개방안구손상의 예후 평가에 있어 안와 컴퓨터단층촬영의 역할

The Role of Orbital Computed Tomography as a Prognostic Indicator for Open Globe Injury

윤정현 · 손병재

Jung Hyun Yoon, MD, Byeong Jae Son, MD

경북대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu, Korea

Purpose: To study the clinical role of preoperative orbital computerized tomography (CT) in determining initial surgery in patients with open globe injuries.

Methods: This is a retrospective study that evaluated patients who underwent an operation for single-eye open-globe injury after orbital CT and were followed up for at least one year. Patients were divided into two groups: a group with anatomical failure that underwent enucleation, evisceration, or phthisis bulbi and a group with anatomical success. The correlations with preoperative CT findings and clinical outcomes were compared between the two groups.

Results: A total of 122 cases of open globe injury were included. Comparing preoperative CT results between the two groups, anatomical failure was correlated with the CT findings of intraocular hemorrhage (odds ratio, 5.0; 95% confidence interval [CI], 2.0-15.4), orbital wall fracture, and a reduction in eyeball volume (all $p < 0.05$). In the anatomical failure group, the average volume and axial length of the eyeball decreased by 28% and 16%, respectively, in traumatic eyes compared with non-traumatic eyes.

Conclusions: Orbital CT is a useful tool for evaluating the extent of open globe injury. If the prognostic factors indicate poor results, including intraocular hemorrhage, orbital wall fracture, or a severe decrease in the volume of the injured eye in orbital CT scans, primary enucleation or evisceration should be considered carefully, based on consultations with patients and their caregivers.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(9):983-991

Keywords: Computerized tomography, Enucleation, Open-globe injury, Phthisis bulbi, Prognosis

■ Received: 2020. 2. 27. ■ Revised: 2020. 4. 9.

■ Accepted: 2020. 8. 21.

■ Address reprint requests to Byeong Jae Son, MD

Department of Ophthalmology, School of Medicine, Kyungpook National University, #130 Dongdeok-ro, Jung-gu, Daegu 41944, Korea

Tel: 82-53-200-5806, Fax: 82-53-426-6552

E-mail: supersbj@hanmail.net

* This work was supported by Biomedical Research Institute grant, Kyungpook National University Hospital (2017).

* Conflicts of Interest: The authors have no conflicts to disclose.

개방안구손상은 안구염, 시력 소실, 교감안염, 뇌의 감염 및 농양을 초래할 수 있고 심지어 죽음에 이를 수도 있는 안과적 응급질환이다.^{1,2} 초기 임상적 평가로 손상의 원인과 유형을 문진하고 초기 시력, 안압, 구심동공반응을 확인하고 전방 깊이, 렌즈 손상, 홍채의 형태, 출혈성 결막부종, 안저점사로 개방안구손상의 여부를 평가하여야 한다.¹⁻⁴ 환자의 협조가 어렵거나, 의식 불명, 뇌손상으로 인해 산동이 어려운 경우, 눈주변 연조직의 부종이 심한 경우 또는 전방 출혈이 심하여 망막을 확인할 수 없는 경우와 같이 안구손상의 범위를 평가하기 어려울 때에 안와 컴퓨터단층촬영,

B스캔 초음파검사, 자기공명영상 등의 영상검사를 사용할 수 있다.^{3,5} B스캔 초음파검사는 간편하고 비용이 저렴하고 결과가 빠르며, 망막과 맥락막을 진단하는 데 탁월하지만, 검사 중에 눈에 압력을 줄 수 있어 사용에 제한점이 있고,^{3,6} 자기공명영상법은 안구내 이물질이 자성을 띄는 경우 안구내 추가 손상을 줄 수 있으므로 사용에 제한점이 있다.⁷ 하지만, 안와 컴퓨터단층촬영은 안와벽골절, 안구내 이물질 평가에 있어 탁월하며,⁸ 심한 외상환자에서 안저를 확인할 수 없을 때 망막 및 유리체의 상태, 수정체 손상 등을 판단하는데 유용한 수단이다.⁹

개방안구손상시 심한 경우 일차봉합술을 시행하지 못하여 불가피하게 일차 안구적출술을 시행해야만 하는 경우도 있지만 그렇지 않은 경우 일차봉합술, 수정체제거술, 유리체절제술 등을 통해 해부학적으로 안구 형태를 성공적으로 유지할 수 있다. 하지만, 초기 해부학적 성공을 보인 경우라도 시간이 지남에 따라 안구위축이 발생하여 이차적인 안구적출술이 필요할 수 있는데, 이런 경우 건강 상태에 따라 또는 경제적으로 환자에게 추가적인 부담이 될 수 있다. 따라서 본 연구의 저자들은 심한 개방안구손상 환자에서 해부학적 예후를 판단하는 데 있어 초기 임상 평가와 더불어 수술 전 안와 컴퓨터단층촬영이 임상적으로 어떤 의의를 가지는지 알아보려고 한다.

대상과 방법

본 연구는 헬싱키선언(Declaration of Helsinki)을 준수하여 본원 임상연구윤리 심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 승인을 받아 진행되었다(승인 번호: 2019-11-008). 의무기록을 후향적으로 조사하여 2005년 1월부터 2018년 10월까지 안구외상으로 인한 단안 개방안구손상으로 본원 안과에 내원하여 수술 치료를 받고 최소 1년 이상 경과 관찰한 환자 중 연락을 하여 정보 제공에 동의한 사람들을 대상으로 하였다.

초진 당시 환자들의 성별, 나이, 시력, 상대구심동공운동장애, 편측성, 손상의 원인, 개방안구손상 유형(열상, 관통상, 안구내 이물질, 천공상, 안구파열), 창상의 크기 및 위치, 경과 관찰 기간 등에 대한 기록을 확인하고, 창상의 위치는 Pieramici et al¹⁰이 제시한 정의에 따라 1구역은 각막과 각막윤부에 국한된 창상, 2구역은 각막윤부로부터 5 mm 이내 공막의 창상, 3구역은 각막윤부로부터 5 mm 이상 떨어진 공막의 창상으로 정의하였다.

안와 컴퓨터단층촬영에서 1.5-2.0 mm 슬라이스 두께로 축상면 영상을 얻었다. 안와 컴퓨터단층촬영 영상에서 안와벽골절의 여부, 구후출혈의 여부, 안구내 공기의 여부, 안

구내 이물질의 여부, 안내출혈의 여부, 수정체 및 인공수정체의 이탈 여부에 대해 조사하였다. 안과 전문의 두 명이 안와 컴퓨터단층촬영에서 각 환자의 양안 안구 용적, 안축장, 전방깊이, 안구 돌출에 대해 측정하여 이들의 평균값을 사용하였고, 전방깊이는 양안에 수정체나 인공수정체가 동일하게 관찰될 때에만 측정하였다. 안구 용적은 안와 컴퓨터단층촬영의 각 절편에서 안구의 면적(mm^2)을 계산한 뒤 이들을 모두 더한 값에 절편두께 값(mm)을 곱하여 계산하였다. 안축장은 시신경과 후공막사이의 연결이 가장 잘 보이는 축상면 영상에서 각막의 정점과 시신경유두 간의 직선거리로 측정하였고, 전방깊이는 내직근과 외직근의 공막 부착부가 가장 저명하게 보이는 안구적도면상의 축상면 영상에서 각막정점과 수정체 혹은 인공수정체의 앞면 사이의 수직 거리로 측정하였다. 안구 돌출은 시신경관이 보이는 축상면 영상에서 안와 내벽의 눈물주머니오목앞능선과 안와 외벽의 광대뼈앞돌기(anterior zygomatic eminence)를 이은 가상의 선에서 각막까지의 수직 거리 중 최장 길이로 측정하였다(Fig. 1).¹¹

해부학적 성공군은 개방안구손상 이후 일차봉합술을 시행하고 경과 관찰 기간 동안 안구위축 없이 해부학적인 형태를 잘 유지하는 경우로 정의하였고, 해부학적 실패군은 안구손상으로 일차 안구적출술을 시행하였을 경우 또는 일

Figure 1. Axial view of orbital computerized tomography shows volume of the globe, axial length (AL), exophthalmometry, and anterior chamber depth (ACD). Volume of the globe was calculated by summation of the area of globe (red area) on each axial section (mm^2) and multiplying by image section thickness (mm). AL of the globe (yellow line) was measured by distance between vertex of cornea and insertion of optic nerve. Exophthalmometry (green line) was measured by the longest vertical distance between cornea and imaginary line (white line) between anterior lacrimal crest of medial orbital wall and anterior zygomatic eminence of lateral orbital wall. ACD (red line) was measured by vertical distance between vertex of cornea and anterior surface of lens or intraocular lens.

차봉합술을 시행한 후 경과 관찰 기간 동안 안구위축이 발생하였거나 그로 인해 안구적출술을 시행한 경우로 정의하

Table 1. Demographics and clinical data at baseline (n = 112)

Characteristic	Value
Age (years)	55.2 ± 15.0 (19-84)
Sex	
Male	104 (85.5)
Female	18 (14.5)
Bilaterality	
Right eye	55 (45.1)
Left eye	67 (54.9)
Type of injury	
Laceration	48 (38.9)
Penetrating	24 (19.3)
IOFB	22 (18.1)
Perforating	2 (1.6)
Rupture	74 (60.4)
Cause of injury	
Sharp things	43 (35.5)
Glass	5 (4.1)
Metal	38 (31.4)
Blunt things	79 (64.5)
Wooden stick	9 (7.4)
Stone	16 (12.4)
Assault	6 (5.0)
Traffic accident	8 (6.6)
Fall down	14 (11.6)
Metal	13 (10.7)
Other	13 (10.7)
Follow-up periods (months)	31.0 ± 15.1 (13-52)

Values are presented as mean ± standard deviation (range) or number (%).

IOFB = intraocular foreign body.

였다. 의무기록이 명확하지 않은 경우, 수술 전 안와 컴퓨터단층촬영을 시행하지 않은 경우, 양안을 수상한 경우, 만 18세 이하인 경우, 경과 관찰 기간이 12개월 이하인 경우는 연구 대상에서 제외하였다.

통계적분석은 해부학적 성공군과 실패군을 나누어 두 그룹 간에 차이가 없는지 확인했을 뿐만 아니라 해부학적 성공군, 일차 안구적출술을 시행한 군, 그리고 일차봉합술을 시행한 후 안구위축이 발생한 군의 세 그룹으로 나누어 상호 간에 차이가 없는지 다시 확인하였다. 통계적 분석은 SPSS 21.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 이용하여 피서의 정확한 검정, 카이제곱 검정, 독립표본 *t*-검정, 일원분산분석, 로지스틱 회귀분석 등을 시행하였고 *p*값이 0.05 미만일 때 통계적으로 유의하다고 판정하였다. 일원분산분석의 사후 검정은 Bonferroni 부등식, 다변량분석은 후진 단계별 소거법을 사용하였다. 해부학적 실패를 예측하는 방법으로 안와 컴퓨터단층촬영의 변별력을 알아보기 위해 비외상안에 대한 외상안의 전방깊이, 안축장 및 안구부피의 비율을 receiver operating characteristics (ROC) 곡선을 이용하여 분석하였다.

결 과

단안 개방안구손상이 발생한 환자 122명의 평균 나이는 55.2 ± 15.0세였고, 남성이 104명, 여성이 18명이었으며, 우안은 55명, 좌안은 67명이었다. 안구손상의 유형은 안구 파열이 74명(60.4%)로 가장 많았고, 천공상은 24명(19.3%), 안구내 이물질은 22명(18.1%)이었으며, 관통상 2명(1.6%)

Table 2. Univariate analysis of potential predictive factors for anatomical success and failure

Parameter	Anatomical success		Odds ratio (95% CI)	<i>p</i> -value
	Yes (n = 61)	No (n = 61)		
Age (years)	53.4 ± 17.1	55.2 ± 14.5		0.755*
Sex			0.394 (0.106-1.460)	0.152†
Male (n = 109)	54 (49.5)	55 (50.5)		
Female (n = 13)	7 (53.8)	6 (46.2)		
Initial VA (logMAR)	0.76 ± 0.6	2.3 ± 0.7		<0.001*
RAPD (n = 61)	15 (25.6)	51 (74.4)		<0.001*
Injury type			3.951 (1.475-10.878)	0.005‡
Laceration (n = 49)	34 (69.4)	15 (30.6)		
Rupture (n = 73)	27 (37.0)	46 (63.0)		
Location			20.160 (6.477-62.752)	<0.001†
Zone 1, 2 (n = 82)	57 (69.5)	25 (30.5)		
Zone 3 (n = 40)	4 (10.0)	36 (90.0)		
Wound size (mm)	6.0 ± 6.3	17.4 ± 13.0		<0.001*

Values are presented as the mean ± standard deviation or number (%) unless otherwise indicated.

CI = confidence interval; VA = visual acuity; LogMAR = logarithm of the minimum angle of resolution; RAPD = relative afferent pupillary defect.

*Independent *t*-test; †Fischer's exact test; ‡chi-square test.

이었다. 안구손상의 원인은 무딘 물체에 의한 손상이 79명 (64.5%)로 가장 많았으며, 그중 돌이 16명(12.4%), 추락사고가 14명(11.6%) 순이었다. 43명(35.5%)은 날카로운 물체에 의한 손상이었으며, 대부분 금속이 원인이었다. 평균 경과 관찰 기간은 31.0 ± 15.1 개월이었다(Table 1). 총 61명의 해부학적 실패군 중 32명(52.5%)에서 일차 안구적출술을 시행하였고, 나머지 29명(47.5%)은 일차봉합술 후 평균 6.5 ± 5.5 개월 후 안구위축을 진단받았으며 이 중 17명이 이차 안구적출술을 시행받았다.

본 연구에서 해부학적 성공군과 실패군은 각각 61명이었으며, 두 군 사이에 성별과 나이는 차이가 없었다(각각, $p=0.755$, $p=0.152$). 초진시 시력이 낮을수록($p<0.001$), 그리고 상대구심동공운동장애가 있는 경우 해부학적으로 실패할 가능성이 높았다($p<0.001$). 손상의 유형을 안구 열상과 파열로 구분하여 비교하였을 때 안구 파열시 해부학적으로 실패할 가능성이 높았고($p=0.005$), 창상의 위치에 따라 1, 2 구역보다는 3구역에 창상이 발생했을 경우 해부학적으로 실패할 가능성이 높았다($p<0.001$). 해부학적 성공군(6.0 ± 6.3 mm)보다 해부학적 실패군(17.4 ± 13.0 mm)에서 창상의 크기가 컸다($p<0.001$) (Table 2).

해부학적 성공군과 실패군의 안와 컴퓨터단층촬영 소견에 대한 단변량분석을 시행한 결과 안와벽골절, 구후출혈, 안구내 공기, 수정체 또는 인공수정체의 이탈, 그리고 특히 안내출혈(교차비, 47.0; 95% 신뢰구간, 14.5-152.5) 소견이

보일 경우 해부학적으로 실패할 가능성이 높았고($p<0.001$), 안구내 이물질이 있을 경우는 해부학적으로 성공할 가능성이 높았다($p=0.001$) (Table 3). 정상안에 대한 외상안의 전방깊이, 안축장, 안구부피 및 안구 돌출의 비율을 해부학적 성공군과 실패군 사이에서 비교해 보았을 때, 해부학적 실패군에서 더 큰 감소량을 보였고($p<0.05$) (Table 4), 해부학적 성공군과 실패군의 안와 컴퓨터단층촬영 소견에 대한 다변량 분석을 시행한 결과 안내출혈(교차비, 5.5; 95% 신뢰구간, 2.0-15.4), 안와벽골절, 안구부피감소가 해부학적 실패와 깊은 관련성을 보였다($p<0.05$) (Table 5). 정상안에 대한 외상안의 전방깊이, 안축장 및 안구부피의 비율을 해부학적 성공군과 실패군으로 나누어 ROC 곡선 분석을 해

Table 4. Comparison of morphometric measurements in computerized tomography between anatomical success and failure

Parameter	Anatomical success		p-value*
	Yes (n = 61)	No (n = 61)	
Volume of globe	96.4 ± 5.3	71.6 ± 24.3	<0.001
AL of globe	97.7 ± 4.9	83.6 ± 15.1	<0.001
ACD of globe	71.6 ± 28.2	37.3 ± 40.4	<0.001
Proptosis	99.4 ± 4.9	94.3 ± 13.8	0.012

Values are calculated using morphometric proportion of injured eye to contralateral eye (%). Values are presented as the mean $\pm$ standard deviation.

AL = axial length; ACD = anterior chamber depth.

* $p < 0.05$ by independent *t*-test.

Table 3. Univariate analysis of potential predictive factors in computerized tomography for anatomical success and failure

Parameter	Anatomical success		Odds ratio (95% CI)	p-value*
	Yes (n = 61)	No (n = 61)		
Orbital wall Fx			25.2 (6.9-72.3)	<0.001
No (n = 67)	57 (85.1)	12 (14.9)		
Yes (n = 55)	4 (10.9)	49 (89.1)		
Retrobulbar hm			10.7 (3.0-38.3)	<0.001
No (n = 97)	58 (59.8)	39 (40.2)		
Yes (n = 26)	3 (12.0)	23 (88.0)		
Intraocular air			5.0 (1.5-16.6)	0.006
No (n = 102)	57 (55.9)	45 (44.1)		
Yes (n = 20)	4 (20.0)	16 (80.0)		
IOFB			0.2 (0.1-0.6)	0.001
No (n = 100)	43 (43.0)	57 (57.0)		
Yes (n = 22)	18 (81.8)	4 (18.2)		
Intraocular hm			47.0 (14.5-152.5)	<0.001
No (n = 71)	57 (80.3)	14 (19.7)		
Yes (n = 51)	4 (7.8)	47 (92.2)		
Dislocated lens or IOL			5.5 (2.3-13.1)	<0.001
No (n = 83)	52 (62.7)	31 (37.3)		
Yes (n = 39)	9 (23.1)	30 (76.9)		

Values are presented as number (%) unless otherwise indicated.

CI = confidence interval; Fx = fracture; hm = hemorrhage; IOFB = intraocular foreign body; IOL = intraocular lens.

* $p < 0.05$ by binary logistic regression test.

보았을 때, 척도의 절단값(cut-off value)은 안구부피가 82.2% (민감도, 82.7%; 특이도, 74.8%; area under the curve [AUC]=0.843; 95% 신뢰구간, 0.754-0.931; $p<0.001$), 안축장이 90.6% (민감도, 88.3%; 특이도, 75.5%; AUC=0.808; 95% 신뢰구간, 0.725-0.891; $p<0.001$), 전방깊이가 60.0% (민감도, 66.7%; 특이도, 72.1%; AUC=0.735; 95% 신뢰구간, 0.627-0.844; $p<0.001$)였다(Fig. 2). 정상안에 비해 외상안의 측정 비율이 이들보다 낮다면 해부학적으로 실패할 가능성이 높다고 볼 수 있다.

한편, 해부학적 성공군 61명, 일차 안구적출술을 시행한 32명, 그리고 일차봉합술을 시행한 후 안구위축이 발생한 29명의 세 그룹으로 나누어 Table 3 및 Table 4에서와 같은 위험 인자들을 상호 간에 비교해 보았을 때, 해부학적 성공군과 실패군 간의 비교 결과와 마찬가지로 해부학적 성공군은 다른 두 그룹에 비교하여 초진시 시력, 상대구심성동공운동장애, 창상의 위치 및 크기, 안와벽골절, 구후출혈, 안구내 공기, 수정체 또는 인공수정체의 이탈, 안내출혈, 안구내 이물, 전방깊이, 안축장 및 안구부피에서 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보였다($p<0.05$). 하지만, 일차 안구적출술을 시행받은 군과 일차봉합술을 시행하고 안구위축이 발생한 군을 비교했을 때 다른 위험인자들에서는 차이점이 없었으나($p>0.05$), 일차 안구적출술을 시행한 경우에서 초진시력이 더 나빴고, 창상의 위치가 3구역일 경우가 많았다($p=0.01$).

고 찰

여러 연구들에서 심한 개방안구손상이 발생할 때 외상안의 초기 시력이 낮을수록, 창상의 크기가 클수록, 창상 위치가 뒤쪽에 위치할수록 예후가 더 나빴으며, 유리체출혈,

수정체파열, 구심동공반응의 결손, 유기물 이물질의 존재 등이 나쁜 예후 인자라고 제시된 바 있다.^{12,13} Savar et al¹⁴은 손상 기전이 안구열상보다는 안구파열일 경우, 초기 시력과 안외상점수가 낮은 경우에서 안구적출술을 시행할 가능성이 높다고 하였다. Feng et al¹⁵은 33명의 환자를 대상으로 6개월 이상 경과 관찰을 시행한 결과 안구파열, 3구역의 개방창상, 10 mm 이상의 열상 크기, 심한 안내출혈, 망막박리 또는 망막의 노출, 섬모체와 맥락막의 손상을 7개의 위험인자로 제시했으며, 만약 이런 위험인자가 적다면 일차봉합술 후 이차 유리체수술로 시력 회복의 가능성이 높지만, 그렇지 않은 경우 향후 안구위축이 발생하거나 안구적출술을 시행할 가능성이 높다고 하였다. 본 연구에서는 Kuhn et al¹⁶이 제시한 안외상 점수를 평가하지는 않았으나 안외상점수 평가 항목 중 안구파열의 여부, 창상 위치 및 크기 등을 확인하였고 그 결과 1, 2구역보다 3구역의 창상에서, 그리고 안구열상보다 안구파열에서 안구위축이나 안구적출술 시행 등 해부학적으로 실패할 가능성이 높았다. 또한 해부학적 실패군에서 초기 시력이 낮았고, 상대구심동공운동장애가 있는 경우가 많았으며, 창상의 크기가 평균 17.4 ± 13.0 mm로 성공군의 6.0 ± 6.3 mm와 비교하면 큰 차이를 보여 기존의 연구와 비슷한 결과를 보였다.^{1,10,12,13}

지금까지 몇몇 저자들이 안와 컴퓨터단층촬영의 소견을 이용하여 개방안구손상의 예후를 평가해보고자 하였다. Joseph et al⁵은 개방안구손상에서 가장 중요한 시력예후 인자는 안와 컴퓨터단층촬영상 공막의 형태 변화와 렌즈의 손상 여부라고 하였고, 안와벽골절, 전방깊이의 변화, 맥락막박리 또한 나쁜 시력예후와 관련 있다고 보고하였다. Arey et al¹⁷은 안와 컴퓨터단층촬영 소견에서 유리체출혈, 안와사이막앞 눈꺼풀부종, 안구의 형태 변화 순으로 가장 중요한 예후인자라고 하였으며, 그 외 망막 또는 맥락막박

Table 5. Multivariate analysis of potential predictive factors in computerized tomography for anatomical success and failure

Parameter	Anatomical success		Odds ratio (95% CI)	<i>p</i> -value*
	Yes (n = 61)	No (n = 61)		
Orbital wall Fx			3.8 (1.1-16.6)	<0.001
No (n = 67)	57 (85.1)	12 (14.9)		
Yes (n = 55)	4 (10.9)	49 (89.1)		
Intraocular air			3.1 (0.8-15.0)	0.076
No (n = 102)	57 (55.9)	45 (44.1)		
Yes (n = 20)	4 (20.0)	16 (80.0)		
Intraocular hm			5.5 (2.0-15.4)	0.001*
No (n = 71)	57 (80.3)	14 (19.7)		
Yes (n = 51)	4 (7.8)	47 (92.2)		
Volume of globe	96.4 ± 5.3	71.6 ± 24.3	1.1 (1.0-1.1)	<0.001*

Values are presented as mean ± standard deviation or number (%) unless otherwise indicated.

CI = confidence interval; Fx = fracture; hm = hemorrhage.

* $p < 0.05$ by binary logistic regression test.

Figure 2. The box plots of (A) volume (vol, %), (B) axial length (AL, %), and (C) anterior chamber depth (ACD, %) of anatomical success and anatomical failure groups. Vol (%), AL (%), and ACD (%) were calculated by the ratio of injured eye to contralateral eye, and all these values were statistically different between the two groups ($p < 0.001$). (D) Receiver operating characteristic curves of volume (%), axial length (%), and anterior chamber depth (%). Optimal cut off value of the volume of the globe (red line) was 82.2% (area under the curve [AUC] = 0.843, 95% confidence interval [CI], 0.754-0.931; $p < 0.001$). Optimal cut off value of the axial length (black line) was 90.6% (AUC = 0.808; 95% CI, 0.725-0.891; $p < 0.001$). Optimal cut off value of the anterior chamber depth (blue line) was 60.0% (AUC = 0.735; 95% CI, 0.627-0.844; $p < 0.001$). * $p < 0.05$ by independent t -test.

리, 렌즈의 손상도 고려해야 한다고 보고하였다. 본 연구에서도 이전 연구들과 유사한 결과를 보여서, 단변량 분석결과에서 안내출혈, 안와벽골절, 구후출혈, 수정체 또는 인공수정체의 이탈, 안구내 공기가 해부학적 실패와 깊은 관련성을 보였다. 특히나 안와 컴퓨터단층촬영에서 안내출혈이 있을 경우 다른 소견에 비해 개방안구손상 후 해부학적 실패가 발생할 위험이 높았는데(교차비 5.5, 95% 신뢰구간 2.0-15.4, $p=0.001$), 안내출혈이 해부학적 성공에 중요한 망막, 섬모체 또는 맥락막의 심각한 손상을 반영하기 때문이라고 생각한다.

안와벽골절이 있는 경우 대부분의 환자(89.1%)에서 해부학적 실패가 발생하였다. 이는 개방안구손상과 함께 안와벽골절이 동시에 발생하기 위해서 각각의 손상이 발생할 때보다 조금 더 강한 충격이 가해졌다는 것을 의미하고, 그와 더불어 안와벽골절로 인하여 주변조직들의 이차적인 손상이 발생할 수 있기 때문으로 생각된다.^{9,17} 이전 연구들에서는 개방안구손상 여부를 확인하기 위해서 안구내 공기 소견에 의미를 두지 않았는데,¹⁷ 본 연구에서는 안구내 공기 소견을 보이는 환자 중 80%에서 해부학적 실패가 발생하였다. 그러나 다변량 분석결과에서 두 군 간에 유의한 차

이를 보이지 않아 중요한 예후인자라고 결론을 내리기는 어려웠다.

이전 연구들과는 달리 본 저자들은 안와 컴퓨터단층촬영에서 정상안과 외상안의 안구부피와 안축장을 직접 측정하여 비교하였고, 그 결과 해부학적 실패군에서 외상안이 정상안에 비해 안구부피는 평균 28%, 안축장은 평균 16% 감소했음을 확인하였다. 또한 ROC 곡선분석 결과 비외상안에 비해 외상안의 안구부피와 안축장이 각각 82.2%, 90.6% 이하일 때를 해부학적 실패의 기준으로 판단할 수 있었다. 하지만, 많은 양의 안내출혈이 발생한 경우 안압을 증가시키고, 파열된 안구의 팽창을 유발하여 개방안구손상 정도에 비해 안구부피와 안축장의 감소가 심하지 않거나, 반대로 증가하는 경우가 있어 주의가 필요하다.^{5,18}

안와 컴퓨터단층촬영에서 외상안의 전방깊이 감소가 해부학적 실패와 상관관계가 있었다. 전방 깊이는 성별, 나이, 측정 방법 등에 따라 다르고, 보통 2.4-3.4 mm 정도로 측정되며, 특별한 안과 질환의 과거력이 없거나 양안에 동일하게 백내장수술을 한 경우에 사람의 두 눈 사이의 전방깊이의 차이는 거의 없다. 하지만, 개방안구손상 후 각막천공 등으로 방수가 유출되거나 유리체출혈과 같이 후방 안압이 증가할 경우 전방깊이는 감소할 수 있고, 반대로 후부 공막의 파열 등으로 수정체가 뒤쪽으로 이동하면 전방이 깊어질 수도 있다.^{1,3,18} Kim et al¹⁸와 Yuan et al³은 개방안구손상시 외상안의 전방깊이가 비외상안에 비해 0.4-0.8 mm 이상 감소한다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 양안의 전방깊이를 비교하기 위해 양안에 수정체나 인공수정체가 동일하게 있는 환자를 측정하였고, 해부학적 실패군에서 외상안이 비외상안에 비해 전방깊이가 평균 37.3% 정도였으며 ROC 분석 결과 절단값은 60.0%로 전방깊이가 그 이하로 감소할 경우 추후 해부학적으로 실패할 가능성이 높았다.

Pieramici et al¹⁰와 Esmaeli et al¹⁹은 안구내이물 자체는 나쁜 예후인자가 아니지만, 이물질의 종류에 따라 나쁜 예후를 보일 수 있다고 하였다. 본 연구에서는 컴퓨터단층촬영에서 안구내 이물질이 없는 환자의 경우 43.0%에서 해부학적 성공을 보인 반면, 안구내 이물질이 있는 환자군은 81.8%에서 해부학적 성공을 보였다. 이는 대부분의 환자들에서 안구내 이물질이 예초기 파편, 못 등과 같은 금속으로 유기물이 아니었고, 개방안구손상에서 안구내 이물질이 존재하려면 이물질의 크기가 충분히 작아야 하며, 특히, 이물질의 운동량이 공막이나 각막을 천공한 뒤에 후극부 공막을 관통하지는 못할 정도이므로²⁰ 상대적으로 안구에 충격을 덜 주기 때문으로 생각된다. 하지만, 다변량 분석 결과에서 두 군 간에 유의한 차이를 보이지는 않았다.

Andreoli and Andreoli²¹은 개방안구손상으로 일차봉합술

후에 경과 관찰하던 환자 중 45.0%에서 유리체절제술, 인공수정체삽입술, 안구적출술 등의 추가적인 이차 수술이 필요했다고 하며, 특히 유리체절제술과 수정체제거술을 동시에 시행한 경우 더 많은 횃수의 추가 수술이 필요했고, 더욱이 추가적인 수술을 시행한 군에서 그렇지 않은 군보다 시력예후도 더 나빴다. 본 연구에서도 컴퓨터단층촬영에서 유리체출혈, 수정체 또는 인공수정체의 이탈이 있으면 해부학적으로 실패할 가능성이 높았으며, 해부학적 실패군 중 29명은 일차봉합술 후 평균 6.2 ± 6.7 개월 뒤에 안구위축이 발생하여 상당히 빠른 진행을 보였다. 한편 Rofail et al²²은 개방안구손상 환자 52명 중 38.0%에서 안구적출술을 시행하였는데, 안구적출술을 받은 환자와 안전수치 이하의 시력을 가진 환자의 삶의 질에는 차이가 없었다고 보고했다. 그러므로 컴퓨터단층촬영 소견에서 나쁜 예후가 예상된다면 이후에 발생할 수 있는 안구위축과 불필요한 이차 수술을 막기 위해 일차 안구적출술을 적극적으로 고려해 볼 만하다.

본 연구에서는 해부학적 실패군을 다시 일차 안구적출술을 시행한 군과 일차봉합술을 시행한 후 안구위축이 발생한 군으로 나누어 비교해 보았는데, 두 그룹 모두 해부학적 성공군과는 차이를 보였다. 하지만 두 그룹 간에는 초진 시력과 창상 위치의 차이 외에는 큰 차이점을 보이지 않았는데, 이는 심한 개방안구손상이 발생하더라도 가능한 일차 봉합술을 시행하여 안구 형태를 유지하기 위해 노력하지만, 창상의 범위가 안구 뒤쪽까지 침범하여 봉합이 어려운 경우 그리고 안구내용물의 탈출이 심한 경우는 불가피하게 일차 안구적출술을 시행하였기 때문으로 생각된다.²³

본 연구의 제한점은 우선 후향적 연구로서 사고 당시의 기록에 의존하기 때문에 일부 기록이 누락되거나 정확하지 않을 수 있다는 점이다. 그리고 Andreoli and Andreoli²¹는 개방안구손상 후 처음 1년 내에 70.0%에서 안구적출술을 시행하고, 그 다음 5년 동안 나머지 30.0%에서 안구적출술을 시행했다는 보고를 보았을 때, 본 연구는 평균 관찰 기간이 31개월이므로 만약 관찰 기간이 더 길었다면 해부학적 성공군 중 보다 많은 환자에서 해부학적 실패를 관찰할 수 있었을 것이다. 또한, 안외상점수를 평가하지 않아 타 연구와의 비교가 힘든 점이 있고, 안와 컴퓨터단층촬영을 이용하여 안내출혈을 전방출혈, 유리체출혈, 망막하출혈 및 상맥락막출혈 등으로 구분해서 평가하지 못한 단점이 있다. 또한, 일차 안구적출술을 시행한 경우 수술 방법의 결정에 있어 안구손상 정도와는 별개로 의료진, 환자 및 보호자의 주관적인 판단이나 기타 비의료적인 상황이 개입될 수 있었던 제한점이 있다.

결론적으로 심한 개방안구손상 환자에서 초기 임상평가

를 바탕으로 해부학적 예후를 판단하고 수술 치료 방법을 결정하는 것이 우선이지만, 환자의 협조가 어렵거나 눈 주변 조직들의 심한 손상으로 안구손상의 범위를 직접 평가하기 어려운 경우에는 안와 컴퓨터단층촬영을 확인하여, 만약 안내출혈, 안와벽골절, 안구부피의 심한 감소 등 나쁜 해부학적 예후 소견을 보일 경우 환자 및 보호자와 충분한 상의를 통해 안구적출술의 시행 여부를 신중하게 결정해야 하겠다.

REFERENCES

- 1) Weissman JL, Beatty RL, Hirsch WL, Curtin HD. Enlarged anterior chamber: CT finding of a ruptured globe. *AJNR Am J Neuroradiol* 1995;16(4 Suppl):936-8.
- 2) Kylstra JA, Lamkin JC, Runyan DK. Clinical predictors of scleral rupture after blunt ocular trauma. *Am J Ophthalmol* 1993;115:530-5.
- 3) Yuan WH, Hsu HC, Cheng HC, et al. CT of Globe rupture: analysis and frequency of findings. *AJR Am J Roentgenol* 2014;202:1100-7.
- 4) Pieramici DJ, MacCumber MW, Humayan MU, et al. Open-globe injury. Update on types of injuries and visual results. *Ophthalmology* 1996;103:1798-803.
- 5) Joseph DP, Pieramici J, Beauchamp J Jr. Computed tomography in the diagnosis and prognosis of open-globe injuries. *Ophthalmology* 2000;107:1899-906.
- 6) Andreoli MT, Yiu G, Hart L, Andreoli CM. B-scan ultrasonography following open globe repair. *Eye (Lond)* 2014;28:381-5.
- 7) Dunkin JM, Crum VC, Swanger RS, Bokhari SAJ. Globe trauma. *Semin Ultrasound CT MR* 2011;32:51-6.
- 8) Hammerschlag SB, Hughes S, O'Reilly GV, et al. Blow-out fractures of the orbit: a comparison of computed tomography and conventional radiography with anatomical correlation. *Radiology* 1982;143:487-92.
- 9) Maguire AM, Enger C, Elliott D, Zinreich SJ. Computerized tomography in the evaluation of penetrating ocular injuries. *Retina* 1991;11:405-11.
- 10) Pieramici DJ, Au Eong KG, Sternberg P Jr, Marsh MJ. A system for classifying mechanical injuries of the eye (globe) in open-globe injuries. *J Trauma* 2003;54:750-4.
- 11) Choi KJ, Lee MJ. Comparison of exophthalmos measurements: Hertel exophthalmometer versus orbital parameters in 2-dimensional computed tomography. *Can J Ophthalmol* 2018;53:384-90.
- 12) Page RD, Gupta SK, Jenkins TL, Karcioglu ZA. Risk factors for poor outcomes in patients with open-globe injuries. *Clin Ophthalmol* 2016;10:1461-6.
- 13) Bilyk JR. Enucleation, evisceration, and sympathetic ophthalmia. *Curr Opin Ophthalmol* 2000;11:372-86.
- 14) Savar A, Andreoli MT, Klock CE, Andreoli CM. Enucleation for open globe injury. *Am J Ophthalmol* 2009;147:595-600.e1.
- 15) Feng K, Hu Y, Ma Z. Prognostic indicators for no light perception after open-globe injury: eye injury vitrectomy study. *Am J Ophthalmol* 2011;152:654-62.e2.
- 16) Kuhn F, Maisiak R, Mann L, Mester V, et al. The ocular trauma score (OTS). *Ophthalmol Clin North Am* 2002;15:163-5, vi.
- 17) Arey ML, Mootha VV, Whittemore AR, et al. Computed tomography in the diagnosis of occult open-globe injuries. *Ophthalmology* 2007;114:1448-52.
- 18) Kim SY, Lee JH, Lee YJ, et al. Diagnostic value of the anterior chamber depth of a globe on CT for detecting open-globe injury. *Eur Radiol* 2010;20:1079-84.
- 19) Esmaeli B, Elner SG, Schork MA, Elner VM. Visual outcome and ocular survival after penetrating trauma. A clinicopathologic study. *Ophthalmology* 1995;102:393-400.
- 20) Beer F, Johnston R, Dewolf J, Mazurek D. *Mechanics of materials*, 4th ed. New York: McGraw-Hill, 2009;51-9.
- 21) Andreoli MT, Andreoli CM. Surgical rehabilitation of the open globe injury patient. *Am J Ophthalmol* 2012;153:856-60.
- 22) Rofail M, Lee GA, O'Rourke P. Quality of life after open-globe injury. *Ophthalmology* 2006;113:1057.e1-3.
- 23) Bhagat N, Turbin R, Langer P, et al. Approach to management of eyes with no light perception after open globe injury. *J Ophthalmic Vis Res* 2016;11:313-8.

= 국문초록 =

개방안구손상의 예후 평가에 있어 안와 컴퓨터단층촬영의 역할

목적: 심한 개방안구손상 환자에서 해부학적 예후를 판단하는 데 있어 술 전 안와 컴퓨터단층촬영이 임상적으로 어떤 의의를 가지는지 알아보려고 한다.

대상과 방법: 단안 개방안구손상을 진단받고 안와 컴퓨터단층촬영 후 수술 치료를 받고 최소 1년간 경과 관찰한 환자의 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 안구적출술을 시행하거나 안구위축이 발생한 경우 해부학적 실패군으로 정의하고, 그렇지 않은 경우 해부학적 성공군으로 정의하여 두 군의 차이를 비교하였다.

결과: 총 122명의 개방안구손상 환자를 선정하였다. 안와 컴퓨터단층촬영을 이용하여 해부학적 성공군과 실패군을 비교하였을 때, 다변량 분석에서 안내출혈(교차비 5.5, 95% 신뢰구간 2.0–15.4), 안와벽골절, 안구부피 감소가 해부학적 실패와 깊은 관련성을 보였다($p < 0.05$). 또한 해부학적 실패군에서 외상안이 정상안에 비해 안구부피는 평균 28%, 안축장은 평균 16% 감소했음을 확인하였다.

결론: 심한 개방안구손상 환자에서 수술 전 안와 컴퓨터단층촬영이 안구손상 범위의 평가에 도움이 될 수 있으며, 만약 안내출혈, 안와벽골절, 안구부피의 심한 감소 등 나쁜 해부학적 예후 소견을 보일 경우 이를 참고하여 환자 및 보호자와 충분한 상의를 통해 안구적출술의 시행 여부를 신중하게 결정해야 하겠다.

〈대한안과학회지 2020;61(9):983–991〉

윤정현 / Jung Hyun Yoon

경북대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology,
School of Medicine,
Kyungpook National University