

^{99m}Tc -MDP 골신티그라피를 이용한 Hydroxyapatite 안구 보충물의 혈관 신생 평가 및 임상적 유용성

가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실

강봉주 · 손형선

Usefulness of ^{99m}Tc -MDP Bone Scintigraphy for Assessing Vascular Ingrowth on Hydroxyapatite Ocular Implant

Bong Joo Kang, M.D. and Hyung Sun Sohn, M.D.

Department of Radiology, College of Medicine, The Catholic University of Korea

Abstract

Purpose: This study was to evaluate the clinical usefulness of ^{99m}Tc -MDP bone scintigraphy for assessing vascular ingrowth into the ocular implants after enucleation or evisceration. **Materials and Methods:** Twenty-four patients (M:F=7:17, mean age: 36 years), who buried a coralline hydroxyapatite after uncomplicated enucleation or evisceration surgery were studied. Dynamic and static scintigraphy on the orbit fossa were obtained after injection of 740 MBq ^{99m}Tc -MDP to evaluate the status of vascularization. The study was performed from the 3 to 33 weeks after surgery. According to the visual analysis, activity greater than nasal bridge was graded as 4, equal to the nasal bridge as 3, less than nasal bridge but greater than normal orbit as 2, greater than normal orbit but less than grade 2 as 1. Uptake ratio was also calculated by measuring the implants activity (H) and contralateral orbit activity (N). Grading score and uptake ratio were compared with clinical outcome of vascularization. Additionally, we also analyzed the vascularization status as time lapse between primary surgery and scintigraphic study and surgical methods. **Results:** Twenty-one patients who had bone scintigraphy at 11 weeks after surgery showed increased uptake above grade 2 and greater H/N ratio than 1.56. Of these, 19 patients who had drilling surgery for permanent peg application showed adequate bleeding during the procedure. The activity grade and uptake ratio were inversely correlated with vascular ingrowth. Higher than grade 2 or greater than 1.56 in H/N ratio seemed to be an indicator for better prognosis. Accomplishment of vascularization was not affected by the surgical way such as enucleation or evisceration. **Conclusion:** ^{99m}Tc -MDP bone scintigraphy can be a useful method to evaluate the vascularized status of implants. Adequate time for ^{99m}Tc -MDP bone scintigraphy may be 11-20 weeks after enucleation or evisceration. (Korean J Nucl Med 1999;33:484-92)

Key Words: Hydroxyapatite, ^{99m}Tc -MDP, Bone scintigraphy, Ocular implant

Corresponding Author: Hyung Sun Sohn, M.D., Department of Nuclear Medicine, St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, # 62 youido-dong, yong dung po-ku, Seoul, 137-040, Korea

Tel: (02)3779-1445, Fax: (02)769-1722

※ 이 논문은 1999년 가톨릭중앙의료원 연구보조비의 지원을 받았음.

서 론

안구제거술 후 삽입하는 hydroxyapatite 안구 보충물은 다른 보충물과 비교하여 체내에서 이물반응

이 없고, 안구 탈출이 잘 일어나지 않고 비교적 감염이 되지 않으며, 움직이는 의안수술이 가능해 미용적으로 우수한 장점이 있다.¹⁻⁸⁾ 이러한 안구 보충물에 의안이 성공적으로 부착되기 위해서는 안구 보충물 내로 섬유혈관 증식이 적절하게 일어나야 한다. Hydroxyapatite 안구 보충물 내로의 혈관 신생 여부를 알아보는 방법에는 ^{99m}Tc-MDP를 이용한 골신티그라피와 자기공명영상법 등이 많이 이용되었다. 먼저 자기공명영상법은 삼차원적인 영상구성과 해상도가 높아 안구 보충물의 혈관 신생 여부를 보다 정확하게 파악할 수 있는 장점이 있으나 비용이 많이 들어 반복적인 검사에는 단점이 있다.^{9,10)} 그러나 골신티그라피는 간단하고 비침습적이며 비용이 적게 들어 반복적인 검사가 가능하여 안구 보충물 혈관 신생여부 판단에 많이 사용하고 있다.^{1,3-7)} 간혹 SPECT 검사로 진단 민감도를 높이기 위한 시도를 하였으나, 단층적으로 혈류 공급정도를 정확히 알아볼 수 있으나 비균질성의 혈관증식 상태인 경우에는 부분적인 섬유혈관 증식을 간과할 수 있다는 단점이 있는 것으로 알려져 있다.⁷⁾

이에 저자들은 안구 보충물을 삽입한 환자에서 골신티그라피를 시행하여 검사기간에 따른 분류와 육안적인 분류, 정량적인 분석 등을 이용하여 안구 보충물 삽입 후 골신티그라피의 적절한 시행 시기를 알아보았다. 그리고 안구적출술(enucleation)과 안구 내용물제거술(visceration)의 수술 방법에 따라 섬유혈관 증식의 진행에 차이가 있는지 알아보았다. 또한 골신티그라피 후 얻은 여러 분석 결과를 토대로 안구 천공술 시기와 의안의 부착 시기 결정에 따른 골신티그라피의 임상적 유용성에 대해서도 알아보았다.

대상 및 방법

1. 대 상

본원에서 안구를 제거한 후 hydroxyapatite 안구 보충물을 삽입한 24명의 환자를 대상으로 하였다(여자 7명, 남자 17명, 연령 분포 12~78세, 평균 연령 36세). 원인 질환은 안구 내 종양 1명, 좌상이나 둔상에 의한 안구 손상 13명, 알칼리 화상 3명, 그리고

녹내장, 백내장, 미숙아 망막증으로 인한 안구 위축 7명 등으로 다양하였고, 우안과 좌안의 빈도는 12:12로 동일하였다. 수술은 24명 중 12명이 안구적출술을, 나머지 12명이 안구내용물제거술을 각각 시행 받았다.

2. 검사 방법

안구를 제거하고 hydroxyapatite 안구 보충물 삽입 후 3~33주 사이의 다양한 간격(3~10주 사이에 4명, 11~20주 사이에 10명, 21~33주 사이에 10명)을 두고 골신티그라피를 시행하였다. ^{99m}Tc-MDP 740 MBq를 정맥주사 한 후 이중헤드 감마카메라(E-cam, Siemens, Germany)를 이용하여 5분 동안 역동적 혈류영상을 얻고, 주사 후 3시간째 안와의 정면과 측면에서 정적 영상을 얻었다. 이후에 바늘구멍조준기(5 mm)를 이용하여 안와 부위의 확대 영상을 함께 얻었다.¹¹⁾ 육안적으로 안구 보충물이 비교(nasal bridge)보다 섭취가 강한 경우를 등급 4로, 같은 경우는 등급 3, 비교에서의 섭취보다는 낮고 반대측 안구섭취 정도보다 강한 경우는 등급 2, 그 이하인 경우는 등급 1로 분류하였다. 이러한 등급 분류의 정확도를 높이기 위해 바늘구멍 영상을 이용하였다(Fig. 1).¹⁾ 정량적 분석 방법으로 골신티그라피 정면 영상에서 안구 보충물(H: hydroxyapatite)과 반대측 정상 안구 부위(N: normal)에 같은 크기의 관심영역을 설정하여 이들의 평균 방사능 계수 비(H/N ratio)를 구하였다(Fig. 2).

3. 분 석

안구 보충물 삽입 후 골신티그라피 시행 시기와 방사능 섭취정도의 육안적 분류, 그리고 정량적 분석과의 상관 관계에 대해 분석하였고, 안구 보충물에 대한 천공술 후 출혈 유무의 결과와 안구 보충물 삽입 후 경과기간, 골신티그라피에 따른 육안적 분류와 정량적 분석과의 상관 관계에 대해서도 분석하여 보았다. 또한 수술 방법에 따른 섬유혈관 증식의 차이에 대하여도 분석하였다. 통계적인 분석은 Student T-test와 Pearson 분석을 이용하였고 p<0.05일 때 통계적으로 유의하다고 판정하였다.

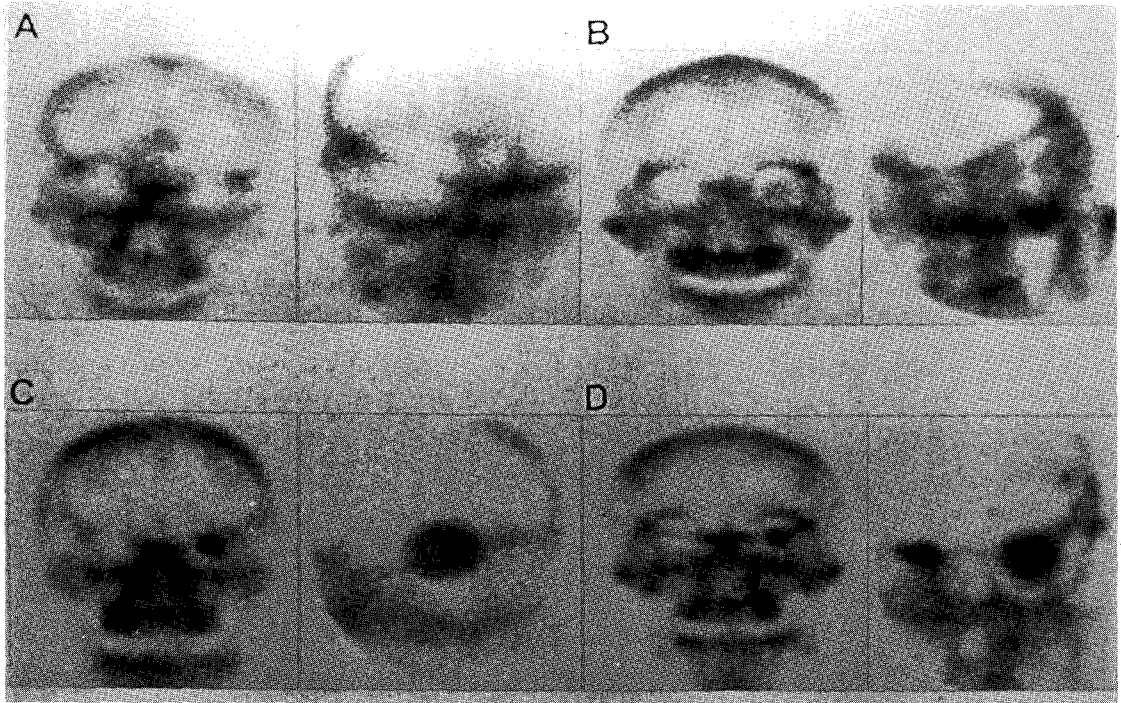


Fig. 1. (A) Grade 1=uptake in the implant greater than the normal orbit but not quite 2. (B) Grade 2=midway between the nasal bridge and the normal orbit, (C) Grade 3=equal to the nasal bridge, (D) Grade 4=greater than that in the nasal bridge.

결 과

대상 환자의 안구 보충물 삽입 후 골신틸그라피 시행까지의 기간과 골신틸그라피 상 등급 분류와 방사능 계수 비, 천공 시 소견과 골신틸그라피 시행 후 천공 시까지의 기간과 안구 보충물 삽입 후부터 천공 시까지의 기간은 다음과 같았다(Table 1, Fig. 3-5). 안구적출술을 받은 환자 중 3명에서 부분 안와 함몰로 골막하 용기법을 시행받았는데 이로 인한 골신틸그라피의 시기나 의안 부착을 위한 천공 시기가 지연되지는 않았다.

안구를 제거한 후 10주 이전에 $^{99m}\text{Tc-MDP}$ 골신틸그라피를 시행한 환자는 4명, 11주에서 20주 사이에 시행한 환자는 10명, 21주에서 33주 사이에 시행한 환자는 10명이었다. 또한 등급 1은 3명으로 이들의 방사능 계수 비는 0.81 ± 0.26 ($0.53 \sim 1.03$)이었고, 등급 2는 8명으로 방사능 계수 비는 2.56 ± 0.79

($1.56 \sim 4.13$)이었으며, 등급 3은 8명으로 방사능 계수 비는 3.57 ± 0.57 ($2.77 \sim 4.42$)이었고, 등급 4는 5명으로 방사능 계수 비는 4.00 ± 1.24 ($2.72 \sim 5.78$)였다(Table 2).

등급 2 이상, 방사능 계수 비 1.56 이상인 환자 중 추적 관찰할 수 없었던 2명을 제외한 19명이 천공 후 안구고정술을 시행하였다. 의안 부착을 위한 천공술은 $^{99m}\text{Tc-MDP}$ 골신틸그라피 후 평균 32 ($5 \sim 73$)일에 시행되었다. 모든 환자에서 수술 시 출혈을 확인할 수 있었고 수술 후 추적 검사 시 운동성은 매우 양호하였으며 안구 탈출이나 감염 등의 부작용은 관찰되지 않았다.

등급 1과 등급 2, 등급 2와 등급 3간의 방사능 계수 비의 차이는 통계적으로 유의하였다($p < 0.05$). 등급 3과 등급 4의 방사능 계수 비의 차이는 통계적으로 유의하지 않았다($p > 0.05$). 안구를 제거한 후 골신틸그라피를 시행하기까지의 기간과의 관계에 있어서는 3~10주 이내와 11~20주 사이의 방사능 계

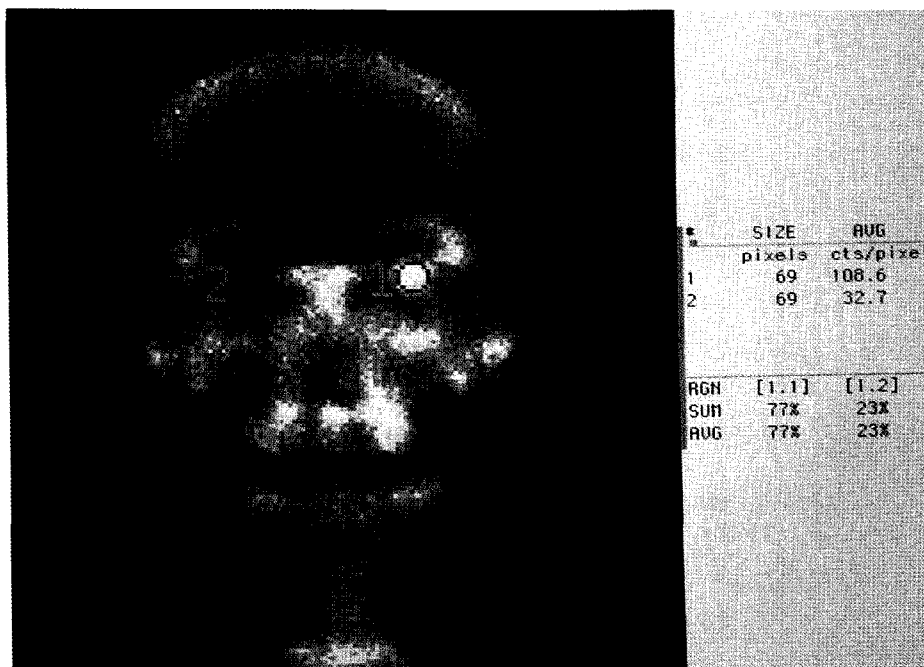


Fig. 2. Quantitative intraorbital bone activity was measured by hydroxyapatite(H)/normal(N) ratio in the bone scintigraphy.

수 비에서 통계적으로 유의한 차이가 있었다(p<0.05). 안구의 제거 수술 방법에 따른 환자들의 등급 분류와 방사능 계수 비 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다(p>0.05, Table 3).

고 찰

의안 시술의 과정은 안구 적출과 안구 보충물 삽입 후 골스킨티그래피를 통해 안구 보충물로의 적절한 섬유혈관 증식을 확인한 후 보충물에 천공술을 시행하고 이 때의 출혈 유무로 적절한 섬유혈관 증식을 육안으로 확인한 다음 의안을 부착 시키는 순서로 진행된다. 이 때 사용되는 Hydroxyapatite 안구 보충물은 정상 골과 유사한 칼슘-인산염으로 구성되어 있다.^{1,12,13)} 이 물질은 다공성의 형태를 이루어 섬유혈관 조직이 내부로 자라 들어오게 되어 정상 안와 조직과 융합된다. 의안을 hydroxyapatite 안구 보충물에 부착시키기 위하여 운동성 나사 삽입을 위한 천공술을 하는데 적절한 수술 시기를 정하기 위해서는 안구 보충물 내로의 섬유혈관 증식정도를 확인해

야 한다. 사람과 동물에서 시행한 연구 결과에 의하면 4주 정도면 섬유혈관 증식을 하는 것으로 되어 있는데 수술 방법이 발전되지 못했던 예전에는 완전한 섬유혈관 증식이 되기까지 6~10개월 정도의 기간이 필요하다고 생각되었으나 섬유혈관 증식의 통로로 만들어지는 구멍을 이용하면서 5~6개월, 현재는 2~3개월 정도면 섬유혈관 증식이 적절히 이루어진다고 생각되어 지고 있다.²⁾

안구를 제거한 후 안구 보충물을 삽입하는 과정에서 시행되는 수술 방법으로는 안구적출술과 안구 내용물 제거술이 이용되는데 안구적출술은 위축이 심하거나 재수술을 받거나 악성 종양 등의 경우에 주로 시행되고 대개는 안구내용물제거술이 시행되고 있다. 안구적출술은 360° 결막주위절개술 후 6개의 안구 근육을 떼어 내고 안구를 적출한 후 공여된 공막 주머니 속에 hydroxyapatite를 넣고 이를 안와에 삽입한 후 다시 근육과 인대, 결막을 연결해주는 수술이다. 여기에 섬유혈관 증식이 잘 되도록 하기 위해 hydroxyapatite를 둘러싼 공여 공막에 다섯 개의 구멍을 뚫는다. 안구 내용물 제거술은 공막을

Table 1. Data of Patient

Age /Sex	Preoperation. Diagnosis	Bone scan			Grade †	H/N ratio	Drilling	
		Implantation method (Enu/Evis)*	Interval from im-plantation to bone scan (days/weeks)				Bleeding (O/X)	Interval from bone scan to drilling (from im-plantation to drilling)
78/F	Conjun. squa. Cell ca(R)	Enu (18)	21	3+0	1	1.03		-
23/F	Trauma(R)	Enu (20)	41	5+6	1	0.87		-
63/F	Phthisis d/t cataract(R)	Enu (18)	50	7+1	1	0.53		-
53/F	Alkaline burn(L)	Enu (20)	70	10+0	2	3	O	60 (130)
60/F	Phthisis d/t glaucoma(R)	Evi (18)	80	11+3	3	2.77	O	32 (112)
18/M	Phthisis d/t glaucoma(L)	Evi (20)	97	13+6	2	1.56	O	73 (170)
38/M	Trauma(L)	Evi (18)	114	16+2	3	3.88		-
23/F	Phthisis d/t cataract(L)	Enu (16)	117	16+5	3	3.83	O	15 (132)
22/M	Phthisis d/t glaucoma(R)	Evi (18)	124	17+5	2	2.4	O	40 (164)
16/F	Phthisis d/t ROP(R)	Evi (18)	127	18+1	3	4.09	O	53 (180)
59/M	Trauma(R)	Evi (18)	130	18+4	2	2	O	-
35/M	Trauma(R)	Evi (18)	134	19+1	3	4.42		31 (165)
52/M	Phthisis d/t cataract(L)	Evi (18)	134	19+1	2	2.95	O	21 (153)
40/M	Trauma(L)	Enu (18)	136	19+3	2	2.44	O	44 (180)
20/M	Trauma(L)	Enu (20)	151	21+4	4	4.56	O	19 (170)
27/M	Trauma(L)	Enu (20)	153	21+6	4	4	O	47 (200)
39/M	Alkaline burn(R)	Evi (18)	155	22+1	3	3.34	O	25 (180)
46/M	Alkaline burn(R)	Evi (18)	160	22+6	4	2.96	O	40 (200)
25/M	Trauma(L)	Evi (18)	179	25+4	3	2.99	O	27 (206)
12/M	Trauma(L)	Enu (18)	183	26+1	2	4.13	O	30 (213)
26/M	Trauma(L)	Enu (18)	188	26+6	3	3.27	O	5 (193)
30/M	Trauma(R)	Enu (18)	197	28+1	2	1.98	O	13 (210)
39/M	Trauma(R)	Enu (20)	230	32+6	4	5.78	O	15 (245)
29/M	Trauma(L)	Evi (20)	230	32+6	4	2.72	O	10 (240)
Mean	R: 12, L: 12		133	19	3	2.979		32 (187)

* Enu: enucleation; Evi: evisceration (diameter of the hydroxyapatite sphere:mm)

† Grade 4=uptake in the implant greater than that in the nasal bridge, 3=equal to the nasal bridge, 2=midway between the nasal bridge and the normal orbit, 1=greater than the normal orbit but not quite 2.

열고 내부 구조물들을 없앤 뒤 hydroxyapatite를 넣고 달아 주는 수술로 본인의 공막에 3~4개의 절개

창을 내어 섬유혈관 증식이 잘 되도록 한다.^{2,3)} 안구 적출술에 비해 안구 내용물 제거술의 섬유혈관 증식

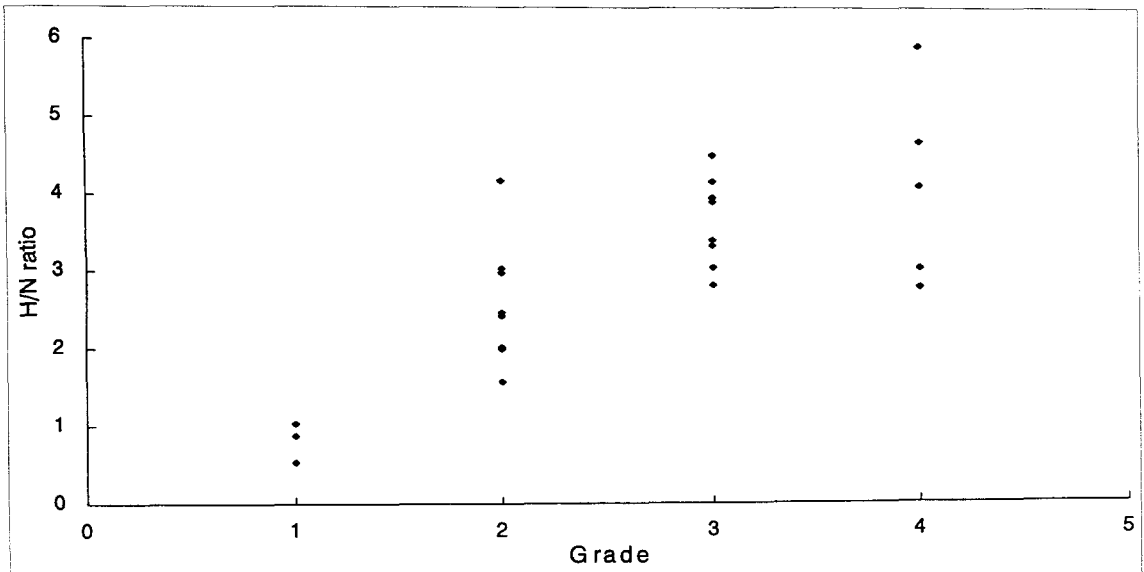


Fig. 3. Comparison with grade and H/N ratio.

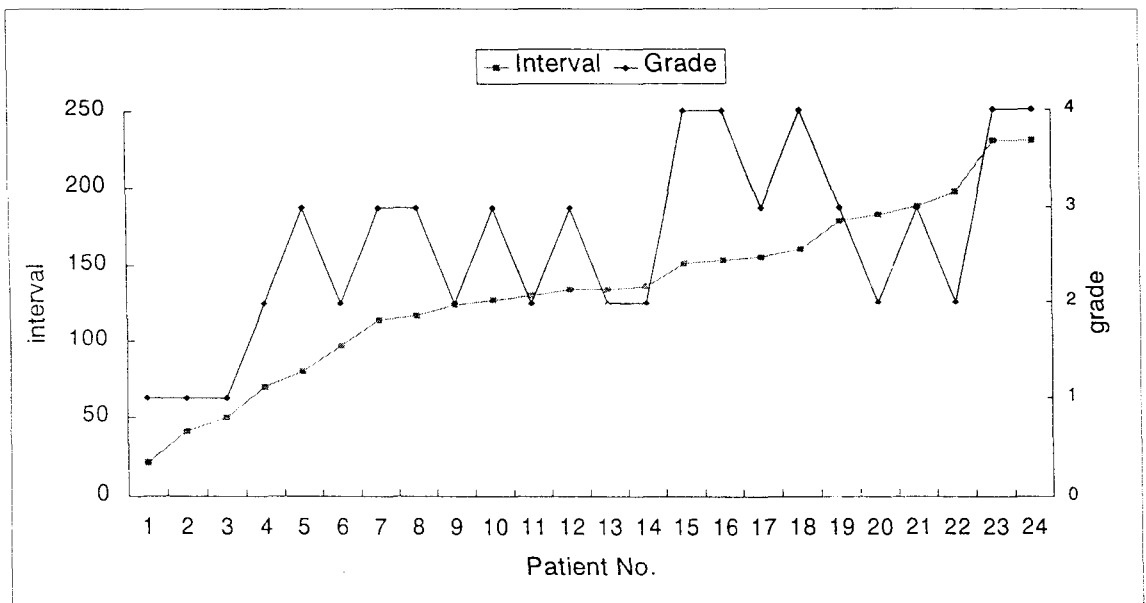


Fig. 4. Comparison with interval from implantation to bone scintigraphy and grade.

이 늦어질 것으로 예측되어 왔으나 현재 섬유혈관 증식이 쉽게 되도록 공막에 여러 개의 절개창을 내는 방법을 적용하여 그 차이가 적어지고 있다.²⁾ 우리 연구에서도 두 방법의 ^{99m}Tc -MDP 골신티그래피를 통한 비교에서 기간과 섭취 정도에 유의한 차이

를 보이지 않았다.

안구 보충물 내로의 혈관 증식을 평가하여 ^{99m}Tc -MDP 골신티그래피 시기를 제시한 연구로 우리나라에서는 김 등⁴⁾에 의해 21주 이상이 제시되었으며 Cievelek 등¹⁶⁾에 의해 1~2개월에도 충분한 섬유혈

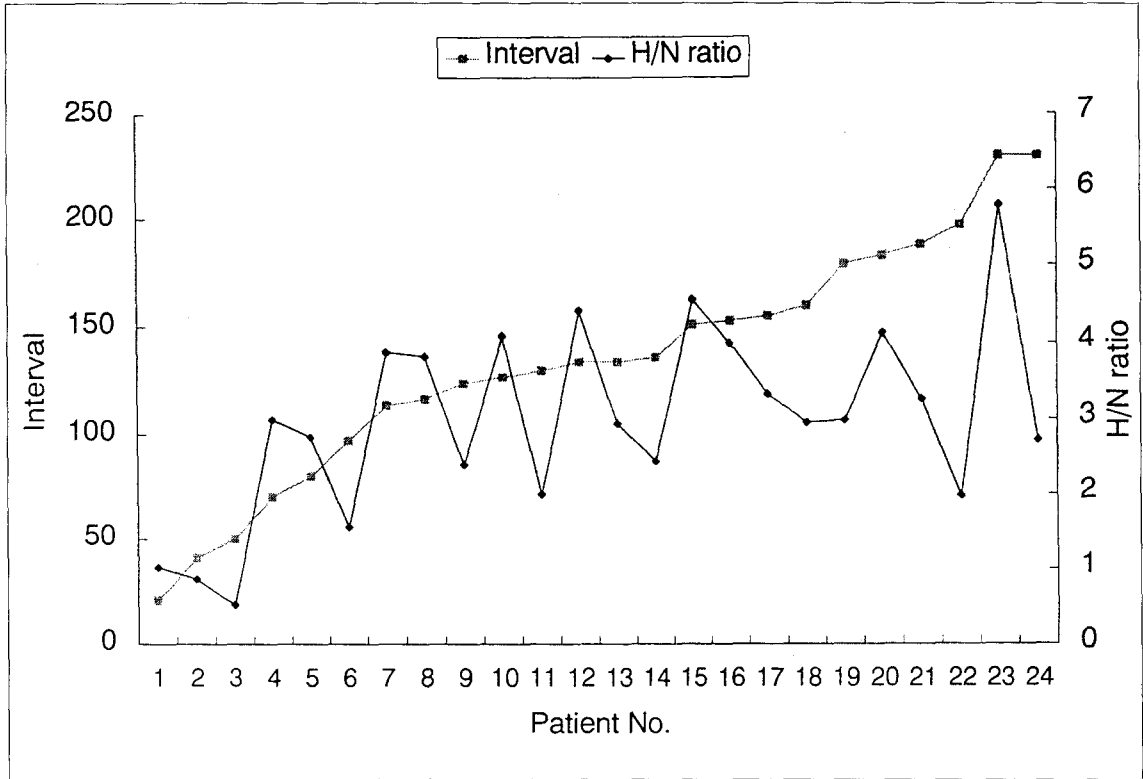


Fig. 5. Comparison with interval from implantation to bone scintigraphy and H/N ratio.

Table 2. Interval from Implantation to ^{99m}Tc-MDP Bone Scintigraphy and Qualitative, Quantitative Assessment

	3-10주	11-20주	21-33주	H/N ratio
Grade 1	3	0	0	0.81 ± 0.26 (0.53-1.03)
Grade 2	1	5	2	2.56 ± 0.79 (1.56-4.13)
Grade 3	0	5	3	3.57 ± 0.57 (2.77-4.42)
Grade 4	0	0	5	4.00 ± 1.24 (2.72-5.78)
H/N ratio	1.35 ± 1.11	3.03 ± 0.96	3.57 ± 1.07	

관 증식이 일어난다는 보고도 있었다. 안구적출술시 공막에 섬유혈관 증식을 유도하는 구멍을 뚫어주는 방법의 효과를 제시하는 Ferrone 등³⁾의 연구 결과에서는 10주 이상을 적절한 ^{99m}Tc-MDP 골신티그라피의 시기로 주장하였다. 우리 연구 결과에서도 수술 방법에 관계없이 최소한 10주 이상의 기간을 두고 ^{99m}Tc-MDP 골신티그라피를 시행한 환자에서 모두 등급 2 이상, 방사능 계수 비 1.56 이상의 섭취를 보이는 것으로 나타났으며, 10주 이전과 11주 이후에

^{99m}Tc-MDP 골신티그라피의 섭취 정도는 유의하게 차이가 있었으나 11주 이후의 섭취 정도간에는 유의한 차이가 없었다.

본 연구결과에 의하면 안구적출술을 시행하고 70(10주)일이라는 짧은 기간 후에 시행한 ^{99m}Tc-MDP 골신티그라피 결과 등급 2와 방사능 계수 비 2 정도의 적절한 섭취를 보였고 천공 시 출혈로 충분한 섬유혈관 증식을 확인한 경우가 있었다. 이 경우 천공 시까지의 기간이 130(18주+4)일로 ^{99m}Tc-MDP 골

Table 3. Comparison with Duration and Uptake between Enucleation and Evisceration Surgery

No.	Enucleation			Evisceration		
	Duration	Grade	H/N ratio	Duration	Grade	H/N ratio
1	21	1	1.03	80	3	2.77
2	41	1	0.87	97	2	1.56
3	50	1	0.53	114	3	3.88
4	70	2	3	124	2	2.4
5	117	3	3.83	127	3	4.09
6	136	2	2.44	130	2	2
7	151	4	4.56	134	3	4.42
8	153	4	4	134	2	2.95
9	183	2	4.13	155	3	3.34
10	188	3	3.27	160	4	2.96
11	197	2	1.98	179	3	2.99
12	230	4	5.78	230	4	2.72
Mean	128.08	2.42	2.95	138.67	2.83	3.01

신티그라피 후 천공 시 출혈로 확인하기까지의 기간이 60일로 길어 그 사이에 섬유혈관 증식이 더 진행되었으리라고 예측할 수 있다. 안구 내용물 제거술을 시행한 다른 예에서는 80 (11주+3)일의 기간 후 ^{99m}Tc-MDP 골신티그라피를 시행한 결과 등급 3, 방사능 계수 비 2.77로 적절한 섭취를 보였고, 안구 보충물을 삽입하고 112 (16주)일 이후에 천공시 출혈을 통하여 적절한 섬유혈관 증식을 확인할 수 있었다. 이것이 가장 빠른 시기에 천공 시 출혈을 보고 섬유혈관 증식을 확인한 예로, 보충물 삽입 후 16주 이상의 기간을 두고 천공술을 시행한 모든 환자에서 적절한 혈관 신생을 나타내는 출혈의 소견을 보였다.

결론적으로 ^{99m}Tc-MDP 골신티그라피는 안구 보충물의 혈관 신생을 알아보는데 임상적으로 매우 간단하게 시행할 수 있는 유용한 검사이며 ^{99m}Tc-MDP 골신티그라피를 시행하는 시기를 결정하는데 안구 제거술의 방법은 관계없고, 검사시기는 안구 보충물 삽입 후 11~20주 사이가 적절할 것으로 생각된다. 특히 골신티그라피의 분석에서 등급 2 이상, 방사능 계수 비 1.56 이상을 보이는 경우에는 의안 부착을 위한 안구천공술의 지표로 사용이 가능할 것으로 생각된다.

요 약

목적: 안구제거술 후 삽입한 hydroxyapatite 안구 보충물 내로의 혈관 신생 여부의 평가에 ^{99m}Tc-MDP 골신티그라피의 임상적 유용성에 대해 알아 보고자 하였다. **대상 및 방법:** 안구적출술이나 안구내용물 제거술의 방법을 이용하여 안구 제거 후 hydroxyapatite 보충물을 삽입한 24명의 환자를 대상으로 하였다(여자 7명, 남자 17명, 연령 분포 12~78세, 평균 연령 36세, 안구적출술 12명, 안구내용물 제거술 12명). Hydroxyapatite 보충물 삽입 후 3~33주(3~10주 사이에 4명, 11~20주 사이에 10명, 21~33주 사이에 10명) 사이에 ^{99m}Tc-MDP 골신티그라피를 시행하였다. 방사능 섭취 정도는 육안적으로 안구 보충물과 비교(nasal bridge) 및 반대측 안구와 비교하여 안구 보충물이 비교보다 강할 경우 등급 4, 같을 경우 등급 3, 비교와 반대측 안구 사이일 경우 등급 2, 그 이하일 경우 등급 1로 하였다. 또한 골신티그라피 정면 영상에서 관심영역을 안구 보충물과 반대측 안구에 같은 크기로 설정하여 방사능 계수 비(H/N ratio)를 구하였다. 검사 시기와 방사능 섭취의 등급 분류, 방사능 계수 비와 안구 고정술 후 성공

여부와외의 관계를 분석하였다. **결과:** 등급 2 이상, 방사능 계수 비가 1.56 이상인 환자 중 추적 관찰할 수 없었던 2명을 제외한 19명 모두에서 천공 시 출혈을 확인하였고, 의안과 연결하여 안구 고정술을 시행하였다. 방사능 섭취 정도를 육안적 분류 방법과 정량적 측정 방법에 의한 결과는 두 방법 모두 통계적으로 유의하였고 검사 시기와 방사능 계수 비 사이에 각각 유의한 상관관계가 있었으나 수술 방법에 따른 차이는 보이지 않았다. **결론:** ^{99m}Tc -MDP 골신티그라피의 방사능 섭취 등급 분류와 방사능 계수 비는 안구고정술의 시기 결정에 도움을 주었다. 안구적출술과 안구내용물제거술의 수술 방법 차이에 관계없이 안구고정술을 위한 첫 검사 시기는 안구보충물 삽입 후 11~20주 사이가 좋을 것으로 생각되며, 등급 2, 방사능 계수 비 1.56 이상인 경우에는 안구 고정술을 시행하여 좋은 결과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 1) Baumgarten D, Wojno T, Taylor A. Evaluation of biomatrix hydroxyapatite ocular implants with ^{99m}Tc -MDP. *J Nucl Med* 1993;34:467-8.
- 2) Dutton JJ. Coralline hydroxyapatite as an ocular implant. *Ophthalmology* 1991;98:370-7.
- 3) Ferrone PJ, Dutton JJ. Rate of vascularization of coralline hydroxyapatite ocular implants. *Ophthalmology* 1992;99:376-9.
- 4) Kim JD, Shin SG, Lee SW. Evaluation of vascularization of hydroxyapatite ocular implants by ^{99m}Tc -MDP bone scan: preliminary study. *Korean J Nucl Med* 1995;29:518-25.
- 5) Bom HS, Song HC, Kim JY, Jeong SK, Park YK.

Evaluation of fibrovascular ingrowth into the hydroxyapatite ocular implant by ^{99m}Tc -MDP bone scintigraphy. *Korean J Nucl Med* 1993;27:256-60.

- 6) Cievelek AC, Pacheco EM, Natarajan TK, Wagner HN, Iliff NT. Quantitative measurement of vascularization and vascular ingrowth rate of coralline hydroxyapatite ocular implant by ^{99m}Tc -MDP bone imaging. *Clin Nucl Med* 1995;20:779-87.
- 7) Numerow LM, Kloiber R, Mitchell RJ, Molnar CP, Anderson MA. Hydroxyapatite orbital implants scanning with ^{99m}Tc -MDP. *Clin Nucl Med* 1994;19:9-12.
- 8) Perry AC. When to drill the biomatrix hydroxyapatite ocular implant. *Am J Ocularists* 1991;22:5-7.
- 9) Hamilton HE, Christianson MD, Williams JP, Thomas RA. Evaluation of vascularization of coralline hydroxyapatite ocular implants by magnetic resonance imaging. *Clin Imaging* 1992;16:243-6.
- 10) Potter P, Shields CL, Shields JA, Flanders AE, Rao VM. Role of Magnetic resonance imaging in the evaluation of the hydroxyapatite orbital implant. *Ophthalmology* 1992;99:824-30.
- 11) Leitha T, Straudenherz A, Scholz U. Three-phase bone scintigraphy of hydroxyapatite ocular implants. *Eur J Nucl Med* 1995;22:308-14.
- 12) Shields CL, Shields JA, Eagle RC, Potter P. Histopathologic evidence of fibrovascular ingrowth four weeks after placement of the hydroxyapatite orbital implant. *Am J Ophthalmol* 1991;111:363-6.
- 13) Ripamonti U. The morphogenesis of bone in replicas of porous hydroxyapatite obtained from conversion of calcium carbonate exoskeletons of coral. *J Bone and Joint Surg* 1991;5:692-703.