

근시교정 각막굴절수술 선별검사를 위한 각막전면중심점과 각막전면최적구면 사이의 최소거리의 의의

김이후 · 이재환 · 오중협

인하대학교 의과대학 안과학교실

목적 : Orbscan IIz 각막형태검사의 각막전면중심점과 각막전면최적구면 사이의 최소거리 값(Diff)을 이용하여 근시교정 각막굴절수술 여부를 판별할 수 있는지 알아보고자 하였다.

대상과 방법 : 2004년부터 2006년까지 각막수술을 받지 않고 안과질환이 없는 1623명 3132안을 정상안, 근시교정 각막굴절수술 후 Orbscan IIz 각막형태검사를 받은 120명 238안을 근시교정수술안으로 구분하여, 각막전면중심점과 각막전면최적구면 사이의 최소거리(Diff)를 측정하였다.

결과 : Diff 값은 정상안에서 평균 0.008 ± 0.003 mm로 모두 ≥ 0 이었으나 근시교정수술안에서 평균 -0.014 ± 0.009 mm로 모두 < 0 로 나타났으며, 민감도와 특이도 모두 100 %를 보였다. 근시교정량의 구면렌즈대응치와 Diff 값은 선형관련성이 있었으며, 수술 후 Diff 값으로 근시교정량을 추측할 수 있는 식을 유도해 낼 수 있었다.

결론 : Orbscan로 측정한 각막전면중심점과 각막전면최적구면 사이의 최소거리(Diff)을 이용하여 근시교정 각막굴절수술 여부를 간단하며 정확하게 판별할 수 있었다.

〈한안지 49(1):27-33, 2008〉

최근 몇 년 동안 근시교정 각막굴절수술은 큰 폭으로 증가하였고, 앞으로도 해를 거듭할수록 굴절수술안은 점점 늘어날 것이다.¹⁻³ 이러한 각막굴절수술을 받은 인구가 노령화됨에 따라 각막굴절수술안의 백내장수술 및 공여각막으로의 빈도가 증가될 것이 예상되며, 백내장수술 시 각막굴절수술을 받았던 안에서는 각막 전 후면 곡률반경이 달라져 인공수정체 돛수 계산 방법에 차이가 발생하고,^{4,5} 각막이식수술 시 레이저각막절삭가공성형술(LASIK)등 각막굴절수술을 시행한 공여각막이 사용될 경우 세균감염, 각막절편 미끄러짐, 원형절제술에서 각막손상 등 심각한 문제가 발생할 수 있으므로 근시교정 각막굴절수술 여부를 정확하게 선별하는 것은 매우 중요하다.⁶

현재까지 알려진 각막굴절수술 선별검사 방법으로 세극등현미경을 통한 감별법과 각막형태검사 결과의 모양을 여러 가지 그룹으로 분류한 방법, 각막두께 지도와 각막 탄젠트 지도를 이용한 방법 등이 있고, 2005년 Laliberte는 LASIK 수술 여부를 선별하는 방법으로 각막형태검사의 VES algorithm과 DC algorithm을 사용하였다.⁷⁻¹⁰ 그러나 이러한 방법들은 복잡하거나 민감도가 떨어지고 있어서 간단하면서도 정확성이 높은 판별방법이 요구되고 있는 실정이다.

정상안은 각막의 중심부위가 돌출된 반면, 근시교정 각막굴절수술안은 수술 시 각막 중심부에서 가장 많은 조직이 제거되어 각막 중심부가 낮아지게 되므로 중심부분이 각막전면 최적구면보다 가장 낮아지게 될 것이다. Orbscan IIz 각막형태검사의 Quad-map 중 General type 검사결과에서 각막전면의 중심점과 각막전면최적구면 사이의 최소거리(각막전면의 중심점이 전면최적구면보다 위쪽에 있을 때 +, 같은 면에 있을 때 0, 아래쪽에 있을 때 -)를 나타내는 각막전면 중심의 차이를 Diff로 정의하였다. 본 연구에서는 Diff값을 이용하여 근시교정 각막굴절수술안 선별검사가 가능한지 파악하고, 선별검사의 정확도를 확인하고자 하였다.

〈접수일 : 2007년 5월 29일, 심사통과일 : 2007년 10월 10일〉

통신저자 : 오 중 협

인천시 중구 신흥동 3가 7-206

인하대학교병원 안과

Tel: 032-890-2408, Fax: 032-890-2403

E-mail : jhoh9707@hanmail.net

* 본 논문의 요지는 2006년 대한안과학회 제95회 춘계학술대회에서 포스터로 발표되었음.

정의

각막형태검사서 각막의 중심점은 Radius가 0인 점으로 하였다. 각막전면 중심의 차이 값 즉, diff 값은 각막전면의 중심점에서 각막전면최적구면까지의 최소 거리이며 각막전면최적구면 보다 위쪽에 있을 때 +, 같은 면에 있을 때 0, 아래쪽에 있을 때로 나타난다 (Fig. 1).

판별기준

각막전면 중심의 Diff 값 <0일 때를 근시교정수술안, 각막전면 중심의 Diff 값 ≥0일 때를 정상안으로 판정하였다.

분류 및 통계방법

통계는 SPSS 12.0 version을 사용하였으며 평균과 표준편차, 중앙값과 범위를 제시하였다. 근시교정수술안에서 근시교정량의 구면렌즈(난시는 모두 -로 합)와 구면렌즈대응치를 각각 수술 후 각막전면 중심의 Diff 값과 이변량 상관계수 분석법 중 Pearson 상관계수를 이용하여 비교하였다. 정상안과 근시교정수술안의 남녀 분포의 차이는 Levene의 등분산 검정 후 평균의 동질성에 대한 독립표본 T 검정을 사용하여 비교하였다(p<0.05).

결 과

각막형태검사 시행 연령은 정상안에서 39.04±10.48년, 근시교정수술안에서 28.49±5.91년 이었고, 근시

교정수술안에서 수술 후 각막형태검사까지 기간은 1.94±2.02년 이었다. 정상안의 최대교정시 필요한 근시교정량과 근시교정수술안에서 근시교정량의 구면렌즈대응치, 구면렌즈와 난시, 각막중심의 두께 등 여러가지 정보를 표로 정리하였다(Table 1).

각막전면 중심의 Diff 값이 정상안은 0.008324±0.003047 mm (SD) (중앙값 0.008 mm, 범위 0 ~ 0.023 mm), 근시교정수술안은 -0.014319±0.008863 mm (SD) (중앙값 -0.013 mm, 범위 -0.045~-0.001 mm) 이었으며, 각막전면 중심의 Diff 값 <0일 때를 근시교정수술안으로 판별한 결과 민감도와 특이도 모두 100%를 보였다(Fig. 2).

정상안에서 남자 91.41%, 여자 8.59%로 남·녀 비율이 큰 차이를 보이거나 각막전면 중심의 Diff 값 분포는 남자가 0.0083±0.0036 mm (SD) (중앙값 0.008 mm, 범위 0.001~0.021 mm), 여자가 0.0087±0.0030 mm (SD) (중앙값 0.008 mm, 범위 0.000~0.023 mm)로 두 군의 평균에는 차이가 없었다. 근시교정수술안에서 남자 17.65%, 여자 82.35%로 남·녀 비율이 큰 차이를 보이거나 각막전면 중심의 Diff 값 분포는 남자가 -0.0142±0.0087 mm (SD) (중앙값 -0.011 mm, 범위 -0.032~-0.003 mm), 여자가 -0.0145±0.0090 mm (SD) (중앙값 -0.013 mm, 범위 -0.045~-0.001 mm)로 두 군의 평균에는 차이가 없었다.

근시교정수술안에서 각막전면 중심의 Diff 값은 근시교정량의 구면렌즈와 $y=0.0047x+0.0059$ (상관계수 $r=0.8667$, y: 각막전면 중심의 'Diff' 값, x: 구면렌즈)였고, 구면렌즈대응치와 $y=0.0047x+0.0072$ (상관계수 $r=0.8732$, y: 각막전면 중심의 'Diff' 값, x: 구면렌즈대응치)로 모두 통계적으로 의미 있는 결과를 보였다(Fig. 3).

Table 1. Population characteristics and surgical parameters

Classification		Normal (N=3132)		Classification		Myopic correction (N=238)	
		Mean±SD*	Median, Range			Mean±SD*	Median, Range
Best Correction Spherical equivalent (D [†])		0.53±3.76	0.50, -12.75 ~ 8.50	Myopic correction Spherical equivalent (D [†])		-4.61±1.76	-4.25, -2.00 ~ -10.50
Best Correction spherical (D [†])		0.07±2.17	0.00, -12.00 ~ 8.25	Myopic correction spherical (D [†])		-4.30±1.74	-4.00, -1.50 ~ -9.00
Best Correction Cylinder (D [†])		0.71±1.12	0.75, 0 ~ 7.25	Myopic correction Cylinder (D [†])		-0.60±0.66	-0.50, 0 ~ -3.00
Center Pachymetry		535.12±35.27	537, 412 ~ 723	Center Pachymetry (Pre-OP)		532.98±28.06	537, 461 ~ 582

* standard deviation.

† diopter.

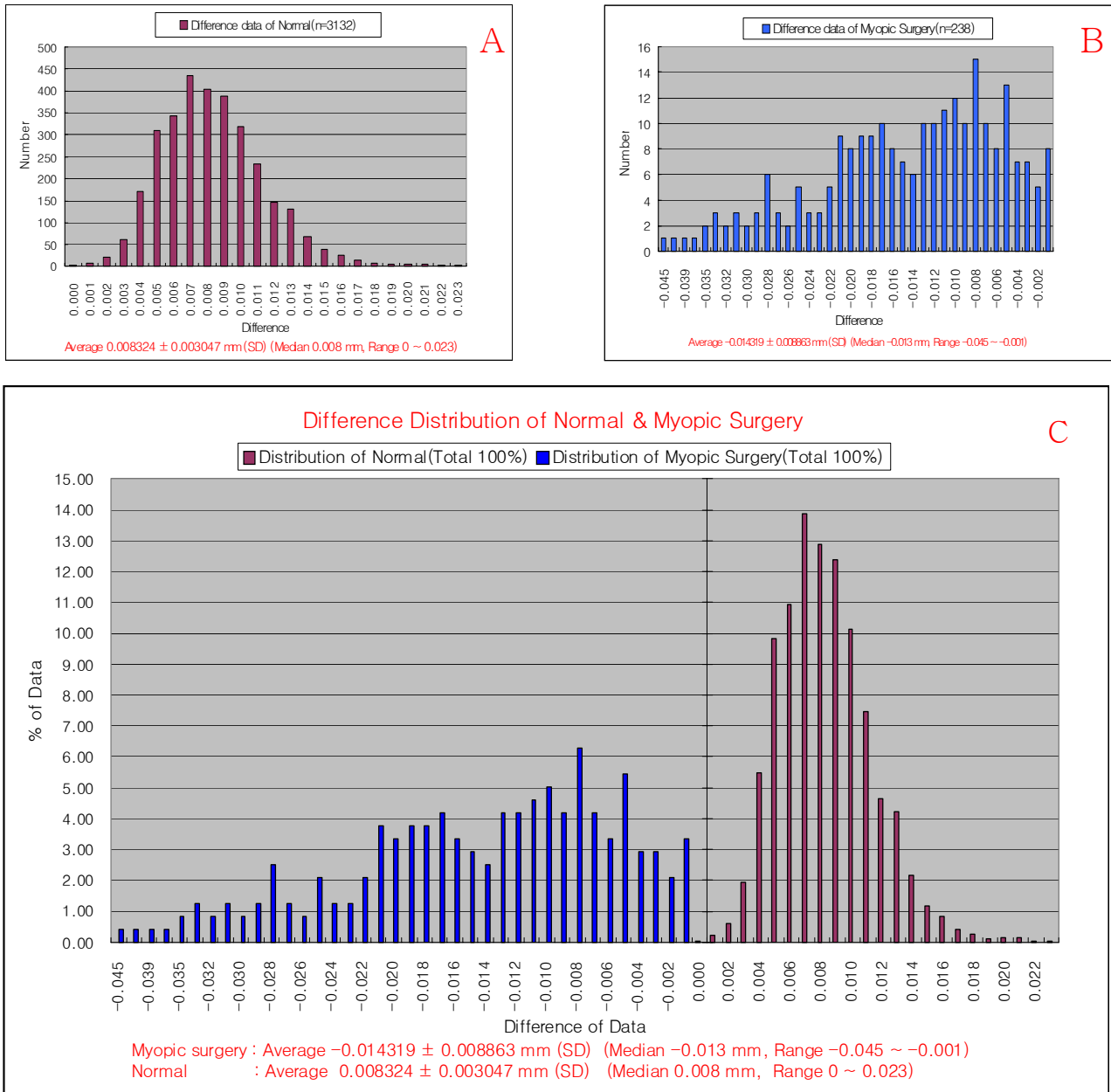


Figure 2. ‘Diff’ value in the anterior corneal center of a normal and the correction of myopia.

(A) ‘Diff’ value in the anterior corneal center in a normal.

(B) ‘Diff’ value in the anterior corneal center in a correction of myopia.

(C) Percent distribution of ‘Diff’ value in the anterior corneal center in a normal and correction of myopia.

고 찰

Orbscan II 각막형태검사의 Quad-map 중 General type의 각막전면용기지도에서 각막전면중심의 Diff 값을 이용한 근시교정 각막굴절수술 판별방법은 민감도와 특이도 모두 높은 변별력을 보였다.

Destrempes와 Laliberte에 의해 알려진 VES algorithm이나 DC algorithm은 각막 중간주변부의

자료를 사용하는데 근시교정수술 후 중간주변부에서 발생하는 변화가 각막절편의 크기 혹은 각막절개 범위에 따라 영향을 받을 수 있으므로 모든 각막굴절수술 안에서 일률적으로 사용하기에는 어려움이 있을 수 있고, 각막전면용기지도의 형태를 여러 가지 그룹으로 분류한 방법은 굴절수술안에서 Normal type을 보인 1.7%를 제외하고 뛰어난 변별력을 보였으나 모든 경우에서 그룹별로 명확한 형태를 보이지 않을 수 있다.^{8,10,11}

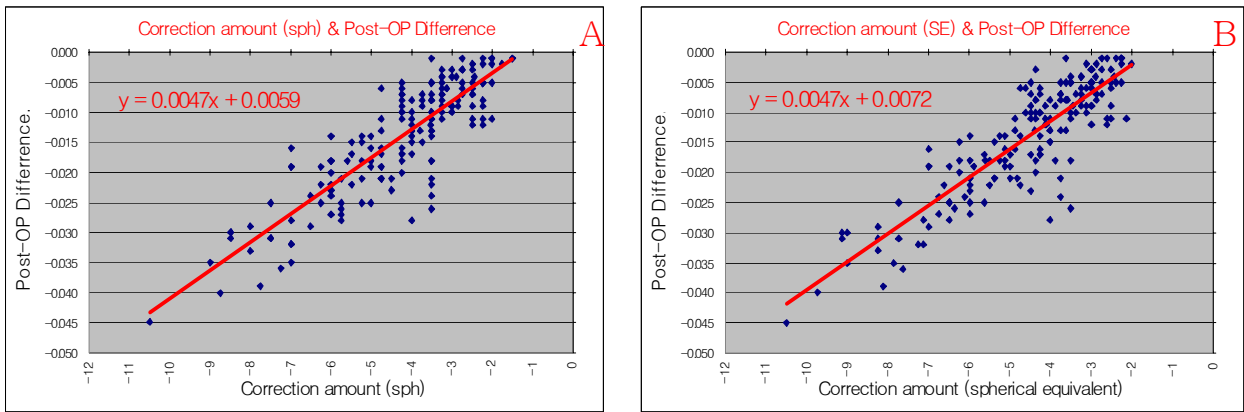


Figure 3. Plot diagram of the point for the correlation of ablation power for myopic correction and ‘Diff’ value in the anterior corneal center.

- (A) Post-operative ‘Diff’ value in the anterior corneal center and amount (spherical) of myopic correction ($r=0.8667$, $p<0.001$).
 (B) Post-operative ‘Diff’ value in the anterior corneal center and amount (spherical equivalent) of myopic correction ($r=0.8732$, $p<0.001$).

Ousley and Terry¹³는 pachymetry와 curvature maps 2가지를 사용하여 선별검사를 하였는데, 굴절수술을 받은 10안의 기증안구 중 7안을 감별(70%)하였다. Pachymetry map을 사용한 것은 중앙각막두께와 중간주변부각막두께중 가장 얇은 곳의 차이로 비교하였는데 중간주변부각막두께 값이 측정위치마다 다를 수 있다는 점에서 오히려 오차가 커질 수 있다. Curvature map을 사용한 방법은 결과상 근시교정수술받은 10명중 4명만 감별할 수 있어서 단일 방법으로는 선별검사로 의의가 많이 떨어진다. Ousley의 논문에서처럼 방법을 배합하면은 진단율은 올라가겠지만 선별검사의 의의는 떨어지게 된다.

근시교정수술에서 근시교정량이 적으면 수술 후 각막전면용기지도에서 전형적인 중심의 편평화가 나타나지 않을 수 있다.^{8,11} 이러한 문제는 각막전면 중심의 Diff 값에도 큰 영향을 줄 수 있을 것이다. 그러나 본 연구는 근시교정량이 2.00D부터 10.50D까지 분포하여 -2.00D 미만의 결과는 확인할 수 없었다. 그리고 근시교정량의 구면렌즈대응치와 각막전면 중심의 Diff 값을 비교한 $y=0.0047x+0.0072$ (y : 각막전면 중심의 Diff 값, x : 구면렌즈대응치) 식에서 구면렌즈대응치가 -1.5319 (D) 일 때 각막전면 중심의 Diff 값이 0 mm인 것을 추정하여 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서 사용한 방법은 -1.50 (D) 미만의 근시교정안에서는 각막전면 중심의 Diff 값 >0로 각막굴절수술 선별검사로써 의미가 적다는 것을 간접적으로 알 수 있었다. 또한 근시교정 각막굴절 수술 후 경과관찰 기간이 10년 이상의 장기간 경과관찰 환자가 포함되지 않았으므로 장기간 경과관찰 환자에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

각막형태검사를 하면서 생길 수 있는 여러 오류 중에 가장 유의한 오류는 상이 각막 중심축과 일치하지 않는 시축에 맷힘으로 인해 발생한다. 이로 인해 마이어의 상이 코 쪽으로 치우치게 되어 오차가 발생하는데, 이 측 보다는 비측의 측정값에서 오류가 크게 나타나며 비구면의 표면에서 주변부 만곡을 계산하는데 오차를 일으킨다. 그러나 각막굴절수술시 홍채중심을 시축의 중심으로 가정하고 시행하는 경우가 많고, 시술시 안구의 움직임을 추적하는 장치 또한 홍채중심을 기준으로 추적하는 원리를 가지고 있어 주변부 만곡에는 역시 오차가 많이 발생할 수 있으나 각막전면용기지도에서 각막전면 중심 값에는 영향이 적다.

또한 측정 등고선지도에 따른 오차가 있을 수 있는데 시상지도(sagittal maps, axial map)는 paraxial ray theory에 의해 굴절이 일어나는 표면이 대칭으로 모든 광선이 대칭축에 초점을 맺을 것이라는 가정 하에 만들어진다. 이는 재현성이 높고 가장 널리 쓰이고 있으나 각막정점이나 굴절이상에 의해 절삭된 부위 같은 영역에 대한 정보에 오류가 발생할 수 있다. 접선지도(tangential map)는 단일한 축에 의존하지 않고 수학적으로 계산되는 곡률반경에 의한 곡률반경중심에 기반하여 만들어진다. 이러한 지도는 각막정점이나 다른 각막구조에 대해 더 정확한 정보를 제공하나 역시 사상지도에 비해 재현성이 떨어진다. 본 연구에서 사용한 각막전면용기지도는 기준이 되는 가상의 구(reference sphere)에 대한 각막의 높이에 기초하여 만들어지는데 각막 모양을 가장 직접적으로 측정하는 방법이지만 재현성은 가장 떨어진다. 하지만 본 논문에서 측정한 것은 각막정점에 대한 값이었고 전체 값의 재현성이 요구되는 것이 아니기 때문에 각막전면용기지도의 재현성

은 문제가 되지 않을 것으로 생각된다. 하지만 각막전면에 대한 재현성 검증이 없었기 때문에 연구가 추가되어야 할 것으로 생각된다.

그럼에도 불구하고 Orbscan II 각막형태검사의 각막전면용기지도에서 각막전면 중심의 Diff 값을 이용한 근시교정 각막굴절수술 판별방법은 비교적 많은 표본을 대상으로 하였고, 간단하면서도 객관적인 방법으로써, 수술 후 각막전면 중심의 Diff 값으로 근시교정량을 추측해 낼 수 있는 근거를 마련하였다. 근시교정 각막굴절수술 후 각막전면의 중심이 가장 낮아지는 특징을 이용한 본 연구는 지금까지 알려진 방법들의 단점이었던 복잡한 검사방법, 부정확한 선별, 객관성 부족 등 여러 가지 문제들을 해결할 수 있는 길을 열 수 있었다. 또한 수술 후 각막전면 중심의 Diff 값으로 근시교정량을 추측할 수 있는 식을 유도해 냄으로써 백내장 수술할 때 발생할 수 있는 인공수정체 돛수계산 문제를 해결하는 가능성을 제시하였다. 또한 향후 근시교정각막굴절수술 선별검사로써 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- 1) Sandoval HP, de Castro LE, Vroman DT, Solomon KD. Refractive Surgery Survey 2004. J Cataract Refract Surg 2005;31:221-33.
- 2) Solomon KD, Fernandez de Castro LE, Sandoval HP, et al. Refractive surgery survey 2003. J Cataract Refract Surg 2004;30:1556-69.
- 3) Solomon KD, Holzer MP, Sandoval HP, et al. Refractive Surgery Survey 2001. J Cataract Refract Surg 2002;28:346-55.
- 4) Pepose JS, Lim Bon Siong R, Mardelli P. Future shock: the long term consequences of refractive surgery. Br J Ophthalmol 1997;81:428-9.
- 5) Hamilton DR, Hardten DR. Cataract surgery in patients with prior refractive surgery. Curr Opin Ophthalmol 2003;14:44-53.
- 6) Mifflin M, Kim M. Penetrating keratoplasty using tissue from a donor with previous LASIK surgery. Cornea 2002;21:537-8.
- 7) Mootha VV, Dawson D, Kumar A, et al. Slitlamp, specular, and light microscopic findings of human donor corneas after laser assisted in situ keratomileusis. Arch Ophthalmol 2004;122:686-92.
- 8) Laliberte JF, Meunier J, Hick S, Brunette I. Topography-based screening for previous laser in situ keratomileusis to correct myopia and hyperopia. Cornea 2005;24:167-77.
- 9) Vavra DE, Enzenauer RW. Predictive value of slitlamp examinations in screening donor corneas for prior refractive surgery. Arch Ophthalmol 2005;123:707-8.
- 10) Jeong SY, Chin HS, Oh JH. Anterior elevation maps as the screening test for the ablation power of previous myopic refractive surgery. Korean J Ophthalmol 2006;20:13-7.
- 11) Destempes F, Brunette I, Meunier J, et al. Topography based screening for previous laser in situ keratomileusis to correct myopia. J Cataract Refract Surg 2002;28:1644-50.
- 12) Robert C. corneal topography: a review of terms and concepts. J Cataract Refract Surg 1999;22:624-9.
- 13) Ousley PJ, Terry MA. Objective screening methods for prior refractive surgery in donor tissue. Cornea. 2002;21:181-8.

=ABSTRACT=

Screening of the Previous Photorefractive Surgery Using the Minimum Distance Between the Anterior Best Fit Sphere and the Center of the Anterior Corneal Surface

Lee Hoo Kim, M.D., Jae Hwan Lee, M.D., Jung Hyub Oh, M.D., Ph.D.

Department of Ophthalmology, Inha University College of Medicine, Incheon, Korea

Purpose: To develop a screening test based on the difference (Diff) between the anterior corneal surface and the anterior best fit sphere in the central region of the Orbscan IIz topography as a way of detecting previous myopic photorefractive surgery.

Methods: From 1623 patients who had no refractive surgery and no corneal disease, 3132 topographies were defined as normal. From 120 patients who had Orbscan IIz topography after myopic photorefractive surgery, 238 topographies were defined as eyes that had undergone refractive surgery. The first objective was to determine the difference (Diff) between the anterior corneal surface and the anterior best fit sphere in the central region. The second objective was to classify the anterior elevation map of Orbscan IIz topography.

Results: The Diff value of the center of the anterior cornea surface averaged 0.008 ± 0.003 mm in normal eyes, and all values were over 0 mm. However, in eyes that had previous refractive surgery, the average was 0.014 ± 0.009 mm, and all values in this group were less than 0. The specificity and sensitivity was 100 % in both groups. The spherical equivalent of the degree of myopic correction and the Diff value of the center of the anterior cornea surface showed a linear relationship. Consequently, we could derive a formula to determine the degree of myopic correction with a known Diff value of the center of the anterior corneal surface.

Conclusions: The screening test, based on the Diff value of Orbscan IIz topography, is quite useful in determining whether an eye has undergone previous myopic photorefractive surgery.

J Korean Ophthalmol Soc 49(1):27-33, 2008

Key Words: Difference, Orbscan, Photorefractive, Screening

Address reprint requests to **Jung Hyub Oh, M.D., Ph.D.**

Department of Ophthalmology, Inha University, Inha University Hospital

#7-206 Shinheung-dong, Jung-gu, Incheon 400-103, Korea

Tel: 82-32-890-2408, Fax: 82-32-890-2403, E-mail: jhoh9707@hanmail.net