

## 두개강 내 출혈 환자에서 지속적 뇌탄성 측정치와 두개강 내압과의 관련성 분석

가톨릭대학교 의과대학 의정부성모병원 신경외과학교실

박진규 · 유도성 · 허필우 · 조경석 · 김달수 · 박춘근

### Correlation between the Intracranial Pressure and Brain Compliance

Jin Kyu Park, MD, Do Sung Yoo, MD, Phil Woo Huh, MD,  
Kyoung Suck Cho, MD, Dal Soo Kim, MD and Chun Keun Park, MD

Department of Neurosurgery, Uijeongbu St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, College of Medicine, Uijeongbu, Korea

**Objective:** Intracranial pressure (ICP) monitoring is one of the most important patient monitoring in neurosurgical field. In acute stage, although ICP of the post-operative period were controlled well, the clinical results were variable. Authors monitored ICP and brain compliance after the operation. And analyzed the correlations between the ICP and brain compliance and patient clinical outcomes. **Methods:** Seven intracranial hemorrhage patients were included in this study. There were 5 males and 2 females patients (mean age: 47.6y, ranged from 6 to 77 years). All the patients were underwent craniectomy, craniotomy and the burr-hole trephination (intracerebral hemorrhage; 2 patients, intraventricular hemorrhage; 2 patients, subarachnoid hemorrhage; 2 patients) and the Spiegelberg double lumen intraventricular balloon catheter was inserted in a fluid-filled catheter on the lateral ventricle. The data of ICP and compliance were collected. The 154 pairs of data were collected, and performed the statistical correlations. **Results:** The 154 sets of data were collected and analyzed. The average of ICP was  $10.6 \pm 3.7$  mmHg and the compliance was  $0.56 \pm 0.15$ . The ICP was inversely correlated with the compliance ( $p=0.20$ ). The compliance was not correlated with the patient's age and cerebral perfusion pressure. **Conclusion:** From this study, authors thought that Spiegelberg double lumen compliance monitor was safe and reliable to check the ICP and brain compliance continuously. And we can conclude that brain compliance and ICP showed reverse correlation. (J Kor Neurotraumatol Soc 2007;3:39-42)

**KEY WORDS:** Intracranial pressure · Brain compliance · Intracerebral hemorrhage.

## 서 론

신경외과 환자 치료 시 두개강 내압 측정은 환자의 상태를 파악하고, 치료 방침을 결정하는 데 있어 중요한 지표이다. 다양한 두개강 내압 측정 장비가 개발되고 상품화되었으며, 각각의 장비에 대한 장점과 단점에 대하여 많은 연구가 이루어졌다. 그러나 뇌손상 초기에 비슷한

정도의 두개강 내압을 보이던 환자에서도, 신경학적 결과가 다른 경우를 흔하게 경험하게 된다. 이러한 경우 두개강내압 측정만으로 환자의 예후를 가늠하는 데 한계가 있다고 판단되어지며, 두개강 내압 측정에 더불어 뇌탄성을 측정하여 환자의 예후를 보다 정확하게 예측하고자 하는 노력이 계속되고 있다.<sup>6)</sup> 1975년 Marmarow 등의 연구에서 압력-체적 지수와 뇌탄성에 대한 이론적 체계는 확립되었는데, 두개강 내압을 처음 측정치의 10배 만큼 증가시키는데 요구되는 뇌척수액의 체적을 압력-체적 지수(pressure volume index)라 정의하였고, 뇌탄성은 이를 그래프로 표현할 때 두개강 내압 변화 수치에 로

**Address for correspondence:** Do Sung Yoo, MD  
Department of Neurosurgery, Uijeongbu St. Mary's Hospital, The Catholic University of Korea, College of Medicine, 65-1 Geumdong, Uijeongbu 480-130, Korea  
Tel: +82-31-820-3563, Fax: +82-31-846-3117  
E-mail: yooman@catholic.ac.kr

그값을 설정하여 구하여진 기울기에 해당한다.<sup>5)</sup> 정상 성인에서 압력-체적 지수는  $26 \pm 4$  ml이고 병리 상태에서 압력-체적 지수는 감소하는데, 이는 두개강 내에서 적은 체적 변화에도 두개강 내압의 변화가 크다는 것을 의미한다. 압력-체적 지수가 13 ml 이하가 되면 이는 명백한 이상으로 판단된다. 정상 신생아는 압력-체적 지수가 10 ml 이하이며, 만 14세 정도에 성인 수치인 25 ml가 된다. 그러나 뇌탄성 또는 압력-체적 지수를 Marmarow 등의 방법에 따라 임상 적용할 경우, 심각한 중추신경계 감염 및 뇌압 상승으로 인한 중대한 위험을 초래할 수 있어 이론적 수치를 측정하고 임상 환자에 적용하기에 한계가 있었다. 최근 환자 감시 장비의 발전에 힘입어 압력-체적 지수와 뇌탄성 측정뿐 아니라 평균 동맥압, 두개강 내압 및 뇌관류압까지 실시간으로 측정할 수 있는 장비가 개발되어 보다 안전하게 환자에게 사용할 수 있게 되었다.<sup>1)</sup> 저자들은 두개강 내 출혈 환자들을 대상으로 두개강 내압을 측정하는 동시에 뇌탄성을 측정하여, 두 측정치가 어떠한 관련성을 보이는지 본 연구를 진행하였다.

## 방 법

두개강 내출혈 환자 7명을 대상으로 (intracerebral hemorrhage: 2명, intraventricular hemorrhage: 2명, subarachnoid hemorrhage: 3명) 본 연구를 진행하였다. 모든 대상 환자에서 개두술 또는 천두술을 시행하였고, 뇌압 측정 및 뇌탄성 측정이 동시에 가능한 측정 장치 (Spiegelberg monitoring device, Germany)의 센서를 뇌실에 삽입하여 두개강 내압과 뇌탄성 측정치를 수술 후 2시간마다 측정하여 측정치를 컴퓨터 파일로 저장하였다. 본 연구에 사용한 장비는 측뇌실에 도달하는 직경 2 mm 도관 끝에 0.2 ml 용량의 풍선이 설치되어, 5초마다 풍선에 공기를 주입하고 2.5초 후에 공기를 제거하면서 총 200회의 두개강 내압 변화를 측정하여 뇌탄성을 측정하는 장비이다 (Figure 1). 7명의 환자에서 측정 장비를 설치한 후 매 2시간 단위로 두개강 내압 측정치와 뇌탄성 측정치의 평균을 계산하여 총 154개의 쌍체표본을 획득하여 분석하였다. 두개강 내압 측정치와 뇌탄성 측정치의 관련성, 뇌탄성 측정치와 환자의 임상 증상과의 관련성을 분석하였다 (Figure 2).

모든 통계 자료는 평균±표준 편차로 표기하였으며, 신뢰 구간 0.05 이상을 통계적 유의 수준으로 제시하였다.

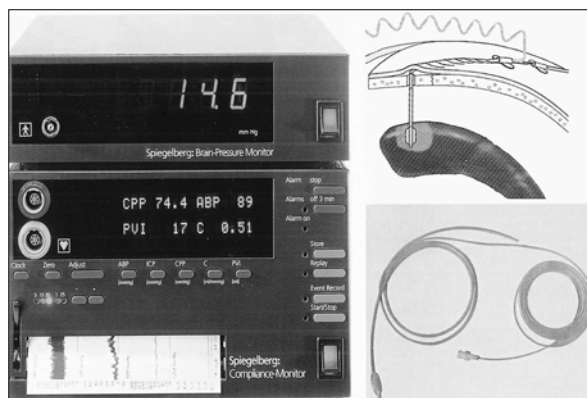


FIGURE 1. Spiegelberg monitor & intraventricular double lumen catheter (Germany).

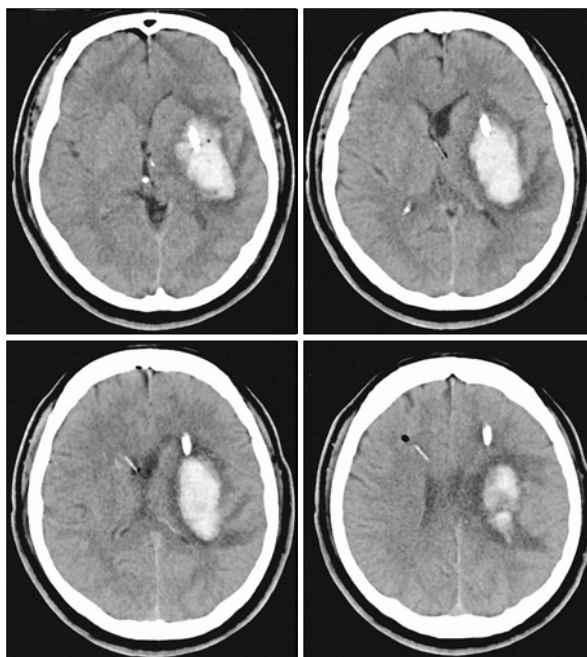


FIGURE 2. The hematoma aspiration in the management of patients with Lt. thalamic hemorrhage and Spiegelberg monitor catheter was inserted at Rt. lateral ventricle.

## 결 과

연구 대상인 7명의 환자에서 수술 후 2시간마다 두개강 내압과 뇌탄성 측정치를 쌍체 표본으로 총 154개의 신뢰성 있는 측정치를 획득하여 분석하였다 (Table 1). 뇌압 측정치의 평균은  $10.6 \pm 3.7$  mmHg였으며, 뇌탄성 측정치의 평균은  $0.56 \pm 0.15$ 였다. 두개강 내압의 측정치와 뇌탄성 측정치의 변화를 상관 분석한 결과, 두 측정치가 통계적으로 유의한 반비례하는 관련성을 보였다 ( $p=0.20$ ). 그러나 뇌탄성 측정치는 환자의 나이, 뇌관류압 변화, 환자의 평균 혈압 그리고 환자의 신경학적 상태 변

**TABLE 1.** Dermographic characteristic of study population, data of post-operative patient's ICP, compliance and mental status

Sex	Age	Diagnosis	Compliance	ICP (mmHg)	GCS
M	60	Acute SDH, Rt	0.59±0.13	9.9±3.3	8
M	55	Rt. MCA An.	0.67±0.15	12.6±1.7	15
F	68	Lt. P-com. An.	0.63±0.19	10.6±3.6	8
M	43	IVH	0.54±0.11	13.3±7.7	14
M	51	Lt. Thalamic ICH	0.48±0.13	10.6±2.8	9
F	6	IVH	0.51±0.13	10.1±2.7	15
M	50	A-com. An.	0.62±0.14	10.2±3.4	12

ICP: intracranial pressure, GCS: glasgow coma scale, SDH: subdural hemorrhage, MCA: middle meningeal artery, ICH: intracerebral hemorrhage, IVH: intraventricular hemorrhage

화와는 통계적 관련성을 확인할 수 없었다.

## 고 찰

두개강 내압은 뇌실질, 뇌척수액 그리고 두개강 내 혈액이 차지하는 부피에 의하여 형성된 압력으로 두개강 내압의 변화는 뇌손상 환자의 신경학적 변화와 비교적 일정한 상관관계를 보이는 지표이다. 그러나 뇌손상 초기에 비슷한 정도의 두개강 내압을 보이는 환자들 사이에서도 신경학적 결과가 다른 경우를 자주 관찰하게 되고, 이러한 경우 두개강 내압 측정만으로 환자의 예후를 예측하기에는 임상적으로 한계가 있다. 환자의 예후를 예측하여 적절한 시기에 적합한 치료를 시행할 수 있다면 뇌손상 환자의 치료에 많은 도움이 될 것이다. 많은 연구자들이 신경 손상 환자에서 환자의 치료와 신경학적 결과에 보다 도움이 되는 예후 인자를 찾고자 끊임없이 노력한다.<sup>1)</sup> Marmarow 등의 연구에서 압력-체적 지수와 뇌탄성에 대한 이론적 체계는 확립되었는데, 두개강 내압을 처음 측정치의 10배만큼 증가시키는데 요구되는 뇌척수액의 체적을 압력-체적 지수(pressure-volume index)라 정의하였고, 뇌탄성은 이를 그래프로 표현할 때 두개강 내압 변화 수치에 로그값을 설정하여 구하여진 기울기에 해당한다. 정상 성인에서 압력-체적 지수는 26±4 ml이고 병리 상태에서 압력-체적 지수는 감소하는데, 이는 두개강 내에서 적은 체적 변화에도 두개강 내압의 변화가 크다는 것을 의미한다. 압력-체적 지수가 13 ml 이하가 되면 이는 명백한 이상으로 판단된다. 정상 신생아는 압력-체적 지수가 10 ml 이하이며, 만 14세 정도에 성인 수치인 25 ml가 된다. 그러나 뇌탄성 또는 압력-체적 지수를 Mar-marow 등의 방법에 따라 임상 적용할 경우, 심각한 중추 신경계 감염 및 뇌압 상승으로 인한 중

대한 위험을 초래할 수 있어 이론적 수치를 측정하고 임상 환자에 적용하기에 한계가 있었다.

이론적으로는 확립되었으나 수압계를 사용한 뇌탄성 측정은 중추신경계 감염의 위험성이 높고, 무엇보다도 지속적인 환자 감시가 불가능하다는 점에서 임상적인 적용에 한계가 있다 할 것이다. 최근 환자 감시 장비의 발전에 힘입어 압력-체적 지수와 뇌탄성 측정뿐 아니라 환자의 평균 동맥압, 두개강 내압 및 뇌관류압까지 실시간으로 측정이 가능한 장비가 개발되어, 보다 안전하게 임상에 사용할 수 있게 되었다.<sup>1,2,9)</sup>

또한 기존의 뇌탄성 측정 방법은 2~3 ml의 생리 식염수를 뇌실내 공간에 주입하여서 측정하기 때문에 이미 두개강 내압이 상승되어 있는 환자에서 뇌탄성 측정 자체가 추가적인 두개강 내압 상승을 유발시키는 위험성도 가지고 있다.<sup>1)</sup>

본 연구에 사용된 장비는 뇌탄성 측정 시 뇌실내 위치한 풍선의 부피 증가가 0.2 ml로 매우 적기 때문에 추가적인 뇌압 상승을 거의 유발하지 않으면서 뇌탄성을 측정할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이 장비의 문제는 너무 적은 부피의 변화로 뇌전체의 탄성이 측정되기 때문에 측정치에서 오차가 크게 발생할 수 있다는 한계가 있다.<sup>12,13)</sup> 본 연구에 사용한 장비와 같은 원리의 장비로 뇌탄성을 측정한 Piper 등은, 두개강 내압이 20 mmHg 이하인 수두증 환자에서 수압계를 사용하여 측정한 뇌탄성 측정 결과와 Spiegelberg 장비를 사용한 결과를 비교하였는데, 측정치의 오차가 크지 않았다고 보고하였다.<sup>10,11)</sup>

뇌탄성과 두개강 내압과의 연관성에 대한 앞선 연구 결과를 살펴보면, 뇌손상 환자에서 뇌탄성은 두개강 내압의 증가가 초래되기 이전에 감소한다고 보고하였다.<sup>9)</sup> 시상부 출혈 환자에서 두개강 내압이 증가하고 뇌탄성이 감소한 환자에서 혈종 흡인술을 시행한 후에 Spiegelberg 측정 장비를 사용하여 뇌탄성의 변화를 측정하면, 혈종 제거 48시간 후에 두개강 내압의 감소는 미미하였으나, 뇌탄성은 의미있게 감소하였다고 보고하였다. 혈종 제거 후 두개강 내압의 감소보다 뇌탄성이 먼저 증가한다는 점에서 의미가 있었으나, 환자군이 작고 환자들의 예후 및 다른 지표들과의 연관성에 대한 연구가 부족한 한계가 있다.<sup>7,8)</sup> Kiening 등은, 뇌탄성이 두개강 내압의 증가를 초기에 발견할 수 있는 지표가 될 수 있다고 하였으나, 심한 뇌손상 환자에서 Spiegelberg 장비를 이용하여 뇌탄성을 측정하였을 때, 두개강 내압이 증가한 군에서 뇌탄성이 정상 상태 이상으로 감소한 환자는 40% 정도였으며, 뇌탄성이 0.5 이하인 군에서 두개강 내압이 44%

에서만 20 mmHg 이상으로 증가하였다고 보고하였다.<sup>3,4)</sup> 뇌탄성의 감소가 두개강 내압보다 조기에 상승하는 경우는 50% 정도이었다. 뇌탄성의 감소가 두개강 내압의 증가를 조기에 예측하는 데는 연관성이 낮았으나 두 지표가 나쁜 예후의 예측 인자로 동등하게 사용될 수 있다고 보고하였다.<sup>4)</sup>

저자는 두개강 내압 상승과 뇌탄성의 관련성에 대해 연구를 하였는데, Portella가 보고한 뇌탄성과 뇌관류압과의 관계를 보면, 두개강 내압이 20 mmHg 이상이고 뇌관류압이 60 mmHg 이하일 때 뇌탄성도가 감소하면, 뇌관류압도 감소한다고 보고하였다.<sup>10,11)</sup> 그러나 두개강 내압이 20 mmHg 이하일 경우는 통계적인 유의성이 없었다고 보고하였다. 저자들의 연구에서 환자들의 두개강 내압이 20 mmHg 이하인 경우의 환자들로서 뇌탄성과 뇌관류압과의 통계학적 연관성은 확인되지 않았다.<sup>3,11)</sup>

압력-체적 지수는 병적 상태에서 감소하게 되는데 신생아 소아 성인에 따라 정상 수치가 다르며 신생아나 소아에서 성인보다 압력-체적 지수가 낮다. 그래서 압력-체적 지수의 정상 수치가 낮은 신생아나 소아가 뇌손상 시 뇌탄성의 변화 및 두개강 내압의 변화가 심할 것으로 가정하고 연구한 보고가 있으나, 뇌탄성, 두개강 내압 및 나이에 대한 통계학적인 유의성은 없었다.<sup>3,4)</sup> 저자들의 연구에서도 비록 대상 환자의 수가 너무 적어 통계적 검증은 불가능하였지만, 환자의 나이에 따른 뇌탄성의 변화를 관찰할 수는 없었다.

본 연구는 연구 대상의 환자 수가 적었고 환자의 연령, 뇌관류압과의 관련성은 다른 보고에서처럼 통계학적으로 유의성을 확인할 수 없었으나, 앞서 보고된 연구들과 비슷한 경향을 보임을 관찰할 수 있었다.<sup>12-14)</sup>

Spiegelberg 장비는 공기를 주입하는 balloon의 크기가 너무 작아, 뇌의 전체적인 탄성 변화를 반영할 수 있을지 장비의 신뢰성에 대한 검증이 필요하리라 사료된다. 또한 Spiegelberg 장비는 뇌탄성 측정치를 구하기까지, 긴 시간이 요구되어 수술 중에 사용하기에는 한계가 있고, 뇌탄성에 변화가 초래되는 두개강 내압 환자에서의 측정은 측정치에 대한 신뢰에 문제가 많을 것이라 생각되어, 본 장비의 임상 적용에는 신중해야 할 것이라 판단된다.

## 결 론

두개강 내출혈 환자에서 뇌탄성을 측정할 때 Spiegelberg 장비가 수압계보다 더 지속적이고 안전하게 측정할 수 있으며 이들로부터 두개강 내압과 뇌탄성은 통계

학적으로 유의하게 반비례하는 관련성을 확인하였다. 또한 뇌탄성 장비의 신뢰성에 대하여서는 보다 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

**중심 단어:** 두개강 내압 · 뇌탄성치 · 두개내 출혈.

## REFERENCES

- 1) Abdullah J, Zamzuri I, Sayuthi S, Ghani A, Tahir A, Naing NN. Preliminary report on Spiegelberg pre and post-operative monitoring of severe head-injured patients who received decompressive craniectomy. *Acta Neurochir* 95(Suppl):311-314, 2005
- 2) Aboy M, McNames J, Wakenland W, Goldstein B. Pulse and mean intracranial pressure analysis in pediatric traumatic brain injury. *Acta Neurochir* 95(Suppl):307-310, 2005
- 3) Kiening KL, Schoening W, Unterberg AW, Stover JF, Citerio G, Enblad P, et al. Assessment of the relationship between age and continuous intracranial compliance. *Acta Neurochir* 95(Suppl):293-297, 2005
- 4) Kiening KL, Schoening WN, Lanksch WR, Unterberg AW. Intracranial compliance as a bed-side monitoring technique in severely head-injured patients. *Acta Neurochir* 81(Suppl):177-180, 2002
- 5) Marmarou A, Shulman K, LaMorgese J. A compartment analysis of compliance and outflow resistance and the effect of elevated blood pressure. *Intracranial Pressure II*, Springer, pp86-88, 1975
- 6) Moskopp D. Footballs and the principle of intracranial compliance. *Neurosurg Rev* 17:221-223, 1994
- 7) Ng SC, Poon WS, Chan MT. Cerebral haemodynamic assessment in patients with thalamic haemorrhage: a pilot study with continuous compliance monitoring. *Acta Neurochir* 95(Suppl):299-301, 2005
- 8) Ng SC, Poon WS, Chan MT. The role of haematoma aspiration in the management of patients with thalamic haemorrhage: a pilot study with continuous compliance monitoring. *Acta Neurochir* 86(Suppl):469-471, 2003
- 9) Piper I, Spiegelberg A, Whittle I, Signorini D, Mascia L. A comparative study of the Spiegelberg compliance device with a manual volume-injection method: a clinical evaluation in patients with hydrocephalus. *Br J Neurosurg* 13:581-586, 1999
- 10) Portella G, Cormio M, Citerio G. Continuous cerebral compliance monitoring in severe head injury: its relationship with intracranial pressure and cerebral perfusion pressure. *Acta Neurochir* 81(Suppl):173-175, 2002
- 11) Portella G, Cormio M, Citerio G, Contant C, Kiening K, Enblad P, et al. Continuous cerebral compliance monitoring in severe head injury: its relationship with intracranial pressure and cerebral perfusion pressure. *Acta Neurochir* 147(Wien):7007-713, 2005
- 12) Yau Y, Piper I, Contant C, Citerio G, Kiening K, Enblad P, et al. Multi-centre assessment of the Spiegelberg compliance monitor: interim results. *Acta Neurochir* 81(Suppl):167-170, 2002
- 13) Yau YH, Piper IR, Contant C, Dunn L, Whittle IR. Assessment of different data representations and averaging methods on the Spiegelberg compliance device. *Acta Neurochir* 95(Suppl):289-292, 2005
- 14) Yau YH, Piper IR, Contant CF, Dunn LT, Whittle IR. Clinical experience in the use of the Spiegelberg automated compliance device in the assessment of patients with hydrocephalus. *Acta Neurochir* 81(Suppl):171-172, 2002