



전안부 단층촬영을 이용한 선천 녹내장 환자의 윤부 및 중심 각막의 두께 변화

Changes in Corneal Thickness in Congenital Glaucoma, Using Anterior Segment Optical Coherence Tomography

이채연 · 이은정 · 장윤경 · 한종철 · 기창원

Chaeyeon Lee, MD, Eun Jung Lee, MD, PhD, Yoonkyung Jang, MD, Jong Chul Han, MD, PhD,
 Chang Won Kee, MD, PhD

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Samsung Medical Center, Sungkyunkwan University School of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: We examined corneal thickness, particularly morphological changes in the limbus, as the intraocular pressure increased in patients with congenital glaucoma.

Methods: We retrospectively studied 31 children (47 eyes) with congenital glaucoma and 12 controls (12 eyes). We used anterior segment tomography to measure corneal thicknesses at the center, the midpoint of the 2-5 mm pericentral zone, the corneo-limbal junction, and the scleral spurs on the nasal and temporal sides. The peripheral central corneal thickness ratios were calculated and analyzed using a generalized estimation equation.

Results: The cornea was significantly thinner in the glaucoma than in the control group. The difference was more prominent in the periphery than the center. Associated with such peripheral thinning, the corneal thickness ratios at the corneal-limbal junction and the center differed significantly between the two groups.

Conclusions: In congenital glaucoma patients, the cornea is generally thinner than that of the controls, particularly at the corneo-limbal junction, suggesting that the limbus is biomechanically susceptible to deformation by intraocular pressure.

J Korean Ophthalmol Soc 2022;63(8):692-699

Keywords: Anterior segment optical coherence tomography, Congenital glaucoma, Corneal thickness

원발 선천 녹내장은 원발 소아 녹내장 중 가장 흔한 형태로, 섬유주이상발육으로 인한 방수 유출의 장애로 인해 안압이 상승한다고 생각되고 있다.^{1,2} 소아의 안구 조직은 성

인에서보다 유연하며 탄성이 높아 안압 상승 시에 각공막의 변화가 크다.¹⁻³ 특히 각막 크기 증가, 데스메막 파열로 인한 Haab's striae, 각막 부종 및 혼탁 등 각막의 변형이 특징적이다.^{1,2,4}

하지만 증가된 압력에 의한 변화가 단순히 각막의 직경이 커지는 것에 국한되는지에 대해서는 연구된 바가 많지 않다. 최근 각막 조직을 이용한 생체역학적 연구에서, 안압 상승에 대한 반응은 윤부조직에서 가장 두드러짐이 입증되었다. 하지만, 현재까지 선천 녹내장에서의 각막 두께에 대한 연구들은 중심각막두께에 국한하여 이루어졌고 주변부를 포함한 전체 각막의 두께 변화에 대한 보고는 없으며,

■ Received: 2022. 4. 22. ■ Revised: 2022. 5. 11.

■ Accepted: 2022. 7. 18.

■ Address reprint requests to **Chang Won Kee, MD, PhD**
 Department of Ophthalmology, Samsung Medical Center,
 Sungkyunkwan University School of Medicine, #81 Irwon-ro,
 Gangnam-gu, Seoul 06351, Korea
 Tel: 82-2-3410-3569, Fax: 82-2-3410-0074
 E-mail: ckee@skku.edu

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

© 2022 The Korean Ophthalmological Society

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

더구나 그 결과가 일관되지 않고 정상보다 두껍다는 보고⁵와 얇다는 보고,⁶⁻⁸ 차이가 없다는 보고⁹가 혼재되어 있다.

최근 빛간섭단층촬영(optical coherence tomography, OCT) 기술을 이용한 전안부 빛간섭단층촬영(AS-OCT)은 전방의 단면 구조를 비침습적으로 빠르고 쉽게 검사할 수 있다.¹⁰ 이를 통하여 중심각막 뿐 아니라 주변부 각막까지도 확인할 수 있으며, 각막 두께를 위치에 따라 정량화할 수 있다는 장점이 있다.^{11,12}

각막윤부는 안압 상승에 의해 가장 취약한 부위로, 안압이 상승함에 따라 다른 부분에 비교하여 형태학적 변화가 크다는 보고가 있다.^{13,14} 이에 저자들은 선천 녹내장 환자에서의 안압 상승에 따른 각막의 변화는 주변부의 두드러진 두께의 변화를 동반할 것으로 추정하였고, 전안부 단층촬영을 이용하여 윤부를 중심으로 한 각막의 두께 분포가 선천 녹내장에서 정상안에 비하여 어떻게 달라지는지 조사하였다.

대상과 방법

1997년부터 2020년까지 본원에 내원한 원발성 선천 녹내장 환자를 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다.

본 연구에 관련된 모든 절차는 본원 연구윤리심의위원회의 승인을 받았으며(승인 번호: #2019-07-065) 헬싱키 선언(Declaration of Helsinki)을 준수하였다.

포함 기준은 안압 상승이 만 3세 이전에 발생하여 원발성 선천 녹내장으로 진단받은 환자로 정하였다. 배제 기준은 (1) 선천 녹내장의 정의에 따라 생후 36개월 이후 진단되어 연소기 개방각 녹내장에 해당하는 경우, (2) 이차성 녹내장(악센펠트-리거 증후군, 피터스 증후군, 안 피부 멜라닌증, 스티지-웨버 증후군, 선천 백내장 수술 후의 안압 상승), (3) 협조가 어려워 검사가 불가능하거나 단층촬영의 질이 불충분한 경우로 정하였다.

대조군은 단안 선천 녹내장 환자의 이환되지 않은 반대쪽 눈으로, 안압 21 mmHg 이상 상승력이 없으며, 안압 상승을 시사하는 징후(Haab's striae, 각막흔탁 및 부종, 시신경 유두 변화, 시신경 섬유층 결손)을 보이지 않는 경우로 정의하였다.

환아들에게 정기적인 세극등검사, 골드만압평안압계를 이용한 안압 측정, 조절마비굴절검사, 최대교정시력, 안저촬영, IOL Master[®] (Carl Zeiss Meditec, Dublin, CA, USA)를 이용한 안축장 측정 및 초음파 중심각막두께 측정(SP-3000

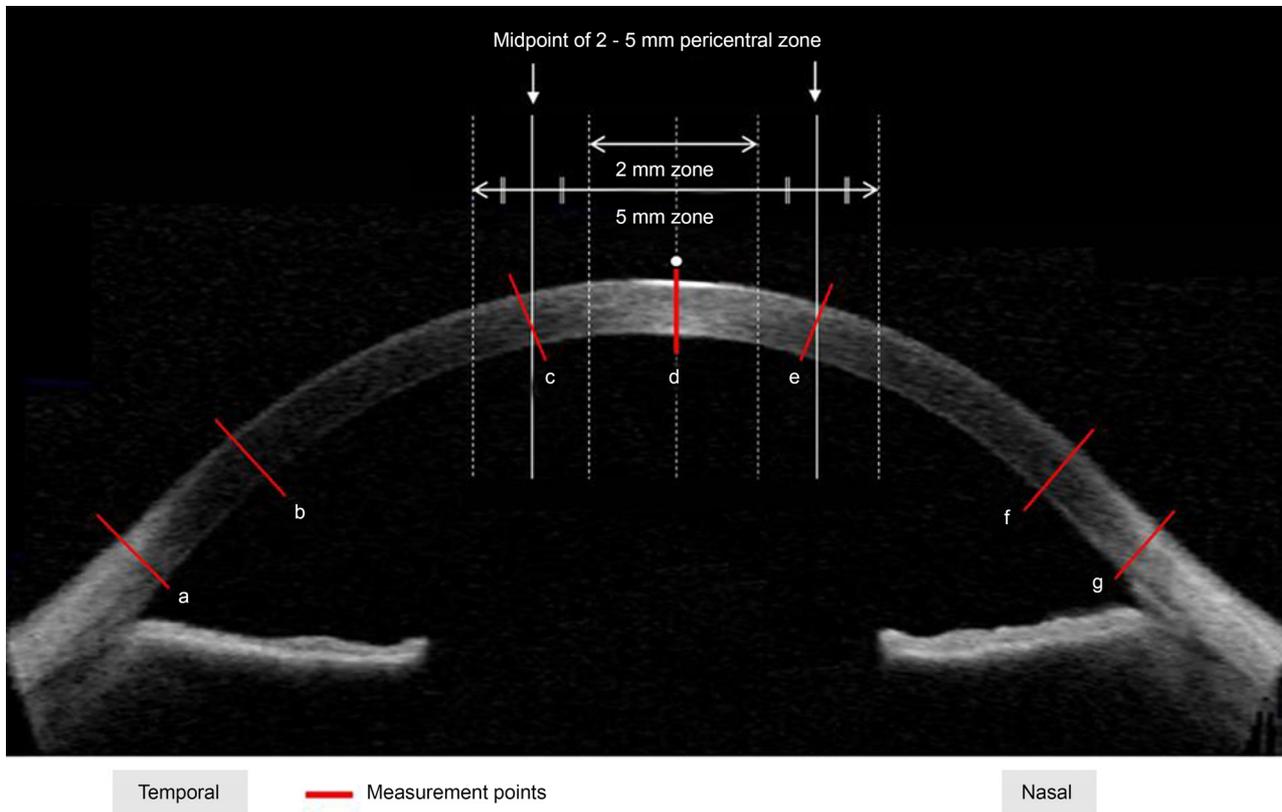


Figure 1. Measurement of corneal thickness in anterior segment optical coherence tomography. (a) Temporal scleral spur, (b) temporal corneo-limbal junction, (c) temporal midpoint of 2-5 mm pericentral zone, (d) center of the cornea, (e) nasal midpoint of 2-5 mm pericentral zone, (f) nasal corneo-limbal junction, and (g) nasal scleral spur.

Pachymeter; Tomey Corporation, Nagoya, Japan)을 시행하였으며 골드만압평안압계 검사가 어려운 환자의 경우 Chloral hydrate를 투여하여 안정시킨 후 Perkins 안압계(Haag-Streit, Koniz, Switzerland)로 안압을 측정하고 A-scan 초음파 기기(OTI scan 3000; Ophthalmic Technologies Inc., Toronto, Canada)로 안축장을 측정하였다. 아울러 안저평가 및 시신경유두 검사를 시행하여 유두함몰비(cup to disc ratio) 및 녹내장성 변화를 살펴보았다.

전안부 단층촬영(Visante; Carl Zeiss Meditec)은 동공 중심부를 기준으로 가로 축 방향으로 촬영하였고 협조가 어려워 눈의 움직임이나 측정의 부정확성으로 인하여 분석이 되지 않는 경우는 대상안에서 제외하였다. 각막 두께는 총 7군데에서 측정하였다(Fig. 1). 중심부에서 측정하였고, 비측 및 이측에서 각각 중심주변부위(pericentral zone 2-5 mm)의 중간점, 각막-윤부 경계부, 공막돌기에서의 각막 두께를 측정하였다. 공막돌기의 위치는 그 조직이 고리 모양의 아교질섬유로 구성되어 각막윤부와 평행하게 주행하는 점을 고려하여 공막의 내부표면에서 곡률의 변화가 있으면서, 내측으로 돌출된 지점으로 정의하였다.¹⁵ 측정 시 각막 두께는 각막 내피 안쪽 면에서 상피 바깥쪽, 그리고 공막돌기에서 결막 상피까지의 최단 수직 거리로 정의하여 측정하였다. 단, 주변부 각막 신장이 저명하여 공막돌기가 명확하

지 않은 경우에는 전방각저에서 측정을 시행하였다. 또한, 측정치 중 공막돌기에서의 각막 두께와 중심부 각막 두께의 비율을 주변부-중심부 각막 두께 비율로 정의하여 계산하였다. 또한, 공막돌기 간 거리, 전방각저 간 거리, 그리고 윤부 길이를 측정하였다. 윤부 길이는 공막돌기에서 결막 상피가 끝나는 지점 사이의 길이로 정의하였다.

숙련된 한 명의 검사자가 프로그램에 내장된 caliper 기능을 이용하여 모든 측정치를 각각 2번씩 측정한 후 반복 측정에 따른 재현성을 확인하였으며, 이후 2번째 검사자가 동일한 방법으로 다시 한 번 측정하여 검사자 간 재현성을 확인하였다. 각 관찰자들은 다른 검사자의 측정 결과를 알 수 없도록 하였다.

통계 분석 시에는 각 5군데의 각막 두께 및 주변부-중심부 각막 두께 비율을 선천 녹내장군과 대조군 간에 비교하였고, 양안이 모두 포함된 환자에서 양안 사이의 연관성을 고려하기 위하여 일반화 추정 방정식(generalized estimation equation)을 이용하여 분석하였다. 통계적 분석은 SPSS[®] version 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)를 사용하였으며, 통계학적 유의 수준은 0.05 미만으로 하였다.

Table 1. Baseline characteristics of the eyes with congenital glaucoma and normal unaffected fellow eyes

	Glaucoma	Control	<i>p</i> -value*
Eyes (number of patients)	47 (31)	12 (12)	NA
Age at the anterior OCT examination (years)	15.24 ± 5.61	16.37 ± 2.63	0.354
SE (D)	-7.56 ± 5.12	-3.95 ± 3.72	0.008
Axial length (mm)	27.72 ± 2.46	25.99 ± 1.56	0.027
LogMAR	0.52 ± 0.50	0.00 ± 0.00	<0.001
Preoperative IOP (mmHg)	21.98	13.36	
Preoperative corneal diameter (mm)	12.7 ± 1.1	11.6 ± 0.6	0.023
Number of surgeries (times)	2.5 ± 1.4	NA	NA

Data are presented as mean ± standard deviation. Axial length was obtained at the same time as anterior OCT or within 1 year.

NA = not applicable; OCT = optical coherence tomography; SE = spherical equivalent; D = diopters; logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution; IOP = intraocular pressure.

**p*-value by (Generalized Estimating Equation).

Table 2. Reproducibility of the corneal thickness measurements

	Intraobserver ICC	Interobserver ICC
Temporal scleral spur	95.9	89.9
Temporal corneo-limbal junction	92.1	87.4
Temporal pericentral zone mid-point (2-5 mm)	94.8	88.1
Center	97.1	90.1
Nasal pericentral zone mid-point (2-5 mm)	89.7	87.9
Nasal corneo-limbal junction	94.1	88.7
Nasal scleral spur	91.1	89.7

ICC = intraclass correlation coefficient; CI = confidence interval.

결 과

49명 65안 중 15명 23안을 제외한 후 총 34명 42안에 대해 분석을 시행하였다. 제외된 안은 (1) 연소기 개방각 녹내장(6명 9안), (2) 이차성 녹내장(7명 11안), (3) 어린 연령으로 인한 협조도 저하 및 전안부 단층촬영 결과의 질이 낮은 경우(2명 3안)였다. 이 중, 이환된 눈은 31명 47안, 대조군은 12명 12안으로, 기본적인 각 군의 특성은 Table 1과 같다.

녹내장 이환군과 대조군 사이의 검사 시기의 연령은 유의미한 차이를 보이지 않았으나, 녹내장 이환군에서 구면렌즈 대응치(SE)는 -7.56 ± 5.12 diopters (D), 대조군은 -3.95 ± 3.72 D로, 녹내장군에서 유의하게 근시가 많았다 ($p=0.008$). 안축장의 길이는 녹내장 이환군은 27.72 ± 2.46 mm, 대조군은 25.99 ± 1.56 mm로 녹내장 이환군에서 더 길었다($p=0.027$). 수술 전 각막 두께는 녹내장 이환군에서 12.7 ± 1.1 mm, 대조군은 11.6 ± 0.6 mm로 유의하게 녹내장군에서 각막의 직경 길이가 길었고($p=0.023$), 이는 질병의 유무에 따른 예상할 수 있는 결과였다.

이측 공막돌기, 각막-윤부 경계, 중심 주변부, 그리고 중심부 각막 두께에 대한 측정자내 및 측정자간 급내상관계수(ICC)는 Table 2와 같다. 두 방법 모두 좋은 재현성을 보여주었다.

각막 두께 측정치의 분포는 전반적 각막 얇아짐과 주변

부 각막에서 두드러짐을 잘 보여주었다(Table 3, Fig. 2). 모든 측정 위치에서 녹내장군에서의 각막 두께가 대조군에서의 각막 두께에 비해 유의하게 얇았지만, 그 차이는 중심부보다 중심 주변부, 각막-윤부 경계부에서 더욱 뚜렷하였다.

이러한 주변부 얇아짐을 반영하여 각막-윤부 경계부와 중심부에서의 각막 두께의 비율이 두 군에서 유의하게 차이를 보였다(Fig. 3). 이는 이측, 비측 각막-윤부 접합부에서 유의미한 차이를 보였다(이측 $p=0.001$, 비측 $p=0.003$).

윤부 측정에서도 공막돌기 및 전방각저간 거리, 윤부 길이도 녹내장군에서 대조군에서보다 유의하게 더 길었다. 윤부 측정 시 주변부 홍채 앞 유착이 있었던 4안은 분석에서 제외하였다. 또한, 주변부 각막의 늘어남이 저명하여 공막돌기의 위치가 불확실했던 5안의 경우는 전방각저에서 측정된 윤부 길이로 대체하였다.

상기 소견을 바탕으로 각막의 윤부가 신장이 있었던 대표 증례를 보면, 전안부 단층촬영을 통한 단안 선천 녹내장 환자의 각막 두께를 살펴보았을 때에 녹내장안에서는 전반적으로 각막이 얇아진 양상을 보였다(Fig. 4A). 일반적인 정상안과 마찬가지로 중심부에서 주변부로 갈수록 각막이 두꺼워지는 소견을 정상안에서는 확인할 수 있었으나(Fig. 4B), 녹내장안에서는 이를 관찰할 수 없었다(Fig. 4A). 대신 녹내장안에서는 주변부 각막이 두드러지게 얇아진 양상을 모든 예에서 관찰할 수 있었다(Fig. 4A). 녹내장안에서 유두

Table 3. Corneal thickness profile and limbal dimensions

Measurement	Glaucoma	Fellow normal	p-value*
Corneal thickness measurement location			
Temporal scleral spur	810.3 ± 118.9	952.6 ± 92.0	0.002
Temporal corneo-limbal junction	592.7 ± 82.4	767.0 ± 76.4	<0.001
Temporal pericentral zone mid-point (2-5 mm)	532.1 ± 38.1	595.3 ± 41.6	<0.001
Center	544.3 ± 40.7	600.9 ± 41.1	<0.001
Nasal pericentral zone mid-point (2-5 mm)	535.4 ± 44.1	604.7 ± 40.4	<0.001
Nasal corneo-limbal junction	578.1 ± 74.3	753.0 ± 56.8	0.002
Nasal scleral spur	760.0 ± 107.9	874.8 ± 79.3	0.002
Peripheral-central thickness ratio			
Temporal scleral spur/center	1.49 ± 0.24	1.59 ± 0.19	0.169
Temporal corneo-limbal junction/center	1.09 ± 0.16	1.28 ± 0.11	0.001
Temporal pericentral mid-point/center	0.98 ± 0.04	0.99 ± 0.04	0.219
Nasal pericentral mid-point/center	0.98 ± 0.05	1.08 ± 0.04	0.074
Nasal corneo-limbal junction/center	1.07 ± 0.16	1.26 ± 0.08	0.003
Nasal scleral spur/center	1.41 ± 0.24	1.46 ± 0.17	0.354
Limbus measurements			
Spur to spur distance (mm)	13.7 ± 1.0	12.0 ± 0.4	<0.001
Iris recess to recess distance (mm)	14.1 ± 0.9	12.4 ± 0.4	0.001
Limbal length† (mm)	1.96 ± 0.47	1.28 ± 0.47	0.002

Values are presented as mean ± standard deviation.

*p-value by GEE (Generalized Estimating Equation); †limbal length measurements included five eyes with an indiscernible scleral spur due to thinning; four eyes with peripheral anterior synechia were excluded. In the five eyes with the indiscernible scleral spur, corneal thickness measurements were estimated using the spur as an angle recess.

함몰비가 증가되어 있었고(Fig. 4C, D) 상측 및 하측의 망막신경섬유층의 결손이 동반되어 있었다(Fig. 4E, F). 빛간섭단층촬영에서도 상기 소견과 일치하는 신경망막고리와 망막시신경섬유층의 얇아짐을 확인할 수 있다(Fig. 4G).

고찰

원발 선천 녹내장 환자를 대상으로 시행한 본 연구에서 각막 두께를 조사한 결과, 각막의 중심부, 윗부를 포함한 주변부 모두에서 녹내장이 없는 정상안에 비해 유의하게

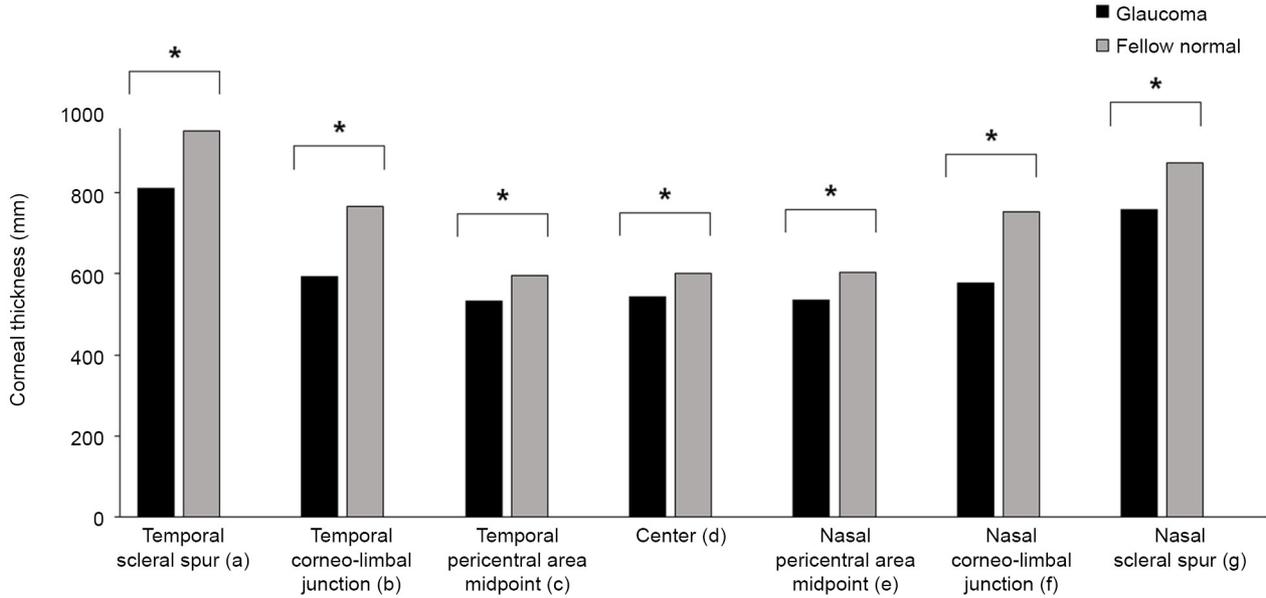


Figure 2. Corneal thickness distribution in the congenital glaucoma and control groups. At all measurement points, the corneal thickness is significantly thinner in the glaucoma group than in the control group, and the difference is more prominent in the pericentral and corneo-limbal junctions than in the center. *Asterisks indicate significant differences between the subgroups.

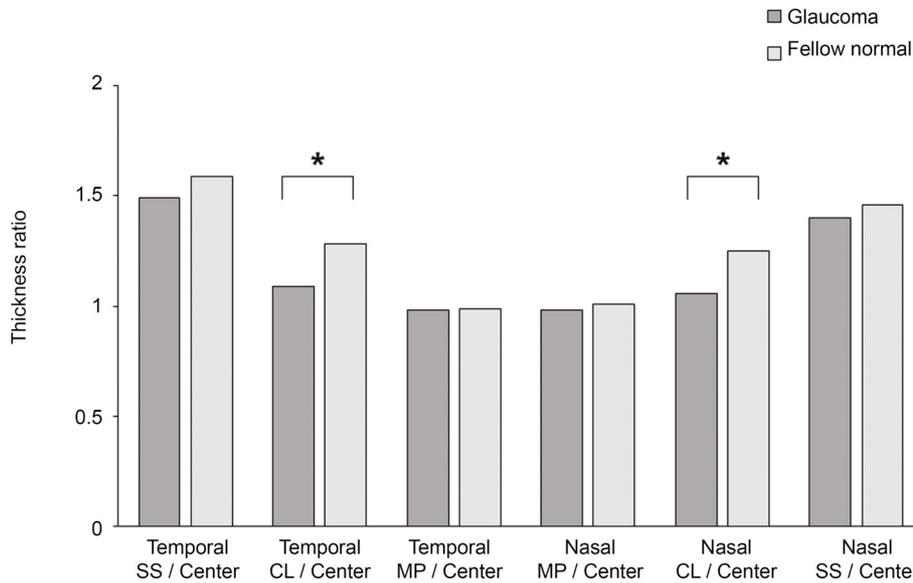


Figure 3. The ratio to the central corneal thickness at each measurement point. The ratio of corneal thickness at the corneo-limbal junction to the central cornea is significantly different between congenital glaucoma and control groups (temporal $p = 0.001$, nasal $p = 0.003$), whereas it is not significantly different in other measurement points. SS = scleral spur; CL = corneo-limbal junction; MP = pericentral area mid-point. *Asterisks indicate significant differences between the subgroups.

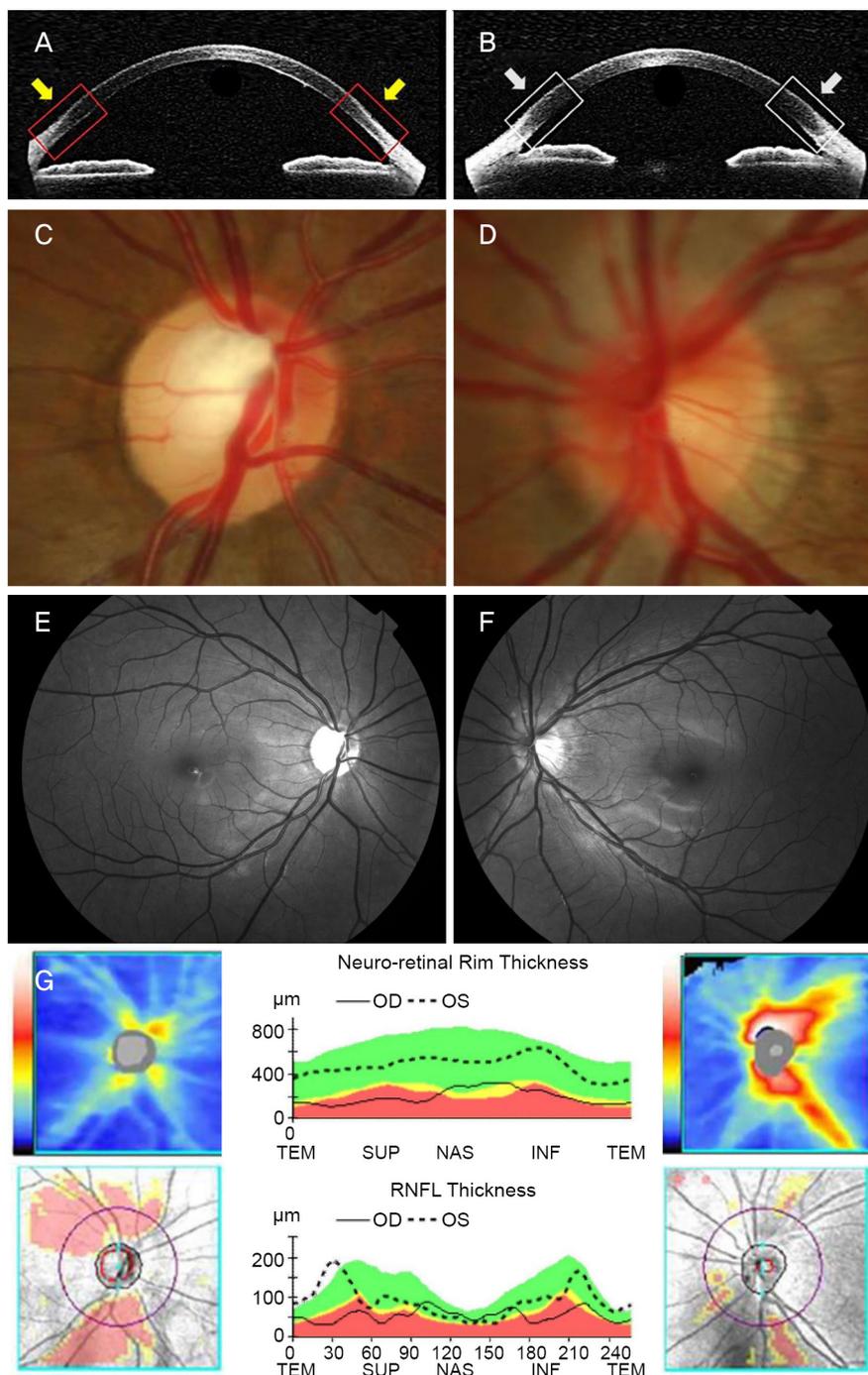


Figure 4. Representative case of unilateral congenital glaucoma. A representative case of a 6-month old girl, who presented with a corneal opacity in the right eye. Under the diagnosis of congenital glaucoma in the right eye, a trabeculotomy with trabeculectomy was performed. (A) Prominent limbal corneal thinning in the peripheral cornea (red boxes and yellow arrows) on anterior segment OCT as well as generalized thinning of the cornea. (B) In contrast, normal fellow eye shows normal thickening from the center to the periphery, and consequently, a thick limbal cornea (white square boxes and white arrows). (C, D) CD ratio is 0.7 and 0.3 in the right and left eyes, respectively. (E, F) Additionally, the superior and inferior RNFL are defective in the right eye, in contrast to the normal layer in the left eye. (G) In agreement with this, the superior and inferior NRR and RNFL thickness are significantly decreased in the right eye on optical coherence tomography (significance map, neuro-retinal rim, and RNFL thickness). OD = oculus dextrus; OS = oculus sinister; TEM = temporal; SUP = superior; NAS = nasal; INF = inferior; RNFL = retinal nerve fiber layers; OCT = optical coherence tomography; CD = cup-to-disc; NRR = neuro-retinal rim.

각막 두께가 얇았다. 각막의 얇아짐은 특히 각막-윤부 경계 부에서 가장 뚜렷했고, 이는 생체 외에서 시행된 실험 연구에 부응하여 이러한 변화가 상승된 안압에 의한 각막윤부가 신장을 통한 변화일 가능성을 시사하였다.

Green et al¹⁶은 선천 녹내장에서 병적인 변화로, 각막 전체와 윤부의 크기 증가, 데스메막과 각막 내피의 신전을 보인다고 보고하였다. Mastropasqua et al¹⁷은 선천 녹내장이 있는 환자의 각막 기질, 내피와 데스메막에서 보일 수 있는 이상 특징을 보고하였는데, 후부 기질(posterior stroma)에서는 평균 각질세포(keratocyte) 밀도가 감소되어 있었고, 이는 녹내장이 더 심한 눈에서 각막이 팽창됨에 따라 두께가 얇아지는 것과 관련된 결과로 생각되었다. 하지만 지금까지 전체 각막이 얇아지는 것에 대한 전반적인 연구는 없었다.

본 연구에서의 결과는 이에 더하여 각막 전체의 두께도 각막 팽창 및 신장에 동반하여 감소함을 보여주었다. 결과적으로 정상적으로 중심부에서 주변부로 갈수록 각막이 두꺼워지는 양상이 선천 녹내장안에서는 관찰되지 않는다는 특징을 발견하였다.

현재까지 선천 녹내장에서의 각막 두께에 대한 연구들은 주로 중심부에 국한되어 있으며, 연구마다 각기 다른 보고가 있다.⁵⁻⁸ 9명의 환자를 대상으로 한 Wygnanski-Jaffe and Barequet⁸의 연구에서 녹내장이 있었던 눈의 중심 각막 두께는 $522.3 \pm 65.2 \mu\text{m}$ 였고, 녹내장이 없거나, 녹내장이 있는 눈에 비해 그 정도가 약했던 눈의 중심 두께는 $579.7 \pm 44.5 \mu\text{m}$ 로 측정되어, 녹내장이 있던 눈의 중심 각막 두께가 유의미하게 얇았다. 마찬가지로 55명(30안 선천 녹내장안, 25안 대조안)을 대상으로 한 Henriques et al⁶의 연구에서도 중심각막두께가 대조군보다 유의미하게 얇았다. 이를 감안하면, 중심각막두께에 대해서는 우리 연구의 결과도 기존 문헌과 유사하다고 볼 수 있겠다.

본 연구의 의의는 각막-윤부 경계의 얇아짐을 최초로 보고하였다는 데에 있는데, 이는 흥미롭게도 최근 밝혀진 각막의 생체역학적 특징과도 잘 부합한다. Wilson et al¹⁴이 전안부 표면 위치 변화를 측정하기 위해 스펙클 패턴 간섭법(speckle pattern interferometry)을 통해 분석한 바에 따르면, 윤부는 압력 변동을 흡수하는 중추적인 역할을 하며, 상하 축 변동폭이 크며 곡률 변화에 덜 저항하는 양상을 보였다. Zvietcovich et al¹³이 광단층 탄성영상법을 이용하여 안압 상승에 따른 전안부의 형태학적 변화를 보고한 바에 따르면, 윤부의 구조는 각공막에 비해 비선형적이었으며, 이는 안압 상승이 있을 때 윤부는 전안부의 모양을 안정화하기에 충분한 구조적 유연성을 가지고 있다는 점을 시사하였다. 그리고 동일한 안압 상승에 대해, 윤부에서의 탄성파 속도(ΔC_L -18.5 m/s)는 각막(ΔC_C -12.6 m/s)과 공막(Δ

Cs-8.1 m/s)에서보다 더 큰 상태로, 안압에 대한 윤부의 변화가 다른 구조물들보다 더 크다는 것을 알 수 있다. 하지만, 상기 연구들은 돼지 안구에서 인체와 비슷한 상태로 유도한 상태에서 시행한 생체 외 연구라는 한계가 있다.^{13,14} 본 연구는 안압 상승에 따른 각공막의 구조적 변화를 생체 내(in vivo)에서 보여주는 보고라는 의미를 지닌다.

각막-윤부의 얇아짐이 주는 임상적 의의에 대해서는 향후 추가적인 연구가 행해져야 할 것이다. 수술 시에는 각막이 얇기 때문에 섬유주 절제술 혹은 백내장 수술을 시행 시에 윤부 각막에의 조작 시에 이를 감안하는 것이 필요할 것이다. 또한, 각막지형도를 이용한 Patil et al¹⁸의 연구에서 소아 녹내장이 있는 눈의 평균 각막 후면의 용기는 대조군과 비교하여 유의한 증가를 보여 난시의 정도가 컸으며, 더 높은 불규칙 지수(irregularity index)를 보여 불규칙 난시 및 고위 수차의 가능성이 높았다는 보고가 있는데, 전체적 각막 두께 분포의 변화가 어떤 영향을 주는지에 대해서는 추후 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

본 연구의 한계점은 먼저, 선천 녹내장의 발병률이 높지 않기 때문에 표본의 크기가 작다는 점이다. 또한, 녹내장군에서 근시의 정도가 대조군에 비해 유의하게 높았다. 하지만, 근시 유무가 각막의 주변부 두께와 전체적 두께 분포에 영향을 준다는 보고가 뚜렷하지 않기 때문에 전체적인 논문의 결론을 저해하지는 않을 것으로 생각된다. 또, 전안부 단층촬영을 통한 촬영이 가로축 한 방향에 국한되어 있었다. 하지만 각막 직경의 변화가 축 방향을 막론하고 360°에서 발생한다는 점에서, 세로축과 가로축 방향에서의 변화가 다르다고 추정할 근거는 없다고 생각하였다. 이에 대해서는 추후 보다 발달된 영상 장비를 통하여 추가적인 연구가 필요할 것이다.

결론적으로, 본 연구에서는 선천 녹내장 환자에서 전안부 단층촬영을 통한 각막 두께의 분포를 조사하였고 전반적인 각막의 얇아짐과 특징적인 각막-윤부 경계에서의 두께 감소를 확인하였다. 이는 생체역학적으로 윤부가 압력 상승에 대한 변형에 가장 취약하다는 것을 생체 내에서 보여주는 소견이다. 추후 보다 많은 수의 환자를 대상으로 한 후속 연구를 통하여 녹내장에서의 안구 조직의 생체역학적 이해를 보다 깊이 도모하여야 할 것이다.

REFERENCES

- 1) Ho CL, Walton DS. Primary congenital glaucoma: 2004 update. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 2004;41:271-88; quiz 300-1.
- 2) deLuise VP, Anderson DR. Primary infantile glaucoma (congenital glaucoma). Surv Ophthalmol 1983;28:1-19.
- 3) Yu Chan JY, Choy BN, Ng AL, Shum JW. Review on the manage-

ment of primary congenital glaucoma. J Curr Glaucoma Pract 2015;9:92-9.

4) Mandal AK, Chakrabarti D. Update on congenital glaucoma. Indian J Ophthalmol 2011;59 Suppl(Suppl1):S148-57.

5) Amini H, Fakhraie G, Abolmaali S, et al. Central corneal thickness in Iranian congenital glaucoma patients. Middle East Afr J Ophthalmol 2012;19:194-8.

6) Henriques MJ, Vessani RM, Reis FA, et al. Corneal thickness in congenital glaucoma. J Glaucoma 2004;13:185-8.

7) Lopes JE, Wilson RR, Alvim HS, et al. Central corneal thickness in pediatric glaucoma. J Pediatr Ophthalmol Strabismus 2007;44:112-7.

8) Wygnanski-Jaffe T, Barequet IS. Central corneal thickness in congenital glaucoma. Cornea 2006;25:923-5.

9) Zareei A, Razeghinejad MR, Salouti R. Corneal biomechanical properties and thickness in primary congenital glaucoma and normal eyes: a comparative study. Med Hypothesis Discov Innov Ophthalmol 2018;7:68-72.

10) Asam JS, Polzer M, Tafreshi A, et al. Anterior segment OCT. In: Bille JF, ed. High Resolution Imaging in Microscopy and Ophthalmology: New Frontiers in biomedical optics. Cham: Springer, 2019.

11) Leung CK, Li H, Weinreb RN, et al. Anterior chamber angle measurement with anterior segment optical coherence tomography: a comparison between slit lamp OCT and Visante OCT. Invest Ophthalmol Vis Sci 2008;49:3469-74.

12) Sorbara L, Maram J, Fonn D, et al. Metrics of the normal cornea: anterior segment imaging with the Visante OCT. Clin Exp Optom 2010;93:150-6.

13) Zvietcovich F, Nair A, Singh M, et al. Dynamic optical coherence elastography of the anterior eye: understanding the biomechanics of the limbus. Invest Ophthalmol Vis Sci 2020;61:7.

14) Wilson A, Jones J, Tyrer JR, Marshall J. An interferometric ex vivo study of corneal biomechanics under physiologically representative loading, highlighting the role of the limbus in pressure compensation. Eye Vis (Lond) 2020;7:43.

15) Sakata LM, Lavanya R, Friedman DS, et al. Assessment of the scleral spur in anterior segment optical coherence tomography images. Arch Ophthalmol 2008;126:181-5.

16) Green WR, Retina. In: Spencer WH, ed. Ophthalmic pathology: a textbook and atlas, 3rd ed. Philadelphia (PA): WB Saunders, 1986.

17) Mastropasqua L, Carpineto P, Ciancaglini M, et al. In vivo confocal microscopy in primary congenital glaucoma with megalocornea. J Glaucoma 2002;11:83-9.

18) Patil B, Tandon R, Sharma N, et al. Corneal changes in childhood glaucoma. Ophthalmology 2015;122:87-92.

= 국문초록 =

전안부 단층촬영을 이용한 선천 녹내장 환자의 윤부 및 중심 각막의 두께 변화

목적: 전안부 단층촬영을 이용하여 선천 녹내장 환자에서의 안압 상승에 따른 각막의 두께 분포, 특히 윤부의 형태학적 변화를 확인하고자 하였다.

대상과 방법: 선천 녹내장 이환된 환자 31명 47안, 대조군은 12명 12안의 후향적 연구를 시행하였다. 전안부 단층촬영을 이용하여 중심부, 비측 및 이측에서 각각 중심 주변부(2-5 mm)의 중간점, 각막-윤부 경계부, 그리고 공막돌기에서의 각막 두께를 측정하였고, 주변부-중심부 각막 두께 비율을 계산하여 일반화된 추정 방정식으로 분석하여 비교하였다.

결과: 모든 측정 위치에서 녹내장군에서의 각막 두께가 대조군에서의 각막 두께에 비해 유의하게 얇았지만, 그 차이는 중심부보다 중심 주변부, 각막-윤부 경계부에서 더욱 뚜렷하였다. 이러한 주변부 얇아짐을 반영하여 각막-윤부 경계부와 중심부에서의 각막 두께의 비율이 두 군에서 유의하게 차이를 보였다.

결론: 선천 녹내장안에서 전반적으로 각막이 얇아져 있었으며, 특징적인 각막-윤부 경계에서의 두께 감소가 두드러졌다. 이는 생체역학적으로 윤부가 압력 상승에 대한 변형에 가장 취약하다는 것을 보여주는 소견이다.

(대한안과학회지 2022;63(8):692-699)

이채연 / Chaeyeon Lee

성균관대학교 의과대학 삼성서울병원 안과학교실
Department of Ophthalmology, Samsung Medical
Center, Sungkyunkwan University School of
Medicine

