대한영상의학회지 2006;54:155 - 160

혈안장벽 연구를 위한 실험 모델[1]

김학진 · 제승연[2] · 박재성[2] · 김용우[3] · 박병래[4] · 정연주

목적: 눈에는 혈망막 및 혈방수장벽으로 이루어진 혈안장벽이 있다. 이 논문의 목적은 Triolein emulsion이 혈안장벽을 여는 것에 대해 자기공명영상을 통해 알아보고 나아가 혈안장벽의 연구를 위한 기본 모델을 제시하고자 함이다.

대상과 방법: 고양이 10마리를 대상으로 triolein 0.1 ml를 20 ml 식염수에 섞어 유상액으로 만들고 일측 경동맥에 주입하였다. 대조군으로는 고양이 10마리에게 식염수 20 ml만을 주입하였다. 양군에서 색전 후 30분과 3시간에 각각 조영전과 조영후 T1 강조 자기공명영상을 얻었다. 각 시간대의 실험군과 대조군의 병변안과 정상안에서 전방, 후방 및 초자체의 신호강도를 정성 및 정량분석하고 통계처리하여 서로 비교하였다.

결과: 대조군에서 30분 병변안과 정상안의 전방, 후방 및 초자체는 조영증강되지 않았다. 3시간 병변안과 정상안의 전방에 지연 조영증강이 나타났다. 실험군에서 30분 영상은 대조군과 다르지 않았다. 3시간 정상안의 전방과 병변안의 전방 및 후방에서 지연 조영증강이 나타났으며 후방의 지연 조영증강은 통계적으로 의미있는 차이를 보였다($p < 0.05$).

결론: Triolein emulsion을 이용한 이번 실험은 후방에서 혈방수장벽의 손상으로 인한 의미있는 조영증강을 보여 혈방수장벽의 실험 모델로 사용될 수 있으리라 판단된다.

안구에는 혈망막(blood - retinal barrier) 및 혈방수장벽(blood - aqueous barrier)의 두 가지 혈안장벽(blood - ocular barrier)이 있다. 혈망막장벽은 혈액으로부터 망막을 보호하고 일정한 환경을 유지하기 위하여 존재하는 장벽으로 망막 모세혈관 내피세포(retinal capillary endothelial cells)의 복잡한 폐쇄막으로 이루어진 내혈망막장벽과 망막 색소 외피세포(retinal pigmented epithelial cells)로 이루어진 외혈망막장벽으로 구성된다(1). 사람의 망막 내측 3분의 2는 내혈망막장벽의 모세혈관에 의해, 그리고 외측 3분의 1은 외혈망막장벽의 맥락막 모세혈관에 의해 영양분이 공급된다(2). 혈방수장벽은 모양체의 색소 및 비색소 외피세포와 홍체의 내피세포, 기저막 그리고 간질로 구성되어 방수와 혈장간의 화학 성분의 차이를 일정하게 유지한다(3).

이들 혈안장벽은 눈의 기능에 효과적이지만 망막, 홍체 등의 암에 대한 항암치료에는 오히려 장애가 될 수 있다. 예를 들면, 성인에서 가장 많은 악성종양인 포도막에 발생한 악성 흑색종의 경우 항암치료의 성적이 좋지 않아 수술적 제거나 방사선요법이 쓰이고 있으나 여전히 높은 사망률을 보인다(4). 악성뇌암에서는 혈뇌장벽을 인위적으로 1 - 2시간 정도 열고난 후 항암치료를 적용하여 보다 높은 치료율을 보이고 있다(5). 혈뇌장벽을 인위적으로 여는 시도는 다양하나 최근에 지방의 일종인 triolein emulsion을 이용하여 최장 1 - 3일 동안 가역적으로 혈뇌장벽을 여는 실험이 발표되었다(6). 혈뇌장벽과 혈안장벽은 서로 비슷한 점과 또는 상이한 점도 가지고 있으리라 생각된다. Triolein emulsion을 이용한 혈뇌장벽에 대한 연구는 있었지만 같은 약품을 사용한 혈안 장벽에 대한 연구는 저자들이 아는 한 없다.

이에 triolein emulsion이 혈안장벽을 여는 지에 대해 자기공명영상을 통해 알아보고 나아가 혈안장벽의 연구를 위한 기본 모델을 제시하고자 하였다.

[1]부산대학교 의과대학 영상의학과학교실 및 의학연구소
[2]부산대학교 의과대학 안과학교실
[3]인제대학교 의과대학 영상의학과학교실
[4]가톨릭대학 방사선과
이 논문은 2003년도 부산대학교병원 의학연구소 연구비(2005 - 43)에 의하여 연구되었음
이 논문은 2005년 8월 2일 접수하여 2005년 11월 11일에 채택되었음.

대상과 방법

뇌지방색전증의 동물모델 및 실험모형

이번 동물실험은 본 의학연구소의 실험규정에 따랐으며 동물실험위원회의 심의 및 허락을 거쳤다. 실험동물로는 특별한 이상이 없는 평균 체중 3.2 kg의 잡종고양이를 사용하였으며 총 20마리를 대상으로 실험을 시작하였다. 케타민(ketamine HCl, 유한양행, 서울, 한국) 2.5 mg/kg과 자일라진(xylazine, 바이엘코리아, 서울, 한국) 0.125 mg/kg을 근육 내 주사하여 마취하였다. 우측대퇴골동맥을 찾아 18-게이지 도관(Insyte: Becken Dickinson Vascular Access, Utah, U.S.A.)을 먼저 삽입하였고 3.0 F 미세도관(Microferret-18 Infusion Catheter, William Cook Eroupe, Bjaeverskov, Denmark)을 앞서 삽입한 도관을 통과해서 일측 내경동맥 내에 설치하였다.

Triolein emulsion은 triolein(neutral triglyceride triolein) (1, 2, 3-tri [cis-9-octadecenoyl] glycerol, Sigma, St. Louis, MO, U.S.A.) 0.1 ml를 1 ml 주사기에, 생리식염수 20 ml를 20 ml 주사기에 각각 채우고 3-way stopcock에 양측 주사기를 끼운 후 1 ml 주사기를 왕복으로 약 2분간 심하게 움직여 triolein과 생리식염수가 서로 섞이게 하여 만들었다.

10마리의 고양이(실험군)에서 위와 같이 만든 triolein emulsion을 내경동맥에 설치된 미세도관으로 5분간에 걸쳐 손으로 천천히 주입하였다. 동일한 방법으로 10마리의 대조군 고양이에 triolein emulsion 대신에 생리식염수 20 ml를 주입하였다.

체온은 직장 온도계를 사용하여 측정하였으며 체온이 내려가면 전기패드나 백열등을 이용하여 34.5-36.50℃로 유지시켰다.

안구 자기공명영상획득

안구 자기공명영상은 양측 안구가 동시에 평행하게 나타나도록 축상영상을 얻었다. 조영전 및 조영후 T1강조영상을 triolein emulsion 주입 후 30분과 3시간에 두 번 시행하였다. 이 때 고양이는 복와위 상태로 자기공명영상의 소아용 설치기에 고정시켰고 연성코일을 머리 위에 설치하여 촬영하였다. 모든 검사는 1.5T MR scanner(Sonata, Siemens, Erlangen, Germany)를 사용하였다. 스핀에코기법의 영상변수들은 T1강조영상의 반복시간(repetition time) [TR] = 320 ms, 에코시간 (echo time) [TE] = 20 ms, 절편두께 (section thickness) 4 mm, 간격 (gap) 0.1 mm, 영상영역 70-75 mm, 영상수 3장, 2회의 영상획득수, 획득행렬수 210 ×256 혹은 210×180 등으로 설정하였다. 조영증강영상을 위해서 0.2 mmol/kg의 gadopentate dimeglumine (Magnevist, Schering, Germany)을 정맥 내 주사하였다.

혈망막장벽의 손상을 보기 위해서는 초자체액에서, 혈방수장벽의 손상을 보기 위해서는 전방과 후방에서 각각 병변안과 정상안의 조영증강의 정도를 측정하였다. 병변안은 triolein emulsion을 넣은 일측 안구로, 대조군으로는 반대측 정상안으로 하였다. 원형의 관심영역(round region of interest)을 선택하여 병변안과 정상안의 각각 상기 부위에서 측정하고 기록하였다. 측정을 시행한 영상은 렌즈가 가장 잘 나온 영상을 선택하였고 병변안과 정상안에서 측정한 관심영역의 크기와 위치는 각 개체마다 일정하게 하였다. 평균 관심영역의 크기는 전방에서 0.5 - 0.7 mm^2, 후방에서 0.1 - 0.2 mm^2, 초자체에서 0.25 - 0.30 mm^2이었다.

영상분석

안구의 각 부분에 나타난 조영증강 유무를 2명의 신경방사선과 전문의의 합의에 의해 정성적으로 분석하였다.

조영증강 정도에 대한 정량적 분석은 다음과 같이 시행하였다. 조영전과 조영후 영상에서 조영증강비(CER = [SI (signal intensity) on postcontrast - SI on precontrast]/ SI on precontrast)를 구한 후 30분과 3시간 영상에서 서로 비교하였다. 통계처리는 Kruskal Wallist test와 Dunn's Multiple Comparison test, 그리고 Wilcoxon signed rank test를 이용하였으며 p 값이 0.05 이하를 통계적으로 의미있는 차이로 정하였다.

Table 1. Mean Contrast Enhancement Ratios

		Normal Eye			Pathologic Eye		
		AC	PC	V	AC	PC	V
Control Gr.	30 m	0.09	0.10	0.00	0.05	0.10	0.00
(n = 10)	3 hr	0.04	0.06	0.01	0.02	0.14	0.01
Experimental Gr.	30 m	0.13	0.12	0.02	0.07	0.18	0.00
(n = 10)	3 hr	0.02	0.17	0.03	0.01	0.37*	0.00

*: In the experimental group, mean contrast enhancement ratios of the posterior chamber in the embolized eye in 3 hours MR images significantly increase compared with those in 30 minutes MR images by Wilcoxon signed rank test (p < 0.05). AC; anterior chamber, PC; posterior chamber, V; vitreus, Gr.; group, m; minutes, hr; hours

Table 2. Mean Delayed Contrast Enhancement Ratios

	Normal Eye			Pathologic Eye		
	AC	PC	V	AC	PC	V
Control Gr. (n = 10)	0.84	0.15	0.05	0.79	0.21	0.07
Experimental Gr. (n = 10)	0.88	0.30	0.12	1.11	1.00*	0.17

*: Mean delayed contrast enhancement ratios (= [signal intensity of postcontrast image of 3 hours - signal intensity of precontrast image of 30 minutes]/signal intensity of precontrast image of 30 minutes) of the posterior chamber in the embolized eye of the experimental group are significantly high compared with those of the embolized eye of the control group, contralateral normal eyes of the control or experimental group by Kruskal Wallis test with Dunn's Multiple Comparison test (p < 0.05). AC; anterior chamber, PC; posterior chamber, V; vitreus, Gr.; group

결 과

자기공명영상의 정성적 분석

전방

대조군 및 실험군의 모든 고양이에서 30분 조영전 T1강조영상에서 정상안및 병변안의 전방은 모두 물의 신호강도와 동일한 저신호강도를 보였으며(Figs. 1A, and 2A) 30분 조영후 T1강조영상에서 상기 각 안의 전방에 조영증강은 나타나지 않았다(Figs. 1B and 2B). 대조군 및 실험군의 모든 고양이에서 3시간 조영전 T1강조영상에서 정상안 및 병변안의 전방은 고신호강도를 보였으며(Figs. 1C and 2C) 이는 30분 영상획득 때 주입한 조영제의 지연 조영증강이었다. 특히 실험군 병변안의 전방이 실험군 정상안이나 대조군 병변안 및 정상안의 전방에 비해 더욱 뚜렷한 지연 조영증강이 보였다(Fig. 2C). 대조군 및 실험군의 모든 고양이에서 3시간 조영후 T1강조영상에서 조영전 T1강조영상에 비해 전방에서 더 이상의 조영증강을 보이지는 않았다(Figs. 1D and 2D).

후방

대조군 및 실험군의 모든 고양이에서 30분 조영전 T1강조영상에서 정상안및 병변안의 후방은 모두 전방과 동일한 저신호강도를 보였으며(Figs. 1A and 2A) 30분 조영후 T1강조영상에서 상기 각 안의 후방에 조영증강은 나타나지 않았다(Figs. 1B and 2B). 대조군 및 실험군의 모든 고양이에서 3시간 조영전 T1강조영상에서 정상안 및 병변안의 전방은 고신호강도를 보였으며(Figs. 1C and 2C) 이는 전방에서 나타난 것과 마찬가지로 조영제의 지연 조영증강이었다. 특히 실험군 병변안의 후방이 실험군 정상안이나 대조군 병변안 및 정상안의 후방에 비해 더욱 뚜렷한 지연 조영증강이 보였다(Fig. 2C). 대조군 및 실험군의 모든 고양이에서 3시간 조영후 T1강조영상에서 조영전 T1강조영상에 비해 후방에서 더 이상의 조영증강을 보이지는 않았다(Figs. 1D and 2D).

초자체

대조군 및 실험군의 모든 고양이에서 30분 및 3시간의 조영전 T1강조영상에서 정상안및 병변안의 초자체는 모두 물의 신

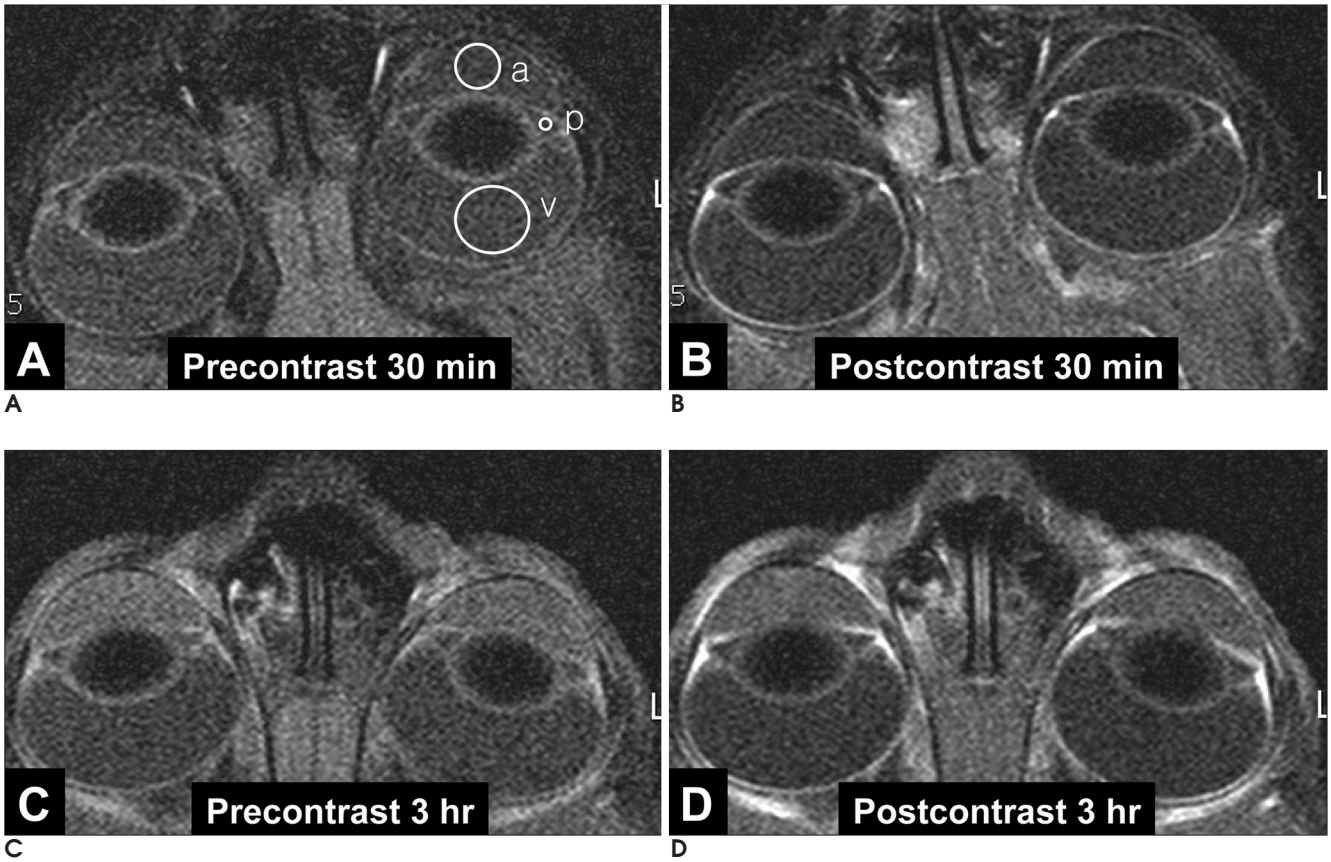

Fig. 1. T1-weighted (TR/TE/NEX = 320/20/2) axial images of a cat in the control group. 30 minutes after embolization (A: precontrast, B: postcontrast). The anterior chamber (a), posterior chamber (p) and the vitreus (v) of the embolized eye (right) with normal saline and the contralateral eye (left) show homogenous low signal intensity on precontrast image (**A**). Three chambers in both eyes reveal no contrast enhancement on postcontrast image (**B**). 3 hours after embolization (C: precontrast, D: postcontrast). The anterior and posterior chambers demonstrate delayed contrast enhancement on precontrast image (**C**). No further enhancement in each chamber is seen on postcontrast image (**D**). Circles on the left eye (A) represent regions of interest where quantitative analysis of signal intensity was performed in the anterior, posterior chambers and the vitreus.

호강도와 동일한 저신호강도를 보였으며 각 시간대별 조영후 T1강조영상에서 상기 각 안의 초자체에 조영증강은 나타나지 않았다(Figs. 1 and 2).

자기공명영상의 정량적 분석

30분과 3시간의 자기공명영상에서 조영증강비를 구하여 Table 1에 나타내었다. 실험군의 후방에서 3시간 조영증강비가 37%로 가장 높았으며 나머지는 0 - 18%까지의 분포를 보였다. 각 시간대별로 전방, 후방 및 초자체의 조영증강비는 양 군의 병변안과 정상안에서 차이가 없었으며($p > 0.05$) 30분 영상에 대한 3시간의 영상에서의 조영증강비는 실험군의 병변안의 후방에서 의미있는 증가를 보였으나($p = 0.0371$ by Wilcoxon signed rank test) 다른 부위에서는 그렇지 않았다($p > 0.05$). 이렇게 각 시간대에서 조영증강비가 낮은 것은 안구의 혈관에서 전방, 후방 혹은 초자체로 조영제가 천천히 새어 나가는 즉, 지연 조영증강 때문으로 생각되어 실제 조영증강비는 30분의 조영전 T1강조영상과 3시간 조영후 T1강조영상을 대상으로 한 지연 조영증강비가 정확할 것으로 예상되었으며 이를 각 군의 각 부위별로 측정하여 Table 2에 나타내었다.

전방

양 군 병변안 및 정상안의 전방이 높은 지연 조영증강을 보였다. 특히 실험군 병변안의 전방이 가장 높았으나 실험군의 정상안 및 대조군의 양안의 전방과 통계적으로는 차이가 없었다($p > 0.05$).

후방

실험군 병변안의 후방의 지연 조영증강비는 실험군의 정상안 및 대조군 양안의 후방과 비교하였을 때 통계적으로 의의있게 높았다($p < 0.05$).

초자체

초자체의 지연 조영증강비는 각 군의 각 병변 및 정상안에서 차이가 없었다($p > 0.05$).

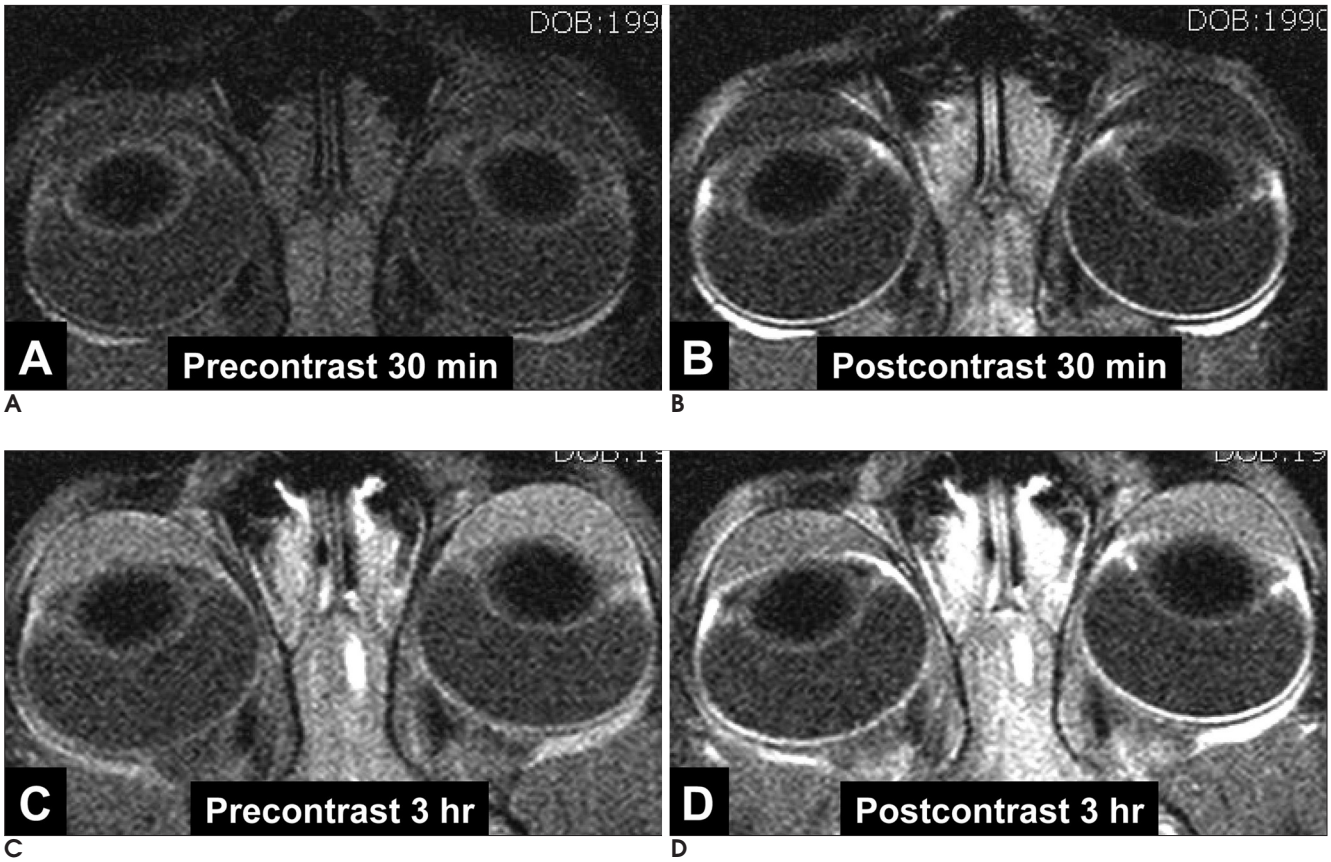

Fig. 2. T1-weighted (320/20/2) axial images of a cat in the experimental group. 30 minutes after embolization (A: precontrast, B: postcontrast). The anterior, posterior chambers and the vitreus of the embolized eye (left) with triolein emulsion and the contralateral eye (right) show homogenous low signal intensity on precontrast image (**A**). Three chambers in both eyes reveal no contrast enhancement on postcontrast image (**B**). 3 hours after embolization (C: precontrast, D: postcontrast). The anterior and posterior chambers of the embolized eye reveal stronger delayed contrast enhancement than those of the contralateral eye on precontrast image (**C**). The vitreus shows no delayed contrast enhancement. Postcontrast enhancement (**D**) demonstrates no further enhancement in either chamber.

고 찰

조영증강 자기공명영상을 이용하면 혈망막 및 혈방수장벽의 변화를 정량적으로 정확하게 측정할 수 있다(7 - 9). 또한 자기공명영상의 좋은 공간능은 laser flowmetry와 같은 생체 실험 방법으로도 불가능한 후방의 관찰을 가능하게 해 준다(10). 혈안장벽의 손상으로 인해 자기공명영상에서 지연 조영증강이 나타나는 것은 Manfre 등이 언급하였다(11). 그러나 이번 실험에서는 혈안장벽의 손상이 없는 정상안의 전방에서도 지연 조영증강이 나타났으며 이는 정상 모양체의 혈관이 분자량 590 달톤인 Gadolinium을 통과시킨다는 것을 의미한다. 특히 정상안의 전방이 후방에 비해 지연 조영증강이 강했는데 이는 조영제가 후방을 거치지 않고 모양체에서 바로 전방으로 빠진다는 것을 의미하며 단백질의 확산이 모양체에서 전방으로 향하며 후방으로 들어가지 않는다는 이론(12)을 입증한다. 이 경로는 모양체 실질에서 합성되는 면역조절물질의 확산 기전과 모양체의 지주망상체의 기전 이해에 중요하다. 또한 이번 실험에서 실험군의 병변안 후방에서 관찰된 의미있는 조영증강은 혈방수장벽의 손상으로 초래된 조영제의 후방 유입을 의미하는 것으로 이번 실험이 혈방수장벽의 실험 모델로서의 가치가 있음을 증명해 주는 것이라 하겠다.

이번 실험에서 triolein emulsion의 동맥주입으로 인해 혈관의 투과성이 후방에서 증가한 것을 조영증강 자기공명영상으로 확인하였으며 정성 및 정량분석이 가능했고 혈방수장벽의 투과성에 대해 비침습적 생체실험으로 사용할 수 있었으며 계속 추가 검사를 할 수도 있다. 이 결과는 triolein emulsion을 이용한 혈뇌장벽 실험논문(6, 13) 및 혈고환장벽 실험논문(14)의 결과와 유사하다.

조영증강 자기공명영상을 이용한 혈망막장벽의 연구가 1980년대 중반부터 많이 이루어지고 있다(7 - 9,11,15 - 19). 그러나 혈방수장벽의 연구에 대해서는 활발하지 않았으며 특히 혈망막장벽과 혈방수장벽의 보전력(integrity)의 비교논문은 별로 없다. 이번 실험에서는 초자체에서의 조영증강이 실험군의 병변안에서 나타나지 않아 혈망막장벽의 손상이 초래되지 않았음을 의미한다. 따라서 혈망막장벽이 상대적으로 혈방수장벽보다 튼튼함을 알 수 있었다. 혈망막장벽의 손상을 위해서는 triolein emulsion 용량을 증가하던지 혹은 좀 더 독성이 있는 자유지방산(20)을 사용하는 방법이 있을 것으로 생각된다.

결론적으로 triolein emulsion을 고양이의 경동맥에 주입하여 자기공명영상을 이용하여 살펴 본 혈안장벽의 손상유무에 대한 이번 실험에서 혈안장벽 중 혈방수장벽 연구 모델은 높은 제작 성공률, 재현성, 객관성 및 비침습적인 방법임을 알 수 있었다. 따라서 triolein emulsion 기법을 이용한 자기공명영상 모델은 혈방수장벽의 연구 모델로서의 가치가 있을 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Stewart PA, Tuor UI. Blood-eye barriers in the rat: correlation of ultrastructure with function. *J Comp Neurol* 1994;340:566-576
2. Harris A, Bingaman DP, Ciulla TA, Martin BJ. *Retinal and choroidal blood flow in health and disease*. In Ryan SJ. Retina 3rd ed. St. Louis : Mosby, 2001:68-88
3. Cunha-Vaz J. The blood-ocular barriers. *Surv Ophthalmol* 1979;23: 279-296
4. Munzenrider JE. Uveal melanomas. Conservation treatment. *Hematol Oncol Clin North Am* 2001;15:389-402
5. Kroll RA, Neuwelt EA. Outwitting the blood-brain barrier for therapeutic purposes: osmotic opening and other means. *Neurosurgery* 1998;42:1083-1099
6. Kim HJ, Lee CH, Kim HG, Lee SD, Son SM, Kim YW, et al. Reversible MR changes in the cat brain after cerebral fat embolism induced by triolein emulsion. *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:958-63 Erratum in: *AJNR Am J Neuroradiol* 2004;25:1301
7. Kolodny NH, Goode ST, Ryan W, Freddo TF. Evaluation of therapeutic effectiveness using MR imaging in a rabbit model of anterior uveitis. *Exp Eye Res* 2002;74:483-491
8. Sen HA, Berkowitz BA, Ando N, de Juan E Jr. In vivo imaging of breakdown of the inner and outer blood-retinal barriers. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33:3507-3512
9. Berkowitz BA, Tofts PS, Sen HA, Ando N, de Juan E Jr. Accurate and precise measurement of blood-retinal barrier breakdown using dynamic Gd-DTPA MRI. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1992;33: 3500-3506
10. Rankin AJ, Krohne SG, Glickman NW, Glickman LT, Stiles J. Laser flaremetric evaluation of experimentally induced blood-aqueous barrier disruption in cats. *Am J Vet Res* 2002;63:750-756
11. Manfre L, Midiri M, Giuffre G, Mangiameli A, Cardella G, Ponte F, et al. Blood-ocular barrier damage: use of contrast-enhanced MRI. *Eur Radiol* 1997;7:110-114
12. Kolodny NH, Freddo TF, Lawrence BA, Suarez C, Bartels SP. Contrast-enhanced magnetic resonance imaging confirmation of an anterior protein pathway in normal rabbit eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1996;37:1602-1607
13. Kim HJ, Pyeun YS, Kim YW, Cho BM, Lee TH, Moon TY, et al. A model for research on the blood-brain barrier disruption induced by unsaturated fatty acid emulsion. *Invest Radiol* 2005;40:270-6
14. Kim KN, Kim HJ, Lee SD, Moon TY, Lee SH, Lee JW, et al. Effect of triolein emulsion on the blood-testis barrier in cats. *Invest Radiol* 2004;39:445-9
15. Frank JA, Dwyer AJ, Girton M, Knop RH, Sank VJ, Gansow OA, et al. Opening the blood-ocular barrier demonstrated by contrast-enhanced MR imaging. *J Comput Assist Tomogr* 1986;10:912-916
16. Plehwe WE, McRobbie DW, Lerski RA, Kohner EM. Quantitative magnetic resonance imaging in assessment of the blood-retinal barrier. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1988;29:663-670
17. Berkowitz BA, Sato Y, Wilson CA, de Juan E. Blood-retinal barrier breakdown investigated by real-time magnetic resonance imaging after gadolinium-diethylenetriaminepentaacetic acid injection. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1991;32:2854-2860
18. Arrindell EL, Wu JC, Wolf MD, Nanda S, Han DP, Wong EC, et al. High-resolution magnetic resonance imaging evaluation of blood-retinal barrier integrity following transscleral diode laser treatment. *Arch Ophthalmol* 1995;113:96-102
19. Trick GL, Liggett J, Levy J, Adamsons I, Edwards P, Desai U, et al. Dynamic contrast enhanced MRI in patients with diabetic macular

edema: initial results. *Exp Eye Res* 2005;81:97-102
20. Kim HJ, Lee JH, Lee CH, Lee SH, Moon TY, Cho BM, et al. Experimental cerebral fat embolism: embolic effects of triolein and oleic acid depicted by MR imaging and electron microscopy. *AJNR Am J Neuroradiol* 2002;23:1516-1523

J Korean Radiol Soc 2006;54:155 - 160

Experimental Model for Research on the Blood-Ocular Barrier[1]

Hak Jin Kim, M.D., Seung Youn Jea, M.D.[2], Jae Sung Park, M.D.[2], Yong Woo Kim, M.D.[3], Byung Rae Park, M.D.[4], Yeon Joo Jung, M.D.

[1]Department of Radiology, Medical Research Institute and [2]Ophthalmology, Pusan National University,
[3]Department of Radiology, Inje University,
[4]Department of Radiology, Catholic University

Purpose: The eyeball has 2 blood-ocular barriers, i.e., the blood-retinal and blood-aqueous barriers. The purpose of this study was to evaluate if triolein emulsion could disrupt the barriers, and we wanted to suggest as an experimental model for future blood-ocular barrier studies.

Materials and Methods: The triolein emulsion was made of 0.1 ml triolein and 20 ml normal saline, and this was infused into the carotid artery of ten cats (the experimental group). As a control group, only normal saline was infused in another ten cats. Precontrast and postcontrast T1-weighted MR images were obtained at 30 minutes and 3 hours after embolization in both groups. The signal intensities were evaluated qualitatively and quantitatively in the anterior and posterior chambers and also in the vitreus fluid. Statistical analysis was performed by employing the Kruskal Wallist test, Dunn's Multiple Comparison test and the Wilcoxon signed rank test.

Results: In the control group, no contrast enhancement was demonstrated in the anterior or posterior chamber or in the vitreus fluid of the ipsilateral or contralateral eyeball on the 30 minutes MR images. The anterior chambers of the ipsilateral and contralateral eyeballs revealed delayed contrast enhancement on the 3 hour MR images. In the experimental group, the 30 minute-postembolization MR images were not different from those of the control group. The 30 minute-postembolization MR images demonstrated delayed contrast enhancement in the anterior chamber of the ipsilateral and contralateral eyeballs and in the posterior chamber of the ipsilateral eyeball. The delayed contrast enhancement of the posterior chamber of the ipsilateral eyeball was statistically significant ($p < 0.05$).

Conclusion: The present study demonstrated significant contrast enhancement in the posterior chamber with infusion of the triolein emulsion, and this can serve as a model for blood-aqueous barrier studies.

Index words : Embolism, experimental studies
Orbit, MR
Embolism, fat

Address reprint requests to : Hak Jin Kim, M.D., Department of Radiology, Pusan National University,
10, 1-Ga, Ami-dong, Seo-gu, Pusan 602-739, South Korea.
Tel. 82-51-240-7371 Fax. 82-51-244-7534 E-mail: hakjink@pusan.ac.kr