

응급실에 내원한 두부외상환자의 2차 평가로써 초음파를 이용한 시각신경집 지름 측정은 유용한가?

순천향대학교 천안병원 응급의학교실, ¹순천향대학교 구미병원 응급의학교실

이동욱, 이정원, 박세훈, 박일성, 이현정, 유병대¹, 문형준

- Abstract -

Availability of the Optic Nerve Sheath Diameter Measured by Using Ultrasonography as a Secondary Survey for Patient with Head Injuries in the Emergency Department

Dong Wook Lee, M.D., Jung Won Lee, M.D., Sae Hoon Park, M.D., Ihl Sung Park, M.D.,
Hyun Jung Lee, M.D., Byeong Dae Yoo, M.D.¹, Hyung Jun Moon, M.D.

Department of Emergency Medicine, Soon Chun Hyang University College of Medicine, Cheonan, Korea,

¹Department of Emergency Medicine, Soon Chun Hyang University College of Medicine, Gumi, Korea

Purpose: Bedside ultrasonography is available in most emergency departments, and detecting the intracranial pressure is elevated is critical. Our objective is to evaluate the availability of bedside optic nerve ultrasound (ONUS) as a secondary survey for patients with head injuries in the emergency department (ED).

Methods: From September, 2012, to March, 2013, we performed a prospective study of patients presenting to the ED after an accident. Patients with head injuries but without obvious ocular trauma or ocular disease were included. The ONUS was performed using a 3 to 12 MHz linear probe on closed eyelids after a primary survey. We analyzed the correlation between the brain computed tomography (CT) findings that suggested elevated intracranial pressure (ICP) and the Optic nerve sheath diameter (ONSD) measured by using ONUS.

Results: A total of 81 patients were enrolled. Forty-seven had CT results consistent with elevated ICP, and their mean ONSD was 5.98 ± 0.59 mm; the mean ONSD of patients who showed no signs of elevated ICP on CT was 4.63 ± 0.21 mm. The sensitivity and the specificity for the ONSD, compared with elevated ICP, were 98.87% and 100%, respectively, when the cut-off value was set to 4.96 mm. The area under curve (AUC) was 0.997 in the receiver operating characteristic curve (ROC curve).

Conclusion: An evaluation using ONUS is a simple noninvasive procedure and is a potentially useful tool as a secondary survey to identify an elevated ICP.

Key Words: Head injuries, Optic nerve, Ultrasonography, Intracranial pressure

* Address for Correspondence : **Jung Won Lee, M.D.**

Department of Emergency Medicine, Soon Chun Hyang University College of Medicine, Emergency Care Center,
330-721, Byeongmyeong-dong, Dongnam-gu, Cheonan, Chungcheongnam-do, Korea
Tel : 82-41-570-2119, Fax : 82-41-592-3806, E-mail : daybreakscent@gmail.com

Submitted : July 19, 2013 **Revised** : August 24, 2013 **Accepted** : August 28, 2013

I. 서 론

외상환자들은 여러 환경에서 다양한 기전에 의해 발생한 사고로 응급의료센터에 내원하므로 각각의 환자들에 대한 세심한 진찰과 검사가 필요하다. 이중 두부외상으로 내원하는 환자가 많은 수를 차지 하는데 두부 손상 이후 두개내압 상승으로 인한 뇌혈류의 감소, 뇌조직의 허혈 등은 치명적임으로 이를 빠르게 예측하는 것이 필요하다.(1,2) 이 경우 mannitol 등을 사용하는 내과적 치료, 두개내압을 내리기 위한 뇌척수액 배액이나 수술 등 즉시 적극적인 치료가 필요하다. 그러나 환자에 대한 초기 신경학적 진찰과 Glasgow Coma Scale (GCS) 측정만으로 두부 손상 여부 및 두개내압 상승을 즉각적으로 평가하기 어렵다. 또한 초기 평가 단계에서 음주, 음독 상태인 경우나 내과적 문제를 가지고 있는 경우, 불안정한 혈압 상태로 인한 의식 저하가 있을 때 두부 손상으로 인한 두개내압 상승으로 의식저하가 발생한 것인지 감별하는 것은 더욱 어렵다.

Tayal 등(3)은 뇌전산화단층촬영이 두개내압 상승여부 예측과 이후의 치료방법 선택에 도움이 된다고 하였다. Eisenberg 등(4)은 National Institutes of Health Traumatic Coma Bank에서 753명의 심한 두부손상 환자를 대상으로 침습적인 두개내압 감시를 통하여 1990년에 발표한 보고에서도 종괴효과(mass effect), 3 mm 이상 중간선 전(mid-line shift of 3 mm or greater), 비정상적인 중간뇌 수조(abnormal mesencephalic cisterns) 등의 뇌전산화단층촬영 소견이 두개내압 상승과 높은 연관성이 있음을 증명하였다. 따라서 대부분의 응급의료센터에서는 두부손상 평가를 하기위한 신속한 방법으로 뇌전산화단층촬영을 사용한다. 그러나 혈액학적으로 불안정한 상태인 환자에게 시행하기 어렵고 평가를 위해 불안정한 상태의 환자를 전산화 단층촬영실까지 이동시켜야 한다.(4) 초기부터 지속적인 치료에도 불구하고 혈액학적으로 불안정한 경우 전산화 단층촬영 자체를 실시하지 못할 수 있다.

최근 초음파는 응급의료센터에서 조기 진단과 환자 감시에 필수적인 도구로 사용되고 있으며, 특히 두부손상환자에서 초음파를 이용해 안와의 시각신경집 지름을 측정하는 것이 두개내압 상승여부를 평가하는데 유용한 방법임이 알려지고 있다.(5) 초음파는 환자가 불안정한 활력 징후를 가지거나 재해상황으로 많은 환자가 발생해 즉시 전산화 단층촬영을 시행할 수 없는 경우에도 침상옆에서 바로 시행할 수 있으며, 시술자가 직접 시행하여 환자의 임상소견과 연관하여 판단하기 쉬우며, 빠른 진단을 내릴 수 있다는 장점이 있다.(6) 그러나 지금까지 이뤄진 대부분의 연구는 두개내압 상승이 의심되는 환자를 대상으로 이뤄졌으며 외상환자를 대상으로 초음파를 이용해 시각신경집과 두개내압 상승을 평가한 연구는 부족한 실정이다.

이에 본 연구의 목적은 첫째, 두부손상이 있거나 동반된 것으로 의심되는 외상병력으로 응급의료센터에 내원한 환자를 대상으로 초음파를 이용해 시술자들이 시각신경집 지름을 정확하게 측정할 수 있는지 알아보고 둘째, 초음파 결과 시각신경집 지름이 증가한 환자들이 두개내압 상승과 관련이 있는지 확인하며 셋째, 측정된 시각신경집 지름이 외상환자에서 두개내압 상승을 판정하는 지표로 사용할 수 있는지 알아보는 것이다.

II. 대상 및 방법

1. 연구 대상

2012년 9월부터 2013년 3월까지 연간 6만명이 내원하는 동농복합지역의 3차 대학병원 응급의료센터에서 119를 이용하여 내원한 15세 이상의 외상 환자 중 두부외상이 있거나 동반된 것으로 생각되는 환자를 대상으로 전향적 연구를 시행했다. 내원시 사망 상태이거나 Glasgow Coma Scale 15 점을 보이며, 병력 청취상 두부 충격의 가능성이 없는 환자는 연구 대상에서 제외하였다. 또한, 뇌전산화단층촬영 검사를 시행하지 않거나 2명의 검사자가 각각 초음파를 시행하지 않은 경우, 과거력 상 안과 질환을 가졌거나 안구 수술을 시행한 과거력이 있는 경우, 육안상으로 저명한 안구 외상이 있는 경우와 검사 과정에서 안와 및 안구에 손상이 발견된 환자는 대상에서 제외하였다.

2. 연구 방법

1) 환자 초기 평가

119를 이용하여 내원한 모든 외상 환자는 먼저 응급의학과 전공의 또는 전문의가 triage를 시행하여 중증으로 판단되는 경우 중환자 처치 구역으로 옮겨 일차 평가 및 진찰을 시행하였다. 의식이 명료한 환자는 직접 병력을 청취하였으며, 의식이 감소한 환자는 현장에서 목격한 보호자나 119 대원에게 병력을 얻었다. 환자 일차 평가시 초음파 기기를 이용하여 Extended-Focused Assessment in Trauma (E-FAST)를 시행하고 이어 시각신경집의 직경을 측정하였다. 이후 뇌전산화단층촬영을 포함한 손상이 의심되는 부위의 추가 검사를 시행하였다.

2) 초음파 검사

검사자는 2명으로 응급의학과 4년차 전공의 1명이 먼저 시각신경집의 지름을 측정 후 응급의학과 전문의 1명이 이어 다시 지름을 측정하였다. 4년차 전공의는 연구 이전 응급의학과 전문의의 지도하에 안구 초음파에 대한 교육을 받고 20명 이상의 환자에게 초음파를 시행하여 안와 구조물과 위치

를 숙지하였다. 검사자는 환자를 양와위로 눕히고 눈을 감게 한 상태로 초음파(HD7 XE ultrasound system, Philips, Amsterdam, Netherlands)의 3-12 MHz의 선형 탐촉자를 이용하여 환자의 눈꺼풀 위에서 횡단면과 종단면으로 각각 1차례 측정하여, 평균값을 구했다. 측정시 시각신경집 지름은 안구 3 mm 후방에서 0.01 mm 단위까지 측정하였으며, 우안과 좌안 모두 검사하였다(Fig. 1). 검사자 간의 측정 결과는 서로 확인하지 못하도록 하였다.

2) 뇌전산화단층촬영검사

초음파 검사 시행 이후 뇌전산화단층촬영검사를 시행했다. 종괴효과(mass effect). 중간선 전위가 3 mm 이상(mid-line shift of 3 mm or greater), 제 3 뇌실의 허탈(oblit-eration of the third ventricle), 원인 불명의 급성 수두증(not appear to cause acute hydrocephalus), 명백한 부종이 있는 고랑의 소실(effacement of sulci with obvious edema), 비정상적인 중간뇌수조(abnormal mesen-cephalic cistern) 중 한가지 이상이 보일 경우 두개내압 상승이 있는 것으로 정의하였다.(4,7)

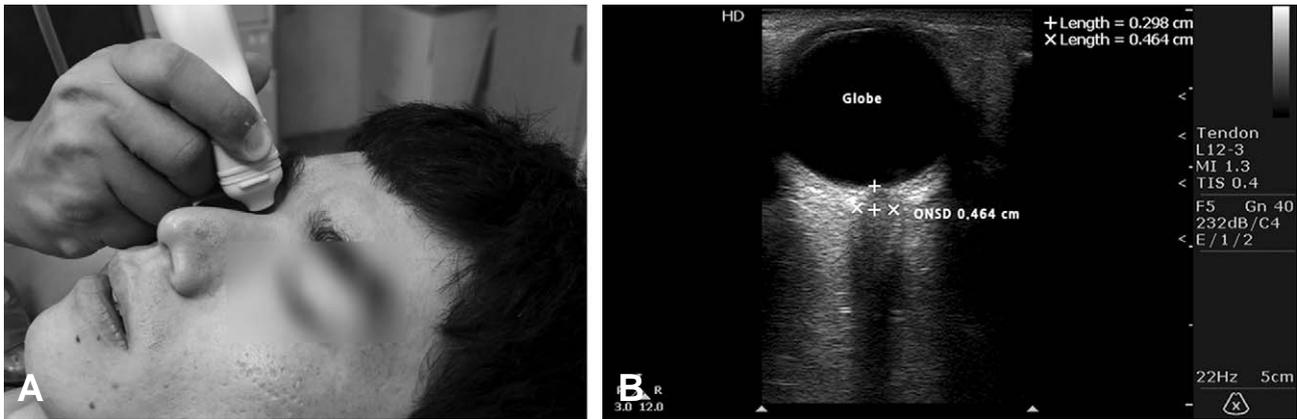


Fig. 1. (A) The linear probe was placed lightly over the closed upper eyelid to measure optic nerve sheath diameter. (B) The optic nerve sheath diameter were measured 3.0 mm behind the globe

Table 1. Comparison of characteristics between elevated ICP group and normal ICP group

	ICP* elevated group 47	ICP normal group 34	p-value
Total, N			
Age (years ± SD [†])	56.43 ± 18.81	40.62 ± 15.33	<0.001
Sex (Male/Female)	29/18	23/11	
GCS [‡] (total)	12.57 ± 2.94	12.82 ± 2.93	0.642
Blood Pressure (mmHg)			
Systolic	153.64 ± 24.49	138.24 ± 21.25	0.004
Diastolic	88.30 ± 16.69	85.59 ± 16.13	0.307
Mean Atrial Pressure	110.08 ± 17.06	103.14 ± 16.88	0.073
Pulse Rate	78.26 ± 12.35	92.03 ± 12.96	<0.001
Respiratory Rate	19.81 ± 1.95	19.65 ± 2.29	0.643
Body Temperature (°C)	36.25 ± 0.56	36.31 ± 0.50	0.616
Symptom			
LOC [§]	39 (78.7)	23 (67.6)	0.108
Nausea	24 (51.1)	1 (3.0)	<0.001
Vomiting	27 (57.4)	1 (3.0)	<0.001
Headache	33 (70.2)	4 (11.8)	<0.001
Dizziness	8 (17.0)	15 (44.1)	0.008
Confusion	7 (14.9)	4 (11.8)	0.754

* ICP: intracranial pressure

[†] SD: standard deviation

[‡] GCS: Glasgow coma scale

[§] LOC: loss of consciousness

3) 자료 분석

자료 중 명목변수는 빈도와 백분율로 연속변수는 정규분포를 따를 경우 평균과 표준편차로 표시하였다. 두 검사자간의 측정값의 신뢰도에 대한 평가는 Intraclass correlation coefficient (ICC)를 사용하였다. 좌측과 우측의 시각신경집 직경의 차이는 paired t-test로 비교하였으며, 뇌전산화단층촬영 결과에 따른 정상군과 두개내압 상승군의 시각신경집 지름의 차이와 남녀 성별에 따른 시각신경집 지름의 차이는 student's t-test를 통하여 비교하였다. 시각신경집 지름 측정의 유용성을 평가하고, cut-off value 측정을 위하여 Receiver operating characteristic curve (ROC curve)를 분석하였다. 자료 분석은 SPSS windows 18.0를 이용하여 시행하였고 p-value<0.05일 경우 통계적으로 유의한 것으로 판단하였다.

III. 결 과

1. 환자의 임상적 특성

최종적으로 연구 대상에 포함된 환자는 총 81명이었으며 남자는 52명(64.2%), 여자는 29명(35.8%)이었다. 환자의 평균 나이는 49.79±19.03세였고 남자의 평균 나이는 48.33±19.21, 여자의 평균 나이는 52.40±18.74세로 남녀

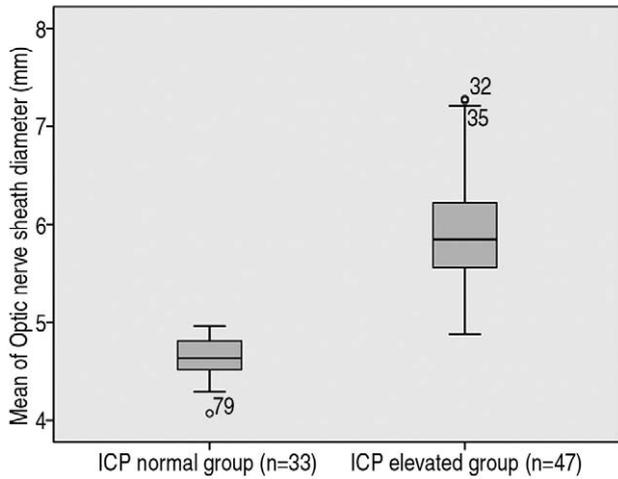


Fig. 2. Comparison of ONSD between ICP elevated group and ICP normal group

간 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다(p=0.357).

뇌전산화단층촬영 결과에 따른 두개내압 상승군은 47명(58.0%), 정상군은 34명(42%)이었다. 두개내압 상승군의 평균 나이는 56.43±18.81세, 정상군에서는 40.62±15.33세로 통계적으로 유의한 차이를 보였다(p-value<0.001). 두개내압 상승군에서 남자는 29명(61.7%), 여자는 18명(38.3%)이었고 정상군에서 남자는 23명(67.6%), 여자는 11명(32.4%)이었다. 계통고찰 상 오심, 구토, 두통이 있는 경우 두개내압 상승군에서 통계적으로 유의하게 많았다(p-value<0.001) (Table 1).

2. 두개내압 상승군과 정상군의 시각신경집 지름의 비교

두개내압 상승군에서의 시각신경집 평균 직경은 5.98±0.59 mm이었고 정상군에서는 4.63±0.21 mm이었다. 시각신경집 지름은 상승군에서 정상군에 비해 통계적으로 유의하게 큰 것으로 나타났다(p<0.001) (Fig. 2).

두개내압 상승군에서 남자의 시각신경집 평균 지름은 5.96±0.53 mm, 여자의 시각신경집 평균 지름은 6.00±0.68 mm로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p=0.768). 정상군에서도 남자의 시각신경집 평균 지름은 4.61±0.23 mm, 여자의 시각신경집 평균 지름은 4.67±0.17 mm로 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(p=0.561) (Table 2).

모든 환자의 좌측 시각신경집 평균 지름은 5.41±0.80 mm, 우측은 5.42±0.83 mm로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.79). 두개내압 상승군에서 좌측 시각신경집 평균 지름은 6.00±0.58 mm이었으며, 우측 시각신경집 평균 지름은 5.97±0.58 mm로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.168). 정상군에서도 좌측 시각신경집 평균 지름은 4.62±0.23 mm이었고, 우측 시각신경집 평균 지름은 4.64±0.23 mm로 통계학적으로 유의한 차이는 없었다(p=0.531) (Table 3).

3. 검사자간 신뢰도 조사

81명의 환자에게 시행한 초음파 결과에서 응급의학과 전공의 1명과 전문의 1명이 각각 측정한 시각신경집 지름 측정값의 Intraclass correlation coefficient는 0.942로 매우

Table 2. Comparison of ONSD[†] between male group and female group

	Male	Female	p-value
ICP* elevated	5.97 ± 0.53	6.00 ± 0.68	0.768
ICP normal	4.61 ± 0.23	4.67 ± 0.17	0.561
Total	5.37 ± 0.80	5.50 ± 0.85	0.612

* ICP: intracranial pressure

† ONSD: optic nerve sheath diameter

높은 일치도를 보였다($p < 0.001$).

4. ROC curve를 통한 민감도, 특이도 측정

본 연구에서 두개내압 상승을 판정하는 용도로 시각신경집지름을 이용할 수 있는지 판정하기 위해 ROC curve를 측정하였다. Area under curve (AUC)는 0.997(95% 신뢰구간

0.951-1.00, $p < 0.001$)이며, cut-off value를 4.81 mm로 했을 때 민감도 100%(95% 신뢰구간 92.5~100%), 특이도 76.47%(95% 신뢰구간 58.8~89.3%)이었으며, cut-off값을 4.96 mm 증가했을 때, 민감도 97.87%(95% 신뢰구간 88.7~99.9%), 특이도 100%(95% 신뢰구간 89.7~100%)로 나타났으며, 양성예측도는 100%, 음성예측도는 97.1%였다 (Fig. 3, Table 4).

Table 3. Comparison between right and left ONSD

	Right	Left	p-value
ICP* elevated	5.97 ± 0.58	6.00 ± 0.58	0.168
ICP normal	4.64 ± 0.23	4.62 ± 0.23	0.531
Total	5.41 ± 0.80	5.42 ± 0.83	0.790

* ICP: intracranial pressure

† ONSD: optic nerve sheath diameter

Table 4. Sensitivity, specificity, predictive value by change of cut-off value

ONSD* Cut-off value	Sensitivity (%) (95% CI†)	Specificity (%) (95% CI)	PPV (%) (95% CI)	NPV (%) (95% CI)
4.75	100 (92.5-100.0)	67.65 (49.5-82.6)	81.0 (68.6-90.1)	100 (85.2-100.0)
4.81	100 (92.5-100.0)	76.47 (58.8-89.3)	85.5 (73.3-93.5)	100 (86.8-100.0)
4.96	97.87 (88.7-99.9)	100 (89.7-100.0)	100 (92.3-100.0)	97.1 (85.1-99.9)
5.30	93.62 (82.5-97.7)	100 (89.7-100.0)	100 (92.0-100.0)	91.9 (78.1-98.3)

* ONSD: optic nerve sheath diameter

† CI: confidence interval

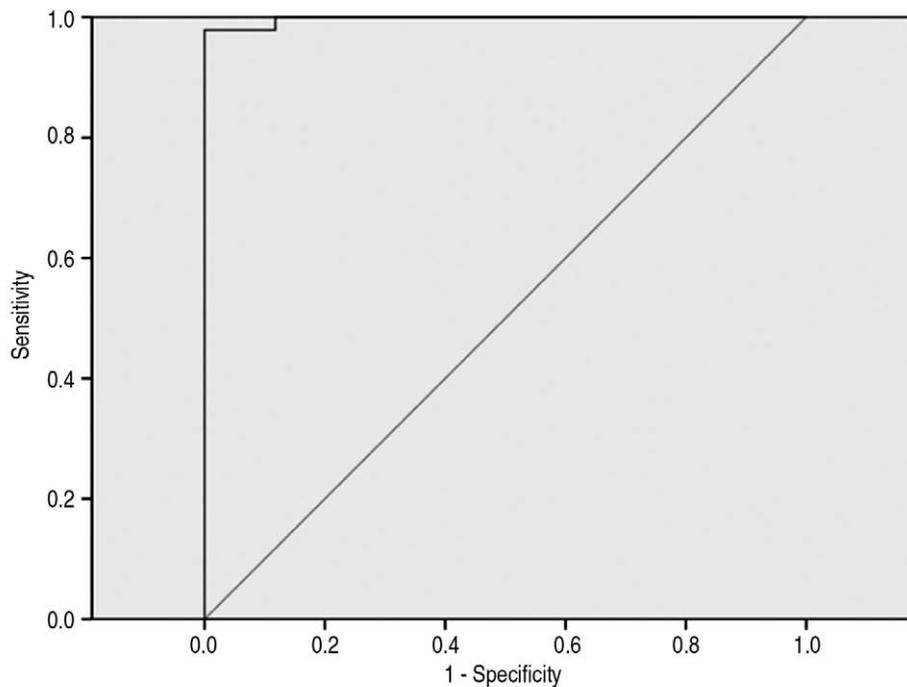


Fig. 3. The receiver operating characteristic curve to distinguishing ICP elevated group from ICP normal group

IV. 고 찰

시각신경집은 안구 뒷면에 부착되어 있는 시신경을 둘러싸고 있는 섬유집(sheath)로서 내부는 체액으로 채워져 있다.(8) 대뇌와 시각신경집은 서로 교통해 있어 지주막하 공간의 압력이 증가하면 시각신경집의 직경 또한 증가하는 것이 밝혀졌다.(9) Hansen 등(10)은 1994년 시각신경집의 지름을 초음파를 통해 측정하여 안구 후방 3 mm에서 측정시 가장 쉽고 정확하게 측정할 수 있다고 보고했다. 대부분의 연구 결과에서 시각신경집의 지름의 정상 범위는 4~5 mm로 알려져 있으며, supine, trendelenburg, reverse trendelenburg position 등 체위의 변화에 따라 시각신경집의 지름의 변화는 나타나지 않는다.(11-13) Ballantyne 등(13)은 성별에 따른 시각신경집 지름의 차이가 없음을 밝혔는데, 본 연구에서도 두개내압 상승군과 정상군 모두에서 유의미한 차이가 없었다. Hong 등(6)의 연구에서 두개내압 상승군과 정상군 모두에서 좌안과 우안의 시각신경집 지름의 차이가 보이지 않았으며, 본 연구에서도 좌안과 우안의 지름 차이 역시 의미있는 차이가 보이지 않았다.

초음파를 이용하여 측정한 시각신경집의 지름과 두개내압 상승 간의 관계에 대한 많은 연구가 있었으나 외상 환자들에 대한 시각신경집 지름 측정의 정확성과 유용성을 밝히고자 시도한 연구는 많지 않으며 국내 외상 환자들에 대한 연구는 없었다. Tayal 등(3)은 두개내압 상승이 의심된 8명의 환자들에 대한 pilot study에서 두부외상환자의 선별검사로서 안구 초음파가 이용 가능할 것으로 보았다. 이후 Goel 등(7)은 두부 외상환자 100명을 대상으로 시각신경집 지름의 길이를 측정하여 두개내압 증가가 있었던 환자군에서 평균 지름이 5.8 ± 0.57 mm, 정상군에서 3.5 ± 0.74 mm로 유의한 차이가 있음을 밝혔다. 본 연구에서도 외상 환자를 대상으로 시각신경집의 지름을 측정하였고, 두개내압이 상승한 환자에서 시각신경집의 크기가 5.98 ± 0.59 mm로 두개내압 정상군 4.63 ± 0.21 mm에 비해 의미있게 증가된 것을 확인하였다.

시각신경집 지름이 외상환자에서 두개내압 상승을 판정하는 지표로 사용할 수 있는지 알아보기 위하여 ROC curve를 통해서 측정한 AUC는 0.997로 나타나 대단히 유용한 것으로 판정할 수 있었다. Hansen 등(5)과 Blavias 등(14)의 연구에서 두개내압 상승을 의심할 수 있는 시각신경집 지름값은 5.0 mm 이상으로 보고했으며, 국내 Oh 등(15)의 연구에서는 요추천자 후 측정한 뇌척수액 압력에 따라 4.7 mm를 cut-off값을 추정하였고, Hong 등(6)의 연구에서는 5.2 mm로 기준을 삼을 때, 민감도와 특이도가 모두 100%로 나타났다. 외상환자를 대상으로 했던 Goel 등(7)의 연구에서 두개내압 상승의 기준을 5 mm로 정할 때 민감도는 98.3%, 특이도는 62.5%를 나타냈다. 본 연구에서 4.96 mm를 기준으로 삼을 때 민감도와 특이도가 98.87%와 100%로 나타났

지만 5.1 mm 이상으로 기준값을 증가시키면 민감도는 100%로 증가하나, 특이도가 급격히 감소하는 경향을 보였다. 따라서, 외국의 연구들의 결과와 같이 5 mm 두개내압 상승을 예상하는 지표로 사용할 수 있을 것으로 생각한다.

본 연구에서 응급의학과 4년차 전공의와 응급의학과 전문의가 측정한 시각신경집 지름값의 Intraclass correlation coefficient는 0.942로 두검사자간의 일치도가 아주 높음을 나타냈다. 외상환자의 특성상 빠른 시간 이내에 정확한 지름을 측정해내는 것은 초음파의 장점이지만 동시에 한계이기도 하다. 측정상 약간의 각도가 빗나가거나 시각신경집의 경계 부위를 잘못해 측정할 경우 0.1 mm 이상의 차이가 발생하여 결과 해석의 오류가 발생할 가능성이 있기 때문인데 따라서, 초음파에 대한 숙련된 경험이 필요하다. 그러나 측정 방법 자체가 어렵지 않으며, 약 20명의 환자에 대한 측정경험만으로도 높은 일치도를 나타냈기 때문에 정확도 측면에서 임상에서 시행하기에 적합하다고 볼 수 있다. 또한, 이 결과는 검사자 간의 측정값에 변이가 낮음을 보고한 ballantyne 등(16)과 Hong 등(6)의 연구를 뒷받침한다.

본 연구는 몇 가지 한계점을 가지고 있다. 첫째, 단일기관 연구로 대상자 수가 81명으로 적다는 점이다. 그러나, 지금까지 이뤄진 대다수의 연구보다 대상자 수가 많으며, 연구 결과에 있어서도 다른 연구의 결과와 비슷하여 사실상 다기관 연구의 결과로 해석할 여지가 있다고 본다. 둘째, 선택 비뚤림이 발생할 여지가 있다는 점이다. 그러나, 환자 선택시 혈액역학적으로 불안정한 중증 상태여서 다른 처치를 하느라 초음파를 시도조차 못했거나, 한명의 검사자만 검사를 시행한 경우는 환자군에서 제외하였기 때문에 실제 결과는 본 연구의 결과를 뒷받침할 수도 있다. 셋째, 환자에게 직접 두개내압을 측정하지 않았다. 모든 환자에 대한 정량적인 두개내압 측정은 현실적으로 많은 제한점을 가지고 있어 시도하기 어렵다. 그러나, 뇌전산화단층촬영이 두개내압 상승 여부 판단에 높은 신뢰도를 가지고 있어 충분히 의미가 있다고 생각한다. 차후 정량적인 두개내압 측정과 시각신경집 지름 측정을 동시에 시행하여 상관관계를 명확히 밝히는 연구가 필요할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서 초음파를 통한 시각신경집의 지름 측정은 두부외상 환자의 두개내압 상승을 예측하는데 유용하였다. 시각신경집 측정은 간단한 교육만으로 임상적으로 사용하는데 있어 정확하며 신뢰할만 하다. 따라서, 급박한 상황에서 외상환자의 두개내압 상승을 조기에 진단하는데 도움이 되며 뇌 전산화 단층촬영장치가 없는 1, 2차 의료기관에서도 조기에 두개내압 상승을 판단하여 치료 방향을 결정하는데 유용성이 높다고 생각한다. 이에 저자들은 두부외상 환자에 있어

서 2차 평가로 초음파를 통한 시각신경집 지름의 측정을 권장할 필요가 있다고 제안하는 바이다.

REFERENCES

- 1) Münch EC, Bauhuf C, Horn P, Roth HR, Schmiedek P, Vajkoczy P. Therapy of malignant intracranial hypertension by controlled lumbar cerebrospinal fluid drainage. *Critical care medicine* 2001; 29: 976-81.
- 2) The Brain Trauma Foundation. The American Association of Neurological Surgeons. The Joint Section on Neurotrauma and Critical Care. Initial management. *Journal of neurotrauma* 2000. p. 463-9.
- 3) Tayal VS, Neulander M, Norton HJ, Foster T, Saunders T, Blaivas M. Emergency Department Sonographic Measurement of Optic Nerve Sheath Diameter to Detect Findings of Increased Intracranial Pressure in Adult Head Injury Patients. *Annals of Emergency Medicine* 2007; 49: 508-14.
- 4) Eisenberg HM, Gary HE, Jr., Aldrich EF, Saydjari C, Turner B, Foulkes MA, et al. Initial CT findings in 753 patients with severe head injury. A report from the NIH Traumatic Coma Data Bank. *Journal of neurosurgery* 1990; 73: 688-98.
- 5) Hansen HC, Helmke K. Validation of the optic nerve sheath response to changing cerebrospinal fluid pressure: ultrasound findings during intrathecal infusion tests. *Journal of neurosurgery* 1997; 87: 34-40.
- 6) Hong DY, Kim KH, Lee KM, Kim JH, Kim JS, Han SB, et al. Increased Intracranial Pressure Detected by Emergency Ultrasonography of the Optic Nerve Sheath Diameter. *Korean Soc Emerg Med* 2006; 17: 238-44.
- 7) Goel RS, Goyal NK, Dharap SB, Kumar M, Gore MA. Utility of optic nerve ultrasonography in head injury. *Injury* 2008; 39: 519-24.
- 8) Liu D, Kahn M. Measurement and relationship of subarachnoid pressure of the optic nerve to intracranial pressures in fresh cadavers. *American journal of ophthalmology* 1993; 116: 548-56.
- 9) Hayreh SS. Pathogenesis of oedema of the optic disc. *Documenta ophthalmologica Advances in ophthalmology* 1968; 24: 289-411.
- 10) Hansen LF, Nielsen GD. Sensory irritation and pulmonary irritation of n-methyl ketones: receptor activation mechanisms and relationships with threshold limit values. *Archives of toxicology* 1994; 68: 193-202.
- 11) Romagnuolo L, Tayal V, Tomaszewski C, Saunders T, Norton HJ. Optic nerve sheath diameter does not change with patient position. *The American journal of emergency medicine* 2005; 23: 686-8.
- 12) Blaivas M, Theodoro D, Sierzenski PR. A study of bedside ocular ultrasonography in the emergency department. *Academic emergency medicine: official journal of the Society for Academic Emergency Medicine* 2002; 9: 791-9.
- 13) Ballantyne J, Hollman AS, Hamilton R, Bradnam MS, Carachi R, Young DG, et al. Transorbital optic nerve sheath ultrasonography in normal children. *Clinical radiology* 1999; 54: 740-2.
- 14) Blaivas M, Theodoro D, Sierzenski PR. Elevated intracranial pressure detected by bedside emergency ultrasonography of the optic nerve sheath. *Academic emergency medicine: official journal of the Society for Academic Emergency Medicine* 2003; 10: 376-81.
- 15) Oh SK, Cho YC, Koo DH, Ryu S, Lee JW, Kim SW, et al. Utility of Optic Nerve Sheath Diameter Measured by Ultrasonography for the Detection of Increased Intracranial Pressure in Adults. *Korean Soc Emerg Med* 2008; 19: 708-14.
- 16) Ballantyne SA, O'Neill G, Hamilton R, Hollman AS. Observer variation in the sonographic measurement of optic nerve sheath diameter in normal adults. *European journal of ultrasound : official journal of the European Federation of Societies for Ultrasound in Medicine and Biology* 2002; 15: 145-9.