

출혈성 뇌동정맥기형의 혈관조영촬영소견에 대한 분석

연세대학교 의과대학 신경외과학교실

주진양 · 김동익 · 진병호 · 허승곤 · 이규성 · 이규창

= Abstract =

Angiographic Analysis of Hemorrhagic Cerebral Arteriovenous Malformations

Jin Yang Joo, M.D., Dong Ik Kim, M.D., Byung Ho Jin, M.D.,
Seung Kon Huh, M.D., Kyu Sung Lee, M.D., Kyu Chang Lee, M.D.

Department of Neurosurgery, Yonsei University, College of Medicine, Seoul, Korea

The authors studied angiographic features in relation to risk of hemorrhage in 102 cerebral arteriovenous malformations(AVM's). Statistical analysis demonstrated that AVM's with following characteristics had high risk of hemorrhage : 1) small nidus ; 2) deep, posterior fossa, cortico-callosal, cortico-ventricular location ; 3) one or two draining veins ; 4) deep venous drainage ; 5) high grade stenosis of major venous drainage. The authors suggest that as the venous drainage system is significantly associated with the risk of hemorrhage in AVM's, careful preoperative angiographic evaluation of the venous drainage system is mandatory for decision making in the management of patients with AVM's.

KEY WORDS : Arteriovenous malformation · Hemorrhage · Venous drainage.

서 론

뇌동정맥기형환자의 치료여부 및 치료방법을 결정하는 과정에서 물론 환자의 연령, 신경학적 상태, 그리고 병소의 크기 및 위치 등이 충분히 검토되어야 하지만 병의 자연경과 특히 출혈위험도(risk of hemorrhage)도 필수적으로 고려되어야 한다.

뇌동정맥기형환자에서 출혈위험도와 관련된 혈관조영촬영소견들에 대해서는 많은 연구가 있어 왔으며 병소의 크기가 3cm 미만으로 작을때 또 병소가 심부(deep seated)에 위치할때 출혈이 잘 발생한다고 보고되어 왔다¹⁾⁶⁾⁷⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁷⁾¹⁹⁾. 뇌동정맥기형에 대한 혈력동학적(hemodynamic) 연구가 진행되면서 %%혈의 원인은 소(nidus)자체 보다는

출정맥압의 증가 때문이라는 가설이 제기되었으며¹³⁾ 많은 저자들이 이와 일치하는 의견을 보고하여 왔다¹⁾¹⁹⁾²⁰⁾. 그후 출혈유무와 혈관조영사진에서 보이는 배출정맥의 상관관계에 대한 연구가 있어 왔으며 최근에는 배출정맥의 협착이 있을때 또 유출정맥의 숫자가 적을때 출혈이 잘 된다고 보고된 바 있다¹⁾⁸⁾⁹⁾¹²⁾¹⁹⁾.

본 연구에서 뇌동정맥기형환자의 혈관조영사진에서 보이는 소견들을 유입동맥, 소 및 배출정맥으로 구분하여 각 소견들과 출혈과의 상관관계를 연구하여 분석하였으며 그 결과 배출정맥의 소견들이 뇌동정맥기형환자에서 향후 출혈의 발생을 예측하는데 도움이 된다는 사실이 확인할 수 있었으므로 보고한다.

연구대상

본 교실에서 1975년 6월부터 1993년 3월까지 모두 300예의 뇌동정맥기형수술을 시행하였는데 그 중 뇌전산화단층촬영사진 및 뇌혈관조영촬영사진의 분석이 가능하였던 102예를 대상으로 하였으며 혈중에 의한 angioarchitecture의 변화를 배제하기 위해 거대혈종이 있었던 경우는 제외하였다. 전체 102예중 73예에서 출혈이 있었고 그 외 전간발작 및 복시가 있었던 예는 각각 28예 및 1예가 있었다. 출혈의 빈도는 연령별 차이가 없었으며(Table 1) 성별분포는 남자가 58예로 여자 44예보다 1.3배 많았다. 전체 102예중 50예에서 외과적 절제술을 시행하였으며 radiosurgery를 시행한 경우가 51예 있었다. Embolization만으로도 혈관조영상 기형혈관이 완전소실된 경우가 1예 있었지만 대개의 경우 embolization은 보조적으로 시행하였다(Table 2).

연구방법

뇌동정맥기형환자의 혈관조영촬영소견중 출혈위

Table 1. Age and clinical presentation in 102 cerebral arteriovenous malformations(AVM's)

Age (years)	Clinical Presentations			Total
	Hemorrhage	Seizure	Diplopia	
0-9	3			3
10-19	13	5	1	19
20-29	19	7		26
30-39	22	9		31
40-49	12	5		17
50-59	4	2		6
Total	73	28	1	102

Table 2. Treatment modalities in 102 cerebral arteriovenous malformation(AVM's)

	No. of Cases
Resection	50
Radiosurgery	51
Linear accelerator	17
Gamma knife	34
Embolization* alone	1

*Embolization was performed as adjuvant therapy in 46 cases

험도와 관련이 있다고 알려진 여러 인자들을 유입동맥, 소 및 배출정맥으로 구분하여 각 인자들과 출혈유무와의 상관관계를 조사하였다. 즉, 유입동맥의 동맥류유무, 소의 크기 및 위치, nidal pouch 유무, 배출정맥의 숫자, 위치, 협착여부 및 정맥류 유무 등의 인자들과 출혈발생과의 상관관계를 조사하였다(Table 3). 혈관의 직경이 50% 이상 감소하였을때 협착이 있다고 판단하였다. 출혈의 유무는 뇌전산화촬영 및 MRI로 판정하였다.

결과

1. 유입동맥의 동맥류와 출혈유무

전체 102예중 14예에서 유입동맥의 동맥류가 발견되었는데 이 중 12예(86%)에서 출혈이 있었으며, 동맥류가 없었던 군은 88예중 61예(69%)에서 출혈을 보였다. 유입동맥의 동맥류가 있었던 군과 없었던 군간의 출혈발생의 차이는 통계적으로 의

Table 3. List of factors analyzed in 102 cerebral arteriovenous malformation(AVM's)

Feeding artery	
	aneurysm
Nidus	
	Size
	Location(topographic type)
	Pouch
Draining Vein	
	Number
	Location
	Stenosis
	Pouch

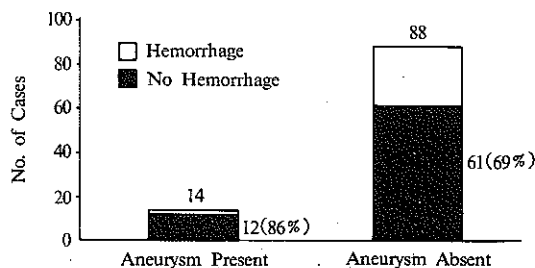


Fig. 1. Rate of hemorrhage related to the presence of associated aneurysm. There was no statistical difference in the frequency of hemorrhage between two groups.

의가 없었다(Fig. 1).

2. 소(nidus)의 크기와 출혈유무

소의 장경(long diameter)의 크기에 따라 small(< 3cm), medium(3~6cm) 및 large(>6cm)의 3군으로 나누어서 출혈의 빈도를 비교하였다. Small은 44예중 38예(86%), medium은 53예중 34예(64%), 그리고 large는 5예중 1예(20%)에서 출혈이 있었으며 small과 large의 출혈발생의 차이는 통계적으로 유의가 있었다(Fig. 2).

3. 소(nidus)의 위치와 출혈유무

소의 위치에 따라 구분하여 출혈의 빈도를 비교하였는데 후두개와 및 choroidal은 전예(100%)에서 출혈이 있었고 그 외 cortico-callosal, deep 및 cortico-ventricular도 각각 92%, 88% 및 83%의 높은 출혈빈도를 보였다. 반면 cortical 및 cortico-subcortical type은 각각 60% 및 50%에서 출혈을 보였다. Cortical 및 cortico-subcortical type 과 비교할때 pos-

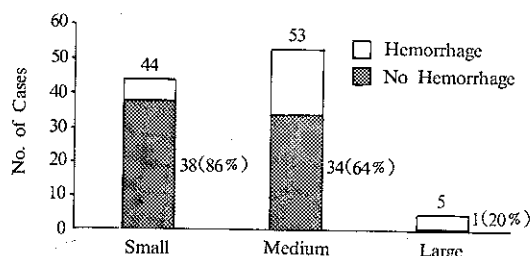


Fig. 2. Rate of hemorrhage related to the size of nidus. There was significant statistical difference in the frequency of hemorrhage between the group of small nidus and the groups of medium or large nidus.

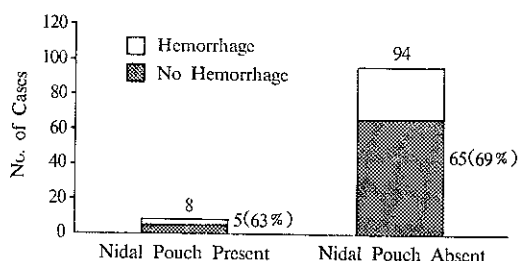


Fig. 3. Rate of hemorrhage related to the presence of nidal pouch. There was no statistical difference in the frequency of hemorrhage between two groups.

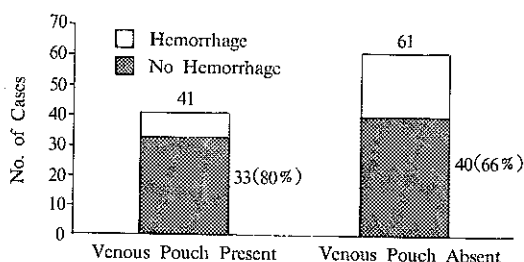


Fig. 4. Rate of hemorrhage related to the presence of venous pouch. Though the frequency of hemorrhage was higher in the group with venous pouch, the difference between the two groups was not significant.

terior fossa, cortico-callosal, deep 및 cortico-ventricular type에서 출혈이 있었던 빈도가 높았으며 이 차이는 통계적으로 유의하였다(Table 4).

4. Nidal pouch와 출혈유무

뇌혈관조영사진상 소에서 pouch가 발견되었던 경우가 8예 있었으며 pouch가 없었던 군과 비교

Table 4. Relationship between topographic type* and hemorrhage in 102 cerebral arteriovenous malformations(AVM's)

Type	Number of cases	Number of hemorrhage	Percent of hemorrhage(%)
Cortical	10	6	60
Cortico-subcortical	40	20	50
Cortico-callosal	12	11	92†
Cortico-ventricular	12	10	83†
Choroidal	1	1	100
Deep	16	14	88†
Posterior fossa	11	11	100†

† Significantly higher rate of hemorrhage compared to cortical or cortico-subcortical type. $p < 0.05$

할때 출혈발생의 빈도차는 통계적으로 의의가 없었다(Fig. 3).

5. Venous pouch와 출혈유무

Venous pouch가 있었던 경우는 41예가 있었으며 그 중 33예(80%)에서 출혈을 보였고 pouch가 없었던 경우는 61예중 40예(66%)에서 출혈이 있었다. 양군간의 출혈발생의 빈도차가 조금 있었으나 그 차이는 통계적으로 의의가 없었다(Fig. 4)

6. 배출정맥의 위치와 출혈유무

표재정맥으로만 배출되는 경우는 46예중(63%)에서 29예에서 출혈을 보였고 심부와 표재 양쪽으로 배출되는 경우는 26예중 15예에서 출혈이 있었다. 반면 심부정맥으로 배출되는 경우는 30예중 29예(97%)에서 출혈을 보여 표재정맥으로만 배출될때나 혹은 표재 및 심부 정맥 모두로 배출될때보다 출혈이 있었던 빈도가 높았으며 이 차이는 통계적으로 의의가 있었다(Fig. 5).

7. 배출정맥의 협착과 출혈유무

뇌혈관조영촬영사진에서 배출정맥의 협착이 있었던 경우가 52예 있었으며 그중 46예(88%)에서 출혈을 보였다. 반면 협착이 없었던 경우는 50예중 27예(52%)에서 출혈을 보였다 양군간의 출혈발생의 빈도차는 통계적으로 의의가 있었다(Fig. 6).

8. 배출정맥의 숫자와 출혈유무

전체 102예중 1개 혹은 2개의 정맥으로 배출되는 경우가 각각 40예 및 28예씩 있었으며 34개이상의

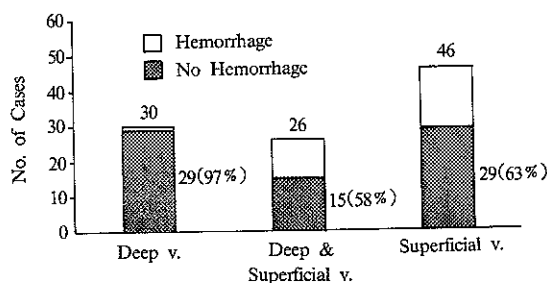


Fig. 5. Rate of hemorrhage related to the draining system. The frequency of hemorrhage was higher in the AVM's which drained to the deep vein only. The difference was significant between the group with deep vein only and the other two groups. V.=vein.

정맥으로 배출되는 경우도 34예 있었다. 출혈이 있었던 빈도는 1개 혹은 2개의 정맥으로 배출는

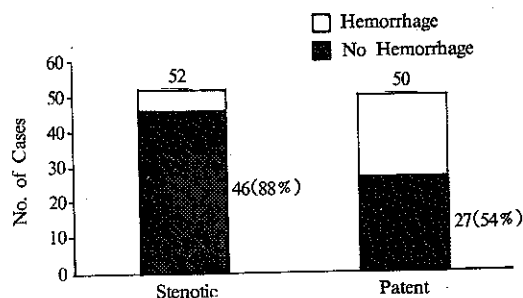


Fig. 6. Rate of hemorrhage related to the patency of draining vein. There was statistical difference in the frequency of hemorrhage between the group with venous stenosis and the group without venous stenosis.

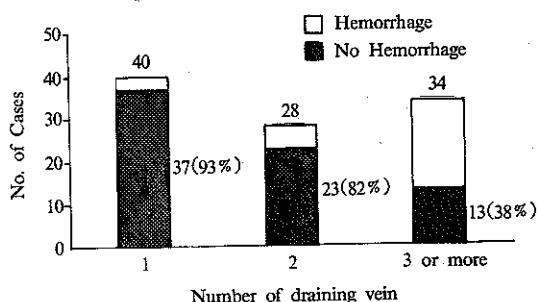


Fig. 7. Rate of hemorrhage related to the number of draining vein. The frequency of hemorrhage was higher in patients who had single or two draining veins than in patients who had more than two draining veins. The difference was significant between the group with single or two draining veins and the group with more than two draining veins.

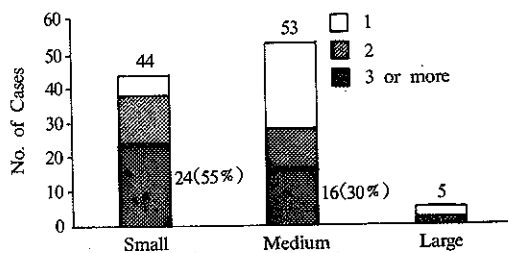


Fig. 8. Number of draining veins according to the size of nidus. The frequency of single draining vein was higher in small nidus than the other nidi. The difference was statistically significant.

경우에 각각 93% 혹은 82%로 높았으며 3개이상의 정맥으로 배출되는 경우(38%)와 비교할때 통계적으로 유의한 차이를 보였다(Fig. 7).

9. 배출정맥의 숫자와 병소의 크기

한개의 정맥으로만 배출되는 경우는 small nidus의 경우 44예중 24예(55%) 있었고 medium nidus는 53예중 16예(30%) 있었으며 large nidus는 1예도 없었다. Small nidus에서 1개의 정맥으로 배출되는 빈도가 높았으며 이 차이는 통계적으로 의의가 있었다(Fig. 8).

고 찰

외과적 절제술로 제거가 어려웠던 뇌동정맥기형이 최근에는 radiosurgery 혹은 embolization 등의 방법을 사용하여 성공적으로 치료되는 경우가 많다. 더구나 gamma knife가 도입되면서 radiosurgery의 합병증도 크게 감소하여 이 방법은 외과적 절제술과 함께 뇌동정맥기형의 치료에서 많이 사용되고 있다. 그러나 외과적 절제술의 경우 소의 위치에 따라 완전제거가 불가능하거나 중요 뇌조직의 손상위험도가 높은 경우가 있는 반면 radiosurgery도 몇가지 단점들의 보고되고 있다⁽⁶⁾⁽¹⁸⁾. 즉, 방사선에 의하여 주위 뇌조직이 손상될 수 있으며, 완전한 thrombosis가 유도되기까지 비교적 장시간이 소요되고 그 과정중에 출혈의 위험이 있으며 또 충분한 시간이 경과한 뒤에도 완전제거가 되지 못하는 경우도 있다. 즉, 외과적 절제술이나 radiosurgery 모두 각각 장단점 및 적응증이 있기 때문에 합병증을 최소화하면서 완전한 제거를 위해서는 적절한 치료방법을 선택하는 것이 가장 중요하다. 뇌동정맥기형 환자에서 치료목적은 향후 출혈을 예방하기 위한 것이므로 치료방법을 선택하기 위해서는 환자의 신경학적 상태, 병소의 크기 및 위치 뿐만 아니라 병의 진행과정, 특히 출혈가능성에 대한 정확한 예상이 필수적으로 고려되어야 한다.

뇌동정맥기형환자에서 출혈의 고위험도(high risk of hemorrhage)를 의미하는 임상적 소견 및 방사선학적 소견들이 보고되어 왔지만 일반적으로 소가 3cm 미만으로 작을때, 또 심부에 위치할때 출혈이 잘 발생한다고 알려져 왔다⁽¹⁾⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽¹⁵⁾⁽¹⁷⁾⁽¹⁹⁾.

비록 논란이 남아 있지만 뇌동정맥기형에서 출혈의 원인은 혈류의 shunting에 의한 정맥압의 증가때문이라는 가설이 광범위하게 인정되고 있다. Nornes와 Grip 등은 실제로 수술시야에서 배출정맥압을 측정한 결과 출혈이 없었던 환자보다 있었던 환자에서 정맥압이 높았다고 보고하였으며⁽¹³⁾ Barnett등은 embolization시행중 비슷한 결과를 보고하였다⁽³⁾. 또 비록 발생기전은 다르지만 경뇌막동정맥기형(dural arteriovenous malformation) 환자에서도 혈류가 피질정맥으로 배출(cortical venous drainage)되어 정맥압이 증가하는 경우에만 경련 발작 및 출혈 등의 증상이 발생된다는 사실이 발견되었다⁽¹¹⁾. 선천적인 질환인 뇌동정맥기형환자에서도 임상증상의 발현을 배출정맥과 관련하여 설명하고 있다. 즉, shunting된 혈류때문에 정맥압이 증가하고 정맥이 확장되며 확장된 정맥은 tortuous 해지며 kinking을 초래하게 된다. 그 결과 정맥혈 배출의 제한이 초래되며 혈전 등이 진행되어 정맥압은 더욱 증가하게 된다. 정맥배출의 제한으로 인하여 주위 정상정맥으로 혈류가 우회배출되며 정맥압의 증가는 점차 주위로 확장된다. 따라서 정상혈류의 배출이 차단되며 국소적인 허혈 혹은 부종이 초래되고 신경학적 증상이 발생한다. Collateral venous drainage가 점점 더 진행되면 두개강 내압상승 및 수두증 등이 발생하며 이 과정에서 collateral drainage가 잘 발달되지 못하거나 혈관내벽의 변성이 심하면 출혈이 발생하게 된다. 뿐만 아니라 과거에는 normal perfusion pressure break through phenomenon으로 설명되던 현상들 즉 수술혹은 embolization후 주위 뇌조직의 부종 혹은 출혈의 원인도 배출정맥의 thrombosis가 주위 정상정맥으로 파급되기 때문이라는 가설이 제기된 바 있었다⁽²⁾.

본 연구에서는 뇌동정맥기형의 혈관조영사진에서 보이는 소견들을 유입동맥, 소 및 배출정맥으로 구분하여 각 소견들과 출혈과의 상관관계를 연구하여 분석하였으며 그 결과 유입동맥의 동맥류, nidus pouch 및 정맥류의 유무는 출혈의 발생가능성과 관련이 없었다. 과거에는 유입동맥의 동맥류가 있는 경우에 출혈의 발생빈도가 높았다는 보고도 있었으나⁽⁴⁾⁽¹⁰⁾⁽²⁰⁾ 유입동맥의 동맥류가 발견되는 빈도가 많기 때문에 출혈발생빈도와 상관관계에 대한 통계적인 연구가 어려운 경우가 많으며 또 실제로

유입동맥 자체에서 출혈이 발생하는 경우는 많지 않다. Superselection 및 digital subtraction angiography 등 뇌혈관조영술이 발달되고 자기공명뇌촬영이 도입되면서 nidus 혹은 배출정맥내에 위치하는 pouch가 많이 발견되고 있으나 출혈의 빈도와 상관관계는 아직 정확히 밝혀지지 않았다. 본 연구에서는 유입동맥의 동맥류가 있을 때 출혈이 조금 더 많이 발생하는 경향을 보였으나 통계적인 의의는 없었다. 그 이유는 유입동맥의 동맥류가 있었던 경우가 전체 102예중 14예로 적었던 이유로 여겨진다.

다른 저자들의 연구결과¹⁾⁶⁾⁷⁾¹⁴⁾¹⁵⁾¹⁷⁾¹⁹⁾와 마찬가지로 소의 크기가 작을 때 출혈이 더 많이 발생하였으며 또 후두개와, 심부, cortico-allosal, cortico-ventricular 등 소가 심부에 위치할 때 출혈의 빈도가 높았다. 물론 소의 크기가 작거나 심부에 위치하는 경우에는 출혈이 발생하기 전에는 진단이 어렵기 때문에 출혈발생의 빈도가 높게 나타날 수도 있다. 그러나 본 연구에서도 증명되었지만 소의 크기가 작은 경우에는 1개의 정맥으로 배출되는 빈도가 높으며 또 소가 심부에 위치하는 경우에는 심부 정맥으로 배출되어 정맥의 협착이 동반되는 빈도가 높기 때문에 출혈의 잘 발생하는 것으로 생각된다. Nidal pouch의 유무는 출혈성향과 관련이 없었으나 pouch가 있었던 경우가 전체 8예로 많지 않았으므로 통계적인 분석이 어려웠다.

최근에 뇌동정맥기형환자에서 배출정맥의 상태와 출혈발생과의 상관관계에 대한 연구들이 활발히 진행되었으며 Miyasaka 등은 배출정맥의 협착이 있을 때 또 배출정맥의 숫자가 적을 때 출혈의 빈도가 높다고 보고하였다¹²⁾. 배출정맥의 협착을 유발하는 원인으로는 첫째 확장된 정맥 혹은 정맥류에 의한 직접적인 압박, 둘째 정맥의 tortuosity 증가로 인한 kinking, 세째 정맥압의 증가로 인한 혈류속도의 감소와 그로 인한 thrombosis, 네째 tentorium의 free edge 혹은 venodural junction부위에서 정맥에 의한 압박 등이 있다. 또 Vinuela 등은 뇌동정맥기형이 심부정맥으로 배출될 때 출혈의 빈도가 높다고 보고하였으며 그 원인을 Galenic vein이 straight sinus로 이행되는 부위에서 dural ring에 의한 협착 또는 straight sinus의 agenesis 등으로 설명하였다¹⁹⁾.

Straight sinus의 협착이 발생하면 basal vein of Rosenthal, internal cerebral vein, internal occipital vein, cerebellar vein 등 extracerebral vein들과 transcerebral anastomotic channel, transverse caudate vein, septal vein 등의 intracerebral vein들을 통한 collateral drainage가 형성되나 만약 collateral drainage가 충분히 발달하지 못하면 출혈이 발생할 가능성이 높다.

본 연구에서도 배출정맥의 위치, 숫자 및 협착 유무는 출혈의 발생과 밀접한 관련이 있음을 확인할 수 있었다. 즉, 배출정맥의 숫자가 3개 미만일 때 혹은 심부정맥을 통해 배출되거나, 배출정맥의 협착이 있는 경우에 출혈발생의 빈도가 높았다. 또 본 연구의 결과 소의 크기가 작거나 심부에 위치할 때 출혈이 많이 발생하였던 이유도 단일정맥으로 배출되거나 심부정맥으로 배출되기 때문으로 추측된다.

배출정맥의 동맥류는 혈류의 turbulent flow로 인한 정맥의 내벽손상 때문에 발생하는 경우가 많다¹⁹⁾. 본 연구에서는 정맥류가 있을 때 출혈발생의 빈도가 더 높았으나 통계적으로 증명되지 않았으며 그 이유를 정확히 알 수는 없으나 출혈에는 정맥류 외에 정맥의 배출상태와 직접 관련된 다른 인자들 즉, 배출정맥의 협착여부, 위치 및 숫자 등이 복합적으로 관여하기 때문으로 추측된다.

본 연구의 결과 뇌동정맥기형환자에서 정맥혈배출의 제한을 유발하는 조건들은 모두 출혈을 일으킬 수 있다는 사실을 알 수 있었다. 따라서 뇌동정맥기형환자의 치료적용 및 방법을 결정하기 위해서는 환자의 임상적 상태, 소의 위치 및 크기 뿐만 아니라 뇌혈관조영사진에서 보이는 배출정맥계(venous drainage system)를 정확히 파악하는 것이 필수적임을 확인할 수 있었다. 즉, 뇌혈관조영사진에서 배출정맥의 숫자가 적을 때 혹은 심부정맥을 통해 배출되거나, 정맥의 협착이 있는 경우에는 출혈이 발생할 가능성이 높으므로 적극적인 치료가 필요할 것으로 생각된다. 비록 본 연구에서는 포함되지 않았지만 배출정맥의 직경, 길이 또는 배출정맥내압 등 다른 인자들도 출혈의 발생과 관련이 있을 수 있으므로 향후 이에 대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결 론

본 연구에서는 102예의 뇌동정맥기형환자를 대상으로 혈관조영사진에서 보이는 소견들을 유입동맥, 소 및 배출정맥으로 구분하여 각 소견들과 출혈과의 상관관계를 연구하여 분석하였으며 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 유입동맥의 동맥류유무는 출혈의 발생빈도와 관련이 없었다.

2) 소의 크기가 3cm 미만으로 작은 경우에 1개의 정맥으로 배출되는 빈도가 높았으며 출혈 발생의 빈도도 높았다.

3) 소의 위치가 cortical 혹은 cortico-subcortical일 때 보다 후두개와, 심부, callosal 및 cortico-ventricular 등 심부일 때 출혈발생의 빈도가 높다.

4) Nidal pouch가 발견되었던 경우는 102예중 8예로 적었으며 pouch의 유무는 출혈발생의 빈도와 관련이 없었다.

5) 배출정맥의 숫자가 1개 혹은 2개로 적을 때 출혈발생의 빈도가 높았다.

6) Superficial vein보다 심부정맥으로 배출될 때 출혈발생의 빈도가 높았다.

7) 배출정맥의 협착이 있을 때 출혈발생의 빈도가 높았다.

8) 배출정맥의 정맥류유무는 출혈발생의 빈도와 관련이 없었다.

결론적으로 뇌동정맥기형환자에서 정맥혈배출의 제한을 유발하는 조건들은 모두 출혈을 일으킬 수 있다는 사실을 알 수 있었으며 따라서 치료적응 및 방법을 결정하는 과정에서 필수적으로 고려되어야 된다고 생각한다.

References

- 1) Albert P, Salgado H, Polaina M, et al : A study on the venous drainage of 150 cerebral arteriovenous malformations as related to hemorrhagic risks and size of the lesion. *Acta Neurochir* 103 : 30-34, 1990
- 2) Al-Rodhan NF, Sundt Jr TM, Piepgras DG, et al : Occlusive hyperemia : a theory for the hemodynamic complications following resection of intracerebral arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 78 :

167-175, 1993

- 3) Barnett GH, Little JR, Ebrahim ZY, et al : Cerebral circulation during arteriovenous malformation operation. *Neurosurgery* 20 : 836-842, 1987
- 4) Batjer H, Suss RA, Samson E : Intracranial arteriovenous malformations associated with aneurysms. *Neurosurgery* 19 : 29-35, 1986
- 5) Bernstein M, Lasjaunias P : Classification of brain arteriovenous malformations : Surgical neuroradiology vol. III Springer-Verlag 1991, p20
- 6) Graf CJ, Perret GE, Torner JC : Bleeding from cerebral arteriovenous malformations as part of their natural history. *J Neurosurg* 58 : 331-337, 1983
- 7) Guidetti B, Delitala A : Intracranial arteriovenous malformations. Conservative and surgical treatment. *J Neurosurg* 53 : 149-152, 1980
- 8) Laine E, Jamin M, Clarisse J, et al : Les malformations artérioveineuses cérébrales profondes. *Neurochirurgie* 27 : 147-160, 1981
- 9) Lasjaunias P, Manelfe C, Chiu M : Angiographic architecture of intracranial vascular malformations and fistulas-pretherapeutic effects. *Neurosurg Rev* 9 : 253-263, 1986
- 10) Lasjaunias P, Piske R, Terbrugge K, et al : Cerebral arteriovenous malformations and associated arterial aneurysms. *Acta Neurochir* 91 : 29-36, 1988
- 11) Lasjanunias P, Terbrugge K, Tolia A, et al : Neurological manifestations of intracranial dural arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 64 : 724-730, 1986
- 12) Miyasaka K, Wolpert SM, Prager RJ : The association of cerebral aneurysms, infundibula and intracranial arteriovenous malformations. *Stroke* 13 : 196-203, 1982
- 13) Nornes H, Grip A : Hemodynamic aspects of cerebral arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 53 : 456-464, 1980
- 14) Solomon R, Stein B : Surgical management of arteriovenous malformations that follow the tentorial ring. *Neurosurgery* 18 : 708-715, 1986
- 15) Shi Y, Chen X : A proposed scheme for grading intracranial arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 65 : 484-489, 1986
- 16) Sisti MB, Kader A, Stein BM : Microsurgery for 67 intracranial arteriovenous malformations less than 3cm in diameter. *J Neurosurg* 79 : 653-660, 1993

- 17) Spetzler RF, Martin NA : *A proposed grading system for arteriovenous malformations. J Neurosurg* 65 : 476-483, 1986
- 18) Steiner L, Lindquist C, Cail W, et al : *Microsurgery and radiosurgery in brain arteriovenous malformations. J Neurosurg* 79 : 647-652, 1993
- 19) Vinuela F, Nombela L, Roach M, et al : *Stenotic and occlusive disease of the venous drainage system of deep brain AVM's. J Neurosurg* 63 : 180-184, 1985
- 20) Willinsky R, Lasjaunias P, Terbrugge K, et al : *Brain arteriovenous malformations. J Neuroradiol* 15 : 225-237, 1988