

수두증에 대해 뇌실 복강간 단락술을 시행한 뒤 발생한 경막하 혈종의 임상적 분석

대구가톨릭대학교 의과대학 대구가톨릭대학교병원 신경외과학교실

윤상목 · 김기홍 · 조재훈

Clinical Analysis of Subdural Hematoma after Ventriculoperitoneal Shunt for Hydrocephalus

Sang Mok Yoon, MD, Ki Hong Kim, MD and Jae Hoon Cho, MD

Department of Neurosurgery, Catholic University of Daegu College of Medicine, Daegu Catholic University Medical Center, Daegu, Korea

Objective: Subdural hematoma is one of complications of ventriculoperitoneal (VP) shunt for hydrocephalus. We observed many cases of subdural hematoma on early post-operative computed tomography scan performed after VP shunt. We analyzed clinical features and factors related occurrence of subdural hematoma after VP shunt.

Methods: From January 2009 to December 2011, 104 patients underwent shunt surgery by programmable valve for hydrocephalus. The demographic factors, preoperative medications, causes of hydrocephalus, radiologic features, and operative findings were reviewed. We divided patients into two groups: occurrence of subdural hematoma (Group A) and no evidence of subdural hematoma (Group B).

Results: Fifty-eight patients (55.8%) had a subdural hematoma after VP shunt. Mean setting pressure of valve was higher in group B compared to group A. A setting pressure is the only factor related to occurrence of subdural hematoma. Five patients in Group A (8.6%) had symptoms of subdural hematoma. Though subdural hematoma was absorbed spontaneously or by increasing of setting pressure of valve in majority of Group A, five patients underwent additional operation.

Conclusion: The setting pressure of valve was important to prevent and treat subdural hematoma after VP shunt for hydrocephalus.

(Korean J Neurotrauma 2012;8:68-72)

KEY WORDS: Hydrocephalus · Subdural hematoma · Ventriculoperitoneal shunt.

서론

수두증은 자발성 뇌지주막하 출혈과 외상성 뇌출혈의 합병증으로 또는 다른 원인으로 인하여 뇌척수액의 이상 흐름이 발생하고 뇌실이 확장되어 나타나는 질환이다. 이에 대

한 치료로써 뇌실 복강간 단락술이 많이 시행되고 있고 가장 유용한 치료방법으로 알려져 있다. 과거에는 뇌척수액 배액의 압력을 수술 이후에는 조절할 수 없는 고정 압력 장치를 사용하여 문제점을 안고 있었으나 최근 programmable valve의 개발로 자유롭게 수술 전과 수술 후에 뇌척수액 배액의 압력을 단계적으로 조절할 수 있어 틈새 뇌실 증후군 (slit ventricle syndrome)과 같은 과다배액이나 또는 과소배액으로 인한 문제점을 해결할 수 있게 되었다.^{10,18)}

경막하 혈종은 흔하지 않은 뇌실 복강간 단락술의 합병증으로 보고되고 있으며 다른 연구 결과에서는 4~5% 정도의 발생률로 보고되고 있다.^{1,2,9,15)} 그러나 저자는 수두증에 대

Received: April 18, 2012 / **Revised:** August 17, 2012

Accepted: August 21, 2012

Address for correspondence: Jae Hoon Cho, MD
Department of Neurosurgery, Catholic University of Daegu College of Medicine, Daegu Catholic University Medical Center, 33 Duryu-gongwon-ro 17-gil, Nam-gu, Daegu 705-718, Korea
Tel: +82-53-650-4258, Fax: +82-53-650-4932
E-mail: fhjcho@yahoo.co.kr

하여 뇌실 복강간 단락술을 시행한 환자에 있어서 수술 후 증상에 관계없이 조기에 시행된 뇌전산화단층촬영(computerized tomography: CT) 결과를 분석해보았고 그 결과 많은 경우에서 경막하 출혈이 발생한다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서는 수두증 환자에서 뇌실 복강간 단락술을 시행하였을 때 발생한 경막하 혈종의 임상적 특징, 발생 인자 및 치료 결과를 문헌 고찰과 함께 분석하여 보았다.

대상 및 방법

2009년 1월부터 2011년 12월까지 내원한 환자 중, 수두증으로 진단이 되어 뇌실 복강간 단락술을 시행받은 104명의 환자를 대상으로 연구가 진행되었다. 뇌동맥류 파열로 인해서 발생한 뇌지주막하 출혈, 자발성 뇌출혈 및 외상성 뇌출혈로 인하여 발생한 수두증과 정상 뇌압 수두증과 같은 수두증도 모두 포함되었으며 모든 환자들은 의무기록을 바탕으로 성별, 나이, 수술 전 항 혈소판 제제의 투약력, 수두증의 발생원인 질환, 수술 후 증상의 변화 등을 후향적으로 조사하였다.

모든 환자는 수술 전 뇌전산화단층촬영을 시행하여 뇌실의 크기를 뇌실 확장지수(Evan's ratio)를 사용하여 측정하였고 뇌실 주위의 저음영 부종의 유무, 뇌위축 소견의 유무, 뇌출혈이나 뇌경색 이후 뇌실질의 감소 소견과 같은 동반된 병변 부위를 확인하였다. 수술 후 3일 또는 7일경에 증상에 관계없이 시행된 뇌전산화단층촬영 결과를 통하여 뇌실 복강간 단락술이 시행된 위치와 경막하 혈종의 유무 및 발생 위치를 확인하였다 (Figure 1). 혈종의 두께는 뇌전산화단층촬영상 가장 두꺼운 부분을 측정하였고 혈종의 농도는 Hounsfield unit (HFU)에 따라 측정하여 고음영(high density), 저음영(low density), 혼합음영(mixed density)로 나

누었다. 저음영의 경우에서 뇌척수액과 같은 음영을 보이는 경우는 뇌수종(subdural hygroma)로 판단을 하고 대상에서 제외하였다. 그리고 모든 환자를 뇌실 복강간 단락술을 시행 후 경막하 혈종이 발생한 군 (Group A)과 발생하지 않은 군 (Group B)로 나누었다.

수두증이 진단된 모든 환자는 뇌실과 복강 내를 연결하는 단락술로 시행되었으며 programmable valve (Codman[®] Hakim[™] Programmable valve, Codman & Shurtleff, Inc, Le Locle, Switzerland)를 단락기기로 사용하였다. 수술은 대부분의 환자에서 비우성반구인 우측 Kocher's point를 통해 단락관을 삽입하였으나 기존의 절개부위가 단락술의 절개부위와 겹치거나 두개골 성형술 및 두개 압박술이 시행되었던 경우 등의 이유로 여의치 않을 때는 좌측으로 단락관을 삽입하였다. Valve의 개방압력은 환자마다 고정적인 값으로 설정하지 않았다. 수술 중 단락관을 삽입하기 전에 뇌실 천자압(opening pressure)을 측정하였고 그것을 바탕으로 그 압력의 4 cmH₂O 이상과 4 cmH₂O 이하의 범위 내에서 valve의 개방압력(setting pressure)을 설정하였다. 통계학적 분석은 SPSS 16.0(SPSS Inc., Chicago, IL)을 이용하였고 관련 인자와 상관 관계분석은 chi-square와 t-test를 사용하였다. p값이 0.05 미만인 경우에 통계학적으로 유의하다고 판정하였다.

결 과

두 군 간의 결과 비교

수술을 시행받은 104명의 환자 중에서 경막하 혈종이 발생한 A군은 모두 58명 (55.8%)이었으며 발생하지 않은 B군은 46명 (44.2%)이었다. A군의 성별분포는 남자가 31명, 여자가 27명이었으며 B군은 남자가 16명, 여자가 30명으로 B

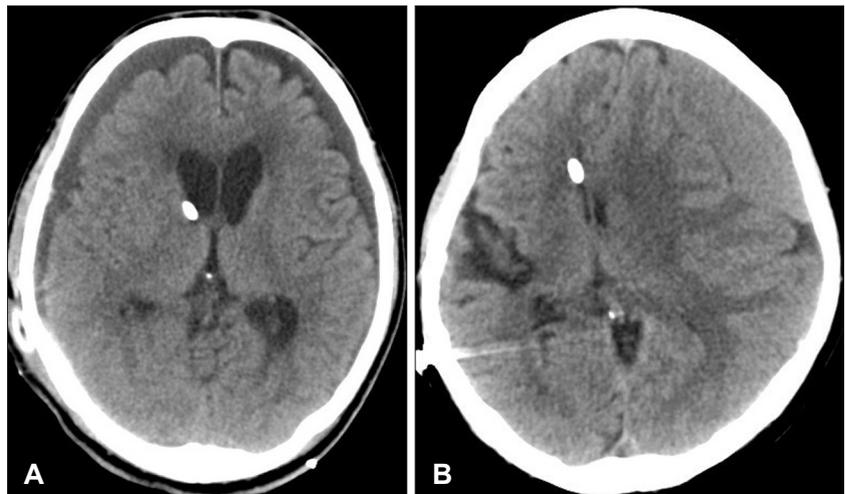


Figure 1. Computed tomographic scan showing a bilateral subdural hematoma (SDH) with ventriculoperitoneal shunt on right side (A). iso-dense SDH on left side with ventriculoperitoneal shunt on contralateral side (B).

TABLE 1. Demographic and etiologic data of two groups

	Group A	Group B	p-value
Number of patient (%)	58 (55.8)	46 (44.2)	
Gender (M : F)	31:27	16:30	0.057
Age	59.5±14.9	51.4±19.3	0.190
Medication (%)	5 (8.6)	7 (15.2)	0.296
Disease (%)			
SAH	35 (60.4)	26 (56.5)	0.694
Trauma	10 (17.2)	10 (21.7)	0.563
Spontaneous ICH	8 (13.8)	4 (8.7)	0.419
Other	5 (8.6)	6 (13.1)	0.466

SAH: subarachnoid hemorrhage, ICH: intracerebral hemorrhage

군에서 여자의 비율이 높았다. 평균연령은 A군이 59.5세 B군이 51.4세였고, 항혈소판제제의 수술 전 투약력은 A군에서 5명이었으며, B군에서 7명이었다. 수두증이 발생한 원인 질환으로는 A군에서 동맥류 파열에 의한 뇌지주막하 출혈이 35명 (60.4%), 외상성 뇌출혈이 10명 (17.2%), 자발성 뇌출혈이 8명 (13.8%), 기타 5명 (8.6%)이었다. B군에서는 각각 26명 (56.5%), 10명 (21.7%), 4명 (8.7%), 6명 (13.1%)이었다. 이들 인자에서 두 그룹 간의 통계학적인 차이는 보이지 않았다 (Table 1).

뇌실 복강간 단락술을 시행하기 전 뇌실의 크기(Evan's ratio)는 A군에서 36.4%, B군에서 37%로 두 그룹 간의 크기의 차이는 통계적인 유의성은 보이지 않았다. 뇌실 주위의 부종은 A군에서 40명 (69.0%)의 환자에서 나타났으며 B군에서는 26명 (56.5%)에서 나타났으나 두 그룹 간에 통계적인 차이는 없었다. 뇌위축과 뇌실질의 감소를 초래하는 병변의 유무를 조사한 결과, A그룹에서는 13명 (22.4%)과 19명 (32.8%)에서 각각 나타났으며 B그룹에서는 8명 (17.4%), 17 (37.0%)에서 각각 나타났다. 이는 통계학적으로 분석한 결과 두 그룹 간의 유의성을 발견하지 못했다 (Table 2).

수술 중 단락관을 삽입하기 전에 시행한 뇌실 천자압의 측정에서, A군에서는 평균 10.3 cmH₂O였고 B군에서는 10.8 cmH₂O로 나타났다. Valve 개방압력의 평균은 A군에서 9.8 cmH₂O, B군에서는 11.3 cmH₂O로 분석되었다. 뇌실 천자압과 개방압력의 차이의 평균은 A군에서 0.5 cmH₂O, B군에서는 -0.6 cmH₂O로 나타났다. 뇌실 천자압은 두 그룹 간에 통계학적 유의성은 없었으나, 개방압력 자체와 뇌실 천자압과 개방압력의 차이는 두 그룹 간에 통계적으로 유의한 차이를 보였다 ($p=0.012, 0.036$) (Table 2).

A군의 결과분석

대부분의 환자에서 뇌실 복강간 단락술을 시행한 뒤 3일, 7일, 14일경에 뇌전산화단층촬영을 시행하였다. 수술

TABLE 2. Summary of related factor

	Group A	Group B	p-value
V. size (Evan's ratio)	36.4±5.0	37.0±6.2	0.597
periV edema (%)	40 (69.0)	26 (56.5)	0.191
Brain atrophy (%)	13 (22.4)	8 (17.4)	0.526
Other (%)	19 (32.8)	17 (37.0)	0.655
Opening pr. (cmH ₂ O)	10.3±4.9	10.8±4.4	0.629
Setting pr. (cmH ₂ O)	9.8±3.0	11.3±3.2	0.012
Difference (cmH ₂ O)	0.5	-0.6	0.036

V: ventricle, pr: pressure, difference: opening pressure-setting pressure

TABLE 3. Summary of subdural hematoma in group A

	Group A
Location of SDH	
Ipsilateral (%)	46 (79.3)
Contralateral (%)	3 (5.2)
Bilateral (%)	9 (15.5)
Thickness of SDH (mm)	8.9±3.6
Density	
Low (%)	50 (86.2)
Mixed (%)	7 (12.1)
High (%)	1 (1.7)
Symptom (%)	5 (8.6)

SDH: subdural hematoma

후 3일에 혈종이 관찰되었던 환자는 9명, 7일경에는 31명, 14일경에는 18명이었다. 53.4%의 환자에서 수술 후 7일경에 시행된 뇌전산화단층촬영에서 경막하 혈종이 관찰되었다. 단락관을 뇌실에 삽입한 위치와 경막하 혈종이 발생한 위치와의 관계에서는 동측에 발생한 경우가 46명 (79.3%), 반대측에 발생한 경우가 3명 (5.2%), 양측에 발생한 경우가 9명 (15.5%)으로 나타났다. 혈종 크기의 범위는 5 mm에서 21 mm였고 평균 8.9 mm였다. 혈종의 농도는 50명 (86.2%)의 환자에서 저음영으로 나타났고 7명 (12.1%)의 환자에서는 혼합음영이, 1명 (1.7%)의 환자에서는 고음영으로 관찰되었다. 수술 후 증상을 호소했던 환자는 5명 (8.6%)이었으며 국소 신경학적 결손이나 의식저하는 관찰되지 않았고 모두 두통을 호소하였다 (Table 3).

경막하 혈종이 발생되었던 환자 중에서 14명의 환자는 아무런 조치 없이 경과관찰 후에 저절로 혈종의 호전이 보였고 39명의 환자에서는 점차적으로 개방압력을 높게 설정하였고 추가적인 수술 없이 혈종이 모두 호전되었다. 개방압력의 조정에도 불구하고 혈종의 두께가 증가하고 증상의 악화를 보였던 나머지 5명의 환자에서는 추가적인 수술이 필요하였는데, 그 중 4명 (6.9%)의 경우에는 천공 배액술(burr-hole drainage)이 시행되었으며 1명은 단락관 결찰술이 시행되었다. 천공 배액술이 시행된 이후 경막하 혈종은 모두 호전이

되었고, 결찰술이 시행되었던 환자의 경우에서도 경막하 혈종이 호전된 이후 결찰을 풀었으나 경막하 혈종은 발생하지 않았다.

고 찰

일반적으로 수두증의 치료는 뇌실 내의 뇌척수액을 뇌실 외부로 배액하는 것을 목적으로 하고 있으며 주로 복강, 심방, 또는 흉강으로 배액술을 시행하게 된다. 그 중에서 뇌실과 복강간으로 뇌척수액을 단락시키는 수술을 가장 많이 시행하고 있다. 기존에는 단락술에 사용된 단락기기의 뇌척수액 배액을 조절하기 위한 개방압력이 세 가지(low, medium, high pressure)로 고정되어 있었다. 따라서 수술 후 뇌척수액의 배액에 따른 합병증인 과소배액으로 인한 틈새 뇌실증후군 또는 과다배액으로 인한 경막하 혈종의 발생에 대한 문제점을 해결하기 어려웠다.^{3,4)} 이러한 문제점은 재수술을 시행하여 다른 개방압력의 단락기기로 바꾸어 주는 수밖에 없었다. 개방압력이 자유롭게 조절이 가능한 programmable valve가 개발됨으로써 과소배액이나 과다배액으로 인한 합병증이 발생하여도 수술 이후에 개방압력의 조절이 가능하여 이에 대한 대처가 가능하게 되었다.

수두증 환자에서 뇌실 복강간 단락술을 시행한 이후 발생하는 경막하 혈종에 대하여 많은 문헌 보고가 있었다.^{6,11)} Becker와 Nulsen¹⁾이 보고한 결과에 따르면 뇌실 복강간 단락술을 시행한 140명의 환자 중 5%에서 경막하 혈종이 발생하였다. Illingworth⁹⁾가 보고한 문헌에서는 전체 환자 중 8명의 환자에서 경막하 혈종이 발생하였으며 이는 4.5%였다. 정상 뇌압 수두증 환자를 대상으로 뇌실 복강간 단락술을 시행했던 문헌에서는 경막하 혈종의 발생을 20.8%로 보고하였다.¹⁶⁾ 이 저자들의 결과는 본 저자의 연구와 차이가 있는데 저자의 연구에서는 104명의 환자 중에서 58명 (55.7%)의 환자에서 경막하 혈종이 발생하였다. 이는 대부분의 환자에게 증상의 발생에 관계없이 조기에 뇌전산화단층촬영이 시행되어 증상 없이 저절로 호전이 될 경막하 혈종도 모두 포함이 된 것과 관련이 있을 것으로 생각된다.

경막하 혈종이 발생하는 원인으로 제시되고 있는 것은 뇌척수액의 배액과 뇌실의 압력감소로 인하여 첫째로, 뇌가 경막으로부터 떨어지고 교정맥(bridging vein)의 장력(tension)이 증가되면서 작은 외상에도 쉽게 교정맥이 파열될 기회가 증가하고 둘째로, 경막하 수종이 발생할 공간이 넓어짐으로써 경막하 혈종이 발생한다고 보고되고 있다.^{16,17)} Kuurne 등¹²⁾은 단락기기의 개방압력이 낮게 설정되었을 때 경막하 수종이 4명의 경우에서 발생하였고 이는 개방압력

의 재조정으로 치료가 되었다고 보고하였다. 저자의 결과에서 A군은 평균 뇌실 천자압이 10.3 cmH₂O, 평균 개방압력이 9.8 cmH₂O로 나타났으며 개방압력이 뇌실 천자압보다 평균적으로 0.5 cmH₂O 낮았다. B군에서는 각각 10.8 cmH₂O와 11.3 cmH₂O로 나타났으며 개방압력이 뇌실 천자압보다 0.6 cmH₂O 높았다. 뇌실 천자압은 두 군에서의 통계적인 차이는 없었고 개방압력 자체와 그 차이에서는 두 군에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으므로 개방압력의 설정은 경막하 혈종의 발생과 밀접한 관련이 있는 것으로 판단된다.

A군 내에서 79.3% 경우에서 단락관이 삽입된 위치와 동일한 위치에 경막하 혈종이 발생하였다. 이러한 결과를 고려할 때 수술 자체도 경막하 혈종에 영향을 주는 것으로 판단되나 이에 관해 기술된 문헌은 찾을 수가 없었다. 단락관을 삽입하기 위해 시행한 두개골의 천공 이후에 경막하 공간으로 공기의 유입되면서 경막하 공간이 넓어지거나, 동측 뇌실내의 뇌척수액 배액으로 인한 뇌실의 과도한 감소로 경막하 공간이 넓어져 경막하 혈종의 발생이 증가할 수 있을 것으로 생각된다.

경막하 혈종의 발생에 관계될 것으로 생각되는 다른 요인들을 살펴본 결과 연령, 성별의 분포, 수술 전 항 혈소판제제의 투약력, 수술 전 수두증의 원인이 된 기저 질환, 수술 전 뇌실의 크기, 뇌실 주위의 부종, 뇌위축, 뇌실질의 감소를 초래하는 병변은 모두 두 그룹 간에 차이가 나타나지 않았다. 저자들의 연구 결과에서는 개방압력 자체와 뇌실 천자압과 개방압력의 차이만이 통계학적인 유의성을 가졌고 경막하 혈종의 발생에 영향을 주는 것으로 보였다. 따라서 뇌실 천자압보다 개방압력을 높게 설정하는 것이 경막하 혈종의 발생을 줄이는 요소로 생각이 되나 어느 정도 높게 설정해야 하는지에 대해서는 잘 계획된 전향적 연구가 필요할 것으로 보인다.

경막하 혈종이 발생하면 뇌압의 증가에 의한 두통, 뇌실질의 압박으로 인한 의식저하나 운동신경 마비 증상이 나타날 수 있다.^{2,5,14)} 경막하 혈종이 발생한 A군의 경우 증상이 나타난 환자는 5명에서 관찰되었으며 모두 뇌압상승에 의한 두통을 호소하였다. 그러나 운동신경 마비나 국소 신경학적 증상은 관찰할 수 없었다. 이는 경막하 혈종이 발생한 다른 연구들보다 작은 비율로 발생하였는데 이는 증상에 관계없이 조기에 뇌전산화단층촬영을 시행한 결과로 생각된다.

여러 문헌에서는 경막하 혈종의 치료 방법으로 개방압력을 조절하거나 천공 배액술을 시행함으로써 치료가 가능하다고 보고하고 있다.^{7,12,13,16)} 또는 경막하 복강간 단락술과 제3뇌실 천공술로 치료하는 방법도 제시하고 있었다.⁸⁾ 저자는 증상이 발생하지 않았거나 경막하 혈종의 두께가 작았

던 경우는 개방압력을 그대로 유지를 하면서 7일 또는 14일 경과 후에 뇌전산화단층촬영을 시행하였고 대부분은 저절로 호전이 되었다. 그러나 증상이 있거나 혈종의 두께가 큰 경우에는 개방압력을 재조정하게 되었는데 7일의 간격을 두고 2 cmH₂O 내지 3 cmH₂O 정도의 압력을 증가시켰으며 2번 또는 3번의 재조정으로 경막하 혈종은 호전이 보였다. 추가적으로 수술이 필요했던 5명의 환자는 천공 배액술이나 단락관 결찰술로 치료를 하였고 모두 호전이 되었다. 경막하 혈종은 개방압력의 재조정으로 대부분 호전이 되나 증상이 심하거나 호전이 보이지 않는 경우, 뇌전산화단층촬영에서 처음부터 혈종의 두께가 두꺼운 경우에는 주의를 기울이고 관찰해야 할 것이다.

결 론

수두증에 대하여 뇌실 복강간 단락술을 시행할 경우 반 이상의 환자에서 조기에 경막하 혈종의 합병증이 발생함을 알게 되었다. 개방압력의 설정이 중요한 요인으로 작용하는 것으로 보이며 대부분의 환자에게 무증상의 적은 양의 혈종으로 발생한다. 이런 경막하 혈종은 개방압력의 재조정으로 쉽게 치료가 가능하다. 경막하 혈종의 발생을 줄이기 위한 개방압력의 설정 정도에 대한 연구가 더 필요하겠다.

■ The authors have no financial conflicts of interest.

REFERENCES

- 1) Becker DP, Nulsen FE. Control of hydrocephalus by valve-regulated venous shunt: avoidance of complications in prolonged shunt maintenance. *J Neurosurg* 28:215-226, 1968
- 2) Benzel EC, Pelletier AL, Levy PG. Communicating hydrocephalus in adults: prediction of outcome after ventricular shunting procedures. *Neurosurgery* 26:655-660, 1990
- 3) Black PM. Idiopathic normal-pressure hydrocephalus. Results of shunting in 62 patients. *J Neurosurg* 52:371-377, 1980
- 4) Black PM, Hakim R, Bailey NO. The use of the Codman-Medos Programmable Hakim valve in the management of patients with hydrocephalus: illustrative cases. *Neurosurgery* 34:1110-1113, 1994
- 5) Boon AJ, Tans JT, Delwel EJ, Egeler-Peerdeman SM, Hanlo PW, Wurzer HA, et al. Dutch Normal-Pressure Hydrocephalus Study: randomized comparison of low- and medium-pressure shunts. *J Neurosurg* 88:490-495, 1998
- 6) Chrissicopoulos C, Mourgela S, Kirgiannis K, Sakellaropoulos A, Ampertou N, Petritsis K, et al. What is the appropriate shunt system for normal pressure hydrocephalus? *Acta Neurochir Suppl* 113:119-121, 2012
- 7) Dietrich U, Lumenta C, Sprick C, Majewski B. Subdural hematoma in a case of hydrocephalus and macrocrania. Experience with a pressure-adjustable valve. *Childs Nerv Syst* 3:242-244, 1987
- 8) Fukuhara T, Vorster SJ, Luciano MG. Critical shunt-induced subdural hematoma treated with combined pressure-programmable valve implantation and endoscopic third ventriculostomy. *Pediatr Neurosurg* 33:37-42, 2000
- 9) Illingworth RD. Subdural haematoma after the treatment of chronic hydrocephalus by ventriculocaval shunts. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 33:95-99, 1970
- 10) Kamikawa S, Kuwamura K, Fujita A, Ohta K, Eguchi T, Tamaki N. [The management of slit-like ventricle with the Medos programmable Hakim valve and the ventriculofiberscope]. *No Shinkei Geka* 26:349-356, 1998
- 11) Kurschel S, Puget S, Bourgeois M, Zerah M, Ofner P, Renier D. Factors influencing the complication rate of subduroperitoneal shunt placement for the treatment of subdural hematomas in infants. *J Neurosurg* 106(3 Suppl):172-178, 2007
- 12) Kuurne T, Servo A, Porras M. Subdural effusions re-appearing after shunts in patients with non-tumoural stenosis of the aqueduct. *Acta Neurochir (Wien)* 67:127-134, 1983
- 13) Lee MC, Lee JK, Kim JH, Kim HW, Kim TS, Jung S, et al. Effectiveness of the Medos Hakim Programmable Valve in the treatment of various type of hydrocephalus. *J Korean Neurosurg Soc* 28:1714-1720, 1999
- 14) Puca A, Fernandez E, Colosimo C, Lauretti L, Pallini R, Tamburrini G. Hydrocephalus and macrocrania: surgical or non-surgical treatment of postshunting subdural hematoma? *Surg Neurol* 45:376-382, 1996
- 15) Pudenz RH, Foltz EL. Hydrocephalus: overdrainage by ventricular shunts. A review and recommendations. *Surg Neurol* 35:200-212, 1991
- 16) Samuelson S, Long DM, Chou SN. Subdural hematoma as a complication of shunting procedures for normal pressure hydrocephalus. *J Neurosurg* 37:548-551, 1972
- 17) Sternbach GL. Subdural hematoma in a shunted patient. *J Emerg Med* 29:483-484, 2005
- 18) Yamashita N, Kamiya K, Yamada K. Experience with a programmable valve shunt system. *J Neurosurg* 91:26-31, 1999