스마트폰을 이용한 정량적 견인회선검사

Quantitative Forced Cyclorotation Testing Using a Smartphone

하성정 · 정승아

Seong Jung Ha, MD, Seung Ah Chung, MD, PhD

아주대학교 의과대학 안과학교실

Department of Ophthalmology, Ajou University School of Medicine, Suwon, Korea

Purpose: To evaluate the utility of a quantitative forced cyclorotation test using a smartphone in patients with unilateral superior oblique palsy.

Methods: Twenty-nine patients who underwent muscle surgery for superior oblique palsy were included. With patients under anesthesia prior to surgery, the 12 and 6 o'clock positions of the limbus were marked, the globe was maximally excyclorotated and incyclorotated, and photographs of the globe were taken in each position. The maximum angle of rotation was read by two masked observers using two different smartphone applications. Maximum excyclorotation and incyclorotation were compared between patients with superior oblique palsy alone and patients with both superior oblique palsy and intermittent exotropia; associations were evaluated regarding age at surgery, angle of hypertropia, and cyclotorsion on fundus photographs.

Results: The intraclass correlation coefficient between the two readers was 0.989. The maximum excyclorotation of affected eyes was significantly greater than that of the fellow eyes ($46.1 \pm 9.9^\circ$ vs. $41.7 \pm 7.6^\circ$; $p = 0.040$). Maximum incyclorotation did not differ between the two eyes. The maximum excyclorotation of affected eyes of 18 patients with unilateral superior oblique palsy alone was significantly greater than that of the fellow eyes ($47.0 \pm 9.5^\circ$ vs. $39.4 \pm 6.3^\circ$; $p = 0.010$). The maximum excyclorotation of affected eyes of 11 patients with both superior oblique palsy and intermittent exotropia was similar to that of the fellow eyes ($44.5 \pm 10.9^\circ$ vs. $45.5 \pm 8.3^\circ$). Maximum incyclorotation did not differ according to group or eye. Maximum excyclorotation did not differ according to age at surgery, angle of hypertropia, or cyclotorsion on fundus photographs.

Conclusions: New forced cyclorotation tests using a smartphone quantitatively assess the passive range of cyclorotation, and detect bilateral differences, particularly in patients with unilateral superior oblique palsy alone.

J Korean Ophthalmol Soc 2020;61(11):1331-1337

Keywords: Cyclorotation, Excyclotorsion, Forced duction test, Incyclotorsion, Superior oblique palsy

■ Received: 2020. 4. 16. ■ Revised: 2020. 5. 22.

■ Accepted: 2020. 10. 23.

■ Address reprint requests to **Seung Ah Chung, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Ajou University Hospital, #164
Worldcup-ro, Yeongtong-gu, Suwon 16499, Korea
Tel: 82-31-219-5257, Fax: 82-31-219-5259
E-mail: mingming8@naver.com

* This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (NRF-2017R1C1B5017453).

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

마비사시 가운데 가장 흔한 상사근마비는 마비안의 상사시, 내전시 혹은 마비안 쪽으로 머리를 기울였을 때 상사시가 심해지는 특징적인 임상양상으로 진단할 수 있다.¹⁻³ 하지만, 원인이나 정도에 따라 다양한 임상양상으로 나타날 수 있어서, 선천상사근마비에서도 4번 뇌신경 유무에 따라 안저 외회선량이 다르기도 하고, 간헐외사시에 동반된 유사상사근마비가 있는가 하면 동반된 간헐외사시로 인해 상사근마비가 간과되기도 한다.¹⁻⁷ 따라서, 상사근마비에서 사근의 장력이나 느슨함을 평가하는 것은 진단이나 수술 방법을 결정하는 데 있어서 중요하다. 일반적으로 상사근이

나 하사근의 상태를 확인하기 위해서 Guyton⁸의 강조견인 검사(exaggerated traction test)를 사용한다.² 하지만 이는 힘줄을 가로질러 안구를 반복적으로 외회전, 내회전시키면서 안구가 걸렸다가 빠지는 느낌으로 상사근의 장력을 평가하므로 검사자의 주관적인 느낌에 의존하는 정성적인 평가 방법이다.^{2,8,9} 최근 Jung and Homles⁹는 안구의 최대 회전량을 외안부수술에서 사용하는 Mendez링을 이용하여 정량적으로 평가하고자 하였다. 하지만 눈꺼풀틈새가 작은 동양인, 특히 소아에서는 Mendez링을 적용하는 데 제한이 있다. 한편, Barrett and Patwardhan는 난시교정인공수정체 삽입할 때 체위에 따른 안구회전 변화를 보정하기 위해 안구회전을 측정할 수 있는 스마트폰 애플리케이션을 개발하였다.^{10,11} 이에 저자들은 상사근마비에서 스마트폰 애플리케이션을 이용하여 수동적인 안구회전운동 범위를 정량적으로 측정하여 그 임상적인 의미를 알아보고자 하였다. 또한, 한눈상사근마비에 간헐외사시가 동반될 경우, 그렇지 않은 경우에 비해 오래된 사시일 가능성이 높은 것으로 알려져 있다.^{3,4} 이러한 유병 기간 차이가 견인회전검사를 통해 확인할 수 있는 구조적인 차이에 영향을 미치는 지를 알아보고자, 한눈상사근마비만 있는 경우와 한눈상사근마비에 간헐외사시가 동반된 경우에서 측정값을 비교하였다.

대상과 방법

2018년 2월부터 2020년 2월까지 본원 안과에서 한눈상사근마비로 인한 머리기울임이나 얼굴돌림같은 이상두위를 교정하기 위해 수술을 시행 받은 29명을 대상으로 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 본 연구는 본원 연구윤리심의위원회의 승인을 받아 진행하였다(승인 번호: MED-OBS-20-096). 한눈상사근마비와 8프리즘디옵터(prism diopters, PD)이내의 간헐외사시가 있는 경우는 한눈상사근마비만 있는 군으로 정의하고 한눈 하사근약화술만 시행하였고, 10-25 PD의 간헐외사시가 있는 경우는 한눈상사근마비에 간헐외사시가 동반된 군으로 정의하고 한눈하사근약화술과 함께 같은 눈 외직근후전술을 시행하였다. 내사시나 25 PD가 넘는 간헐외사시가 있는 경우, 이상두위가 없는 경우는 제외하였다. 두눈상사근마비, 해리수직편위, 감상삼눈병증, 굴절부등, 한눈약시를 비롯한 다른 안과 질환이 동반된 경우, 사시수술이나 안와수술을 포함하여 안과수술력이 있는 경우, 눈떨림을 포함한 신경학적 질환을 동반한 경우, 안외상의 과거력이 있는 경우도 대상에서 제외하였다. 한눈약시는 두 눈 최대교정시력이 두 줄 이상 차이가 있는 경우로 하였고, 굴절부등은 두 눈 구면렌즈대응치가 2 D 이상 차이가 있는 경우로 하였다. 제1눈위치와 마비안 쪽으로 머리기

울임 위치에서 프리즘교대가림검사로 측정한 원거리(5 m) 사시각, 하사근기능향진 정도, 원거리(5 m) 주시할 때 촬영한 정면 사진에서 머리기울임 정도, 안저사진에서 측정된 안구회전을 조사하였다. 하사근기능향진은 Del Monte and Parks¹²가 제시한 것처럼 +1에서 +4로 표시하였고, 마비안 내전시 반대눈의 각막윤부와 비교하여 상측으로 편위된 정도가 1 mm이면 +1, 2 mm이면 +2, 3 mm이면 +3, 4 mm이면 +4로 하였다. 정면사진의 머리기울임 정도와 안저사진의 안구회전 정도는 각도를 측정할 수 있는 두 가지 스마트폰 애플리케이션(toriCAM [App Store, Apple Inc., Cupertino, CA, USA], iToric Patwardhan [Google Play store, Google Inc., Mountain View, CA, USA])를 이용하여 두 검사자가 각각 측정하고 그 평균값을 분석에 이용하였다. 정면사진에서 머리기울임 정도는 코를 지나는 얼굴 정중선이 수직선과 이루는 각으로 정하였고, 안저사진에서 안구회전 정도는 시신경유두의 중심과 망막중심오목을 연결한 선과 수평선이 이루는 각으로 정하였다.¹³ 외회전은 +, 내회전은 -로 표시하였고, 시신경유두 모양을 비롯한 안저 모습의 개인 차이와 마비안이 주시안이어서 비마비안에서 외회전이 나타나는 경우를 보정하기 위해 두 눈 가운데 안저 외회전이 큰 눈에서 작은 눈의 회전량 차이를 마비안의 안저회전량으로 정의하였고, 비마비안의 외회전도 고려하기 위해 두 눈 회전량의 합도 분석에 따로 이용하였다.^{3,6} 안저사진은 무산동 상태에서 안저카메라(AFC-210; Nidek, Gamagori, Japan)의 내부 주시 장치를 주시하도록 하고, 검사하는 동안 머리가 기울어지지 않도록 주의를 기울여 촬영하였다.⁶

모든 환자는 비탈분극 근이완제인 rocuronium bromide을 사용하여 전신마취하였고, 수술 전 동일한 검사자가 견인회전검사를 시행하였다. 눈별리개로 눈을 충분히 벌린 후 6시와 12시 각막윤부에 gentian violet으로 기준점을 표시하였다. 3시와 9시의 각막윤부를 유구집게로 잡고 가능한 안구가 정중앙 중립 위치에 있도록 한 다음, 30 cm 수직높이에서 EOS 450D camera (Canon, Tokyo, Japan)로 외안부사진을 촬영하였다. 안구를 누르지 않으면서 저항이 느껴져 더 이상 외회전이 되지 않을 때와 최대로 내회전되었을 때를 각각 사진 촬영하였다.⁹ 수술 후 각도를 측정할 수 있는 두 가지 스마트폰 애플리케이션을 이용하여 2명의 검사자가 12시 각막윤부 기준점이 이동한 최대외회전 범위와 최대내회전 범위를 각각 3번씩 측정한 후 각 검사자의 평균값을 분석에 이용하였다(Fig. 1). 통계분석은 IBM SPSS Statistics, version 25.0 (IBM Corp, Armonk, New York, USA)를 이용하여 두 군의 임상특징과 최대회전 범위, 두 눈의 최대회전 범위는 independent *t*-test, chi-square test, paired *t*-test로 비교하였고, 마비안의 최대외회전 범위와 수

술 나이, 상사시각, 안저회선량과의 관련성은 회귀분석하였다. p 값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 의미 있는 것으로 정하였다.

결 과

전체 29명 가운데 남자가 19명(65.5%)이었고, 평균 12.4 ± 14.6 세(1.6-59.8세)에 평균 9.9 ± 6.2 PD의 상사시와 $11.6 \pm 6.6^\circ$ 의 머리기울임으로 상사근마비수술을 받았다. 마비안

Figure 1. The forced cyclorotation test on left eye using two different smartphone applications (A-C: toriCAM, D-F: iToric Patwardhan). (A, D) Neutral position, (B, E) excyclorotation, and (C, F) incyclorotation. The amount of excyclorotation was calculated as a difference in the limbal marking positions between (A, D) and (B, E), and that of incyclorotation was determined by a difference between (A, D) and (C, F).

Table 1. Characteristics of patients with superior oblique palsy in isolation, and combined with intermittent exotropia

Characteristic	SOP (n = 18)	IXT with SOP (n = 11)	p-value
Age at surgery (years)	13.0 $\pm$ 16.7	11.5 $\pm$ 11.3	0.172*
Sex (female)	5 (27.8)	5 (45.5)	0.432†
Angle of hypertropia in the primary position (PD)	10.2 $\pm$ 7.1	9.5 $\pm$ 4.7	0.119*
Angle of exotropia in the primary position (PD)	2.4 $\pm$ 3.9	22.3 $\pm$ 8.1	0.036*
Angle of hypertropia on the tilted side (PD)	20.0 $\pm$ 7.1	22.5 $\pm$ 5.8	0.503*
Amount of inferior oblique overaction	2.6 $\pm$ 0.5	3.0 $\pm$ 0.5	0.020*
Amount of head tilt (°)	13.2 $\pm$ 7.3	8.8 $\pm$ 4.2	0.065*
Fundus excyclotorsion of affected eye (°, n = 10)	11.0 $\pm$ 6.7	8.3 $\pm$ 4.4	0.632*
Sum of fundus excyclotorsion of both eyes (°)	12.7 $\pm$ 6.4	17.2 $\pm$ 6.0	0.680*

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation or number (%).

SOP = superior oblique palsy; IXT = intermittent exotropia; PD = prism diopters.

*p-value by independent *t*-test; †p-value by chi-square test.

쪽 머리기울임 위치에서는 평균 20.9 ± 8.7 PD의 상사시가 있었고, 평균 2.8 ± 0.5 의 하사근기능항진이 있었다. 안저사진을 촬영할 수 있었던 20명 가운데 7명(35.0%)은 비마비안에서 안저 외회선량이 마비안보다 크게 측정되었고, 보정된 마비안의 안저 외회선량은 평균 $9.7 \pm 5.7^\circ$, 두 눈의 안저 외회선량 합은 $15.7 \pm 8.9^\circ$ 였다. 한눈상사근마비만 있는 군은 18명, 한눈상사근마비에 간헐외사시가 동반된 경우는 11명이었다. 동반된 간헐외사시는 평균 22.3 ± 8.1 PD의 외편위였고, 모두 원근거리 사시각 차이가 10 PD 이내인 기본형이었다. 간헐외사시가 동반된 경우 하사근기능항진이 의미 있게 더 컸으나($p=0.020$), 수술 나이, 성별, 제1눈위치에서의 상사시각, 마비안으로 머리기울임 위치에서의 상사시각, 머리기울임 정도, 마비안의 안저 외회선량, 두 눈의 안저 외회선량 합에는 의미 있는 두 군 차이가 없었다(Table 1). 서로 다른 스마트폰 애플리케이션으로 두 검사자가 측정한 값의 급내상관계수는 0.989였고, 평균 차이는 0.02° , 95% 신뢰구간 내 오차는 3.53° 였다(Fig. 2). 각 검사자의 반복 측정한 값의 급내상관계수는 0.998, 0.993이었다. 전체 마비안의 최대외회선 범위는 $46.1 \pm 9.9^\circ$, 비마비안

은 $41.7 \pm 7.6^\circ$ 로, 마비안의 최대외회선 범위가 의미 있게 컸다(paired t -test, $p=0.040$). 하지만 마비안의 최대내회선 범위는 $39.3 \pm 7.5^\circ$, 비마비안은 $37.6 \pm 9.7^\circ$ 로 두 눈 차이가 없었다(paired t -test, $p=0.447$). 한눈상사근마비만 있는 18명의 마비안 최대외회선 범위는 $47.0 \pm 9.5^\circ$, 비마비안은 $39.4 \pm 6.3^\circ$ 로, 마비안이 의미 있게 더 외회선될 수 있었으나($p=0.010$), 간헐외사시가 동반된 11명의 마비안은 $44.5 \pm 10.9^\circ$, 비마비안은 $45.5 \pm 8.3^\circ$ 정도 외회선되어 의미 있는 두 눈 차이가 없었다. 최대내회선 범위는 간헐외사시가 동반된 경우에 한눈상사근마비만 있는 경우보다 마비안, 비마비안 모두에서 크게 측정되었지만 의미 있는 차이는 아니었고, 각군의 마비안과 비마비안 차이도 두 군에서 의미 있는 차이가 없었다(Table 2).

마비안의 최대외회선 범위는 수술 나이, 상사시각, 안저 외회선량과 의미 있는 상관관계가 없었다. 또한, 마비안의 최대외회선 범위는 하사근기능항진이나 머리기울임 정도와도 의미 있는 상관관계가 없었다(Fig. 3).

고 찰

이 연구를 통해 한눈상사근마비에서 마비안의 수동적인 안구외회선 범위가 비마비안에 비하여 큼을 정량적으로 측정할 수 있었다. 이러한 차이는 상사근마비만 단독으로 있는 경우에 뚜렷하였다. Ludwig¹⁴와 Ludwig et al¹⁵은 전신마취하 견인검사에서 소아는 외회선과 내회선 모두 $60-70^\circ$, 성인은 외회선과 내회선이 최대 $20-60^\circ$ 가능하다고 하였다. 또 상사근기능저하가 있으면 $85-90^\circ$ 외회선될 수 있다고 하였다.¹⁵ Jung and Holmes⁹는 정상적으로는 외회선, 내회선 모두 30° 정도될 수 있지만 선천상사근마비가 있으면 40° 외회선될 수 있다고 하였다. 평균 12.4세(1.6-59.8세)인 한눈상사근마비 환자를 대상으로 한 이 연구에서도 전체 마비안의 평균 최대외회선 범위가 46.1° 로 비마비안의 41.7° 보다 의미 있게 컸다. 세 연구에서^{9,14,15} 상사근기능저하나 선천상사근마비가 있으면 더 외회선되는 것은 일치하

Figure 2. Bland-Altman plots showing the excellent agreement between the two examiners with each smartphone application. Mean difference was 0.02 degrees, and the half-width of the 95% limit of agreement was 3.53 degrees. SD = standard deviation.

Table 2. Maximum exocyclorotation and incyclorotation in patients with superior oblique palsy in isolation and combined with intermittent exotropia

	SOP (n = 18)		p-value*	IXT with SOP (n = 11)		p-value*	p-value†
	Affected eye	Fellow eye		Affected eye	Fellow eye		
Maximum exocyclorotation	47.0 ± 9.5	39.4 ± 6.3	0.010	44.5 ± 10.9	45.5 ± 8.3	0.739	0.323
Maximum incyclorotation	38.6 ± 8.7	34.3 ± 8.6	0.169	40.4 ± 5.1	43.0 ± 8.9	0.301	0.183

Values are presented as mean $\pm$ standard deviation.

SOP = superior oblique palsy; IXT = intermittent exotropia.

*p-value by paired t -test between the affected eye and the fellow eye within groups; †p-value by independent t -test for the bilateral difference between the two groups.

였지만, 이 연구에서 측정된 마비안의 외회선량이 Ludwig¹⁴의 연구보다는 작았고 Jung and Holmes⁹의 보고보다는 컸

다. Ludwig¹⁴는 정량화한 방법을 제시하지 않아 비교를 할 수 없지만 Jung and Holmes⁹는 첫 저항이 느껴질 때까지의

Figure 3. Maximal excyclorotation of the affected eye according to (A) age at surgery, (B) angle of vertical deviation, (C) fundus excyclotorsion of affected eye, (D) sum of fundus excyclotorsion of both eyes, (E) amount of inferior oblique overaction, and (F) amount of head tilt. There was no significant correlation between maximal excyclorotation and each parameter. PD = prism diopters.

회선량을 측정한 데에 반해, 이 연구에서는 안구가 더 이상 회선되지 않을 때까지의 최대 회선량을 측정하였기 때문에 회선량이 더 크게 측정된 것으로 생각된다. 또한, 선천상사근마비에서만 더 외회선될 수 있다고 하였는데,⁹ 이 연구에 포함된 상사근마비는 병력과 임상특징으로 보아 모두 선천성으로 추정되므로 크게 측정되었을 가능성이 있다.¹³ 또, 이 연구의 환자는 모두 한국인이므로, 안와 형태가 서양인과 다를 수 있어 측정값에 차이가 있었을 수도 있겠다. Ludwig¹⁴는 나이가 들수록 상사근 자체와 주변 구조물의 저항이 증가하여 회선 가능 범위가 줄어든다고 하였으나, 이 연구에서는 마비안의 최대외회선 범위는 수술 나이와 관련이 없었다. 이러한 결과 차이는 이 연구에 다양한 연령대의 환자들이 포함되었지만, 연령별 대상 환자 수가 적어서 의미 있는 관련성을 확인하지 못한 것일 수도 있겠다.

상사근마비가 단독으로 있는 경우에는 마비안과 비마비안의 외회선 가능 범위가 차이가 뚜렷하였지만, 간헐외사시가 동반된 경우에는 두 눈 차이가 없었다. 이는 간헐외사시를 동반한 상사근마비가 오래된 사시일 가능성이 있어서, 반대안 대항근의 억제 마비(inhibitional palsy of contralateral antagonist)처럼 두 눈 모두에서 변화가 발생하기 때문으로 생각해 볼 수 있다.^{2,16} 하지만 이보다는 외편위된 위치에서 강해지는 회선 기능과 관련될 것으로 생각된다. 눈이 외전하면 할수록 하사근의 외회선 기능이 강해지고, 상사근은 내회선 기능이 강해진다.¹⁷ 비록 통계적으로 의미 있는 차이는 아니었지만, 간헐외사시가 동반된 경우 비마비안의 외회선, 마비안과 비마비안의 내회선이 한눈상사근마비만 있는 경우보다 모두 크게 측정된 것이 이 가능성을 뒷받침할 수 있겠다. 반대로 간헐외사시가 동반된 군의 하사근기능향진이 더 뚜렷하였기 때문에 하사근의 삼차기능인 외전이 더 강하게 나타나서 간헐외사시가 발현한 것일 수도 있겠다.¹⁷ 하지만 이러한 하사근기능향진과 마비안의 최대외회선 범위, 최대내회선 범위와는 모두 상관관계가 없어서, 간헐외사시가 동반된 군에서 하사근기능향진이 강해서 수동적인 외회선 범위가 증가한 것은 아닌 것으로 생각된다.

이 연구에서 측정된 마비안의 최대외회선 범위는 상사시나 안저의 외회선량과 상관관계가 없었다. 이는 측정값이 수동적인 회선운동 범위만을 측정한 것이므로 능동적인 적응 기전이나 근육의 장력을 반영하지는 못하기 때문으로 생각된다. 따라서 정량적 견인회선검사는 상사근마비의 특징 중 일부만을 검사할 수 있는 것이므로 다른 검사 결과와 종합적으로 판단하는 것이 필요하다.⁹

이 연구는 머리기울임이 분명하고 안저 외회선이 있는 제한된 상사근마비 환자만 대상으로 하여 유사상사근마비를 비롯한 다양한 형태의 간헐외사시와 상사근마비가 함께

있는 경우를 대표하지는 못한다. 상사근마비에서 수평사시 빈도는 von Noorden et al¹이 18.2%, Helveston et al¹⁸은 36%라고 보고하였지만, 국내에서는 Choi et al¹⁹은 57.1%, Lee and Cho²⁰는 51.6%라고 보고하여, 간헐외사시와 상사근마비 혹은 상사근마비와 유사한 안구운동장애를 동반하는 빈도가 국내에서 더욱 높게 조사되고 있어 추후 보다 많은 국내 환자를 대상으로 한 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한, 이 연구는 후향적으로 진행되어 수술 중 하사근을 절제한 상태에서 견인회선검사를 추가로 진행하지 않았고, 검사를 위해 전신마취가 필요하기 때문에 수술 후 같은 검사를 시행하지 못한 제한점이 있다. 모든 환자가 임상적으로 선천상사근마비로 추정되고 나이가 어린 환자들이 상당수여서 주관적인 회선량이나 입체시와의 관련성도 조사하지 못하였다. 또한, 수술 중 직접 스마트폰 애플리케이션을 적용하여 회선량을 측정하기에는 정렬을 맞추기가 어려워 각막윤부의 기준점 표시가 꼭 필요하였고, 추가적인 분석 작업이 필요하였다. 뇌자기공명영상을 비롯한 영상검사를 일부 환자에서만 시행하여 안와 회선과의 관련성을 확인하지 못하였다. 그래서 안와의 형태학적 차이가 뚜렷한 V형 사시 환자를 포함하여 영상검사서 측정된 안와 회선과 수동적인 안구회선 범위와의 관계를 분석하는 후속연구를 진행하고 있다. 또한, 영상검사서 측정되는 상사근의 단면적이나 부피와 수동적인 안구회선 범위와의 관련성에 대한 연구도 필요할 것으로 생각된다. 수동적인 안구회선운동 범위가 수술 결과에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 추가 연구도 필요하겠다.

그럼에도 이 연구를 통해 비교적 손쉽게 검사자의 숙련도나 스마트폰 애플리케이션의 종류에 상관없이 수동적인 안구회선 범위를 정량적으로 측정할 수 있음을 알 수 있었다. 이 정량적 견인회선검사는 사근기능이상을 평가하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각한다.

REFERENCES

- 1) von Noorden GK, Murray E, Wong SY. Superior oblique paralysis. A review of 270 cases. Arch Ophthalmol 1986;104:1771-6.
- 2) von Noorden GK, Campos EC. Binocular vision and ocular motility, 6th ed. St. Louis: CV Mosby, 2002;414-39.
- 3) Lemos J, Eggenberger E. Clinical utility and assessment of cyclodeviation. Curr Opin Ophthalmol 2013;24:558-65.
- 4) Hong KH, Lee YC, Lee SY. The clinical characteristics of superior oblique palsy associated with intermittent exotropia. J Korean Ophthalmol Soc 2009;50:435-9.
- 5) Kushner BJ. Simulated superior oblique palsy. Ann Ophthalmol 1981;13:337-43.
- 6) Lee JE, Yang HK, Kim JH, Hwang JM. Ocular torsion according to trochlear nerve absence in unilateral superior oblique palsy. Invest

- Ophthalmol Vis Sci 2017;58:5526-31.
- 7) Lee TH, Ji YS, Park SW, et al. Intermittent exotropia with a positive Bielschowsky head-tilt test. Br J Ophthalmol 2017;101:251-5.
- 8) Guyton DL. Exaggerated traction test for the oblique muscles. Ophthalmology 1981;88:1035-40.
- 9) Jung JH, Holmes JM. Quantitative intraoperative torsional forced duction test. Ophthalmology 2015;122:1932-8.
- 10) Pallas A, Yeo TK, Trevenen M, Barrett G. Evaluation of the accuracy of two marking methods and the novel toriCAM application for toric intraocular lens alignment. J Refract Surg 2018;34:150-5.
- 11) Khatib ZI, Haldipurkar SS, Shetty V. Verion digital marking versus smartphone-assisted manual marking and isolated manual marking in toric intraocular lens implantation. Indian J Ophthalmol 2020; 68:455-8.
- 12) Del Monte MA, Parks MM. Denervation and extirpation of the inferior oblique. An improved weakening procedure for marked overaction. Ophthalmology 1983;90:1178-85.
- 13) Bixenman WW, von Noorden GK. Apparent foveal displacement in normal subjects and in cyclotropia. Ophthalmology 1982;89:58-62.
- 14) Ludwig IH. Principles and management of complex strabismus. In: Wilson ME, Saunders RA, Trivedi RH, eds. Pediatric ophthalmology: current thought and a practical guide. Berlin: Springer, 2009; chap. 11.
- 15) Ludwig IH, Clark RA, Stager DR Sr. New strabismus surgical techniques. J AAPOS 2013;17:79-88.
- 16) Shin KH, Lee HJ, Lim HT. Ocular torsion among patients with intermittent exotropia: relationships with disease severity factors. Am J Ophthalmol 2013;155:177-82.
- 17) von Noorden GK, Campos EC. Binocular vision and ocular motility, 6th ed. Philadelphia: CV Mosby, 2002;55-6.
- 18) Helveston EM, Mora JS, Lipsky SN, et al. Surgical treatment of superior oblique palsy. Trans Am Ophthalmol Soc 1996;94:315-34.
- 19) Choi SW, Jung SH, Rah SH. Characteristics and outcome in horizontal strabismus combined with unilateral superior oblique palsy. J Korean Ophthalmol Soc 2007;48:418-22.
- 20) Lee JY, Cho YA. Clinical evaluation of superior oblique muscle palsy associated with horizontal deviation. J Korean Ophthalmol Soc 2003;44:2285-91.

= 국문초록 =

스마트폰을 이용한 정량적 견인회선검사

목적: 한눈상사근마비 환자에서 스마트폰 애플리케이션을 이용하여 정량적 견인회선검사를 시행하고, 그 유용성을 알아보려고 하였다.

대상과 방법: 상사근마비수술을 받은 29명을 대상으로 수술 전 각막윤부에 기준점을 표시한 후 안구를 최대한로 외회선, 내회선하여 촬영한 사진을 이용하여 검사자 2명이 2가지 스마트폰 애플리케이션으로 최대회선 범위를 측정하였다. 한눈상사근마비만 있는 군과 한눈상사근마비에 간헐외사시가 동반된 군으로 나누어 측정값을 비교하고, 수술 나이, 상사시각, 안저사진의 회선량과의 관련성을 알아보았다.

결과: 서로 다른 스마트폰 애플리케이션으로 두 검사자가 측정한 값의 급내상관계수는 0.989였다. 전체 마비안 최대외회선 범위는 $46.1 \pm 9.9^\circ$, 비마비안은 $41.7 \pm 7.6^\circ$ 로 마비안의 외회선 범위가 의미 있게 컸다($p=0.040$). 전체 최대내회선 범위는 두 눈 차이가 없었다. 한눈상사근마비만 있는 18명의 마비안 최대외회선 범위는 $47.0 \pm 9.5^\circ$, 비마비안은 $39.4 \pm 6.3^\circ$ 로, 마비안이 의미 있게 더 외회선될 수 있었으나($p=0.010$), 간헐외사시가 동반된 11명의 마비안은 $44.5 \pm 10.9^\circ$, 비마비안은 $45.5 \pm 8.3^\circ$ 로 의미 있는 두 눈 차이가 없었다. 최대내회선 범위는 두 군 간, 두 눈 간 의미 있는 차이가 없었다. 마비안의 최대외회선 범위는 수술 나이, 상사시각, 안저 외회선량과 의미 있는 상관관계가 없었다.

결론: 스마트폰을 이용하여 수동적인 안구회선 범위를 객관적으로 평가할 수 있었고, 한눈상사근마비만 있는 경우 최대외회선 범위의 두 눈 차이를 측정할 수 있었다.

〈대한안과학회지 2020;61(11):1331-1337〉

하성정 / Seong Jung Ha

아주대학교 의과대학 안과학교실
Department of Ophthalmology,
Ajou University School of Medicine