. 신기능 저하 환자에서 ^{99m}Tc-DMSA 신장 스캔을 이용한 신 섭취율과 사구체 여과율의 상관성. ***대한신장학회지*** 제 21권 제 4호 2002 603-604
5. 이창화. 임상에서 사용하는 사구체여과율의 평가공식. ***대한내과학회지*** : 제 83권 제 4 호 2012 456-457
6. Issahaku Shirazu : Evaluating the effect of acquistion parameters on image quality and acquistion time with SPECT using LEHR collimator. ***International Journal of Scientific & Engineering Research***, Volume 4, Issue 9, September 2013 2027-2028
7. Yong-Gil Kang : Determining the Optimal Dose of Radioactivity for Measuring Glomerular Filtration using Gate's Method and Obtaining Renogram. ***Indian Journal of Science and Technology***, vol 9, November 2016 2-4

8. Prekeges, Jennifer. Nuclear medicine instrumentation / Jennifer Prekeges. - 2nd ed. Chapter 6 : Image Digitization and Display 72-76