

소아 뇌동정맥기형 164예 임상경험

연세대학교 의과대학 신경외과학교실, 뇌연구소, 영상의학과교실¹

오재근 · 정진영 · 이재환 · 허승곤 · 김동익¹ · 박용구 · 이규창

Cerebral Arteriovenous Malformations in Pediatric Age: A Clinical Analysis of 164 Consecutive Cases

Jae Keun Oh, MD, Jin Young Jung, MD, Jae Whan Lee, MD, Seung Kon Huh, MD,
Dong Ik Kim, MD¹, Young Gou Park, MD, Kyu Chang Lee, MD

Department of Neurosurgery and ¹Diagnostic Radiology, Brain Research Institute, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

● ABSTRACT

Objective : This study was designed to understand the clinical characteristics and to establish therapeutic options for arteriovenous malformations (AVM) in a pediatric age (1~18 year old) group. **Methods :** We reviewed programmed clinical data, patients' medical records and imaging studies of the 164 pediatric AVM patients who were managed at Yonsei University Medical Center from 1975 to 2004. Clinical presentation, location, Spetzler-Marin grade, treatment modality and outcomes were analyzed. **Results :** Ninety-one patients (55.5%) were male and seventy-three (44.5%) were female. The most common presenting symptom was hemorrhage (119 patients, 72.6%). In others the symptoms were seizure (26 patients, 15.9%), hemorrhage with seizure (6 patients, 3.6%), focal deficit (4 patients, 2.4%), headache (8 patients, 4.9%) and incidental (1 patients, 0.6%). The locations of AVMs were cerebral convexity (110 patients, 67.1%; 21 frontal, 40 parietal, 23 temporal, 23 occipital), basal ganglia and thalamus (24 patients, 14.6%), corpus callosum (12 patients, 7.3%), sylvian (3 patients, 1.8%), cerebellum (13 patients, 7.9%) and two patients had brain stem lesions (1.2%). According to the Spetzler-Martin grading system, at admission grade II and III AVMs were the most common lesions in our series (43.9% and 33.5%, respectively). The patients were treated with microsurgery in 70 patients (42.7%), radiosurgery in 87 patients, (53.0%), combined treatment in 5 patients (3.1%) and embolization in only 2 patients (1.2%). The average follow-up period was 4.8 years and the overall outcome was considered good in 139 patients (84.8%), fair in 18 patients (11.0%), and poor in 4 patients (2.4%), with 3 patients having died (1.8%). The causes of unfavorable outcomes were initial insult (4 patients), radiation necrosis (1 patient), bleeding during the latent interval (1 patient) and systemic complication (1 patient). **Conclusion :** Hemorrhagic presentation and deep brain (thalamus and ganglia) lesions were more common in the pediatric patients compared to adult patients. The treatment of choice for hemorrhagic pediatric AVMs is surgical excision, even for deep seated or eloquent area lesions. Radiosurgery is recommended especially for the non-hemorrhagic lesions, particularly in deep seated or eloquent area lesions. Regular imaging studies are necessary for detection of AVM regrowth, and signs of hemorrhage should be monitored during the latent period. (**Kor J Cerebrovascular Surgery 8:41-7, 2006**)

KEY WORDS : Pediatric · Arteriovenous malformation

논문접수일 : 2006년 5월 25일
심사완료일 : 2006년 7월 4일
교신저자 : 허승곤, 120-752 서울시 서대문구 신촌동 134
연세대학교 의과대학 신경외과학교실
전화 : (02) 2228-2150 · 전송 : (02) 393-9979
E-mail : sk522@yumc.yonsei.ac.kr

서 론

뇌동정맥기형은 선천적인 질환으로 알려져 있으며 매 년 증상이 있는 뇌동정맥기형의 발생률은 인구 100,000명당 1.1명에서 2.1명이다.²⁾³⁾²⁰⁾ 이중 약 12~20%의 환자가 소아기에 진

단되어지며, 발현 증상은 성인에서와 마찬가지로 출혈이 가장 흔하나 그 빈도가 성인에 비해 높은 것을 특징으로 하며 출혈을 최초 발현증상으로 하는 경우를 저자에 따라 80~85%로 높게 보고한다.⁵⁾⁷⁾¹⁴⁾¹⁷⁾¹⁸⁾²⁰⁾²³⁾³⁰⁾ 이러한 특징은 소아 환자의 이환율과 사망률의 주요 원인으로 작용하며, 그 외 전간, 국소 신경학적 증상, 두통, 우연히 발견된 경우 등의 다양한 임상양상을 나타낼 수 있다. 최근 미세현미경수술 및 색전술의 발달, 감마선 치료의 도입과 이들의 복합적 치료로 뇌동정맥기형환자의 치료성적은 좋아지고 있으나 아직까지 소아에서 뇌동정맥 기형의 치료 방법에 대해서는 여러 가지 의견이 다양하다.¹⁶⁾¹⁸⁾

성공적인 치료를 위해서는 긴 여명과 성장 발달하는 소아 환자의 특성에 대한 이해가 필요하며 이에 맞는 치료전략의 수립은 중요하다고 할 수 있다. 본 연구의 목적은 소아 뇌동정맥기형 환자의 임상적 특징과 치료 방법 및 치료 결과를 성인 환자군과 비교 분석하여 소아 뇌동정맥환자의 치료 지침에 도움을 주고자 하였다.

대상 및 방법

1975년 6월부터 2004년 12월까지 본 교실에서 치료한 707명의 뇌동정맥기형 환자의 데이터베이스를 분석하였다.

이중 18세 이하의 소아 뇌동정맥기형 으로 분류된 164명의 환자를 543명의 성인 뇌동정맥기형 환자와 비교하였다. 본 교실의 뇌혈관기형 데이터베이스와 입원 기록, 방사선 검사를 후향적으로 분석하여, 치료 전 환자의 발현 증상, 병소의 위치, Spetzler-Martin grade에 따른 치료의 결과를 비교하

Table 1. Age and sex distribution: pediatric AVM (n=164)

Age	Male	Female	Total (%)
0~5	8 (4.9)	5 (3.0)	13 (7.9)
6~10	17 (10.4)	19 (11.6)	36 (22.0)
11~15	41 (25.0)	24 (14.6)	65 (39.6)
16~18	25 (15.2)	25 (15.2)	50 (30.5)
Total	91 (55.5)	73 (44.5)	164 (100)

Table 2. Age and sex distribution: adult AVM (n=543)

Age	Male	Female	Total (%)
19~30	138 (25.4)	96 (17.7)	234 (43.1)
31~40	83 (15.3)	70 (12.9)	153 (28.2)
41~50	67 (12.3)	27 (5.0)	94 (17.3)
51~60	22 (4.1)	17 (3.1)	39 (7.2)
> 61	16 (2.9)	7 (1.3)	23 (4.2)
Total	326 (60.0)	217 (40.0)	543 (100.0)

고, 치료의 합병증, 불량한 예후의 원인을 분석하였다. 치료 결과에 대한 평가는 미세 신경학적 장애를 동반함에 상관없이 직장에 복귀할 수 있는 경우를 양호(Good), 직장에 복귀할 수는 없으나 일상생활을 영위할 수 있는 경우를 보통(Fair), 주요한 마비로 인해 일상생활에 도움을 받아야 하는 경우를 불량(Poor)으로 정의 하였으며 치료 후 평균 추적 기간은 4.8년 이었다.

결 과

연령 및 성별

성인의 경우 남자는 326명(60%), 여자는 217명(40%)이고 소아의 경우는 남자는 91명 (55.5%), 여자는 73명(44.5%)으로 성인과 마찬가지로 남자에서 좀 더 많았으며 소아에서 성비는 1:1.25 였다. 연령대별로는 전체 707명의 환자 중 19세 이상 40세 미만에서 387명으로 54.7%를 차지하였다 (Table 1, 2).

발현증상

발현증상은 성인의 경우 출혈 323예(59.4%), 전간 97예 (17.9%), 출혈과 전간을 동반한 경우가 26예(4.8%), 국소 신경학적 증상 32예(5.9%), 두통 49예(9.0%), 우연히 발견된 경우가 16예(2.9%)였다. 소아의 경우는 출혈 119예(72.6%), 전간 26예(15.9%), 출혈과 전간을 동반한 경우가 6예(3.6%), 국소신경학적 증상 4예(2.4%), 두통 8예(4.9%) 그리고 우연히 발견된 경우가 1예(0.6%)였다(Table 4). 소아의 경우에서 성인에 비해 출혈을 발현증상으로 내원하는 경우가 유의미하게 높았다(p value<0.05).

기형의 위치

병소의 위치는 성인의 겨우 측두엽이 122예(22.5%)로 가장 많았고, 전두엽 73예(13.4%), 두정엽 112예(20.6%), 후두엽 72예(13.3%), 뇌량 29예(5.3%), 시상-뇌기저핵 51예 (9.4%), 소뇌 43예(7.9%), 실비안 15예(2.8%), Rolandic 14 예(2.6%), 뇌간 12예 (2.2%)였다. 소아의 경우에는 두정엽이 40예(24.4%)로 가장 많았고, 전두엽 21예(12.8%), 측두엽 23예(14.0%), 후두엽 23예(14.0%), 뇌량 12예(7.3%), 시상-뇌기저핵 24예(14.6%), 소뇌 13예(7.9%), 실비안 3예(1.8%), Rolandic 3예(1.8%), 뇌간 2예(1.2%)였다(Table 3). 소아의 경우 성인에 비해서 시상-뇌기저핵에 있는 경우가 유의미하게 많았다(p value<0.05).

Spetzler-Martin grade

성인의 경우 Spetzler-Martin 등급분류상 Grade I 89예

(16.4%), Grade II 201예(37.0%), Grade III 187예(34.4%), Grade IV 62예(11.4%) 그리고 Grade V가 4예(0.7%)이었다 (Table 8). 소아의 경우도 Grade I 19예(11.7%), Grade II

72예(43.9%), Grade III 55예(33.5%), Grade IV 16예(9.7%), 그리고 Grade V가 2예(1.2%)이었다(Table 7). Spetzler-Maring grade 에 의한 분류는 성인과 소아 모두 Grade II,

Table 3. Location of AVM: pediatric vs adult

Location	No. of patients (%)		p value
	Pediatric (n=164)	Adult (n=543)	
Cerebral convexity			
Frontal	21 (12.8)	73 (13.4)	ns
Parietal	40 (24.4)	112 (20.6)	ns
Temporal	23 (14.0)	122 (22.5)	ns
Occipital	23 (14.0)	72 (13.3)	ns
Callosal	12 (7.3)	29 (5.3)	ns
Sylvian/insular	3 (1.8)	15 (2.8)	ns
Rolandic	3 (1.8)	14 (2.6)	ns
Thalamus/basal ganglia	24 (14.6)	51 (9.4)	0.056
Cerebellum	13 (7.9)	43 (7.9)	ns
Brain stem	2 (1.2)	12 (2.2)	ns
Total	139 (100)	543 (100)	

Table 4. Presentation of AVM: pediatric vs adult

Presentation	No. of patients (%)		p value
	Pediatric (n=164)	Adult (n=543)	
Hemorrhage	119 (72.6)	323 (59.4)	0.004
Seizure	26 (15.9)	97 (17.9)	ns
Mixed †	6 (3.6)	26 (4.8)	ns
Focal deficit	4 (2.4)	32 (5.9)	ns
Headache	8 (4.9)	49 (9.0)	ns
Incidental	1 (0.6)	16 (2.9)	ns
Total	164 (100.0)	543 (100.0)	

Table 5. Treatment modality for AVM: pediatric vs adult

Modality	No. of patients (%)	
	Pediatric (n=164)	Adult(n=543)
Microsurgery	70 (42.7)	215 (39.6)
surgery only	67	163
preoperative embolization	2	51
postoperative embolization	1	
Radiosurgery	87 (53.0)	296 (54.5)
preoperative embolization	17	75
Combined	5 (3.1)	12 (2.2)
radiosurgery after microsurgery	5	7
microsurgery after radiosurgery	0	3
microsurgery + radiosurgery + embolization		2
Embolization only	2 (1.2)	20 (3.7)
Total	164 (100.0)	543 (100.0)

Table 6. Presentations and outcomes (n=164)

Presentation	No. of Patients				
	Good	Fair	Poor	Dead	Total
Hemorrhage	99 (83.2)	14 (11.8)	3 (2.5)	3 (2.5)	119 (72.6)
Seizure	25 (96.1)	1 (3.9)	-	-	26 (15.9)
Mixed [†]	3 (50.0)	3 (50.0)	-	-	6 (3.6)
Focal deficit	3 (75.0)	1 (25.0)	-	-	4 (2.4)
Headache	8 (100.0)	-	-	-	8 (4.9)
Incidental	1 (100.0)	-	-	-	1 (0.6)
Total	139 (84.8)	19 (11.6)	3 (1.8)	3 (1.8)	164 (100)

[†] hemorrhage with seizure

Table 7. Spetzler–Martin grade and clinical outcomes in pediatric AVM (n=164)

S–M grade	Overall outcome (%)				
	Good	Fair	Poor	Dead	Total
I	19 (100.0)				19 (11.7)
II	63 (87.5)	5 (6.9)	2 (2.8)	2 (2.8)	72 (43.9)
III	46 (83.6)	8 (14.6)	1 (1.8)		55 (33.5)
IV	9 (56.3)	5 (31.3)	1 (6.2)	1 (6.2)	16 (9.7)
V	2 (100.0)				2 (1.2)
Total	139 (84.8)	18 (11.0)	4 (2.4)	3 (1.8)	164 (100)

Table 8. Spetzler–Martin grade and clinical outcomes in adult AVM (n=543)

S–M grade	Overall outcome (%)				
	Good	Fair	Poor	Dead	Total
I	82 (92.1)	6 (6.8)	1 (1.1)		89 (16.4)
II	173 (86.1)	22 (10.9)	4 (2.0)	2 (1.0)	201 (37.0)
III	145 (77.5)	27 (14.4)	10 (5.4)	5 (2.7)	187 (34.4)
IV	43 (69.4)	7 (11.3)	9 (14.5)	3 (4.8)	62 (11.4)
V	3 (75.0)	1 (25.0)			4 (0.7)
Total	446 (82.1)	63 (11.6)	24 (4.4)	10 (1.8)	543 (100.0)

Average duration of follow up period : 4.8 year

Table 9. Treatment modality and clinical outcome in pediatric AVM (n=164)

Modality	Good	Fair	Poor	Dead	Total
Microsurgery	57 (81.4)	8 (11.4)	3 (4.3)	2 (2.9)	70 (42.7)
Radiosurgery	77 (88.5)	8 (9.1)	1 (1.2)	1 (1.2)	87 (53.0)
Combined	4 (80.0)	1 (20.0)			5 (3.0)
Embolization	1 (50.0)	1 (50.0)			2 (1.2)
Total	139 (84.8)	18 (11.0)	4 (2.4)	3 (1.8)	164 (100.0)

Average duration of follow up : 4.8 year

Table 10. Causes of unfavourable outcomes

Cause of unfavourable outcome	No. of Patients	
	Pediatric	Adult
Initial insult	4	21
Radiation necrosis	1	3
Rebleeding during latent period	1	5
Rebleeding after embolization		3
Systemic complication	1	
Swelling		1
Ruptured aneurysm		1
Total	7	34

III가 대부분으로 그 분포는 비슷하였다.

치료

성인의 경우 215예(39.6%)에서 미세현미경 수술을, 296예(54.5%)에서 감마선 치료를 하였고, 수술적 치료와 감마선 치료, 색전술을 조합하여 시행한 경우가 12(2.2%), 20예(3.7%)에서는 색전술만 시행하였다. 소아의 경우는 70예(42.7%)에서 미세현미경 수술을, 87예(53.0%)에서 감마선 치료를 하였고, 수술적 치료와 감마선 치료를 모두 시행한 경우가 5예(3.1%), 2예(1.2%)에서는 색전술만 시행하였다(Table 5). 치료 방법에 따른 성인과 소아의 차이는 보이지 않았다.

치료 예후

소아의 경우 치료 후 평균 추적 기간은 4.8년이었으며 치료의 임상적 예후는 139예(84.8%)에서 양호한 결과를, 보통 18예(11.0%), 불량 4예(2.4%), 그리고 사망 3예(1.8%)를 보였다(Table 6). 성인과 비교할 때 성인의 경우 446예(82.1)에서 양호한 결과를 보였는데 이는 소아의 예후와 큰 차이 없었다. 소아에서 불량한 예후를 보인 7예의 원인은 초기 출혈로 인한 신경학적 손상이 4예, 방사선 괴사, 감마선 치료 후 재출혈, 그리고 전신합병증으로 사망한 경우가 각각 1예 있었다(Table 10).

고 찰

뇌동정맥기형은 전체인구에서 유병율이 0.5~1% 정도로 알려진 비교적 드문 질환이다.³⁰⁾³⁴⁾ 특히 소아에서의 뇌동정맥기형은 0.014~0.028% 정도이고 뇌동맥류에 비해서 약 10배정도 많이 보고되며, 뇌동정맥기형 중 19.6~42% 정도가 20세 미만의 나이에서 진단된다고 알려져 있다.¹⁴⁾¹⁷⁾

그동안 뇌동정맥기형 병소 크기의 증가에 대해서는 많이 보고되었지만¹²⁹⁾³⁶⁾⁴⁰⁾ 그 정확한 기전에 대해서는 아직 명확히 밝

혀지지 않았다. Humphery 등은 선천성 혈관 기형인 뇌동정맥기형이 성인에서 더 많이 발병되는 원인으로 비정상적인 혈관의 진행되는 구조 변화로 인하여 이차적으로 혈관벽의 저항성이 변화하게 되고 따라서 주변 신경 조직의 혈역동학적 변화를 초래하여 증상이 나타난다고 하였다.¹⁷⁾ 이러한 혈류역학에 의한 이차 변화로 동정맥기형이 시간이 지남에 따라 병소 크기가 증가하는 것으로 많은 저자들은 설명하고 있다.¹²⁾²⁴⁻²⁶⁾³⁰⁾ 또 다른 기전으로 소량의 출혈과 이로 인해 인접한 뇌실질의 변화와 이로 인한 뇌혈관의 확장과 곡절로 인한다는 가정도 있다.²⁵⁾ 기전의 명확한 규명과 별개로 이러한 보고들은 소아 뇌동정맥기형의 치료가 완전 적출하는 것이 타당함을 지지해준다고 할 수 있다. 하지만, 수술적으로 뇌동정맥기형을 완전 제거하여 뇌혈관 조영상으로 확인 되었으나 다시 뇌동정맥기형이 재발한 경우가 문헌 보고 되고 있으며²³⁻²⁶⁾³¹⁾ 이러한 재발의 원인으로 수술 직후 시행한 혈관 조영술이 부분적인 혈관 연축이나 혈전으로 인해 잔존 동정맥기형이 조영되지 않았을 가능성 또는 동정맥기형 자체의 성장 등이 제시되고 있다. 따라서 소아뇌동정맥기형환자에서는 수술로 완전제거 후에도 주기적인 뇌혈관 조영 추적 검사로 병소의 재발을 조기 발견해야한다.

뇌동정맥기형의 가장 흔한 증상인 출혈은 약 55~75%로 보고되고 있으며,⁴⁾⁶⁾¹⁴⁾¹⁵⁾²¹⁾³²⁻³⁴⁾³⁹⁾ 소아의 경우에는 85%까지 성인에 비해 출혈이 더 흔하게 나타난다고 한다.⁵⁾⁸⁾¹⁰⁾¹⁴⁾¹⁷⁾¹⁸⁾²³⁾²⁶⁾³⁰⁾ 연출혈 증가율의 경우에 있어서도 어른 2.2%에 비해 소아의 경우는 3.2%로 더 높은 것으로 보고되고 있으며,¹⁷⁾³⁰⁾ Humphrey 등은 이러한 소아에서의 높은 출혈성향에 대한 이유로 뇌동정맥기형이 시상-뇌기저핵에 많이 위치하기 때문이라고 하였으며,¹⁸⁾ Itoyama 등은 뇌반구에 있는 뇌동정맥기형에 비해 뇌심부에 있는 경우에 출혈의 경향이 높다고 보고하였다.¹⁹⁾ 본 교실의 자료에서도 소아에서 성인의 경우에 비해 72.6% 대 59.4%로 출혈을 증상으로 내원하는 환자들이 많았고 다음으로는 전간을 증상으로 내원하는 환자들 순이었다(Table 4). 또한 뇌동정맥기형이 시상-뇌기저핵에 위치하는 경우가 성인의 경우에 비해 14.6% 대 9.4%로 유의하게 높았다(Table 3). 내원 당시의 Spetzler-Martin grade는 grade 2가 가장 많았고, grade 3, grade 1의 순서였으며 성인 그룹과 비슷한 분포를 보였다. Spetzler-Martin grade 에 따른 치료 결과도 소아와 성인에 있어서 유의한 차이는 없었다(Table 7, 8). 발현 증상에 따른 환자의 예후를 보면 전간을 주소로 한 경우가 출혈을 주소로 한 경우보다 좋은 예후를 보였다(Table 6).

소아 뇌동정맥기형의 치료 전략은 아직 논란의 여지가 남아 있다. 최근 10년간 미세수술 및 감마선 치료 기술 및 수술 기술의 발달로 뇌동정맥기형환자의 치료성적은 좋아지고 있으며, 치료 전략은 더욱 복잡해 졌다.¹⁸⁾ 치료 방법의 선택에 있

어서는 뇌동정맥기형의 크기, 위치, 뇌혈관 조영결과와 혈액 동화적인 상태에 따라서 적절한 치료의 방법을 선택하는 것이 중요하다.²²⁾ 감마선 치료의 경우는 뇌동정맥기형의 크기가 3 cm 미만인 작은 경우에 좋은 예후를 보이고 2년간의 뇌동정맥기형의 폐색율이 60~85% 정도이다.⁸⁾¹⁰⁾¹¹⁾²⁸⁾³⁵⁾³⁷⁾ 감마선 치료의 부작용으로는 초기에는 전간의 확률이 증가하고 오심, 구토, 두통이 발생할 수 있으며, 후기 부작용으로는 방사선 과사가 4.4% 정도에서 있을 수 있다.¹⁾²⁷⁾ 그리고 감마선 치료의 경우에는 감마선 효과가 치료 후 즉각적으로 나타나는 것이 아니기 때문에 뇌동정맥기형이 폐색되기 전에는 항상 잠복기간 동안의 재출혈 가능성이 있다. 본원의 치료 방법에 따른 환자의 예후는 감마선 치료 그룹에서 잠복기에 재출혈하여 사망한 경우가 1예, 방사선 과사로 불량한 예후를 보인 경우가 1예 있었고, 수술 그룹에서는 불량한 예후를 나타낸 대부분의 원인이 초기 손상 이었고 전신 합병증으로 사망한 경우가 1예 있었다(Table 9, 10). 최근 들어서는 수술 기구, 미세 현미경 등의 수술 장비의 발전으로 인해서 과거에 비해 수술 자체의 부작용을 줄일 수 있었다. 본 교실의 통계에서 미세현미경 수술과 감마선 치료의 치료성적에는 차이가 없었다. 하지만 뇌동정맥기형 환자의 치료 초기 주증상이나 환자의 상태, 뇌동정맥기형의 크기 및 위치에 따라서 치료 방법이 결정되기 때문에 단순히 수술과 감마선 치료의 결과를 비교하는 것은 큰 의미가 없다. 수술과 감마선 치료의 결과를 비교하기 위해서는 초기 주증상, 환자의 상태, 또한 뇌동정맥기형의 위치와 크기에 따른 여러 인자들을 동일한 상태로 비교하는 연구가 필요 하겠다. 본원의 감마선 치료 결과 중 3년 기준으로 완전 폐색 률은 소아에서 성인보다 높은 결과를 보였으며 감마선 치료 후 잠복기 동안 출혈한 경우는 소아와 성인에서 차이가 없었다. 본교실의 소아 뇌동정맥기형의 치료에 대한 경험으로 볼 때 출혈로 증상이 발현된 병소는 적극적인 직접 수술을, 심부 또는 기능성 부위에 위치한 비파열성 병소에서는 감마선 치료를 고려할 수 있으나 방사선과사, 잠복기간 동안의 출혈 등의 합병증을 염두에 두어야 하겠다.

결 론

소아 뇌동정맥기형은 상대적으로 성인보다 출혈이 많았고, 뇌 심부, 특히 시상-뇌기저핵 부위에 많이 위치하였다. 출혈로 증상이 발현된 병소 위치에 관계없이 적극적인 직접 수술을, 심부 또는 기능성 부위에 위치한 비파열성 병소에서는 감마선 치료를 고려할 수 있으나 방사선과사, 출혈 등의 합병증을 염두에 두어야 한다.

중심 단어 : 소아 · 뇌동정맥기형.

REFERENCE

- 1) Alexander EI, Siddon RL, Loeffler JS. *The acute onset of nausea and vomiting following stereotactic radiosurgery: Correlation with total dose to area postrema.* *Surg Neurol* 32:40-4, 1989
- 2) Brown RD, Wiebers DO, Forbes G, et al. *The natural history of unruptured intracranial arteriovenous malformations.* *J Neurosurg* 68:352-7, 1988
- 3) Brown RD, Wiebers DO, Torner JC, et al. *Incidence and prevalence of intracranial vascular malformations in Olmsted County, Minnesota, 1965 to 1992.* *Neurology* 46:949-52, 1996
- 4) Brown RD, Wiebers DO, Torner JC, O'Fallon WM. *Frequency of intracranial hemorrhage as a presenting symptom and subtype analysis: a population-based study of intracranial vascular malformations in Olmsted County, Minnesota.* *J Neurosurg* 85:29-32, 1996
- 5) Celli P, Ferrante L, Palma L, Cavedon G. *Cerebral arteriovenous malformations in children. Clinical features and outcome of treatment in children and in adults.* *Surg Neurol* 22:43-9, 1984
- 6) Crawford PM, West CR, Chadwick DW, Shaw MDM. *Arteriovenous malformations of the brain: natural history in unoperated patients.* *J Neurol Neurosurg Psych* 49:1-10, 1986
- 7) D'Aliberti G, Talamonti G, Versari PP, et al. *Comparison of pediatric and adult cerebral arteriovenous malformations.* *J Neurosurg Sci* 41:331-6, 1997
- 8) El-Gohary EM, Tomita T, Gutierrez FA, McLone DC. *Angiographically occult vascular malformations in childhood.* *Neurosurgery* 20:759-66, 1987
- 9) Ellis TL, Friedman WA, Bova FJ, et al. *Analysis of treatment failure after radiosurgery for arteriovenous malformations.* *J Neurosurgery* 89:104-10, 1998
- 10) Fong D, Chan S. *Arteriovenous malformation in children.* *Childs Nerv Syst* 4:199-203, 1988
- 11) Friedman WA, Bova FJ. *Linear accelerator radiosurgery for arteriovenous malformations.* *J Neurosurg* 77:832-41, 1992
- 12) Gabriel EM, Sampson JH, Wilins RH. *Recurrence of a cerebral arteriovenous malformation after surgical excision. Case report.* *J Neurosurg* 84:879-82, 1996
- 13) Garreston HD. *Intracranial arteriovenous malformations, in Wilkins RH, Rengachary SS. Neurosurgery, ed 2. New York. McGraw-Hill, 2433-42, 1966*
- 14) Garza-Mercdo R, Cavazos E, Tamez-Montes D. *Cerebral arteriovenous malformations in children and adolescents.* *Surg Neurol* 27:131-40, 1987
- 15) Heros RC, Korosue K, Diebold PM. *Surgical excision of cerebral arteriovenous malformations: late results.* *Neurosurgery* 26(4): 570-8, 1990
- 16) Hoh BL, Ogilvy CS, Butler WE, et al. *Multimodality treatment of nongalenic arteriovenous malformations in pediatric patients.* *Neurosurgery* 47:346-57, 2000
- 17) Humphrey RP, Hendrick BE, Hoffman HJ. *Arteriovenous malformations of the brain.* *Concepts Pediat Neurosurg* 8:146-64, 1988
- 18) Humphreys RP, Hoffman HJ, Drake JM, Rutka JT. *Choices in the 1990s for the management of pediatric cerebral arteriovenous malformations.* *Pediatr Neurosurg* 25:277-85, 1996
- 19) Itoyama Y, Uemura S, Ushio Y, Kuratsu JI, Nonaka N, Wada H, Sano Y, Furukumura A, Yoshida K, Yano T. *Natural course of unoperated intracranial arteriovenous malformations: study of 50 cases.* *J Neurosurg* 71:805-9, 1989
- 20) Jessurun GA, Kamphuis DJ, van der Zandel FH, et al. *Cerebral arteriovenous malformations in the Netherland Antilles: high*

- prevalence of hereditary hemorrhagic telangiectasia-related single and multiple cerebral arteriovenous malformations. *Clin Neurol Neurosurg* 95:193-8, 1993
- 21) Jomin M, Lesoin F, Lozes G: Prognosis for arteriovenous malformations of the brain in adults based on 150 cases. *Surg Neurol* 23:362-6, 1985
 - 22) Jong Hee Chang, Jin Woo Chang, Yong Gou Park, Sang Sup Chung: Factors related to complete occlusion of arteriovenous malformation after gamma knife radiosurgery. *J Neurosurg* 93:96-101, 2000
 - 23) Kahl W, Kessel G, Schwarz M, Voth D: Arteriovenous malformation in childhood: clinical presentation, results after operative treatment and longterm follow-up. *Neurosurg Rev* 12:165-71, 1989
 - 24) Kader A, Goodrich JT, Stein FM et al: Recurred cerebral AVMs after negative postoperative angiograms. *J Neurosurg* 82:342A, 1995
 - 25) Kader A, Goodrich JT, Sonstein WJ, Stein BM, Carmel PW, Michelsen WJ: Recurrent cerebral arteriovenous malformations after negative postoperative angiograms. *J Neurosurg* 85:14-8, 1996
 - 26) Kondziolka D, Humphreys RP, Hoffman HJ, Hendrick BE, Drake JM: Arteriovenous malformations of the brain in children: a forty year experiecne. *Can J Neurol Sci* 19:40-5, 1992
 - 27) Lunsford LD, Kondziolka D, Flickinger JC, et al: Stereotactic radiosurgery for arteriovenous malformations of the brain. *J Neurosurg* 75:512-24, 1991
 - 28) Meder JF, Oppenheim C, Blustajn J, et al: Cerebral areteriovenous malformations: the value of radiologic parameters in predicting response to radiosurgery. *AJNR* 18:1473-83, 1997
 - 29) Mendelow AD, Erfurth A, Grossart K, et al: Do cerebral arteriovenous malformations increase in size? *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 50:980-7, 1987
 - 30) Millar C, Bissonette B, Humphrey RP: Cerebral areteriovenous malformations in children. *Can J Anaesth* 41(4): 321-31, 1994
 - 31) M. Jafer Ali, Bernard R. Bendok, Sami Rosenblatt, James E. Rose, Christopher C. Getch, H. Hunt Batjer: Recurrence of peidatric cerebral arteriovenous malformations after angiographically documented resection. *Pediatr Neurosurg* 39:32-8, 2003
 - 32) Ondra SL, Troupp H, George ED, Schwab K: The natural history of symptomatic arteriovenous malformations of the brain: a 24-year follow-up assessment. *J Neurosurg* 73:387-91, 1990
 - 33) Partington MD, Davis DH, Kelly PJ: Stereotactic resection of pediatric vascular malformations. *Pediatr Neurosci* 15:217-22, 1989
 - 34) Perret G, Nishioka H: Arteriovenous malformations: an analysis of 545 cases of craniocerebral arteriovenous malformations and fistulae reported to the co-operative study. *J Neurosurg* 25:467-90, 1996
 - 35) Pollock BE, Flickinger JC, Lunsford LD, et al: Factors associated with succssful arteriovenous malformation radiosurgery. *Neurosurgery* 42:1239-44, 1988
 - 36) Spetzler RF, Wilson CB: Enlargement of an arteriovenous malformation documented by angiography. Case report. *J Neurosurg* 43:767-9, 1975
 - 37) Steiner L, Lindquist C, Adler JR, et al: Clinical outcome of radiosurgery for cerebral arteriovenous malformations. *J Neurosurg* 77:1-8, 1992
 - 38) Waltimo O: The change in size of intracranial arteriovenous malformations. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 43:380-5, 1980
 - 39) Wilkins RH: Natural history of intracranial vascular malformatioins: a review. *Neurosurgery* 16:421-30, 1985
 - 40) Yasargil MG: AVM of the brain: history, embryology, pathological considerations, hemodynamics, diagnostic studies, microsurgical anatomy. In: *Microneurosurgery, Part III A*. Thieme, Stuttgart New York, pp 150-4, 1987
 - 41) Yasargil MG: AVM of the brain: clinical considerations, general and special operative techniques, surgical results, nonoperated cases, cavernous and venous angiomas, neuroanesthesia: In: *Microneurosurgery Part III B*. Thieme, Stuttgart New York pp 376-9, 1988