

각막이식수술 후 동적 샤임플러그 분석 장비를 이용한 각막의 생역학적 특성 변화

The Use of a Dynamic Scheimpflug Analyzer to Measure Changes of Post-keratoplasty Corneal Biomechanical Properties

박서진 · 전익현 · 서경률 · 김응권 · 김태임

Seo Jin Park, MD, Ikhyun Jun, MD, PhD, Kyoung Yul Seo, MD, PhD, Eung Kweon Kim, MD, PhD,
Tae Im Kim, MD, PhD

연세대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: To evaluate the biomechanical properties of corneas using a dynamic Scheimpflug analyzer (Corvis ST) after penetrating keratoplasty (PKP) and Descemet's membrane stripping keratoplasty (DSEK).

Methods: The medical records of 11 eyes that had undergone PKP (PKP group) and 11 eyes that had undergone DSEK (DSEK group) from March 2017 to March 2018 and the results were compared with 20 eyes of the control group. All patients' corneal biomechanical properties, including a deformation amplitude ratio of 2.0 mm (DA ratio 2.0 mm), integrated inverse radius (IntInvRad), stiffness parameter at first applanation (SP-A1), and Ambrosio relational thickness through the horizon meridian (ARTh) were measured and compared with those of the normal control group. In addition, biomechanically corrected intraocular pressure (bIOP) measured by the Corvis ST was compared with intraocular pressure measured by a Tono-Pen Applanation Tonometer (IOP-Tono-Pen).

Results: In the PKP group, the biomechanical properties using the Corvis ST showed a significantly lower DA ratio 2.0 mm, SP-A1, ARTh, and IntInvRad, compared with those of the control group. However, in the DSEK group, only ARTh was significantly lower than that of the control group.

Conclusions: Corvis ST can be used to measure the change of corneal biomechanical properties after corneal transplantation. J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(6):597-602

Keywords: Corneal biomechanical properties, Corvis ST, Descemet's membrane stripping keratoplasty, Penetrating keratoplasty

각막혼탁의 수술적인 치료 방법으로 여러 가지 각막 이

식술이 알려져 있다. 이식 방법으로는 크게 각막의 전층을 이식하는 전층각막이식술(penetrating keratoplasty, PKP) 및 이상이 있는 부분에만 시행하는 부분각막이식술이 있으며, 부분각막이식술 중 데스메막과 내피세포층을 박리하여 시행하는 데스메막박리 각막내피층판이식술(descemet-stripping endothelial keratoplasty, DSEK)이 널리 시행되고 있다.¹

각막이식술 이후에는 이식 각막 및 공여 각막이 혼재하게 되며, 수술 후 각막의 구조적인 변형 등에 의해 생역학적 특성(biomechanical properties)이 변하게 된다. 이는 원

■ Received: 2019. 9. 6. ■ Revised: 2019. 10. 27.
■ Accepted: 2020. 5. 19.

■ Address reprint requests to **Tae Im Kim, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Severance Hospital, #50-1
Yonsei-ro, Seodaemun-gu, Seoul 03722, Korea
Tel: 82-2-2228-3570, Fax: 82-2-312-0541
E-mail: TIKIM@yuhs.ac

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

© 2020 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.

추각막 환자들을 대상으로 한 안구반응분석기(ocular response analyzer, ORA) 측정에서 각막의 이력현상(corneal hysteresis) 및 저항인자(corneal resistance factor)가 감소하는 것으로 증명되어 있으며, 특히 이는 부분각막이식술인 심부표층각막이식술(deep anterior lamellar keratoplasty)에 비해 PKP를 시행한 환자에서 두드러졌다.² 이는 수술 후 안압 측정의 정확도에도 영향을 주게 된다. 현재 임상에서 보편적으로 사용되는 자동 비접촉 안압계(non-contact tonometer, NCT) 및 일반적인 상황에서 안압 측정의 표준으로 여겨지는 골드만압평안압계(goldmann applanation tonometer)를 이용한 측정에서도 안압 측정이 정확하게 되지 않아 수술 후 안압 모니터링에 어려움을 겪곤 한다.³

Corvis ST[®] (Oculus Optikgerate GmbH, Wetzlar, Germany)는 동적 샤임플러그 분석장비(dynamic scheimpflug analyzer)로 일정한 공기압에 의한 각막의 변형을 초고속 카메라로 기록하고, 이를 분석하여 각막의 생역학적 특성을 분석하는 장비이다.⁴ 이는 각막의 변형 및 중심각막두께, 각막에 가한 공기압을 이용하여 안압을 측정하여, 각막 변형이 있어 기존 방법으로는 오차가 심한 상태에서 비교적 정확한 안압 측정을 가능하게 하였다.^{5,6}

각막이식술 후 각막의 생역학적 특성을 분석한 여러 연구들이 보고되었으나,⁷⁻¹⁰ 이들은 모두 ORA를 이용하여 측정되었으며, 아직 Corvis ST를 이용하여 각막이식술 후 각막의 변화를 측정한 연구는 보고된 바가 없다. 본 연구에서는 동적 샤임플러그 분석장비인 Corvis ST를 이용하여 PKP 및 DSEK 후의 각막의 생역학적 변화를 정상안과 비교 분석해 보았다. 또한 수술 후 tonopen 압평안압계로 측정된 안압과 Corvis ST로 측정된 안압의 차이를 비교해 보았다.

대상과 방법

2017년 3월부터 2018년 3월까지 세브란스병원에서 PKP를 시행 받은 11안(PKP군), DSEK을 시행 받은 11안(DSEK군) 및 같은 기간 내원한 나이와 성별이 유사한 환자 중 각막을 포함한 전안부의 안과적 질환이 없는 환자의 우안을 대조군(control group)으로 선정하여 의무기록을 바탕으로 후향적 분석을 시행하였다. 이 연구는 세브란스병원의 인증된 연구윤리심의위원회(institutional review board, IRB) 승인을 받아 진행하였다(IRB 승인 번호: 1-2019-0039). 대조군과 PKP군, DSEK군 모두 이전 각막이식술, 레이저 근시교정수술, 백내장수술, 유리체절제술 등을 포함한 안과적 수술력이 있는 환자들은 제외하였다. 모든 환자들은 최소 1개월 이상 추적 관찰이 되었다.

최대교정시력(best corrected distance visual acuity, BCVA), 자동각막곡률(RK-F2, Canon, Japan), 구면대응치(spherical equivalent, SE) Tono-Pen[®] (Reichert Technologies, Depew, NY, USA)을 측정하였고 3회 시행한 Corvis ST[®] (Oculus Optikgerate GmbH) 측정치를 이용하여 각막의 생역학적 특성을 나타내는 인자들을 평가하였다.

Corvis ST는 비접촉 샤임플러그 이미지를 이용하여, 일정 압력의 공기압을 각막에 분사 후 변형되었다가 다시 돌아오면서 나타나는 각막의 변화를 초당 4,300회로 작동하는 샤임플러그 카메라를 이용하여 기록하고, 동시에 안압을 측정하게 된다.¹¹ 이를 이용하여 얻어낼 수 있는 분석값으로는 변형진폭비 2.0 mm (Deformation amplitude [DA] ratio 2.0 mm), 역반경의 합(integrated inverse radius, IntInvRad), 첫 압평 시 강성매개변수(stiffness parameter at first applanation, SP-A1) 수평자오선을 통한 Ambrosio 관계형 두께(Ambrosio relational thickness through the horizon meridian, ARTh)가 있다.¹² 또한 중심각막두께(central corneal thickness) 및 생역학적 보정안압(biomechanically corrected intraocular pressure, bIOP) 또한 분석할 수 있다.^{12,13}

수술 방법

모든 수술은 숙련된 단일 수술자(T. I. K)에 의해 시행되었으며, 전신마취로 시행되었다. 전층 각막이식의 공여각막은 수입 또는 국내 각막을 이용하였으며, 봉합은 단속 봉합으로 실시하였다. 수여자의 각막편을 만들어 제거한 다음, 10-0 nylon을 이용하여 공여 각막을 16 방향으로 단속봉합을 시행하였다. 데스메막박리 각막내피층판이식술은 데스메막을 26-gauze 바늘로 제거한 다음 평균 92 μ m (77-120 μ m) 두께의 데스메막이식편을 삽입한 다음 공기를 주입하였다. 수술 후 prednisolone acetate 1% 안약(Pred Forte[®], Allergan, Inc., Irvine, USA) 하루 네 번, levofloxacin 0.5% 안약(Cravit[®] ophthalmic solution 0.5%, Santen Pharmaceutical Co., Ltd., Osaka, Japan)을 하루 네 번씩 3달 간 사용하였다.

통계적 분석

자료의 분석은 SPSS ver. 23.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하여 시행하였으며, 두 군 간의 측정치의 비교는 연속 변수의 경우 Mann-Whitney U-test를 이용하였고, 빈도 변수는 Fisher's exact test를 시행하였으며, 통계적 유의성은 $p < 0.05$ 로 하였다.

결 과

본 연구에서는 단안만 연구에 포함하였고 평균나이는 PKP군이 55.36 ± 18.24세, DSEK군은 63.18 ± 9.20세, 대조군의 경우 58.42 ± 8.10세였으며, 성비와 연령에는 유의한 차이가 없었다. 대조군의 BCVA는 0.35 ± 0.42 logarithm of maximal angle of resolution (logMAR)이었으며, 수술 한 달 후 BCVA는 PKP군에서 1.20 ± 0.54 logMAR, DSEK군의 수술 한 달 후 BCVA는 0.61 ± 0.29 logMAR로 두 군 모두 대조군과 비교하여 유의한 차이가 있었다 ($p < 0.01$, $p = 0.02$) (Table 1).

수술 후 평균 중심각막두께는 PKP군에서 564.36 ± 67.47 μm, DSEK군에서 611.73 ± 110.78 μm로 PKP군보다 DSEK군에서 평균 중심각막두께가 47.37 μm 두꺼운 것으로 측정되었으나 통계적으로 유의미한 차이는 없었다($p = 0.31$). 대조

군과 PKP군, DSEK군을 각각 비교해 보아도 평균 중심각막두께는 유의미한 차이를 나타내지 않았다. PKP군과 DSEK군에서 Tonopen 압평 안압계로 측정된 안압(IOP-Tonopen)이 bIOP에 비해서 크게 측정되었으나, 통계적인 유의성은 없었다. 대조군과의 비교에서도 PKP와 DSEK군 모두 IOP-Tonopen과 bIOP의 유의한 차이는 없었다(Table 2).

Corvis ST를 이용하여 측정된 각막의 생역학적 특성을 비교한 결과, DA ratio 2.0 mm는 PKP군에서 3.94 ± 1.12 mm로 대조군의 4.62 ± 0.57 mm에 비해 유의하게 작았으나 ($p = 0.02$), DSEK군은 4.52 ± 0.53 mm로 대조군과 유의한 차이가 없었다($p = 0.87$). SP-A1 또한 PKP군에서 84.11 ± 30.88로 대조군에 비해 유의하게 작았다($p < 0.01$). DSEK군은 128.89 ± 16.74로 대조군에 비해 크게 측정되었으나, 통계적으로 유의한 차이는 없었다($p = 0.09$).

ARTh는 PKP군에서 165.69 ± 120.56 및 DSEK군에서

Table 1. Baseline characteristics

Characteristic	Control		PKP		DSEK	
	Value	Value	Value	p-value	Value	p-value
Age (years)	58.18 ± 8.10	55.36 ± 18.24	63.18 ± 9.20	0.22*	63.18 ± 9.20	0.18*
Sex (M:F)	9:11	6:5	5:6	1.00†	5:6	1.00†
SE (D)	-1.66 ± 3.53	-8.28 ± 11.99	-1.28 ± 2.30	0.72*	-1.28 ± 2.30	0.82*
BCVA (logMAR)	0.35 ± 0.42	1.20 ± 0.54	0.61 ± 0.29	<0.01*	0.61 ± 0.29	0.02*

Values are presented as mean ± standard deviation or number.

PKP = penetrating keratoplasty; DSEK = descemet's stripping endothelial keratoplasty; M = male; F = female; SE = spherical equivalent; D = diopters; BCVA = best-corrected visual acuity; logMAR = logarithm of the minimum angle of resolution.

*Mann-Whitney U-test; †Fischer's exact test.

Table 2. Comparison of postoperative intraocular pressure measured by non-contact tonometer and Corvis ST

Parameter	Control		PKP		DSEK		
	Mean ± SD	Mean ± SD	Δ	p-value*	Mean ± SD	Δ	p-value*
IOP-Tonopen (mmHg)	16.42 ± 2.78	17.91 ± 8.62	1.49	0.67	16.86 ± 3.79	0.44	0.86
bIOP (mmHg)	14.55 ± 1.80	16.43 ± 8.56	1.88	0.61	14.04 ± 4.61	-0.51	0.99
CCT (μm)	554.47 ± 33.67	564.36 ± 67.47	9.89	0.38	611.73 ± 110.78	57.26	0.10

PKP = penetrating keratoplasty; DSEK = Descemet's stripping endothelial keratoplasty; SD = standard deviation; Δ = difference from the control group; IOP = intraocular pressure; bIOP = biomechanically corrected intraocular pressure; CCT = central corneal thickness.

*Mann-Whitney U-test.

Table 3. Differences in dynamic corneal response parameters between the control group, the PKP group, and the DSEK group

Parameter	Control		PKP		DSEK	
	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	p-value*	Mean ± SD	p-value*
DA ratio 2.0 mm	4.62 ± 0.57	3.94 ± 1.12	3.94 ± 1.12	0.02	4.52 ± 0.53	0.87
SP-A1	116.47 ± 17.24	84.11 ± 30.88	84.11 ± 30.88	<0.01	128.89 ± 16.74	0.09
ARTh	539.95 ± 150.70	165.69 ± 120.56	165.69 ± 120.56	<0.01	241.09 ± 119.03	<0.01
IntInvRad	9.07 ± 1.38	7.58 ± 2.13	7.58 ± 2.13	0.04	9.77 ± 1.47	0.12

PKP = penetrating keratoplasty; DSEK = descemet's stripping endothelial keratoplasty; SD = standard deviation; DA ratio 2.0 mm = deformation amplitude ratio 2.0 mm; SP-A1 = stiffness parameter at first applanation; ARTh = ambrosio relational thickness through the horizontal meridian; IntInvRad = integrated inverse radius.

*Mann-Whitney U-test.

241.09 ± 119.03으로 측정되어, 두 군 모두 대조군에 비해 유의하게 작은 것을 확인하였다(모두, $p < 0.01$). IntInvRad는 PKP군에서 7.58 ± 2.13으로 측정되어 대조군의 9.07 ± 1.38보다 유의하게 작았으나($p = 0.04$), DSEK군에서는 9.77 ± 1.47로 대조군과 유의한 차이가 없었다($p = 0.12$, Table 3).

고 찰

본 연구에서는 PKP 및 DSEK 후 Corvis ST를 이용하여 측정한 bIOP를 압평안압계를 이용해 측정된 안압과 비교하였다. 또한 Corvis ST로 측정된 각막의 생체 역학적 특성을 나타내는 DA ratio 2.0 mm, SP-A1, ARTh 및 IntInvRad 항목에 대한 비교를 진행하였다.

bIOP는 표준 안구 모델을 이용하여 공기압에 대한 각막의 동적인 반응 및 각막두께를 고려하여 표준화한 공식을 이용하여 계산되었으며,¹³ DA ratio 2.0 mm는 각막 첨단부에서 2.0 mm 떨어진 두 부위의 평균 변형 정도에 대한 각막 첨단부의 변형 정도를 비율로 나타낸 것으로서, 값이 클수록 각막의 변형에 대한 저항이 작음을 의미한다. IntInvRad는 각막이 가장 오목하게 변형되었을 때의 곡률반경의 역수로, 값이 클수록 각막이 유연하고 변형이 잘 일어남을 나타낸다. ARTh는 각막두께에 대한 지표로, 값이 작을수록 각막이 얇거나 주변부로 갈수록 급격히 각막이 두꺼워짐을 나타낸다.⁴ SP-A1은 (각막의 첫 압평 시기 때의 압력-bIOP)/(각막 첨단부의 첫 압평 시기 때의 변형 정도)로 계산되며, 이 값이 클수록 각막이 더 경직되어 있음을 나타낸다.¹⁴

각막이식술 후 안압 측정 시, 각막의 두께를 포함한 특성의 변화로 안압을 정확하게 측정하기가 어렵다. 현재까지 각막이식술 후에는 Tono-Pen® (Reichert Technologies)으로 측정된 안압이 골드만압평안압계로 측정된 안압보다 더 효과적인 것으로 연구되어 있으나, 접촉식으로 측정하는 것은 수술 후 감염이나 창상 관리에 영향을 미친다.¹⁵⁻¹⁷ 따라서 본 연구에서는 PKP군과 DSEK군에서 bIOP와 IOP-Tonopen을 비교해 보았다. 그 결과, 모든 군에서 평균 bIOP가 평균 IOP-Tonopen보다 낮게 측정되었으나, 통계적으로는 차이가 없었다. 최근 근시 교정각막레이저수술 후 각막두께가 유의하게 변화하였을 때, Corvis ST로 측정된 bIOP는 각막두께 변화의 영향을 거의 받지 않았다는 연구 결과가 보고되어 있다.⁶ 따라서 Corvis ST로 측정된 bIOP로 각막이식술 후 안압을 안정하고 정확하게 측정할 수 있을 것으로 기대된다. 추후 증례를 더 확보하여 추가 분석이 필요할 것으로 보이며, 또한 각막두께에 따른 bIOP와 IOP-NCT, 그리고 Tono-Pen® (Reichert Technologies)으로

측정한 안압의 차이에 대한 비교 분석이 필요한 것으로 보인다.

지금까지 발표된 Corvis ST를 이용한 각막이식술 후 지표 변화를 연구한 논문들을 살펴보면, 각막의 변화 정도, 걸리는 시간, 변화 속도를 변수로 비교하였다. 그중 각막 변형진폭(deformation amplitude)의 감소, highest concavity radius의 증가가 유의미하였으며, 이는 각막이식술 후 각막 경직성의 증가를 확인하는 지표로 연구되었다.^{18,19} 반면 이 논문에서는 기존 논문들에서 살펴본 지표들을 바탕으로 계산된 생체 역학적 지표 4가지에 대해, 각막이식술 후 어떤 변화를 나타내는지 조사하였다.

먼저, 정상 대조군과 비교하였을 때, PKP군은 DA ratio 2.0 mm, SP-A1, ARTh 및 IntInvRad 모두가 유의한 차이가 있었던 반면, DSEK군은 ARTh만 유의한 차이가 있었다. DA ratio 2.0 mm는 각막 첨단부의 변형 정도를 나타내는 지표로, PKP군이 대조군에 비해 첨단부의 변형이 적게 일어났다는 것을 의미한다. SP-A1은 대조군에 비해 유의하게 낮게 측정되었는데, 대조군에 비해 각막에 가해진 압력 대비 각막의 변형이 더 크게 일어났음을 의미한다. 또한 PKP군은 대조군에 비해 IntInvRad가 유의하게 낮게 측정되는데, 이는 대조군에 비해 각막 변형 시 오목 곡률반경이 더 큼을 의미한다. 두 군 모두에서 대조군과 비교하여 ARTh는 유의하게 낮게 측정되었다. 이는 각막이식 후에도 주변부 각막은 기능이 떨어진 공여 각막이 그대로 남아 있고, DSEK의 경우 이식편이 주변부로 갈수록 두꺼워지는 경향이 있기 때문인 것으로 보인다.²⁰ Hugo et al²¹의 연구에서도 DSEK 시행 후 DA ratio 2.0 mm는 대조군과 유의한 차이가 없었으나, IntInvRad는 본 연구와 달리 대조군과 유의한 차이를 보여, DSEK군에서 각막이 더 경직되어 있음을 나타냈다($p = 0.042$). 하지만 DSEK에 비해 더 많은 조직을 이식하는 심부표층각막이식술($p = 0.007$)보다는 대조군과의 각막 경직도 차이가 적었다. 또한 기저 각막질환의 차이에 따른 영향도 배제할 수 없으므로, 추후 증례를 더 확보하여 추가 분석을 할 필요가 있어 보인다.

ORA를 이용하여 각막이식술 이후 각막의 생역학적 특성을 분석한 다른 연구들에서도, 부분각막이식술에 비해 PKP 후 각막의 생역학적 특성의 변화가 큼을 보고하였다.² 이는 PKP는 수여자 각막전층에 천공을 만들어 제거하고, 이식 각막편을 봉합하는 반면, DSEK을 포함한 부분각막이식술은 천공을 만들지 않고 일부만 제거하여,¹ 각막의 구조적인 변화가 적고, 회복이 빠르기 때문인 것으로 보인다.

본 연구는 후향적 연구이며, 증례의 수가 많지 않은 제한점이 있었다. 또한 각막이식술 후 장기적인 변화 과정에 대한 분석은 시행하지 못하였다. 추후 추가 증례를 확보하

고, 장기간 경과 관찰을 한 후에 이에 대한 추가 분석이 필요할 것으로 보인다. 결론적으로 Corvis ST는 초고속 사임플러그 카메라를 이용하여 일정 압력에 대한 각막의 순간적인 변화를 측정하여, 각막의 생체역학적 특성을 정확하게 분석할 수 있어, 각막이식술 후 각막의 변화에 대해 유용한 정보를 제공할 수 있을 것으로 보인다.

REFERENCES

- 1) Price MO, Price FW. Descemet's stripping endothelial keratoplasty. *Curr Opin Ophthalmol* 2007;18:290-4.
- 2) Jiang MS, Zhu JY, Li X, et al. Corneal biomechanical properties after penetrating keratoplasty or deep anterior lamellar keratoplasty using the ocular response analyzer: a meta-analysis. *Cornea* 2017;36:310-6.
- 3) De Moraes CGV, Prata TS, Liebmann J, Ritch R. Modalities of tonometry and their accuracy with respect to corneal thickness and irregularities. *J Optom* 2008;1:43-9.
- 4) Luz A, Faria-Correia F, Salomão MQ, et al. Corneal biomechanics: where are we? *J Curr Ophthalmol* 2016;28:97-8.
- 5) Huseynova T, Waring GO, Roberts C, et al. Corneal biomechanics as a function of intraocular pressure and pachymetry by dynamic infrared signal and scheimpflug imaging analysis in normal eyes. *Am J Ophthalmol* 2014;157:885-93.
- 6) Lee H, Roberts CJ, Kim TI, et al. Changes in biomechanically corrected intraocular pressure and dynamic corneal response parameters before and after transepithelial photorefractive keratectomy and femtosecond laser-assisted laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2017;43:1495-503.
- 7) Acar BT, Akdemir MO, Acar S. Corneal biomechanical properties in eyes with no previous surgery, with previous penetrating keratoplasty and with deep anterior lamellar keratoplasty. *Jpn J Ophthalmol* 2013;57:85-9.
- 8) Feizi S, Montahai T, Moein H. Graft biomechanics following three corneal transplantation techniques. *J Ophthalmic Vis Res* 2015;10:238-42.
- 9) Hosny M, Hassaballa MAM, Shalaby A. Changes in corneal biomechanics following different keratoplasty techniques. *Clin Ophthalmol* 2011;5:767-70.
- 10) Laiquzzaman M, Tambe K, Shah S. Comparison of biomechanical parameters in penetrating keratoplasty and normal eyes using the Ocular Response Analyser. *Clin Exp Ophthalmol* 2010;38:758-63.
- 11) Ambrósio Jr R, Ramos I, Luz A, et al. Dynamic ultra high speed Scheimpflug imaging for assessing corneal biomechanical properties. *Rev Bras Oftalmol* 2013;72:99-102.
- 12) Vinciguerra R, Elsheikh A, Roberts CJ, et al. Influence of pachymetry and intraocular pressure on dynamic corneal response parameters in healthy patients. *J Refract Surg* 2016;32:550-61.
- 13) Joda AA, Shervin MM, Kook D, Elsheikh A. Development and validation of a correction equation for Corvis tonometry. *Comput Methods Biomech Biomed Engin* 2016;19:943-53.
- 14) Vinciguerra R, Ambrósio R Jr, Elsheikh A, et al. Detection of keratoconus with a new biomechanical index. *J Refract Surg* 2016;32:803-10.
- 15) Atkins N, Hodge W, Li B. A systematic review regarding tonometry and the transmission of infectious diseases. *J Clin Med Res* 2018;10:159-65.
- 16) Cillino S, Casuccio A, Giammanco GM, et al. Tonometers and infectious risk: myth or reality? Efficacy of different disinfection regimens on tonometer tips. *Eye (Lond)* 2007;21:541-6.
- 17) Rootman DS, Insler MS, Thompson HW, et al. Accuracy and precision of the Tono-Pen in measuring intraocular pressure after keratoplasty and epikeratophakia and in scarred corneas. *Arch Ophthalmol* 1988;106:1697-700.
- 18) Maeda N, Ueki R, Fuchihata M, et al. Corneal biomechanical properties in 3 corneal transplantation techniques with a dynamic Scheimpflug analyzer. *Jpn J Ophthalmol* 2014;58:483-9.
- 19) Modis L Jr, Hassan Z, Szalai E, et al. Ocular biomechanical measurements on post-keratoplasty corneas using a Scheimpflug-based noncontact device. *Int J Ophthalmol* 2016;9:235-8.
- 20) Holz HA, Meyer JJ, Espandar L, et al. Corneal profile analysis after Descemet stripping endothelial keratoplasty and its relationship to postoperative hyperopic shift. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:211-4.
- 21) Hugo J, Granget E, Ho Wang Yin G, et al. Intraocular pressure measurements and corneal biomechanical properties using a dynamic Scheimpflug analyzer, after several keratoplasty techniques, versus normal eyes. *J Fr Ophtalmol* 2018;41:30-8.

= 국문초록 =

각막이식수술 후 동적 샤임플러그 분석 장비를 이용한 각막의 생역학적 특성 변화

목적: 동적 샤임플러그 분석 장비(Corvis ST)를 이용하여 각막이식수술 후 각막의 생역학적 특성 변화를 평가하였다.

대상과 방법: 2017년 3월부터 2018년 3월까지 세브란스병원에서 전층각막이식술(penetrating keratoplasty, PKP)을 시행받은 11명, 11명의 데스메막박리 각막내피층판이식술(descemet's membrane stripping keratoplasty, DSEK) 환자군을 20명의 대조군과 비교하였다. 변형진폭비 2.0 mm (deformation amplitude [DA] ratio 2.0 mm), 역반경의 합(integrated inverse radius, IntInvRad), 첫 압평시 강성매개변수(stiffness parameter at first applanation, SP-A1) 수평자오선을 통한 Ambrosio 관계형 두께(ambrosio relational thickness through the horizon meridian, ARTh), 중심각막두께 및 생역학적 보정안압(biomechanically corrected intraocular pressure)을 비교하였다.

결과: PKP를 시행 받은 환자군은 대조군에 비해 DA ratio 2.0 mm, SP-A1, ARTh, IntInvRad 모두 유의미하게 낮게 측정되었으나, DSEK을 시행 받은 환자군에서는 ARTh만 유의미한 차이를 나타내었다.

결론: Corvis ST를 이용하여 각막이식술 후 각막의 변화에 대해 측정할 수 있다.

〈대한안과학회지 2020;61(6):597-602〉

박서진 / Seo Jin Park

연세대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Yonsei University College of Medicine

