

정량화한 ^{99m}Tc-DMSA 신선허취율의 공식표

부산대학교병원 핵의학과

문태용 · 김용기 · 황수희* · 윤종병** · 성경탁***

= Abstract =

Formal Charts for Quantified ^{99m}Tc-DMSA Renal Uptake Rates

Department of Nuclear Medicine, Pusan National University Hospital, Pusan, Korea

Tae-Yong Moon, M.D., Yong-Ki Kim, M.D., Su-Hee Hwang, M.D.*

Chong-Byung Yoon, M.D.** and Kyung-Tak Seung, M.D.***

To Assessment of the quantified renal uptake rates in every ^{99m}Tc-DMSA scan tests of patients is actually difficult because of time consumption and complicated calculations required to measure the correct dose of the infused radionuclide and radiation decay, the adjustment for the depth of kidney and the subtraction of background count. We've formulated two regression models for the quantified renal uptake rates [I] from the simple renal uptake rates [H] with a square shaped ROI (Region-Of-Interest) in 25 cases (Group 1) and with a kidney shaped ROI in 37 cases (Group 2), respectively. The regression model for the Group 1 was $[I]_1 = 0.885 [H]_1 - 4.575$ ($P < 0.005$), and for the Group 2 was $[I]_2 = 0.591 [H]_2 - 2.105$ ($p < 0.005$).

The formal charts were clinically convenient to evaluate the individual renal functions in patients with ^{99m}Tc-DMSA renal scan.

Key Words: Kidneys, Radionuclide Scan

서 론

^{99m}Tc-DMSA 신선허취율을 정량적으로 측정한다는 것은 두 신장의 개별적기능을 평가하는데 매우 중요하다. 그러나 정량적 신선허취율을 측정하기 위해서는 주입총 방사능량에서 신장선허취방사능량의 비로 나타내어야 하는데 여기에는 방사능의 반감기, 조직 두께에 따른 감쇄

량, 주사부위에 비흡수 방사능량의 교정, 혈관주사후 주사기에 남아있는 방사능량의 교정, 배후방사능의 보정으로 대단히 복잡하고 수많은 계산이 필요로 하게 된다¹⁾. 이에 저자는 이미 ^{99m}Tc-DMSA 주입후 3시간 신장 후면영상에 얻은 단순신선허취율로 부터 정량신선허취율을 비교하여 나타나는 직선상의 공식을 이용하므로써 쉽게 정량신선허취율을 환산하고 이에 분신기능을 평가할 수 있었다²⁾. 그러나 사진상에 나타나는 단순신선허취율도 복잡한 계산이 필요하고 또한 이 값을 공식에 대입하여 정량화하여야하는 번거로움이 있다. 이에 저자는 이를 통계수학적 회기방정식을 이용하여 일목요연한 공식표를 만들므로 임상적으로 환자의 신장기능을 평가하는 데 편리함을 주고자 한다.

*부산대학교 의과대학 흉부외과학교실

*Department of Thoracic Surgery, College of Medicine, Pusan National University

**부산대학교 의과대학 비뇨기과학교실

**Department of Urology, College of Medicine, Pusan National University

***동아대학교 의과대학 비뇨기과학교실

***Department of Urology, College of Medicine, Dong-A University

대상 및 방법

부산대학교병원을 내원한 환자 중 신기능의 이상 유무에 상관없이 ^{99m}Tc-DMSA 신신티그램을 시행한 18세 이상의 성인환자에서 양신장에 같은 크기의 직사각형으로 관심영역을 그리고 양신장 직하에 배후방사능보정을 위한 정사각형의 관심영역을 그려 이를 단순신섭취율로 나타내었던 25례(제1군)(Table 1)와 육안적으로 방사능이 섭취된 신장의 크기에 맞게 임의로 관심영역을 (단일신의 경우 양신장 부위에 같은 크기의 관심영역을) 그리고 양신장 직하에 배후방사능보정을 위한 임의의 관심영역을 그려 이를 단순신섭취율로 나타내었던 37례(제2군)(Table 2)를 대상으로 하였다(Fig. 1).

DMSA는 벨지움회사인 Nephrosint[®]을, radioper-technetate는 한국에너지연구소제품을 사용하였으며 감마카메라는 Simens pho/camera를 사용하여 방사능량을 측정하였다.

인체 3시간째 총주입방사능량[A]의 측정은 먼저 ^{99m}Tc-DMSA를 적재한 주사기를 감마카메라에서 6 cm 떨어진 거리에서 1분간 방사능(count per min.: cpm)[B]을 측정하고, 혈관주사후 빈주사기에 남아 있는 방사능량[C]을 측정하여 이를 주입전 측정된 주사기의 방사능량에서 감산한 후 Radiotechnetium의 물리적반감기를 3시간 보정하였다. 즉 ^{99m}Tc-DMSA의 3시간 붕괴계수는 반감기 6시간의 반이되므로 (1/2)^{0.5}가 된다²⁾. 다음 약물 주입후 3시간 시험자의 주사부위에 비흡수 방사능량[D]을 측정하여 배후방사능을 보정한 후 이를 총주입

Table 1. Examples to Make the Quantified Renal Uptake Rates in Group 1

No.	Net Infusion [A]	QBRA [E]	QRUR [I] ₁	[F]—[G]	SRUR [H] ₁
1	2,114,872	56,215	2.27	25,062	6.27
2	1,673,101	158,482	9.47	57,904	14.48
3	1,731,522	166,672	9.63	60,382	15.10
4	2,181,182	276,318	12.67	87,873	21.97
5	2,096,184	307,029	14.65	104,557	26.14
6	1,884,023	327,571	17.39	85,683	21.42
7	1,740,750	328,958	18.90	151,963	37.99
8	1,534,932	345,164	22.49	137,583	34.40
9	1,362,647	333,593	24.50	106,087	26.52
10	1,331,301	371,663	27.92	171,876	42.97
11	1,629,111	552,126	34.08	246,911	61.73
12	1,361,775	506,585	37.20	189,841	47.46
13	1,240,630	475,187	38.31	252,015	63.00
14	1,240,247	515,368	42.55	218,648	54.66
15	1,437,990	719,287	50.02	223,351	55.84
16	1,783,747	913,208	51.20	278,579	69.64
17	1,734,941	889,343	51.26	236,008	59.00
18	1,653,391	885,593	53.58	261,293	57.82
19	2,336,752	1,276,334	54.62	252,320	63.08
20	2,098,944	1,158,787	55.21	264,778	66.19
21	1,458,620	810,562	55.57	284,895	71.22
22	1,364,119	798,027	58.50	278,116	69.53
23	1,439,890	850,475	59.07	257,782	64.45
24	2,011,281	1,229,141	61.11	265,500	66.38
25	1,514,620	942,931	62.26	272,403	68.10

[I]₁ = 0.885 · [H]₁ - 4.575 (p < 0.005) (r = 0.946)

QBRA : Quantified both renal activity.

QRUR : Quantified renal uptake rates.

SRUR : Simple renal uptake rates.

Table 2. Examples to Make the Quantified Renal Uptake Rates in Group 2

No.	Net Infusion [A]	QBRA [E]	QRUR [I] ₂	[F] - [G]	SRUR [H] ₂
1	1,748,936	10,432	0.6	9,151	2.3
2	2,181,186	14,615	0.7	10,256	2.6
3	2,166,716	56,367	2.6	22,306	5.6
4	1,830,772	51,490	2.8	32,071	8.0
5	1,312,073	39,812	3.0	48,504	12.1
6	1,394,598	63,715	4.6	46,575	11.6
7	1,094,533	59,710	5.5	60,436	15.1
8	2,141,667	149,643	7.0	55,115	13.8
9	1,522,173	145,744	9.6	99,750	24.9
10	894,757	100,021	11.2	47,426	11.9
11	1,765,082	217,693	12.3	125,907	31.5
12	1,605,496	213,120	13.3	164,470	41.1
13	1,942,970	341,971	17.6	155,966	39.0
14	2,582,545	456,991	17.7	156,183	39.0
15	1,683,955	302,325	18.0	191,709	47.9
16	1,722,083	314,260	18.2	181,758	45.4
17	3,760,744	706,925	18.8	210,802	52.7
18	1,831,412	352,988	19.3	201,282	50.3
19	1,279,104	280,753	21.9	220,544	55.1
20	1,746,223	408,220	23.4	179,044	44.8
21	1,920,825	475,678	24.8	204,540	51.1
22	1,804,453	459,256	25.5	181,740	45.4
23	2,121,180	544,336	25.7	200,541	50.1
24	1,296,937	337,042	26.0	224,545	56.1
25	1,980,146	518,501	26.2	194,925	48.7
26	3,112,299	813,965	26.2	235,386	58.8
27	1,114,316	303,490	27.2	138,897	34.7
28	1,903,837	586,904	30.8	211,573	52.9
29	957,255	305,428	31.9	187,575	46.9
30	1,390,074	445,465	32.0	211,221	52.8
31	1,705,532	589,803	34.6	191,619	47.9
32	2,503,844	871,629	34.8	229,376	57.3
33	2,195,077	823,575	37.5	238,165	59.5
34	2,409,683	902,897	37.5	270,005	67.5
35	1,068,842	409,397	38.3	208,387	52.1
36	890,775	379,528	42.6	222,937	55.7
37	865,749	435,987	50.4	236,564	59.1

$[I]_2 = 0.591 \cdot [H]_2 - 2.105$ ($p < 0.005$) ($r = 0.877$)

QBRA : Quantified both renal activity.

QRUR : Quantified renal uptake rates.

SRUR : Simple renal uptake rates.

량에서 감소하였다.

$[A] = \{[B] - [C]\} \cdot (1/2)^{0.5} - [D]$

정량신선택방사능[E]의 측정은 시험자에서 ^{99m}Tc-DMSA 5-7 mCi를 정맥주사한 후 3시간에 신장을 중간

위치로한 신후면을 40만 count로 영상화하여 방사능이 선택된 양측신의 육안적 크기로 관심영역을 그려 양측신의 선택방사능량[F]을 구하고 동시에 신장직하에 배후 방사능량을 양측신의 관심영역과 같은 크기로 환산[G]

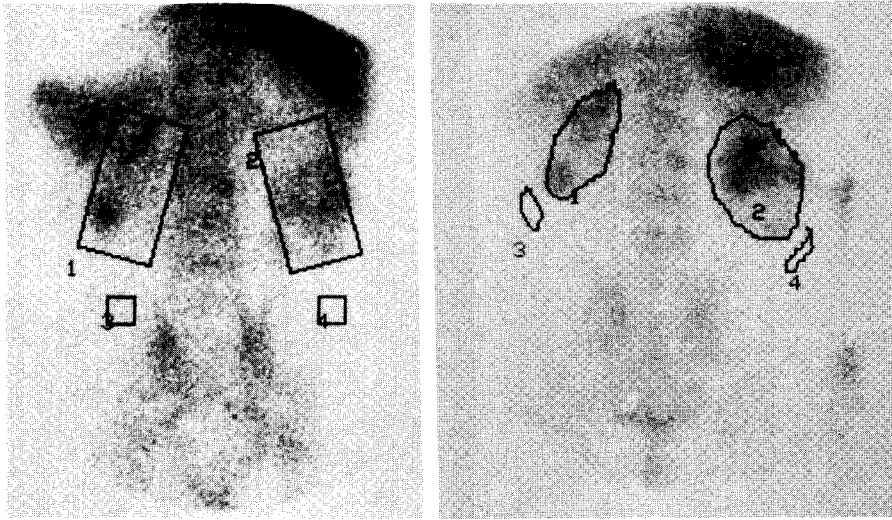


Fig. 1. A: Square shaped ROI* on the Kidneys B: Kidney Shaped ROI on the Kidneys
*ROI: Region of Interest

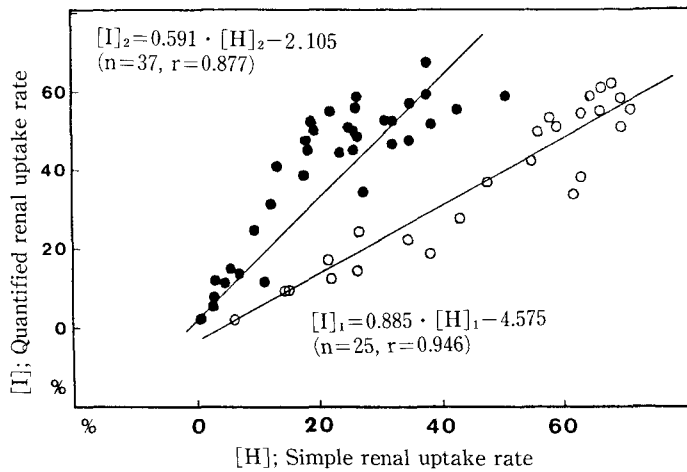


Fig. 2. Correlation of Simple renal uptake rate to quantified renal uptake rate.

하여 이를 양측신의 선택방사능량에서 감산하고 측정시간[H]을 1분 단위로 환산하였다. 그리고 인체후면에서 신장중심부까지의 두께는 6cm으로 간주하였으며 물 6cm로 측량한 radiopertechnetate의 방사능감쇄 0.481을 보정하였다¹⁾.

$$[E] = \{[F] - [G]\} \cdot 60 / [H]_{\text{sec}} \cdot 1 / (1 - 0.481)$$

따라서, 정량신선택취율[I]은 정량신선택방사능[E]을 총주입방사능[A]으로 나누어 백분율하였고, 단순신선택취율[H]은 약물주입후 3시간 신호면 영상에서 양측신

의 선택방사능량[F]에서 같은 크기의 배후방사능[G]을 감산하여 이를 40만 count로 나누어 백분율하였다.

$$[I] (\%) = [E] / [A] \cdot 100$$

$$[H] (\%) = \{[F] - [G]\} / 400,000 \cdot 100$$

그리고 공식표에서 쉽게 배후방사능을 보정하기 위하여 신기능의 이상 유무에 상관없이 ^{99m}Tc -DMSA 검사를 시행한 18세 이상의 성인 79례(제3군)에서 3시간 신호면 영상에서 신선택방사능[F]과 같은 크기의 배후방사능[G]을 측정하였다.

결 과

제1군에서 정량신섭취율 $[I]_1$ 과 단순신섭취율 $[H]_1$ 간에 상관관계를 통계 처리하여 보면 상관계수(r)가 0.946으로서 두변수사이에 유의한 상관관계가 있고 이 두변수에 대한 회귀방정식은 다음과 같다(Fig. 2).

$$[I]_1 = 0.885 \cdot [H]_1 - 4.575 (p < 0.005)$$

제2군에서 정량신섭취율 $[I]_2$ 과 단순신섭취율 $[H]_2$ 간에 상관관계를 통계 처리하여 보면 상관계수(r)가 0.877

으로서 두 변수사이에 유의한 상관관계가 있고 이 두변수에 대한 회귀방정식은 다음과 같다(Fig. 2).

$$[I]_2 = 0.591 \cdot [H]_2 - 2.105 (p < 0.005)$$

제3군에서 신섭취방사능 $[F]_3$ 과 같은 크기의 배후방사능 $[G]_3$ 간에 상관관계를 통계처리하여 보면 상관계수(r)가 -0.858으로서 두변수사이에 유의한 상관관계가 있고 이 두변수에 대한 회귀방정식은 다음과 같다(Fig. 3, Table 3).

$$[G]_3 = -0.091 \cdot [F]_3 + 46455 (p < 0.005)$$

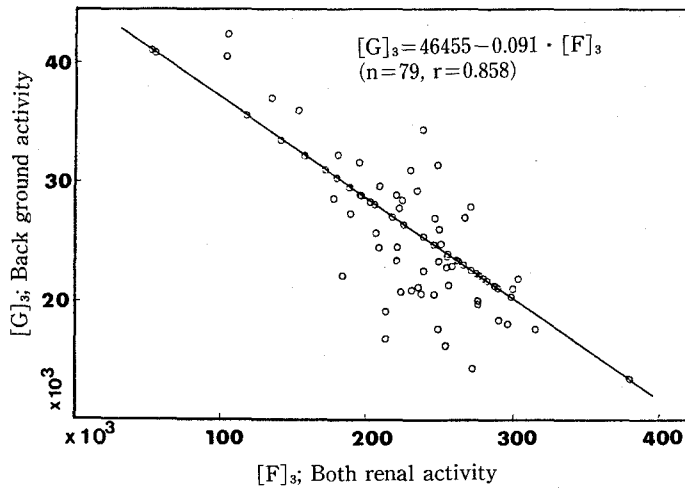


Fig. 3. Carrelation of both renal activity to back ground activity.

Table 3. Formal Charts for Quantified Renal Uptake Rates of ^{99m}Tc-DMSA in Group 1 $[I]_1$ and Group 2 $[I]_2$

[F] Both Kid.	[G] BKG.	[E]	[H]	$[I]_1$	$[I]_2$
65,000	40,509	24,491	6.12	0.44	1.51
70,000	40,051	29,949	7.49	1.66	2.32
75,000	39,594	35,406	8.85	2.86	3.13
80,000	39,137	40,863	10.22	4.07	3.94
85,000	38,679	46,321	11.58	5.28	4.74
90,000	38,222	51,778	12.90	6.44	5.52
95,000	37,764	57,236	14.30	7.68	6.35
100,000	37,307	62,693	15.70	8.92	7.17
105,000	36,850	68,150	17.00	10.07	7.94
110,000	36,392	73,608	18.40	11.31	8.77
115,000	35,935	79,065	19.77	12.52	9.58
120,000	35,477	84,523	21.13	13.73	10.38
125,000	35,020	89,980	22.50	14.94	11.19
130,000	34,563	95,437	23.86	16.14	12.00

Table 3. Continued

[F] Both Kid.	[G] BKG.	[E]	[H]	[I] ₁	[I] ₂
135,000	34,105	100,894	25.22	17.35	12.80
140,000	33,648	106,352	26.59	18.56	13.61
145,000	33,190	111,810	27.95	19.76	14.41
150,000	32,733	117,267	29.32	20.98	15.22
155,000	32,276	122,724	30.68	22.18	16.03
160,000	31,818	128,182	32.05	23.39	16.84
165,000	31,361	133,639	33.41	24.59	17.64
170,000	30,903	139,097	34.77	25.80	18.44
175,000	30,446	144,554	36.14	27.01	19.25
180,000	29,989	150,011	37.50	28.21	20.06
185,000	29,531	155,469	38.87	29.43	20.87
190,000	29,073	160,926	40.23	30.63	21.67
195,000	28,616	166,384	41.60	31.84	22.48
200,000	28,159	171,841	42.96	33.05	23.28
205,000	27,702	177,298	44.32	34.25	24.09
210,000	27,244	182,756	45.69	35.46	24.90
215,000	26,787	188,213	47.05	36.67	25.70
220,000	26,329	193,671	48.42	37.88	26.51
225,000	25,872	199,128	49.78	39.08	27.31
230,000	25,415	204,585	51.15	40.29	28.12
235,000	24,957	210,043	52.51	41.50	28.93
240,000	24,500	215,500	53.88	42.71	29.74
245,000	24,042	220,958	55.24	43.91	30.54
250,000	23,585	226,415	56.60	45.12	31.35
255,000	23,128	231,872	57.97	46.33	32.16
260,000	22,670	237,330	59.33	47.53	32.96
265,000	22,213	242,787	60.70	48.75	33.77
270,000	21,755	248,245	62.06	49.95	34.57
275,000	21,298	253,702	63.43	51.16	35.38
280,000	20,841	259,159	64.79	52.37	36.19
285,000	20,383	264,167	66.15	53.57	36.99
290,000	19,926	270,074	67.52	54.78	37.80
295,000	19,468	275,532	68.88	55.99	38.60
300,000	19,011	280,989	70.25	57.20	39.41
305,000	18,554	286,446	71.61	58.40	40.22
310,000	18,096	291,904	72.98	59.61	41.03
315,000	17,639	297,361	74.34	60.82	41.83
320,000	17,181	302,819	75.70	62.02	42.63
325,000	16,724	308,276	77.07	63.23	43.44
330,000	16,267	313,733	78.43	64.44	44.25
335,000	15,809	319,191	79.80	65.65	45.06
340,000	15,352	324,648	81.16	66.85	45.86

$[I]_1 = 1.497 \cdot [I]_2 - 1.826$ or $[I]_2 = 0.668 \cdot [I]_1 + 1.22$ ($r = 0.999$)

[F] : Both renal radioactivity at 3 hours after injection, [E] : Quantified renal radioactivity, [H] : Simple renal uptake rate, [I] : Quantified renal uptake rate.

고 찰

^{99m}Tc -DMSA 신선헤울은 혈청 BUN, Creatinine 검사보다 진단적 감수성이 높고 개별적신장기능을 평가할 수 있으며, 신장의 기능및 형태를 동시에 육안적으로 관찰할 수 있는 장점이 있다³⁾. 그러나 신선헤울을 환자마다 정량적으로 측정한다는 것은 임상적으로 불가능한 일이며, 약물 주입후 3시간 신후면 영상에서 얻은 단순신선헤울만으로 신장기능을 평가한다는 것도 불합리적이다. 인체를 전신촬영하여 얻은 전신방사능량에서 신장에 선헤된 방사능량을 비교측정하는 방법이 가장 바람직하나 이는 시술시간이 많이 걸리고 신장의 평태평가가 어려우므로 실제로 응용되기 쉽지 않다⁴⁾. 따라서 통계적으로 의미가 있는 표본량에서 전신투여 방사능량을 측정하고 3시간 신후면영상에서 얻은 신장의 선헤방사능량을 비교측정하는 방법으로 회귀방정식을 유도하므로 3시간 신후면영상의 신선헤방사능량만으로 정량신선헤울을 유도 할 수가 있다. 그러나 3시간 신후면의 신선헤방사능량은 촬영노출시간에 따라 다를 수가 있으므로 신장기능을 평가할 수가 없으며, 3시간 신후면 영상 전체에 노출된 전체방사능량에서 신선헤방사능량을 비교측정하므로 단순하나마 신기능을 평가 할 수 있는 단순신선헤울을 얻을 수가 있다. 이는 전신투여방사능량에서 신선헤방사능량을 비교측정하여 얻은 정량적 신선헤울에 비하면 신장기능이 나빠질 수록 신장선헤비율이 높게 나타나므로 단순신선헤울만으로는 신기능을 평가할 수 있는 방법이 되지를 못한다. 따라서 이를 동일한 환자에서 정량적신선헤울에 비교측정하면 필요한 교정치를 얻을 수가 있고 이러한 일정한 회귀방정식에서 환자마다 정량적신선헤울을 측정하지 않는다하더라도 3시간 신후면영상에서 얻은 단순신선헤울로 정량신선헤울을 환산 할 수가 있다.

^{99m}Tc -DMSA 신선헤울에서 개별적 신장기능을 평가하는 방법은 두신장의 선헤방사능량에서 같은 크기의 배후방사능을 감산하고난 정량신선헤방사능량에서 두신장방사능량의 합을 개별신장의 방사능량에 다 나누어 백분율하므로 두 신장의 선헤방사능량의 비를 나타낼 수 있으며 이것으로 양신장의 합을 나타내는 정량적신선헤울에다 환산하면 개별적신장의 정량적선헤울을 구할 수가 있다. 예를들어 ^{99m}Tc -DMSA 신스캔 3시간 후면 40만

카운트한 영상에서 우신이 2,270 matrix 크기에 91,548 counts, 좌신이 2,427 matrix 크기에 87,965 counts이고 그배후방사능이 우측 301 matrix 크기에 1,210, 좌측 245 matrix 크기에 1,005 counts라고 하면 우신의 정량선헤방사능은 $91,548 - (1,210 \cdot 2,270/301) = 81,473$, 좌신의 정량선헤방사능은 $87,965 - (1,005 \cdot 2,427/245) = 78,016$ 이 된다. 이 두 신장의 정량선헤방사능의 합은 159,479이며 두 신장의 선헤방사능량의 비는 51 : 49이다. 이들의 정량신선헤율이 30%라고 하면 우신의 정량선헤율은 $30 \cdot 51/100 = 15.3(\%)$, 좌신의 정량선헤율은 $30 \cdot 49/100 = 14.7(\%)$ 가 된다.

^{99m}Tc -DMSA 신스캔의 3시간 후면영상에서 양신장에 각각 직사각형의 관심영역을 그리고 양신장 직하에 배후방사능 보정을 위한 정사각형의 관심영역을 그려 이를 단순신선헤율로 나타내었던 25예, 제1군과 육안적으로 방사능이 선헤된 신장의 크기에 맞게 임의로 관심영역을 그리고 양신장 직하에 배후방사능보정을 위한 임의의 관심영역을 그려 이를 단순신선헤율로 나타내었던 37예, 제2군에서 서로가 상당한 차이를 나타내는 정량신선헤율을 보이고 있다. 전자의 방법은 양신장에 같은 크기의 관심영역을 나타낼 수 있으므로 육안적으로 두 신장의 개별적 신장기능을 평가할 수 있고, 정량신선헤율을 평가하는데 계산이 간단하며, 육안적으로 식별이 안되는 불현신을 평가할 수 있는 장점이 있으나 우측신에서는 간(肝)에, 좌측신에서는 비장에 선헤될 수 있는 방사능의 양이 과도하게 포함되어 순수한 신피질의 방사능선헤율보다 높은 방사능선헤율을 나타내는 단점이 있다. 후자의 경우는 간이나 비장에 선헤된 방사능을 피하여 비교적 순수한 신피질의 방사능선헤율을 나타낼 수는 있으나, 정량신선헤율을 평가하는 계산이 복잡하고, 시술자에 따라 육안적 관점이 달라 오차의 범위가 커질 수 있고, ^{99m}Tc -DMSA 스캔상 육안적으로 식별안되는 불현신이 무시되기 쉽다⁵⁾. 그런데 이렇게 두 가지 방법으로 측정한 정량신선헤율은 서로 큰 차이를 보이고 있다. 따라서 환자의 신기능을 추적조사하는 경우 방법에 따른 차이를 보정할 수 있는 공식이 필요하다. 공식표에서 유도된 두가지 방법의 회귀방정식을 구하면 $[I]_1 = 1.497 \cdot [I]_2 - 1.826$ 또는 $[I]_2 = 0.668 \cdot [I]_1 + 1.22$ 가 된다. 이것이 상관계수(r)은 0.9999로 공식표에서 유도된 두가지 방법의 회귀방정식은 상호보정이 가능하다.

REFERENCES

- 1) 이종화, 최민연, 문태용, 김병수 : ^{99m}Tc -DMSA 신티그램의 단순 신선헤울로 측정된 신기능의 정량적 평가. 대한방사선의학회지 27:727-731, 1991
- 2) William RH, Edward LC, Raymond PR: *Radiologic physics, equipment and quality control. 1st ed. Chicago: Year book medical publishers. 18-23, 1977*
- 3) 문태용 : ^{99m}Tc -DMSA 신티그램을 이용한 신장기능의 임상적 평가. 대한방사선의학회지 27:732-739, 1991
- 4) 김상은, 문대혁, 이동수, 한진석, 정준기, 이명철, 이정삼, 고창순 : ^{99m}Tc -DMSA의 절대적 신선헤울을 이용한 신기능의 정량화. 대한의학회지 33(12):1345-1358, 1990
- 5) Kawamura J, Hosokawa S, Yoshida O, Fujita T, Ishii Y, Torizuka K: *Validity of ^{99m}Tc Dimercaptosuccinic Acid Renal Uptake for an Assessment of Individual Kidney Function, J Urol 119:305-309, 1978*