인공수정체 종류에 따른 저간섭성 반사계의 도수 공식 정확성 비교

Comparison of the Accuracies of Intraocular Lens Power Formulae by the Type of Implanted Lens

최진주 · 김하경 · 이가영

Jin Ju Choi, MD, Ha Kyoung Kim, MD, PhD, Kayoung Yi, MD, PhD

한림대학교 의과대학 강남성심병원 안과학교실

Department of Ophthalmology, Hallym University Kangnam Sacred Heart Hospital, Hallym University College of Medicine, Seoul, Korea

Purpose: We compared the accuracies of formulae used to calculate intraocular lens (IOL) powers when predicting post-operative refraction, by the type of lens.

Methods: We retrospectively reviewed the medical records of 445 eyes (332 patients) that had undergone phacoemulsification and posterior chamber lens implantation between January 2017 and December 2019. Axial length was measured via optical low-coherence reflectometry (Lenstar LS900; Haag-Streit, Bern, Switzerland). The IOLs implanted were all one-piece acrylic IOLs, thus, the ALCON SN60WF (215 eyes), the TECNIS ZCB00 (139 eyes), and the MBI SAL302AC (91 eyes). The mean absolute errors (MAEs) and mean numerical errors (MNEs) were calculated using the SRK-2, SRK/T, Hoffer Q, Holladay, Olsen, and Barrett formulae 1-2 weeks after surgery.

Results: For the ALCON SN60WF, the Haggis formula yielded the lowest power and thus tended to be myopic, but we found no significant difference in the MAE. For the TECNIS ZCB00, the Olsen formula yielded the lowest power and thus tended to be myopic, and the Barrett formula yielded the lowest MAE. For the MBI SAL302AC, all MAEs and MNEs were similar.

Conclusions: Depending on the IOL type, the IOL power calculation formulae differed in terms of predicting postoperative refraction.

J Korean Ophthalmol Soc 2021;62(3):315-321

Keywords: Intraocular lens power formula, Intraocular lenses, Low-coherence reflectometry, Postoperative refraction

과거에 백내장수술이 단순히 혼탁해진 수정체를 제거하는 것을 목적으로 시행되었다면, 최근에는 시력호전을 목표로 하는 굴절수술로 생각되고 있다. 따라서 보다 정확한 인공수정체도수 결정을 위한 안구생체계측과 인공수정

체도수 산출이 중요해지고 있다.

전통적으로 접촉식 초음파(applanation ultrasonography)를 통해 안축장을 측정하고 인공수정체도수를 결정하는 것이 백내장수술 전 표준 검사로 시행되었으나,^{1,2} 최근에는 광학적인 방법으로 한 번의 검사를 통해 여러 안구생체계측 변수를 얻고, 그에 따라 여러 계측 변수를 입력함으로써 인공수정체 계산공식의 예측도가 더욱 정확해지고 있다.³⁻⁷ SRK-2, SRK/T, Hoffer Q, Holladay, Haggis, Olsen, Barrett 등 여러 공식을 통해 도수를 산출하고 그에 의한 술 후 굴절값을 비교하여 공식 간 정확성을 비교해 보았을 때 유의한 차이가 있는지 많은 연구가 진행되어왔다.^{3,8-11}

그러나 아직까지 국내에서 이러한 최신 공식들을 포함하

■ Received: 2020. 5. 28. ■ Revised: 2020. 6. 28.

■ Accepted: 2021. 2. 22.

■ Address reprint requests to **Kayoung Yi, MD, PhD**
Department of Ophthalmology, Hallym University Kangnam
Sacred Heart Hospital, #1 Singil-ro, Yeongdeungpo-gu, Seoul
07441, Korea
Tel: 82-2-6960-1240, Fax: 82-2-6960-1245
E-mail: kayoungyi@yahoo.co.kr

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

© 2021 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.

여 인공수정체 종류에 따른 도수 예측도에 대한 비교 연구가 없었다. 본 연구에서는 백내장수술 시 삽입한 인공수정체 종류에 따라 저간섭성 반사계(Lenstar LS900[®]; Haag-Streit, Bern, Switzerland)를 이용한 SRK-2, SRK/T, Hoffer Q, Holladay, Hags, Olsen, Barrett 공식 간의 술 후 굴절력 예측 정확성을 비교해보고자 하였다.

대상과 방법

2017년 1월부터 2019년 12월까지 수정체유화술 및 후방 인공수정체삽입술을 받은 332명의 445안을 대상으로 의무 기록을 후향적으로 분석하였다. 인공수정체는 ALCON[®] SN60WF (1-piece acrylic IOL)가 215안에서, TECNIS[®] ZCB00 (1-piece acrylic IOL)가 139안에서, MBI[®] SAL302AC (1-piece acrylic IOL)가 91안에서 사용되었다.

심한 백내장, 환자의 낮은 협조도 등의 이유로 Lenstar LS900[®]으로 측정이 불가능한 경우, 각막질환 혹은 망막질환이 있는 경우, 이전에 굴절교정술을 받은 경우, 유리체절제술과 병합수술을 받은 경우, 또한 수술 중 후낭파열이나 유리체탈출 등의 합병증이 발생하여 인공수정체를 난 내에 넣지 않은 경우는 연구에서 제외하였다. 또한, 술 전 굴절

값(spherical equivalent, 구면 대응치)이 -6 diopter (D) 이상이거나 안축장이 26 mm 이상인 경우는 본 연구에서 제외하였다.

수술 전 Lenstar LS900[®] 검사는 한 명의 숙련된 검사자에 의해 시행되었고, 인공수정체도수 계산 시에는 장비가 측정한 안축장, 각막굴절력 및 안구생체계측 변수로 장비에 내장된 인공수정체도수 계산 프로그램을 이용하였다. 목표 굴절력은 각 공식들을 비교하여 비교적 정시에 가장 가까운 근시값을 택하였고, 환자가 원하는 경우에는 반대안의 굴절력을 고려하여 목표 도수를 정하였다.

ALCON[®] SN60WF 및 TECNIS[®] ZCB00를 삽입한 모든 백내장수술은 결막하마취 후 단일 술자에 의하여 상측 투명 각막절개(2.75 mm)로 백내장초음파유화술을 시행하였고, 수술 절개창은 봉합하지 않고 절개창의 각막수화를 시행한 후 수술을 종료하였다. MBI[®] SAL302AC를 삽입한 모든 백내장수술은 구후마취 후 다른 단일 술자에 의하여 상측 투명 각막절개(2.75 mm)로 백내장초음파유화술을 시행하였고, 수술 절개창은 봉합하지 않고 절개창의 각막수화를 시행한 후 수술을 종료하였다.

도수 산출 공식의 실제오차는 술 후 자동굴절검사 결과의 구면렌즈대응치에서 술 전 도수 산출 공식에서 계산된

Table 1. Demographic characteristics of enrolled patients

	ALCON [®] SN60WF	TECNIS [®] ZCB00	MBI [®] SAL302AC	p-value*
Number of patients (eyes)	151 (215)	107 (139)	73 (91)	-
Sex (male:female)	75:140	57:82	34:57	-
Age (years)	76.73 ± 5.81	62.36 ± 7.68	70.03 ± 7.42	-
Preoperative refraction (SE)	0.18 ± 2.28	-1.15 ± 2.99	0.40 ± 1.94	0.000
Axial length (mm)	23.30 ± 0.82	23.46 ± 0.95	23.54 ± 1.07	0.070
Central corneal thickness (μm)	531.79 ± 41.15	544.14 ± 52.73	530.02 ± 43.66	0.020
Aqueous depth (mm)	2.48 ± 0.42	2.63 ± 0.38	2.52 ± 0.36	0.787
Anterior chamber depth (mm)	3.00 ± 0.89	3.18 ± 0.38	3.04 ± 0.38	0.000
Lens thickness (mm)	4.69 ± 0.41	4.38 ± 0.41	4.57 ± 0.41	0.534
Mean keratometry (D)	44.52 ± 1.57	44.44 ± 1.39	44.07 ± 1.49	0.053

Values are presented as mean ± standard deviation or number (%).

SE = spherical equivalent; D = diopters.

*Statistical significance was tested by analysis of variance test.

Table 2. Information of three types of intraocular lens

	ALCON [®] SN60WF	TECNIS [®] ZCB00	MBI [®] SAL302AC
Optic type	Biconvex, Aspheric	Biconvex, Aspheric	Biconvex, Aspheric
A constant	118.7	118.8	118.7
Piece	1	1	1
Optic size (mm)	6.0	6.0	6.0
Overall length (mm)	13.0	13.0	13.0
Haptic angulation	0	0	0
Material	Acrylic	Acrylic	Acrylic

예측 굴절값을 뺀 값으로 정의하였다. 음의 실제오차는 술 후 굴절력이 예상보다 근시임을, 양의 실제오차는 원시임을 뜻한다. 술 후 굴절력이 예측 굴절력에 비해 근시화 또는 원시화되는지 알아보고자 이를 비교하였다. 절대오차는 오차의 절대치를 계산한 값들의 평균으로 산출하였다. 원시화 및 근시화 경향과 무관하게 예측 굴절력의 정확성을 알아보고자 이를 비교하였다. 실제오차와 절대오차의 단위는 디옵터를 사용하였고 D로 표기하였다. 백내장수술 1-2주 뒤에 각 공식의 실제오차와 절대오차를 분석하였다.

본 연구는 강남성심병원 임상시험심사위원회(Institutional Review Board, IRB)/윤리위원회에서 검토 및 승인하였다 (승인 번호: 2020-04-003). 각 도수 산출 공식 간에 각각의 절대오차 및 실제오차를 one-way analysis of variance test를 통하여 도수 산출 공식들의 수술 후 정확도를 비교하

였고, 분석 후 사후검정은 Scheffé test를 사용하였다. 통계학적 분석은 SPSS 26.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 이용하였고, p 값이 0.05 미만인 경우를 통계학적으로 유의하다고 정의하였다.

결 과

대상 인원은 332명 445안으로, ALCON® SN60WF (1-piece acrylic IOL)이 152명 215안, TECNIS® ZCB00 (1-piece acrylic IOL)이 107명 139안, MBI® SAL302AC (1-piece acrylic IOL)이 73명 91안이었다. ALCON® SN60WF군에서는 남자가 75명(34.9%), 여자가 140명(65.1%)이었으며 평균 나이는 76.73 ± 5.81 세였다. 술 전 평균 구면 대응치는 0.18 ± 2.28 D였고, 평균 안축장은 23.30 ± 0.82 mm, 평균

Table 3. Comparison of mean numeric errors and mean absolute errors between Intraocular Lens Power Formulas using ALCON® SN60WF

	Mean numeric errors (D)	Mean absolute errors (D)
SRK-2	-0.07 ± 0.65	0.50 ± 0.43
SRK/T	-0.14 ± 0.68	0.52 ± 0.45
Hoffer Q	-0.11 ± 0.52	0.42 ± 0.32
Holladay	-0.14 ± 0.53	0.42 ± 0.36
Hagis	-0.04 ± 0.53	0.43 ± 0.31
Olsen	-0.07 ± 0.52	0.40 ± 0.34
Barrett	-0.06 ± 0.96	0.43 ± 0.86
p -value*	0.019	>0.05

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

D = diopters.

*Statistical significance was tested by analysis of variance test.

Table 4. Comparison of mean numeric errors and mean absolute errors between Intraocular Lens Power Formulas using TECNIS® ZCB00

	Mean numeric errors (D)	Mean absolute errors (D)
SRK-2	-0.35 ± 0.62	0.55 ± 0.45
SRK/T	-0.34 ± 0.49	0.47 ± 0.37
Hoffer Q	-0.26 ± 0.53	0.45 ± 0.38
Holladay	-0.31 ± 0.50	0.46 ± 0.37
Hagis	-0.27 ± 0.53	0.47 ± 0.37
Olsen	-0.14 ± 0.53	0.42 ± 0.36
Barrett	-0.15 ± 0.49	0.40 ± 0.32
p -value*	0.003	0.042

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

D = diopters.

*Statistical significance was tested by analysis of variance test.

Figure 1. Mean numeric errors according to the types of intraocular lens. The mean numeric error was defined as the postoperative spherical equivalent (SE) minus the preoperatively predicted SE. D = diopters.

Figure 2. Mean absolute errors according to the types of intraocular lens. The mean absolute error was defined as the difference between the preoperatively predicted spherical equivalent (SE) and the postoperative SE. D = diopters.

전방깊이는 3.00 ± 0.89 mm, 평균 각막곡률은 44.52 ± 1.57 D였다. TECNIS® ZCB00군에서는 남자가 57명(41.0%), 여자가 82명(59.0%)이었으며 평균 나이는 62.36 ± 7.68 세였다. 술 전 평균 구면대응치는 -1.15 ± 2.99 D였고, 평균 안축장은 23.46 ± 0.95 mm, 평균 전방깊이는 3.18 ± 0.38 mm, 평균 각막곡률은 44.44 ± 1.39 D였다. MBI® SAL302AC군에서는 남자가 34명(37.4%), 여자가 57명(62.6%)이었으며 평균 나이는 70.03 ± 7.42 세였다. 술 전 평균 구면대응치는 0.40 ± 1.94 D였고, 평균 안축장은 23.54 ± 1.07 mm, 평균 전방깊이는 3.04 ± 0.38 mm, 평균 각막곡률은 44.07 ± 1.49 D였다(Table 1). 인공수정체는 모두 1-piece acrylic IOL이고, 전체 크기는 13.0 mm, 광학부 크기는 6.0 mm로 동일하였다(Table 2).

ALCON® SN60WF군에서 SRK-2, SRK/T, Hoffer Q, Holladay, Haggis, Olsen, Barrett 공식의 수술 1-2주 후의 실제오차는 각각 -0.07 ± 0.65 D, -0.14 ± 0.68 D, -0.11 ± 0.52 D, -0.14 ± 0.53 D, -0.04 ± 0.53 D, -0.07 ± 0.52 D, -0.06 ± 0.96 D였으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.019$) (Table 3, Fig. 1). 수술 1-2주 후의 절대오차는 각각 0.50 ± 0.43 D, 0.52 ± 0.45 D, 0.42 ± 0.32 D, 0.42 ± 0.36 D, 0.43 ± 0.31 D, 0.40 ± 0.34 D, 0.43 ± 0.86 D였으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 3, Fig. 2). 수술 1-2주 후의 절대오차가 가장 작은 Hoffer Q, Holladay, Olsen 공식을 서로 비교하였으나 이는 모두 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$) (Fig. 3).

TECNIS® ZCB00군에서 SRK-2, SRK/T, Hoffer Q, Holladay, Haggis, Olsen, Barrett 공식의 수술 1-2주 후의 실제오차는 각각 -0.35 ± 0.62 D, -0.34 ± 0.49 D, $-0.26 \pm$

0.53 D, -0.31 ± 0.50 D, -0.27 ± 0.53 D, -0.14 ± 0.53 D, -0.15 ± 0.49 D였으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.003$) (Table 4, Fig. 1). 수술 1-2주 후의 절대오차는 각각 0.55 ± 0.45 D, 0.47 ± 0.37 D, 0.45 ± 0.38 D, 0.46 ± 0.37 D, 0.47 ± 0.37 D, 0.42 ± 0.36 D, 0.40 ± 0.32 D였으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p=0.042$) (Table 4, Fig. 2). 수술 1-2주 후의 절대오차가 가장 작은 Hoffer Q, Olsen, Barrett 공식을 서로 비교하였고, Hoffer Q 공식과 Barrett 공식은 유의한 차이를 보였으나($p=0.035$), Hoffer Q 공식과 Olsen 공식 및 Olsen 공식과 Barrett 공식은 서로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$) (Fig. 4).

MBI® SAL302AC군에서 SRK-2, SRK/T, Hoffer Q, Holladay, Haggis, Barrett 공식의 수술 1-2주 후의 실제오차는 각각 -0.72 ± 0.67 D, -0.65 ± 0.55 D, -0.58 ± 0.53 D, -0.63 ± 0.53 D, -0.52 ± 0.58 D, -0.59 ± 0.52 D였으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 5, Fig. 1). 수술 1-2주 후의 절대오차는 각각 0.82 ± 0.53 D, 0.74 ± 0.42 D, 0.66 ± 0.43 D, 0.70 ± 0.42 D, 0.64 ± 0.45 D, 0.67 ± 0.45 D였으며, 이는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$) (Table 5, Fig. 2). 수술 1-2주 후의 절대오차가 가장 작은 Hoffer Q, Haggis, Barrett 공식을 서로 비교하였으나 모두 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$) (Fig. 5).

고 찰

백내장수술 후의 시력회전 정도에 있어서 정확한 굴절력

Figure 3. Comparisons of accuracy of the predictive post-operative refraction by mean absolute error using ALCON® SN60WF (bold line in gray box = median value; bottom line of gray box = first quartile; top line of gray box = third quartile; lower end of vertical line = minimum value; upper end of vertical line = maximum value). D = diopters. * $p < 0.05$, statistically significant (paired t -test).

Figure 4. Comparisons of accuracy of the predictive post-operative refraction by mean absolute error using TECNIS® ZCB00 (bold line in gray box = median value; bottom line of gray box = first quartile; top line of gray box = third quartile; lower end of vertical line = minimum value; upper end of vertical line = maximum value). D = diopters. * $p < 0.05$, statistically significant (paired t -test).

예측은 매우 중요하다. 생체 계측 기술이 발달하고 인공수정체도수를 계산하는 공식이 다양해졌는데, SRK-2, SRK/T, Hoffer Q, Holladay, Hags, Olsen, Barrett 등의 인공수정체도수를 계산하는 공식들 중에 어떤 공식이 가장 정확한지 연구가 진행되어 왔다.

특히 안축장에 따라 어떤 공식이 정확한지에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. 짧은 안축장(22.0 mm 미만)을 가진 환자들에서는 Hoffer Q 공식이,¹²⁻¹⁶ 긴 안축장(27.0 mm 이상)을 가진 환자에서는 SRK/T 공식이 높은 정확성을 보인다고 보고된 바 있다.¹⁶ 평균적인 안축장을 가진 환자에서는 각 공식 간의 유의한 차이가 없다고 알려져 있다.^{3,8-10} 본 연구에서도 MBI® SAL302AC 인공수정체를 사용한 환자군에서 공식을 비교하였을 경우 오차는 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 5, Fig. 5). 이는 본 연구에 포함된 환자들의 안축장이 평균적인 안축장 범위(23.54 ± 1.07 mm)에 속해 있고 이러한 경우 공식 간에 차이가 없었다는 이전 논문들의 보고와 일치하는 결과였다. 그러나 ALCON® SN60WF 및 TECNIS® ZCB00 인공수정체를 삽입한 환자들은 안축장이 평균 범위(ALCON® SN60WF: 23.30 ± 0.82 mm, TECNIS® ZCB00: 23.46 ± 0.95 mm)에 속해 있음에도 불구하고 공식 간에 유의한 차이를 보였고(Fig. 4, Table 3, 4), 이는 기존의 연구들과는 다른 결과이다.

본 연구는 일체형 인공수정체의 종류에 따른 도수 산출 공식의 정확성을 비교하였으나, 인공수정체의 종류에는 일체형 및 삼체형이 존재한다. 일체형과 삼체형 인공수정체 삽입 시에 도수 산출 공식 간의 정확성을 비교한 연구들은 국내외로 있다.¹⁷⁻¹⁹ Landers and Lui¹⁷은 일체형과 삼체형 인공수정체를 삽입한 경우를 비교했을 때 술 후 구면대응치에는 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였으며, 국내의 연구에서도^{18,19} 같은 결과를 보고하였다. 하지만 본 연구는 삼체형 인공수정체와의 비교가 아닌 일체형 인공수정

체의 종류에 따른 차이를 비교하였으며, 일부에서 유의한 차이가 있었다. 또한 앞서의 연구들은 모두 적은 수에서의 비교였고 그로 인해 크지 않은 차이가 통계적으로 의미가 없게 나온 것일 수 있다고 생각된다.

백내장수술 시 ALCON® SN60WF, TECNIS® ZCB00 및 MBI® SAL302AC 인공수정체를 삽입한 각 군별로 술 전 생체계측치를 비교하였을 때 구면 대응치, 중심각막두께, 전방깊이는 유의한 차이를 보였다(Table 1). 구면 대응치가 유의한 차이를 보인 것과 달리 안축장 길이는 차이가 없었고, 이에 의미를 갖는다고 보기 어렵다. 중심각막두께는 인공수정체도수 산출 공식에 포함되는 요소가 아니므로 각 군별로 차이를 보인 것이 본 연구 결과에 영향을 주지는 않았을 것으로 생각된다. 하지만 수술 전 전방깊이는 술 후 굴절력 예측에 영향을 미친다는 연구 결과가 있는데, 안축장이 짧고 전방깊이가 얇은 경우에 굴절 오차가 크고,²⁰ Hags 공식이 정확하다고 보고되어 있다.²¹ 전방깊이에 따라 도수 공식에 따른 굴절력 예측에 영향이 있을 수 있으므로 이는 결과에 영향을 미쳤을 것으로 생각되며 본 연구의 제한점으로 볼 수 있다.

이 외에도 본 연구는 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째로는 백내장수술 후 실제 굴절력 측정 시기가 수술 후 1-2주째로 동일하지 않다는 점이다. 본 연구는 후향적으로 의무기록을 분석하였기 때문에 백내장수술 후 굴절력 측정 시기가 환자에 따라 차이를 보인다. 백내장수술 후 굴절력은 8일에서 15일 사이에 안정화된다고 알려져 있다.²² 한 술자는 일반적으로 수술 후 1일째, 1주째, 4주째 경과 관찰을 시행하였으며, 다른 술자는 수술 후 1일째, 2주째, 6주째 경과 관찰을 시행하여, 본 연구에서는 수술 1-2주 후의 결과를 바탕으로 분석을 진행하였다. 이는 본 연구의 제한점

Table 5. Comparison of mean numeric errors and mean absolute errors between Intraocular Lens Power Formulas using MBI® SAL302AC

	Mean numeric errors (D)	Mean absolute errors (D)
SRK-2	-0.72 ± 0.67	0.82 ± 0.53
SRK/T	-0.65 ± 0.55	0.74 ± 0.42
Hoffer Q	-0.58 ± 0.53	0.66 ± 0.43
Holladay	-0.63 ± 0.53	0.70 ± 0.42
Hags	-0.52 ± 0.58	0.64 ± 0.45
Barrett	-0.59 ± 0.52	0.67 ± 0.45
<i>p</i> -value*	>0.05	>0.05

Values are presented as mean ± standard deviation.

D = diopters.

*Statistical significance was tested by analysis of variance test.

Figure 5. Comparisons of accuracy of the predictive post-operative refraction by mean absolute error using MBI® SAL302AC (bold line in gray box = median value; bottom line of gray box = first quartile; top line of gray box = third quartile; lower end of vertical line = minimum value; upper end of vertical line = maximum value). D = diopters. **p* < 0.05, statistically significant (paired *t*-test).

으로 작용했을 것이라 생각된다. 두 번째로 두 명의 술자가 수술을 진행하였고 술자에 따라 사용한 인공수정체 종류가 달랐다. 술자에 따른 영향은 본 연구에서 고려하지 못하였다. 그러나 백내장수술 시 마취 방법 외의 다른 수술 방법은 두 술자에서 동일하였고, 수술 환경 및 백내장수술 시에 사용한 기계 또한 동일하였다. 서로 다른 마취 방법으로 백내장수술을 시행하였을 때 술 후 시력에 유의한 차이를 보이지 않았고 보고된 바 있다.^{23,24} 또한, 백내장수술의 술자와 관련된 내용을 포함한 많은 문헌들은 술자의 연간 수술 횟수 또는 시행해온 횟수에 초점을 맞추고 있다.²⁵⁻²⁸ 술자의 연간 수술 수와 술 후 시력, 합병증에 서로 유의한 연관성을 보인다고 보고된 바 있으나,²⁵⁻²⁷ 두 술자 모두 1년에 백내장수술을 200-250건 정도 시행하며 이에 두 술자의 연간 수술 횟수는 비슷하다고 볼 수 있다. 수술을 시행해온 횟수에도 숙련도에 있어 절대적인 기준은 없으나, 한 술자는 21년, 다른 한 술자는 34년에 걸쳐 백내장수술을 시행해왔으며, 두 술자 모두 충분히 숙련되었다고 볼 수 있다. 많은 수의 대상안을 대상으로 한 본 연구의 결과는 각기 다른 인공수정체에서 각 공식에 따라 굴절력 예측에 차이가 있을 수 있다는 것을 시사하며 보다 정확한 예측을 위해 향후 많은 환자들을 대상으로 인공수정체 종류를 고려한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

결론적으로 본 연구에서는 인공수정체 종류에 따라 공식 간의 정확성에 차이가 있음을 보였다. 백내장수술 시 ALCON® SN60WF를 삽입한 경우 모든 공식에서 근시화되는 경향을 보였지만, Haggis가 가장 적게 근시화되는 경향을 보였고, 절대오차는 유의한 차이를 보이지 않았다. 수술 시 TECNIS® ZCB00를 삽입한 경우 또한 모든 공식에서 근시화되는 경향을 보였지만, Olsen가 가장 적게 근시화되는 경향을 보였으며, Barrett이 가장 작은 절대오차를 보였다. 수술 시 MBI® SAL302AC를 삽입한 경우는 도수 산출 공식 서로 간에 실제오차와 절대오차 모두 차이를 보이지 않았다. 본 연구에서 분석한 인공수정체를 사용하는 경우에 위 결과에 대한 고려가 필요할 것으로 생각된다.

현실적으로 백내장수술 후에 굴절력을 완벽하게 예측하는 것은 어렵다. 안축장, 전방깊이, 각막굴절력 등 환자 개개인의 특성뿐만 아니라 술자에 따른 경험이나 술기의 차이도 영향을 줄 수 있기 때문이다. 백내장수술 시에는 이러한 연구 결과들을 참고하여 환자의 수술 후 만족도를 높이기 위해 노력해야 할 것이다.

REFERENCES

1) Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. J Cataract Refract Surg 1990;16:235-42.

2) Tehrani M, Krummenauer F, Blom E, Dick HB. Evaluation of the practicality of optical biometry and applanation ultrasound in 253 eyes. J Cataract Refract Surg 2003;29:741-6.

3) Olsen T, Olesen H, Thim K, Corydon L. Prediction of post-operative intraocular lens chamber depth. J Cataract Refract Surg 1990;16:587-90.

4) Cruysberg LP, Doors M, Verbakel F, et al. Evaluation of the Lenstar LS 900 non-contact biometer. Br J Ophthalmol 2010;94:106-10.

5) Yi CH, Choi SH, Chung ES, Chung TY. Accuracy of the Haigis formula based on axial length and anterior chamber depth. J Korean Ophthalmol Soc 2011;52:175-81.

6) Hsieh YT, Wang JJ. Intraocular lens power measured by partial coherence interferometry. Optom Vis Sci 2012;89:1697-701.

7) Srivannaboon S, Chirapapaisan C, Chirapapaisan N, et al. Accuracy of Holladay 2 formula using IOL Master parameters in the absence of lens thickness value. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol 2013;251:2563-7.

8) Norrby S. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 2008;34:368-76.

9) Jeong JH, Kim SG, Lee HJ, et al. Theoretical and clinical comparison of the Hoffer Q and SRK/T formulas. J Korean Ophthalmol Soc 2014;55:85-92.

10) Moschos MM, Chatziralli IP, Koutsandrea C. Intraocular lens power calculation in eyes with short axial length. Indian J Ophthalmol 2014;62:692-4.

11) Steinert RF. Cataract surgery, 3rd ed. Philadelphia: Saunders, 2010;39-47.

12) Hoffer KJ. The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas. J Cataract Refract Surg 1993;19:700-12.

13) Lee YE, Choi KR, Jun RM. Accuracy of intraocular lens power calculations according to the formulas and anterior chamber depth in short eyes. J Korean Ophthalmol Soc 2010;51:1338-44.

14) Donoso R, Mura JJ, López M, Papic A. Emmetropization at cataract surgery. Looking for the best IOL power calculation formula according to the eye length. Arch Soc Esp Oftalmol 2003;78:477-80.

15) MacLaren RE, Natkunarajah M, Riaz Y, et al. Biometry and formula accuracy with intraocular lenses used for cataract surgery in extreme hyperopia. Am J Ophthalmol 2007;143:920-31.

16) Aristodemou P, Knox Cartwright NE, Sparrow JM, Johnston RL. Formula choice: Hoffer Q, Holladay 1, or SRK/T and refractive outcomes in 8108 eyes after cataract surgery with biometry by partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 2011;37:63-71.

17) Landers J, Liu H. Choice of intraocular lens may not affect refractive stability following cataract surgery. Clin Exp Ophthalmol 2005;33:34-40.

18) Son SW, Seo JW, Shin SJ, Chung SK. Comparison of the stability between three-piece and single-piece aspheric intraocular lenses. J Korean Ophthalmol Soc 2010;51:1584-9.

19) Kang SI, Moon K, Jun JH. Accuracy of three intraocular lens-power formulas in predicting refractive outcomes in different intraocular lenses. J Korean Ophthalmol Soc 2016;57:1891-6.

20) Maeng HS, Ryu EH, Chung TY, Chung ES. Effects of anterior chamber depth and axial length on refractive error after intraocular lens implantation. J Korean Ophthalmol Soc 2010;51:195-202.

21) Shrivastava AK, Behera P, Kacher R, Kumar B. Effect of anterior chamber depth on predictive accuracy of seven intraocular lens formulas in eyes with axial length less than 22 mm. Clin Ophthalmol 2019;13:1579-86.

- 22) Lake D, Fong K, Wilson R. Early refractive stabilization after temporal phacoemulsification: What is the optimum time for spectacle prescription? J Cataract Refract Surg 2005;31:1845.
- 23) Gombos K, Jakubovits E, Kolos A, et al. Cataract surgery anaesthesia: is topical anaesthesia really better than retrobulbar? Acta Ophthalmol Scand 2007;85:309-16.
- 24) Zhao LQ, Zhu H, Zhao PQ, et al. Topical anesthesia versus regional anesthesia for cataract surgery: a meta- analysis of randomized controlled trials. Ophthalmology 2012;119:659-67.
- 25) Bell CM, Hatch WV, Cernat G, Urbach DR. Surgeon volumes and selected patient outcomes in cataract surgery: a population-based analysis. Ophthalmology 2007;114:405-10.
- 26) Habib M, Mandal K, Bunce CV, Fraser SG. The relation of volume with outcome in phacoemulsification surgery. Br J Ophthalmol 2004;88:643-6.
- 27) Campbell RJ, El-Defrawy SR, Gill SS, et al. New surgeon outcomes and the effectiveness of surgical training: a population-based cohort study. Ophthalmology 2017;124:532-8.
- 28) Cox JT, Subburaman GB, Munoz B, et al. Visual acuity outcomes after cataract surgery: high-volume versus low-volume surgeons. Ophthalmology 2019;126:1480-9.

= 국문초록 =

인공수정체 종류에 따른 저간섭성 반사계의 도수 공식 정확성 비교

목적: 백내장수술 시 삽입한 인공수정체 종류에 따라 인공수정체도수 공식 간의 굴절력 예측 정확성을 비교해보고자 하였다.

대상과 방법: 2017년 1월부터 2019년 12월까지 수정체유화술 및 후방인공수정체삽입술을 받은 332명의 445안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 분석하였다. 안축장은 저간섭성 반사계(Lenstar LS900[®]; Haag-streit, Bern, Switzerland)를 이용하여 측정하였고, 백내장수술 시 인공수정체는 ALCON[®] SN60WF (1-piece acrylic IOL, 215안), TECNIS[®] ZCB00 (1-piece acrylic IOL, 139안), MBI[®] SAL302AC (1-piece acrylic IOL, 91안)를 삽입하였다. SRK-2, SRK-T, Hoffer Q, Holladay, Olsen, Barrett 공식에 의해 계산된 예측 굴절값과 수술 1-2주 뒤에 실제 측정된 굴절값의 실제오차와 절대오차를 계산하여 분석하였다.

결과: 백내장수술 시 ALCON[®] SN60WF를 삽입한 경우 Haggis 공식이 가장 적게 근시화되는 경향을 보였고, 절대오차는 유의한 차이를 보이지 않았다. 수술 시 TECNIS[®] ZCB00를 삽입한 경우는 Olsen 공식이 가장 적게 근시화되는 경향을 보였으며, Barrett 공식이 가장 작은 절대오차를 보였다. 수술 시 MBI[®] SAL302AC를 삽입한 경우는 도수 산출 공식 서로 간에 실제오차와 절대오차 모두 차이를 보이지 않았다.

결론: 백내장수술 시 인공수정체 종류에 따라 도수 산출 공식의 술 후 굴절력 예측의 정확성은 차이를 보였다.

(대한안과학회지 2021;62(3):315-321)

최진주 / Jin Ju Choi

한림대학교 의과대학 강남성심병원 안과학교실
Department of Ophthalmology, Hallym
University Kangnam Sacred Heart Hospital,
Hallym University College of Medicine