

굴절교정수술 후 Haigis-L 공식을 이용한 인공수정체 도수계산

윤용준 · 곽주영 · 최시환

충남대학교 의과대학 안과학교실

목적: 굴절교정수술 전 자료가 없이 계산을 할 수 있는 IOL Master의 Haigis-L 공식을 이용한 인공수정체 도수계산과 수술 전 자료를 필요로 하는 방법을 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법: 라섹수술 후 1개월 이상 추적관찰이 가능하였던 25명 50안을 대상으로 하였다. 인공수정체 도수계산은 clinical history method (CHM), Feiz-Mannis method (FMM), modified Masket method (MMM), Haigis-L method (HLM)으로 구하였다.

결과: 인공수정체 도수의 평균은 CHM은 23.65D, FMM은 24.45D, MMM은 22.89D, HLM은 23.80D로 각 공식간의 유의한 차이를 보였다($p=0.000$). 공식간의 차이는 사후 분석 결과 FMM가 가장 높게 계산되었고, MMM가 가장 낮게 계산되었으며, CHM과 HLM은 비슷하게 계산되었다.

결론: 굴절교정수술을 받은 환자에서 HLM가 CHM와 비슷한 결과를 나타내었다. 따라서 굴절교정수술 전 자료가 없는 환자에서 Haigis-L 공식을 이용하면 비교적 정확한 인공수정체 도수를 얻을 수 있다.

〈대한안과학회지 2010;51(5):664-669〉

최근 LASEK (Laser assisted subepithelial keratecomy)을 비롯한 여러 굴절교정수술이 대중화가 되어 많은 사람에서 시행되고 있다. 그리고 굴절교정수술을 받은 사람에서 수술 후 연령이 증가함에 따라 백내장이 발생하여 수술을 필요로 하는 경우가 많아지고 있다.

굴절교정수술을 받은 환자에서 백내장이 발생한 경우에 인공수정체 도수계산을 할 때 굴절교정수술로 인한 각막표면의 변화로 고유의 각막곡률이 변화되고 측정결과가 부정확하여 백내장 수술 후 원하는 도수를 계산하기 어려운 경우가 많다.^{1,2} 따라서 지금까지 부정확한 각막곡률을 보정하여 인공수정체 도수계산을 보다 정확하게 하기 위하여 Clinical history method,³ Feiz-Mannis method,⁴ Masket method,⁵ Modified Masket method 등이 사용되고 있다. 하지만 이 방법들은 모두 굴절교정수술을 시행하기 전의 굴절력, 각막곡률값 등을 필요로 한다. 하지만 굴절교정수술을 받고 난 후 백내장이 발생하여 수술을 필요로 하는 경우가 대부분 수 년 이상 지나 발생하므로 굴절교정수술을 시행 받기 전의 굴절력, 각막곡률값 등을 알 수 없는 경우

가 있을 수 있다. 따라서 수술 전 측정값이 없어도 인공수정체 도수 결정을 할 수 있는 방법의 필요성이 증가하고 있고 여러 가지 방법이 보고되었으나 정확성에 대하여는 논란의 여지가 있다.^{3,6-13}

IOL Master[®] version 5.02의 Haigis-L method는 굴절교정수술 전 자료가 없이도 인공수정체 도수계산을 할 수 있는 방법으로 다음과 같은 원리를 이용하여 인공수정체 도수계산의 오류를 줄일 수 있다. 첫째, Clinical history method를 이용하여 측정된 값을 기초하여 만든 보정곡선을 이용하여 IOL Master[®]로 측정한 각막곡률을 보정한다. 둘째, 인공수정체 도수계산공식으로 인공수정체의 위치(effective lens position)를 구할 때 발생할 수 있는 오류를 보정하기 위해 측정된 값에서 0.35D를 뺀다. 셋째, 유효각막곡률을 각막곡률계 굴절지수를 1.3315로 하여 보정한 값으로 Haigis formula를 이용하여 인공수정체 도수계산을 시행한다.¹⁴

저자들은 LASEK 후 각막의 형태학적 변화에 의하여 정확한 인공수정체 도수계산을 할 수 없는 환자에서 굴절교정수술 전 자료가 없이 계산을 할 수 있는 IOL Master[®] version 5.02의 Haigis-L method을 이용한 인공수정체 도수계산 결과를 수술 전 자료를 이용하여 계산한 방법의 결과와 비교해 보고자 하였다.

대상과 방법

■ 접 수 일: 2009년 8월 13일 ■ 심사통과일: 2010년 2월 17일

■ 책임저자: 최 시 환

대전시 중구 대서동 640
충남대학교병원 안과
Tel: 042-280-7609, Fax: 042-255-3745
E-mail: shchoi@cnu.ac.kr

* 본 논문의 요지는 2008년 대한안과학회 제100회 추계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

2008년 5월 1일부터 2008년 6월 31일까지 LASEK을

시행받고 1개월 이상 추적관찰이 가능하였던 25명 50안을 대상으로 하였다. 굴절이상 이외의 안과적 질환이 있거나 안과적 수술이나 외상의 기왕력이 있는 경우, LASEK 후에 각막 상피편파열이나 각막흔택 등이 발생한 경우와 같이 인공수정체 도수계산에 영향을 줄 수 있는 요인이 있는 환자는 연구에서 제외하였다.

수술 전과 수술 후 1개월에 나안시력, 최대교정시력을 측정하였고 현성굴절검사를 시행하였다. 세극등검사와 안저검사를 시행하여 굴절이상 이외에 있을 수 있는 안과적 질환을 검사하였다. 중심각막두께는 접촉식 초음파 각막두께 측정기(AdventTM Pachymeter, Mentor, U.S.A.)로 측정하였고 각막곡률은 수동각막곡률계(Inami ophthalmometer, Inami, Japan)로 측정하였다. IOL Master[®] (version 5.02, Carl Zeiss, Germany)를 이용하여 각막곡률, 안축장, 전방깊이를 측정하였다.

LASEK은 한 술자에 의해서 Allegretto wave Eye-Q (Wavelight, Germany)를 사용하여 시행하였고 각 환자의 절제 깊이와 레이저 조사 범위를 결과 분석에 이용하였다.

인공수정체 도수계산을 위한 공식은 Clinical history method, Feiz-Mannis method, Modified Masket method, Haigis-L method로 정하였고 각 공식은 다음과 같은 방식으로 구하였다.

1. Clinical history method

: $Ka = Kp + SEp - SEa$

Ka =estimate of the central corneal power after refractive surgery

Kp =average keratometry power before refractive surgery

SEp =spherical equivalent before refractive surgery

SEa =stable spherical equivalent after refractive surgery

2. Feiz-Mannis method

: $IOL = IOL_{pre} + (RC/0.7)$

IOL =estimated power of the IOL to be implanted

IOL_{pre} =power of the IOL as before refractive surgery

RC =refractive change after refractive surgery at the spectacle plane

3. Modified Masket method

: $IOL = IOL_{post} + (RC \times 0.4385) + 0.0295$

IOL =adjusted power of the IOL to be implanted

IOL_{post} =calculated IOL power after refractive surgery

RC =refractive change after refractive surgery at the corneal plane

4. Haigis-L method

: IOL Master[®](version 5.02)에 포함되어 있는 공식

r_{corr} =corrected radius

r_{meas} =corneal radius measured with the IOL Master[®]

$$r_{corr} = \frac{331.5}{-5.1625 \times r_{meas} + 82.2603 - 0.35}$$

앞의 세가지 검사법은 <http://iol.ascrs.org>에 접속하여 계산에 필요한 수술 전, 후 검사 값을 입력하여 구하였다. Haigis-L method은 IOL Master[®] (version 5.02)에서 직접 측정된 값으로 구하였다. 이상의 4가지 측정방법을 사용하여 구한 인공수정체의 도수를 비교하였다. 그리고 인공수정체 도수계산 공식에 영향을 줄 수 있는 요인에 따른 인공수정체 도수계산 결과를 비교해 보기 위하여 절제깊이, 굴절력의 변화, 레이저조사 범위에 따른 도수계산 결과를 비교하였다. 절제 깊이는 20 μm 로 나누어 21~40 μm , 41~60 μm , 61~80 μm , 81~100 μm 각 군간의 절제 깊이 에 따른 인공수정체 도수의 차이를 분석하였다. 수술 전, 후의 굴절력의 변화는 수술 전과 수술 후의 평균대응구면치의 차이를 2.0D로 나누어 0.0~2.0D, 2.1~4.0D, 4.1~6.0D, 6.1~8.0D 군간의 굴절력의 변화에 따른 인공수정체 도수의 차이를 분석하였다. 레이저조사 범위는 6.5 mm 미만, 6.5 mm 이상으로 나누어 인공수정체 도수의 차이를 분석하였다.

통계학적 분석은 SPSS version 12.0을 사용하였고 모든 결과는 Kolmogorov-Smirnov test를 사용하여 정규성을 검정하였다. 각각의 측정방법 간의 비교를 위하여 Repeated Measure (RM) ANOVA를 이용하였으며 사후분석은 Bonferroni method를 이용하였다. 유의수준은 0.05 미만의 p 값을 나타내는 경우로 하였다.

결 과

대상이 된 환자는 25명 50안으로, 남자는 11명(22안), 여자는 14명(28안)이었고 평균연령은 수술 시에 27.04 ± 2.04 세였다. 굴절교정수술 시행 전 현성굴절검사는 $-4.03 \pm 1.90D$ 이었고, 교정 전 나안시력은 1.15 ± 0.06 (logMAR), 최대 교정시력은 -0.05 ± 0.05 (logMAR)이었다. 수술 전 중심 각막두께는 $544.16 \pm 23.74 \mu m$ 이었다(Table 1).

4가지 공식으로 측정한 인공수정체 도수는 Kolmogorov-Smirnov test를 시행한 결과 모두 정규성을 만족하였다. 인공수정체 도수의 평균은 Clinical history method는 $23.65 \pm 2.50D$, Feiz-Mannis method는 $24.45 \pm 3.06D$, Feiz-Mannis method는 $24.45 \pm 3.06D$, Modified Masket method

Table 1. Demographics of the patients

	Mean±SD	Range
Age (years)	27.04±2.04	23~30
Manifest refraction spherical equivalent (diopters)	-4.03±1.90	-1.87~-7.5
Uncorrected visual acuity (logMAR)	1.15±0.06	1.65~0.70
Best corrected visual acuity (logMAR)	-0.05±0.05	0.00~-0.10
Corneal thickness (μm)	544.16±23.74	513~578

Table 2. Calculated IOL power using the different methods after LASEK (n=50)

Method	IOL power (diopters)			Bonferroni	p-value*
	Mean±SD	Median	Range		
Clinical history (C)	23.65±2.50	23.95	19.75~27.72	F>C=H>M	0.000
Feiz-Mannis (F)	24.45±3.06	24.17	20.02~29.00		
Modified Masket (M)	22.89±2.11	22.48	19.85~26.64		
Haigis-L (H)	23.80±2.50	23.39	21.33~27.07		

*RM ANOVA.

Table 3. Calculated IOL power using the different methods according to ablation depth

Ablation depth (μm)	n	Clinical history (C) [†]	Feiz-Mannis (F) [†]	Modified Masket (M) [†]	Haigis-L (H) [†]	Bonferroni	p-value*
21~40	10	21.77±0.64	21.92±0.69	21.34±0.26	22.02±0.30	F=H>C=M	0.005
41~60	21	22.63±1.99	23.00±2.11	22.01±1.34	23.10±1.12	F=H>C=M	0.011
61~80	9	24.07±2.43	25.72±2.43	22.87±1.83	23.90±1.81	F>C=H>M	0.000
81~100	10	27.28±0.53	28.88±0.18	26.25±0.45	26.98±0.12	F>C=H>M	0.000

*RM ANOVA; [†]diopters.

Table 4. Calculated IOL power using the different methods according to refractive change

Refractive change [†]	n	Clinical history (C) [†]	Feiz-Mannis (F) [†]	Modified Masket (M) [†]	Haigis-L (H) [†]	Bonferroni	p-value*
0.0~2.0	7	21.43±0.52	21.55±0.55	21.19±0.04	21.80±0.17	-	0.056
2.1~4.0	21	22.40±2.06	22.75±2.19	21.89±1.43	23.06±1.16	F=H>C=M	0.000
4.1~6.0	10	25.85±2.38	26.70±2.85	24.77±2.36	25.23±2.37	F>C=H>M	0.000
6.1~8.0	12	25.30±1.38	27.24±1.50	24.08±1.74	25.10±1.80	F>C=H>M	0.000

*RM ANOVA; [†]diopters.

는 22.89±2.1D, Haigis-L method는 23.80±2.50D로 각 공식간의 인공수정체 도수는 유의한 차이를 보였다($p=0.000$). 공식간의 차이는 Bonferroni 법을 이용하여 사후 분석을 시행한 결과 Feiz-Mannis method가 가장 높게 계산되었고, Modified Masket method가 가장 낮게 계산되었으며, Clinical history method와 Haigis-L method는 비슷하게 계산되었다(Table 2).

절제 깊이에 따른 차이를 알아보기 위하여 분석한 결과 모든 군(21~40 μm, 41~60 μm, 61~80 μm, 81~100 μm)에서 공식간의 인공수정체 도수는 차이를 보였고($p<0.05$), 61 μm 이상 절제한 군(61~80 μm, 81~100 μm)에서는 전체 환자에서 구한 각 공식간의 검사결과와 같게 Feiz-Mannis method가 가장 높게 계산되었고, Modified Masket method가 가장 낮게 계산되었으며, Clinical history method와 Haigis-L method는 비슷하게 계산되었다. 하지만 60 μm 이하로 절제한 군(21~40 μm, 41~60 μm)에서는 전체 환

자에서 구한 검사결과와 분포와는 다르게 Feiz-Mannis method와 Haigis-L method가 Clinical history method와 Modified Masket method 보다 높게 계산되었다(Table 3).

굴절력의 변화에 따른 인공수정체 도수계산 결과를 비교해보면 굴절력의 변화가 2.1D 이상인 군(2.1~4.0D, 4.1~6.0D, 6.1~8.0D)에서는 모두 각 공식간의 인공수정체 도수의 차이를 보였으나($p=0.000$), 2.0D 이하인 군(0.0~2.0D)에서는 각 공식간의 차이를 보이지 않았다. 각 공식간의 차이를 보인 군 중 4.1~6.0D, 6.1~8.0D 두 군에서는 전체 환자에서 구한 각 공식간의 검사결과와 같은 분포로 Feiz-Mannis method가 가장 높게 계산되었고, Modified Masket method가 가장 낮게 계산되었으며, Clinical history method와 Haigis-L method는 비슷하게 계산되었다. 하지만 2.1~4.0D군에서는 Feiz-Mannis method와 Haigis-L method가 Clinical history method와 Modified Masket method 보다 높게 계산되었다(Table 4).

Table 5. Calculated IOL power using the different methods according to ablation zone

Ablation zone (mm)	n	Clinical history (C) [†]	Feiz-Mannis (F) [†]	Modified Masket (M) [†]	Haigis-L (H) [†]	Bonferroni	p-value*
< 6.5	18	26.10±1.61	27.79±1.49	24.92±1.86	25.76±1.76	F>C>H>M	0.000
≥ 6.5	32	22.27±1.75	22.57±1.87	21.75±1.19	22.71±1.56	F>C=H>M	0.000

*RM ANOVA; [†]diopeters.

레이저 조사범위에 따른 도수계산의 비교에서는 6.5 mm 미만, 6.5 mm 이상 두군 모두 각 공식간의 인공수정체 도수는 차이를 보였고($p=0.000$), 그 중 6.5 mm 이상인 군에서 전체 환자에서 구한 각 공식간의 검사결과와 같게 Feiz-Mannis method가 가장 높게 계산되었고, Modified Masket method가 가장 낮게 계산되었으며, Clinical history method와 Haigis-L method는 비슷하게 계산되었다. 하지만 6.5 mm 미만인 군에서는 전체 환자에서 구한 검사 결과의 분포와는 다르게 Feiz-Mannis method, Clinical History method, Haigis-L method, Modified Masket method 순으로 높게 계산되었다(Table 5).

고 찰

수술을 하기 위하여 필요한 인공수정체 도수계산에는 여러 공식이 사용되는데, 각 공식은 각막곡률과 안축장에 의해 인공수정체 도수를 결정하게 된다. 하지만 굴절교정수술을 시행받은 환자에서 각막곡률값이 실제와 다르게 측정되어 인공수정체 도수계산에 오차가 발생할 수 있다.^{1,15}

굴절교정수술을 시행받은 환자에서 백내장 수술을 받기 위하여 인공수정체 도수계산의 오차가 발생하는 원인은 크게 두 가지에 기인한다. 첫 번째는 수술 후 측정된 각막굴절력이 실제보다 크게 측정되어 발생하는 오차이다. 수술 후 발생하는 각막전면의 불규칙성에 의하여 각막전면의 곡률반경의 측정이 정확하지 않고 근시교정수술의 경우에는 측정된 곡률반경이 실제보다 작게 측정될 수 있고,¹⁵ 각막곡률계로 각막곡률을 측정할 때 특정한 유효 굴절지수(effective refractive index)를 사용하게 되는데 굴절교정수술후에 각막전면과 후면의 거리차가 좁아지기 때문에 이러한 유효 굴절지수를 적용할 때 오차가 발생하게 된다.^{1,3,16,17} 두 번째는 인공수정체 도수계산에 사용되는 유효렌즈위치(effective lens position)가 실제보다 짧게 측정되어 결과적으로 인공수정체 도수도 실제 필요한 도수보다 작게 측정될 수 있다.^{6,7,18}

따라서 굴절교정수술을 받은 후 변화된 각막곡률값을 보정하여 정확한 인공수정체 도수계산을 하기 위한 여러 방법들이 고안되었다. 크게 수술 전 자료가 필요한 방법과 필요하지 않은 방법으로 나누어 볼 수 있는데 전자는 Clinical

history method³, Feiz-Mannis method⁴, Masket method⁵, modified Masket method, Maloney method⁶ 등이 있다. 후자로는 Contact lens method,^{3,8-10} Videokeratography method,^{7,11,12} Wang-Koch-Maloney method⁶ 등이 있다. 하지만 수술 전 자료가 없는 경우에 사용할 수 있는 방법은 인공수정체 도수계산을 위하여 일반적으로 시행하는 검사 이외에 각 방법에 필요한 검사들을 추가로 시행해야 하는 불편함이 있고 각막형태검사제에 의한 각막굴절력의 측정의 정확성에 대하여는 논란의 여지가 있다.^{13,19}

따라서 본 연구에서는 수술 전 검사 결과가 필요하지 않은 인공수정체 도수계산 방법 중 추가적인 검사가 필요하지 않은 IOL Master[®] (version 5.02)의 Haigis-L method를 이용한 방법과 술전 검사 결과가 필요한 다른 방법을 비교해 보았다. Haigis-L method는 IOL Master[®]의 version 5.0 이상에 포함되어 있는 공식으로 굴절교정수술을 받은 환자의 인공수정체 도수계산에서 여러 장점을 가지고 있다. 일반적인 인공수정체 도수계산을 할 때와 비교하여 추가적인 검사가 필요하지 않아 시간이 절약되고 환자의 불편을 최소화 할 수 있으며 경제적 부담이 적다. 또한 인공수정체 도수계산에 있어 유효렌즈위치가 필요하지 않아 부정확한 유효렌즈 위치에 의한 오차를 줄일 수 있다. IOL Master[®]로 측정된 각막굴절력이 수동각막굴절계로 측정된 각막굴절력을 Clinical history method로 보정한 각막굴절력과 비슷한 결과를 보이므로 부정확한 각막굴절력에 의한 도수계산의 오차를 줄일 수 있다.

본 연구에서 비교해본 4가지 방법 중에 비교적 Haigis-L method가 Clinical history method와 비슷한 결과를 보였고 Feiz-Mannis method가 가장 높게 측정되고 Modified Masket method는 가장 낮게 측정되어 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 하지만 이런 결과는 절제 깊이나 굴절력의 변화, 레이저 조사 범위에 따라 다르게 나올 수 있으므로 각각의 변수별로 나누어서 분석하였다. 절제 깊이와 굴절력의 변화에 따른 결과를 보면 절제 깊이가 60 μ m 이하, 굴절력의 변화가 4.0D 이하인 경우에는 위에서 보여준 전체 환자의 검사결과와 다르게 Haigis-L method가 Clinical history method보다 높게 계산되었다. 따라서 절제 깊이가 작거나 굴절력의 변화가 작은 경우 Clinical history method 보다는 Haigis-L method로 측정된 인공수정체 도수를 사용

하는 것이 수술 후 원시를 예방할 수 있을 것으로 생각한다.

Seitz et al은 절제 깊이가 깊을수록, 굴절력의 변화가 클수록 수술 후 측정된 각막굴절력이 실제보다 더 크게 측정된다고 보고하였다.² 따라서 수술 후 측정된 각막굴절력을 사용하는 Haigis-L method와 Modified Masket method가 Feiz-Mannis method와 Clinical history method에 비하여 절제 깊이가 깊은 경우나 굴절력의 변화가 큰 경우 오차가 더 크게 발생할 수 있어 수술 전 측정된 각막굴절력을 사용하는 Feiz-Mannis method와 Clinical history method를 사용하여 하여 구한 인공수정체 도수가 보다 정확할 것으로 생각된다. 그리고 본 연구에서는 절제깊이가 비교적 깊거나(60 μ m 이상), 굴절력의 변화가 큰 경우(4.1D 이상) Clinical history method와 Haigis-L method이 비슷한 값으로 계산되었으므로 실제로 계산되는 값 중 보다 큰 값을 선택하는 것이 수술 후 원시를 예방할 수 있을 것으로 생각한다.

레이저 조사 범위에 따른 차이는 6.5 mm 미만인 군에서는 전체 환자에서 구한 검사결과와 분포와는 다르게 Clinical History method가 Haigis-L method보다 크게 나왔다. 이는 이전 연구에 의하면 6.0 mm에 비하여 6.5 mm로 레이저 조사를 한 군에서 high order aberration가 더 적게 나타나는 것으로 보고하였다.²⁰ 따라서 레이저 조사 범위가 작은 경우에는 high order aberration이 더 크게 나타나 수술 후 정확한 각막굴절력을 얻는데 어려움이 있어 수술 전 측정된 각막굴절력을 사용하는 Feiz-Mannis method와 Clinical history method가 수술 후 측정된 각막굴절력을 사용하는 Haigis-L method와 Modified Masket method에 비하여 인공수정체 값이 높게 계산되었을 것으로 보인다.

굴절교정수술을 받은 환자가 백내장 수술을 위하여 인공수정체 도수계산을 할 때 술 전 자료가 없을 때 사용하는 방법인 Haigis-L method을 이용하여 인공수정체 도수계산을 하여 술 전 자료가 있는 환자에서 사용하는 Clinical history method와 비슷한 결과를 나타내었다. 따라서 굴절교정수술 전 자료가 없는 환자에서 Haigis-L method를 이용하면 비교적 정확한 인공수정체 도수를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 그리고 인공수정체 도수계산에 영향을 줄 수 있는 절제 깊이, 굴절력의 변화, 레이저 조사 범위도 고려하여야 한다. 따라서 본 연구에서 사용된 4가지 방법 중 절제 깊이가 60 μ m 이하이거나 굴절력의 변화가 4.0D 이하인 경우에는 Haigis-L method, 절제 깊이가 61 μ m 이상이거나 굴절력의 변화가 4.1D 이상인 경우에는 Clinical history method와 Haigis-L method 중에 보다 큰 값으로 계산된 방법을 선택하는 것이 수술 후 발생할 수 있는 원시를 예방하고 보다 정확한 인공수정체 도수를 정할 수 있

을 것으로 생각한다. 레이저 조사 범위에 따른 도수계산 방법의 결정은 6.5 mm 미만인 경우에는 Clinical History method, 6.5 mm 이상인 경우 Clinical history method와 Haigis-L method 중에 보다 큰 값으로 계산된 방법을 선택하는 것이 보다 정확한 인공수정체 도수를 결정하는 데 도움이 될 것으로 생각한다.

본 연구에서는 대상을 다양한 굴절교정수술 중 LASEK을 받은 환자로 한정하였고, 정시에 가까운 결과를 보여준다고 알려진 Clinical history method와 비교하였다. 따라서 추후 다양한 굴절교정수술을 받은 환자를 대상으로 백내장 수술을 시행하여 실제로 얻어진 굴절이상을 확인해보는 연구가 필요할 것으로 생각한다.

참고문헌

- 1) Hamilton DR, Hardten DR. Cataract surgery in patients with prior refractive surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2003;14:44-53.
- 2) Seitz B, Langenbucher A, Nguyen NX, et al. Underestimation of intraocular lens power calculation for cataract surgery after myopic photorefractive keratectomy. *Ophthalmology* 1999;106:693-702.
- 3) Holladay JT. Consultations in refractive surgery. *Refract Corneal Surg* 1989;5:203.
- 4) Feiz V, Mannis MJ, Garcia-Ferrer F, et al. Intraocular lens power calculation after laser in situ keratomileusis for myopia and hyperopia: a standardized approach. *Cornea* 2001;20:792-7.
- 5) Maket S, Masket SE. A Simple refraction formula for IOL power adjustment in eyes requiring cataract surgery following excimer laser photorefractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:430-4.
- 6) Koch DD, Wang L. Calculating IOL power in eyes that have had refractive surgery. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:2039-42.
- 7) Shammas HJ, Shammas MC. No-history method of intraocular lens power calculation for cataract surgery after myopic laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:31-6.
- 8) Hoffer KJ. Intraocular lens power calculation for eyes after refractive keratectomy. *J Refract Surg* 1995;11:490-3.
- 9) Seitz B, Langenbucher A. Intraocular lens power calculation in eyes after corneal refractive surgery. *J Refract Surg* 2000;16: 349-61.
- 10) Haigis W. Corneal power after refractive surgery for myopia: contact lens method. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1397-411.
- 11) Ceikkol L, Pavlopoulos G, Weinstein B, et al. Calculation of intraocular lens power after radial keratotomy with computerized videokeratography. *Am J Ophthalmol* 1995;120:739-50.
- 12) Shammas HJ, Shammas MC, Garabet A, et al. Correcting the corneal power measurements for intraocular lens calculations after myopic laser in situ keratomileusis. *Am J Ophthalmol* 2003;136: 426-32.
- 13) Tsilimbaris MK, Vlachonikolis IG, Siganos D. Comparison of keratometric readings as obtained by Javal Ophthalmometer and Corneal Analysis System (EyeSys). *Refract Corneal Surg* 1991;7:368-73.
- 14) Haigis W. Intraocular lens calculation after refractive surgery for myopia: Haigis-L formula. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1658-63.
- 15) Kalski RS, Danjoux JP, Fraenkel GE, et al. Intraocular lens power calculation for cataract surgery after photorefractive keratectomy for high myopia. *J Refract Surg* 1997;13:362-6.

- 16) Olsen T. On the calculation of power from curvature of the cornea. Br J Ophthalmol 1986;70:152-4.
- 17) Patel S, Alio JL, Perez-Santonja JJ. Refractive index change in bovine and human corneal stroma before and after LASIK: a study of untreated and retreated corneas implicating stromal hydration. Invest Ophthalmol Visual Sci 2004;45:3523-30.
- 18) Aramberri J. Intraocular lens power calculations after corneal refractive surgery: Double-K method. J Cataract Refract Surg 2003;29:2063-8.
- 19) Seitz B, Langenbucher A, Fisher S, et al. The regularity of laser keratotomy depth in nonmechanical trephination for penetrating keratoplasty. Ophthalmic Surg Lasers 1998;29:33-42.
- 20) Seo KY, Lee JB, Kang JJ, et al. Comparison of higher-order aberrations after LASEK with a 6.0 mm ablation zone and a 6.5 mm ablation zone with blend zone. J Cataract Refract Surg 2004;30:653-7.

=ABSTRACT=

Intraocular Lens Power Calculation Using Haigis-L Method After Corneal Refractive Surgery

Yong Jun Yun, MD, Joo Young Kwag, MD, Si Hwan Choi, MD, PhD

Department of Ophthalmology, Chungnam National University College of Medicine, Daejeon, Korea

Purpose: To evaluate the Haigis-L method of IOL Master that does not require preoperative data for intraocular lens (IOL) power calculations and compare the results with other methods requiring preoperative data.

Methods: Fifty eyes of 25 patients who had undergone laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) and were followed for 1 month or longer were selected for this study. IOL power was calculated by four different methods: clinical history method, Feiz-Mannis method, modified Masket method, and Haigis-L method.

Results: The mean calculated IOL powers showed the following results: clinical history method; 23.65 D, Feiz-Mannis method; 24.45D, modified Masket method; 22.89D, and Haigis-L method; 23.80D. Each IOL power differed statistically from others ($p=0.000$). The difference between each method was analyzed by the Bonferroni test, with the Feiz-Mannis method showing the highest result and the modified Masket method, the lowest. The clinical history method and Haigis-L method presented similar results.

Conclusions: For patients without data prior to corneal refractive surgery, the Haigis-L method is as accurate as the clinical history method. Therefore, comparatively accurate results can be produced in IOL power calculations using the Haigis-L method after corneal refractive surgery.

J Korean Ophthalmol Soc 2010;51(5):664-669

Key Words: Haigis-L method, IOL master, IOL power calculation, LASEK, Refractive surgery

Address reprint requests to **Si Hwan Choi, MD, PhD**

Department of Ophthalmology, Chungnam National University Hospital

#640 Daesa-dong, Jung-gu, Daejeon 301-721, Korea

Tel: 82-42-280-7609, Fax: 82-42-255-3745, E-mail: shchoi@cnu.ac.kr