

수막암종증에 대한 임상적 연구

고신대학교 의학부 신경과학교실

김명국 · 김민정 · 김광수 · 유경무

Clinical Study on Leptomeningeal Carcinomatosis

Meyung Kug Kim, M.D., Min Jeong Kim, M.D.,
Kwang Soo Kim, M.D., Kyung Moo Yoo, M.D.

Department of Neurology, Kosin Medical College

Abstract

Background : Carcinomatous meningitis is a rare and often devastating complication in solid tumor patients. **Methods** : We reviewed 12 cases of leptomeningeal carcinomatosis seen at the Kosin University Gospel Hospital from Mar. 1993 to Jul. 1999. Leptomeningeal carcinomatosis were confirmed by characteristic clinical symptoms, abnormal neuroimaging findings, elevated cerebrospinal fluid (CSF) carcinoembryonic antigen (CEA) titer, and positive CSF cytology. **Results** : The primary cancers of leptomeningeal carcinomatosis were lung cancer, stomach cancer, rectal cancer, and breast cancer. In one case the primary site was not identified. Clinical manifestations were headache, nausea, vomiting, and nuchal rigidity. The positive yields in the diagnosis of leptomeningeal carcinomatosis were 88.9% in CSF CEA titer, 72.7% in CSF cytology, and 58.3% in neuroimaging. Mean survival after diagnosis was 19 days with conservative treatment, and 44 days with intrathecal chemotherapy. **Conclusions** : For early diagnosis of leptomeningeal carcinomatosis, it is important to consider CSF CEA titer as well as CSF cytology.

Key Word : Leptomeningeal carcinomatosis, CSF CEA

서 론

수막암종증(leptomeningeal carcinomatosis)이란 전신충실성 종양에 의해 뇌수막에 광범위한 전이가 발생하여 복합적인 신경학적 양상을 나타내는 질환으로서 전체 전신암의 약 4-8%에서 발생하는 것으로 보고되고 있다.^{1,2)} 최근에는 암의 조기진단율의 증가와 항암요법 및 방사선 치료가 발달함에 따라 암환자들의 생존기간이 연장되면서 전이성 수막암종증의 빈도는 증가하는 경향을 보이고 있다.³⁾ 그러나 수막암종증의 예후는 매우 불량하여 치료를 하지 않을 경우 평균수명이 진단일로부터 4-6주이며 뇌척수강내 항암요법과 방사선 요법의 적극적인 치료를 할 경우 평균 생존기간이 6개월로 증가된다.^{4,5)}

수막암종증의 확진은 뇌척수액에서 암세포를 발견하는 세포진검사에 의해 이루어지나 초기 뇌척수액 세포진검사상 진단 양성율은 50% 정도이며, 반복적인 세포진검사에서 90% 정도의 양성율을 보인다.⁵⁾ 최근 세포진검사 외에 전이성 수막암종증의 초기 양성율을 높이기 위하여 뇌척수액 종양표식자, 신경영상검사 등의 다양한 진단방법이 병용되고 있다.

저자들은 뇌척수액검사 및 신경영상검사 등으로 전이성 수막암종증으로 진단된 12례에서 임상경과와 진단에 영향을 주는 인자들에 대하여 알아보려고 한다.

연구대상 및 방법

1993년 3월부터 1999년 7월까지 고신대학교 복음병원에서 수막암종증으로 진단받은 12례를 대상으로 후향적 방법으로 조사하였다. 원발암이 진성의 충실성 종양이 아닌 백혈병 및 임파종인 경우와 중추신경계 종양은 제외하였다.

신경학적 검사를 시행하였으며, 임상증상은 각각의 경우에 증상을 일으키는 장소를 대별하여 대뇌증상, 뇌신경증상, 척수증상으로 대별하

여 빈도를 조사하였다.

수막암종증의 진단기준은 뇌척수액 세포진 검사에서 암세포가 검출된 경우, 방사선검사 소견상 특징적인 수막암종증의 소견을 보인 경우 및 임상양상에서 수막암종증이 의심되며 뇌척수액 CEA치가 양성소견을 보인 경우 등으로 설정하였다. 뇌척수액 생화학 표식인자의 양성 소견은 뇌척수액 CEA가 1 ng/ml 이상으로 정하였다.

환자의 예후판정은 척수강내 항암치료를 받은 경우 및 보조적인 치료만 받은 경우로 구분하여 치료후 평균 생존기간을 조사하였다.

결 과

대상환자 12례에서 남자 5례, 및 여자 7례 등이었으며, 평균연령은 44세(범위 : 32-63세)였다.

원발암의 분포는 폐암 6례, 위암 3례, 직장암 1례, 유방암 1례, 및 원발암소가 확인되지 않은 경우 1례 등이었다. 원발암소가 확인된 11례 모두에서 병리조직검사상 전암 소견을 보였다.

원발암소와 수막암종증의 진단시기는 2례에서 신경학적 증상이 선행되어 뇌척수액 검사와 뇌전산화단층촬영을 시행하여 전이성 수막암종증이 먼저 진단되었으며, 1례에서는 원발암소와 수막암종증이 동시에 진단되었으며, 나머지 9례는 원발암소 진단후 평균 258일(범위 : 32-1,130 일) 후에 수막암종증이 진단되었다.

신경학적 증상은 두통이 11례로 가장 많았고, 오심 및 구토 8례, 수막 자극 증상이 7례 및 요통이 3례 등이었다. 경련, 의식변화, 편측마비, 시각 이상, 배뇨 장애가 각각 2례에서 관찰되었으며, 난청, 복시, 안면마비, 안구운동 장애가 각각 1례에서 관찰되었다. 대뇌증상이 91.7%, 뇌신경증상이 33.3%, 및 척수증상이 66.7%에서 관찰되었다(Table 1).

Table 1. Neurological symptoms of 12 patients with leptomeningeal carcinomatosis

Symptom	No. of Cases (%)
Cerebral symptoms	11 (91.7)
Headache	11
Nausea/Vomiting	8
Mental change	2
Seizure	2
Hemiparesis	2
Cranial symptoms	4 (33.3)
Visual loss	2
Hearing loss	1
Diplopia	1
Facial weakness	1
EOM limitation	1
Spinal symptoms	8 (66.7)
Nuchal rigidity	7
Back pain	3
Bladder dysfunction	2
Sensory loss	1

EOM : extraocular movement

수막암종증으로 진단된 12례 중 뇌척수액검사는 11례에서 시행되었으며, 뇌척수액 기본검사에서 11례 모두에서 뇌압, 백혈구수, 단백치 및 당치 중 한가지 항목 이상의 이상소견을 보였다.

뇌척수액 세포진검사는 11례중 8례(72.7%)에서 양성소견을 보였으며, 뇌척수액 CEA 검사는 9례에서 시행되어 8례(88.9%)에서 양성소견을 보였다(Table 2).

Table 2. Primary cancer site and the results of diagnostic methods in 12 patients with leptomeningeal carcinomatosis

Case	Primary site	CSF study			Neuroimaging
		Routine	CEA	Cytology	
1	Lung	+	+	+	+
2	Lung	+	+	+	+
3	Lung	+	ND	-	+
4	Lung	+	+	+	-
5	Lung	+	+	+	-
6	Lung	ND	ND	ND	+
7	Stomach	+	+	+	+
8	Stomach	+	ND	+	-
9	Stomach	+	+	-	-
10	Rectal	+	+	+	-
11	Breast	+	+	+	+
12	Unknown	+	-	-	+
Total		11/11	8/9	8/11	7/12
(%)		(100)	(88.9)	(72.7)	(58.3)

+ : positive finding - : negative finding ND : not done
CSF : cerebrospinal fluid CEA : carcinoembryonic antigen

첫 번째 뇌척수액검사에서 이상소견을 보인 경우는 기본검사가 10례(90.9%)였고, 세포진검사가 6례(54.5%)였으며, CEA치의 증가가 8례(88.9%) 등이었다(Table 3).

Table 3. CSF findings in 11 patients with leptomeningeal carcinomatosis

CSF findings	No. of cases (%)	
	Initial test	Subsequent test
Routine CSF study	10 (90.9)	11 (100)
Pressure > 200 mm H ₂ O	6 (54.5)	9 (81.8)
WBC > 5	9 (81.8)	11 (100)
Protein > 45 mg/dl	7 (63.6)	9 (81.8)
Glucose < 1/2 of serum glucose	5 (45.5)	7 (63.6)
Positive cytology	6 (54.5)	9 (81.8)
CEA > 1 ng/ml	8 (88.9)	8 (88.9)

CSF : cerebrospinal fluid, CEA : carcinoembryonic antigen

첫번째 뇌척수액검사 중 뇌척수액압이 200 mmH₂O 이상인 경우가 6례(54.5%)였으며, 뇌척수액 백혈구수가 5개 이상인 경우는 9례(81.8%)였으며 범위는 8-75개(평균 : 26.2개)였다. 뇌척수액 단백치는 45 mg/dl 이상인 경우가 7례(63.6%)로 범위는 47-342 mg/dl(평균 : 169.8 mg/dl)였다. 뇌척수액 당치가 정맥혈 당치의 1/2 이하인 경우는 5례(45.5%)였고 평균 41 mg/dl였다.

신경영상 소견은 연수막 및 뇌신경 조영증강소견이 5례에서 보였으며, 뇌실질에 병변소견이 없이 수두증이 관찰된 경우가 2례였다.

대상환자 12례중 7례에서 원발암소에 대한 전신적인 항암치료로 도중 수막암종증이 발생하였다. 수막암종증 12례중 5례에서 척수강내 methotrexate 항암치료를 시행하였으며, 3례는 증상치료만을 시행하였고, 4례는 진단후 추적관찰이 되지 않았다. 보조적인 치료만 한 3례의 평균 생존기간은 19일(14-28일)이었으며, 척수강내 항암치료를 한 5례의 평균 생존기간은 44일(19-88일)이며 이중 1례는 52일째인 현재까지 생존하고 있다.

고 찰

1900년 Saenger⁶⁾은 원발암소로부터 수막전이를 일으키고 뇌척수액에서 암세포가 발견된 경우를 암종성 수막염(carcinomatous meningitis)이라고 하였고, 1912년 Beermann⁷⁾이 원발암의 암세포에 의해 수막에 광범위하게 침윤된 예를 보고하면서 처음으로 수막암종증이라고 기술하였다. 이후 이에 대한 진단 및 치료에 관한 여러 보고가 있었다.

수막전이의 빈도에 대한 보고는 Gonzalez-Vitale 등⁸⁾은 전 고형암의 5-8%에서, Yab 등⁹⁾은 4-5%에서 특히 유방암의 5%에서 발생한다고 하였으며, Arony 등¹⁰⁾은 폐소세포암의 9-28%에서 발생한다고 보고하였다. 이와같이 충실성 종양에 의한 수막전이의 빈도는 여러 보고자들에 따라 약간의 차이를 보이나 최근 암환자들의 생존기간이 연장되면서 수막암종증의 발생도 증가하는 경향을 보이고 있다.³⁾

수막암종증의 원발암소는 1950년대까지는 위암이 가장 빈도가 높은 것으로 보고¹¹⁾되었다. 그 후 Wasserstrom 등⁵⁾은 90례의 수막암종증의 원발암소를 유방 46례, 폐 26례, 악성 흑색종 11례, 및 그의 10례 순으로 보고했고 원발암소는 유방암, 폐암, 악성 흑색종의 빈도를 보였다고 하였다.

본 연구에서 원발암의 빈도는 폐암이 6례로 가장 많았으며 위암이 3례, 유방암 1례, 및 직장암 1례 순이었다. 위암의 빈도가 높은 것은 위암의 발생빈도가 높은 우리나라의 지역적인 차이에 기인하는 것으로 생각된다.¹²⁾ 국내에서 이필휴 등¹³⁾이 보고한 수막암종증 62례의 원발암소의 발생빈도는 본연구와 동일한 폐암, 위암, 유방암의 순이었다.

수막암종증의 임상증상은 수막 전이가 발생한 부위에 따라 대뇌증상, 뇌신경증상, 및 척수증상 등으로 대별되며, 본 연구에서 대뇌증상은 91.7%에서 나타났으며 두통, 오심 및 구토, 의식변화, 경련, 보행장애 등을 보였다. 뇌신경증상은 33.3%로 시력소실, 난청, 복시, 안근마비, 안면마

비 등의 증상을 보였으며, 척수증상은 66.7%로 경부강직, 요통, 배뇨장애, 감각소실 등이 주증상이었다. 각 부위별 증상의 발생빈도는 보고자마다 차이가 있으나 대부분의 환자에서 중추신경계의 여러 부위가 동시에 침범되기 때문에 복합적인 신경계 증상이 나타나는 것이 특징적이다.^{4,5,8,14)}

본 연구에서 8례(75%)에서 두 부위 이상의 복합적인 신경증상을 관찰할 수 있었다. 국소적인 신경증상과는 구분되는 복합적인 신경증상이 나타나며, 특히 원발암소가 진단된 환자에서는 즉각적인 뇌척수액 검사가 필요할 것으로 생각된다.

임상증상들이 유발되는 기전은 아직까지 명확하게 밝혀지지는 않았으나 뇌저하(basal cistern)로의 침범 및 뇌척수액류의 차단으로 인한 뇌압상승과 수두증, 뇌척수실질 및 신경근의 직접 침윤으로 인한 신경세포의 손상, 뇌혈관협착으로 인한 뇌허혈증 및 세포의 왕성한 대사작용에 의한 지질고갈 등 대사적 이상 등으로 설명하고 있다.^{5,15)}

본 연구의 수막암종증 환자 2례는 신경학적 증상이 선행되어 전이성 수막암종증이 원발암소보다 먼저 진단된 경우로 Theodore 등⁴⁾에 의하면 이러한 경우는 7%정도라고 한다.

진단은 60년대까지만 해도 주로 부검에 의하여 이루어졌다. 최근 신경영상술과 뇌척수액 세포진검사 등의 발달로 보다 정확한 조직진단이 가능해졌다.

뇌척수액 세포진검사상 암세포의 검출로 확진되지만, 초기 세포진 검사상 위음성 결과가 빈번한 것으로 알려져 있다. 위음성 결과를 초래하는 원인은 Glass 등¹⁶⁾은 암세포가 뇌수막에 강하게 부착되어 있는 경우나 암세포가 뇌수막에 전반적인 침범을 보이지 않고 국소적으로 존재할 경우 등에 기인한다고 하였다.

Wasserstrom 등⁵⁾은 뇌척수액 세포진검사의 예민도 조사에서 첫회 검사에서 54%의 양성율을 보였으며 누진세포진검사에서는 91%의 증가된 양성율을 보고하였다. 본 연구에서 뇌척수액

세포진검사는 11례에서 시행되었으며, 첫회 검사에서 54.5%의 양성율을 보였다. 누진세포진검사에서는 72.7%의 양성율을 보였으며, 1례는 두 번째 세포진검사에서도, 1례는 9번째 세포진검사에서도 각각 양성소견을 보였다. 세포진검사에서 음성을 보인 3례중 1례는 1회만, 2례는 2회의 세포진검사가 시행되어 반복된 척수액검사의 중요성을 보여 주었다.

Wasserstrom 등⁵⁾은 수막암종증의 뇌척수액 압력, 세포수, 단백치 및 당치 등의 검사에서 99%의 비정상 소견을 보여 전이의 간접적인 증거가 된다고 하였다. Little 등¹⁵⁾은 수막암종증 환자의 76%에서 뇌척수액 당치가 감소되어 있다고 하였으며, 본 연구 역시 63.6%에서 뇌척수액 당치 감소소견을 보였다. 뇌척수액 당치가 감소되는 이유는 혈장장벽을 가로질러 당을 운반하는 운반매개체의 장애 및 종양세포의 항진된 대사작용 등에 의한 것으로 생각된다.^{4,5,15,17,18)}

뇌척수액내의 종양표식자로는 β -glucuronidase (80 m μ /L 이상), CEA (1 ng/ml 이상), LDH isoenzyme의 분포상의 변화(LDH5/LDH1 > 15%)가 도움이 된다.^{5,6,19)} 특히 CEA의 경우 혈장장벽을 통과하지 못하여 뇌척수액내 암세포의 침윤이 없으면 측정되지 않으므로 수막암종증 진단에 유용한 것으로 보고되고 있으며 폐암, 위장관계종양, 유방암, 난소암 등의 선암에서 증가되는 것으로 알려져 있다.^{4,16,20,21)}

본 연구에서 CSF CEA는 88.9%의 높은 양성율을 보였으며, 모두 뇌척수액 첫회 검사에서 현저한 증가소견(평균치는 292.4 ng/ml)을 보였다. 이와 같이 CSF CEA의 양성율이 높은 것은 본 증례 12례 중 원발암소 미상인 1례를 제외한 11례의 병리조직소견이 선암이었기 때문으로 생각된다.

신경영상술의 발달로 수막암종증 진단에서 신경영상이 차지하는 비중은 점차 증가되고 있으며, 특히 뇌척수액검사를 시행하기 어려운 암환자의 경우 신경영상의 역할은 크다.

Freilich 등²²⁾은 특징적인 임상양상을 보이는 환자군에서 전체 수막암종증의 약 1/3정도를 신

경영상만으로 진단할 수 있다고 보고하였다. 수막암종증에서 특징적인 신경영상소견은 연수막, 경막 및 뇌신경의 조영증강, 지주막하의 조영증강 결절, 수조의 폐쇄 소견, 교통성 수두증, 척수근의 조영증강 등이 보고되고 있으며 자기공명영상이 전산화단층촬영보다는 민감도가 높다.²³⁻²⁶⁾

본 연구에서 신경영상의 양성소견은 58.3%였으며, 이 중 조영증강소견이 41.7%였고, 수두증이 16.7%에서 관찰되어 다른 보고들과 유사하였다.

수막암종증의 치료목표는 신경학적 장애를 초래하는 증상 및 징후를 감소시키는데 있으며, 치료방법은 방사선요법과 화학요법 또는 이들의 병합요법이 있다. 방사선요법은 급성 백혈병 및 악성 임파종 같은 방사선에 민감한 암의 전이에서는 효과적이거나, 유방암 또는 폐의 선암에 대해서는 그 효과가 적으며 심한 골수억제만 초래하는 경우가 보고되고 있다.⁵⁾ 그러나 현재까지는 충실성 종양의 전이에 대해서는 방사선 치료가 주로 시도되고 있으며 화학요법을 겸하는 방법이 이용되고 있다.^{5,14)}

Wasserstrom 등⁵⁾은 90례의 수막암종증에서 방사선요법후 뇌실내 항암투여를 하여 47%의 치료 반응율을 보였으며 평균 생존기간은 5.8개월로 보고하였다.

본 연구에서는 12례 중 5례에서 척수강내 화학요법만 시행되었으며, 보조적인 치료만 한 경우는 평균 생존기간이 19일이었고 척수강내 항암치료를 한 경우는 44일 이상으로 치료를 하지않은 경우보다 길었으나 방사선요법과 척수강내 항암제 주입을 병합한 경우보다는 짧았다.

결론

저자들은 1993년 3월부터 1999년 7월까지 고신대학교 복음병원 신경과에서 수막암종증으로 진단된 12례를 대상으로 임상양상을 관찰하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

수막암증후군을 일으키는 원발암은 폐암 6례, 위암 3례, 직장암 1례, 유방암 1례 및 원발암소미상 1례 순이었고 원발암소가 확인된 11례의 병리조직소견은 선암이었다.

원발암 진단후 수막암증후군 진단까지의 평균 진단기간은 258일 이었다.

신경학적 초기증상은 두통이 제일 많았으며, 오심, 구토, 수막 자극 증상, 및 요통 순이었다.

수막암증후군의 진단에 있어 뇌척수액 세포진 검사, 신경영상검사, 뇌척수액 종양표식자(CEA)의 양성율은 각각 72.7%, 58.5%, 88.9%로 뇌척수액 종양표식자가 가장 높았다. 첫 번째 뇌척수액검사의 양성율은 기본검사 90.9%, 세포진검사 54.5%, 및 종양표식자 88.9%였다.

원발암이 진단된 환자에서 복합적인 신경학적 증상이 있는 경우 적극적인 뇌척수액 검사가 필요하며 특히 원발암의 병리소견이 선암인 경우 뇌척수액 CEA 수치가 진단에 도움이 된다.

수막암증후군으로 진단된 경우는 방사선치료 및 척수강내 항암치료의 병용요법으로 신경학적 장애를 감소시키고 생존기간의 연장을 기대할 수 있다.

참고문헌

- Blumenschein GR : Meningeal carcinomatosis in breast cancer. *Cancer* 42 : 283-286, 1978
- Gonzalez-Vitale JC, Garcia-Bunuel R : Meningeal carcinomatosis. *Cancer* 37 : 2906-2911, 1976
- Nugent JL, Bunn PA, Matthews MJ : CNS metastases in small cell bronchogenic carcinoma : Increasing frequency and changing pattern with lengthening survival. *Cancer* 44 : 1885-1893, 1979
- Theodore WH, Gendelman S : Meningeal carcinomatosis. *Neurology* 38 : 696-699, 1981
- Wasserstrom WR, Glass JP, Posner JB : Diagnosis and treatment of leptomeningeal metastasis from solid tumor. *Cancer* 49 : 759-772, 1982
- Saenger A : Über Hirn Symptome bei Carcinomatose. *Munch Med Wochen Schr* 47 : 341-342, 1900
- Beerman WF : Meningeal carcinomatosis. *JAMA* 58 : 1437-1439, 1912
- Gonzalez-Vitale JG, Garcia-Bunuel R : Meningeal carcinomatosis. *Cancer* 37 : 2906-2911, 1976
- Yab HY, Yab BS, Taxhima CK, Kistefano A, Blumenschein GR : Meningeal carcinomatosis in breast cancer. *Cancer* 42 : 283-286, 1978
- Arony RS, Dalley DN, Chen WK, Bell DR, Levi JA : Meningeal carcinomatosis in small cell carcinoma of the lung. *Am J Med* 71 : 26-32, 1981
- Fisher-Williams M, Bosanquet FD, Daniel PM : Carcinomatosis of the meninges : a report of three cases. *Brain* 78 : 42-58, 1955
- 김동림, 정현철, 노재경, 최진혁, 박용준, 이화영, 김원호, 장준, 이상인 : 고형암의 전이성 수막암증후군 10예에 대한 고찰. *대한내과학회지* 37 : 775-783, 1989
- 이필휴, 최일생, 김승민, 박동철 : 수막암증후군에서 임상양상, 뇌척수액 세포진 검사, 신경영상 및 뇌척수액 생화학 표식인자의 비교. *대한신경과학회지* 17 : 45-52, 1999
- Olson ME, Chernik NL, Posner JB : Infiltration of the leptomeninges by systemic cancer : a clinical and pathologic study. *Arch Neurol* 30 : 122-137, 1974
- Little J, Dale A, Okazaki H : Meningeal metastasis : clinical manifestations. *Arch Neurol* 30 : 138-143, 1974

16. Glass JP, Melamed M, Chernik NL, Posner JB : Malignant cell in cerebrospinal fluid : the meaning of a positive CSF cytology. *Neurology* 29 : 1369-1375, 1979
17. De vita VT, Canellos GP : Hypoglycorrhachia in meningeal carcinomatosis. *Cancer* 19 : 691-694, 1966
18. Hiesier EM, Bo PD, Lipschutz LE, Basler GA, Thaler HT, Posner JB, Shapiro WR : Experimental meningeal carcinomatosis selectively depresses local cerebral glucose utilization in rat brain. *Neurology* 39 : 90-95, 1989
19. Shuttieworth E, Allen N : CSF β -glucuronidase assay in the diagnosis of neoplastic meningitis. *Arch Neurol* 37 : 684-687, 1980
20. Schold SC, Wasserstrom WR, Fleisher M, Schwartz MK, Posner JB : Cerebrospinal fluid biochemical markers of central nerve system metastasis. *Ann Neurol* 8 : 597-604, 1980
21. Grossman SA, Moynihan TJ : Neoplastic meningitis. *Neurol Clin* 9 : 843-856, 1991
22. Freilich RJ, Krol G, DeAngelis LM : Neuroimaging and cerebrospinal fluid cytology in the diagnosis of leptomeningeal metastasis. *Ann Neurol* 38 : 51-57, 1995
23. Chamberlain MC, Sandy AD, Press GA : Leptomeningeal metastasis : a comparison of gadolinium-enhanced MR and contrast-enhanced CT of the brain. *Neurology* 40 : 435-438, 1990
24. Davis PC, Freedman NC, Fry SM, Malko JA, Hoffmann JC, Braun IF : Leptomeningeal metastasis : MR imaging. *Radiology* 163 : 449-454, 1987
25. Frank JA, Girton M, Dwyer AJ, Wright DC, Cohen PJ, Doppman JL : Meningeal carcinomatosis in the VX2 rabbit tumor model : detection with Gd-DTPA-enhanced MR imaging. *Radiology* 167 : 825-829, 1988
26. Sze G, Soletsky S, Bronen R, Kroi G : MR imaging of the cranial meninges with emphasis on contrast enhancement and meningeal carcinomatosis. *AJNR* 10 : 965-975, 1989