

광학부 중앙원공이 있는 새로운 안내렌즈와 기존 안내렌즈의 임상결과 비교

Comparison of Clinical Outcomes in Implantable Collamer Lens Implantation between AQUA ICL[®] and Conventional ICL

손지성 · 김재우 · 임태형 · 최기용 · 조범진

Gi Sung Son, MD, Jae Woo Kim, MD, Tae Hyung Lim, MD, Kee Yong Choi, MD, Beom Jin Cho, MD

한길안과병원

HanGil Eye Hospital, Incheon, Korea

Purpose: To compare the clinical outcomes between AQUA ICL[®] (V4C) and conventional implantable collamer lens (ICL, V4B) in patients with high myopia.

Methods: We compared preoperative and postoperative visual acuities, spherical equivalent, intraocular pressure, postoperative vault and visual quality assessed using optical quality analyzing system (OQAS[®]) between 20 eyes implanted with ICL (V4B) and 22 eyes implanted with AQUA ICL[®] (V4C).

Results: Visual acuity (log MAR) and spherical equivalent at postoperative 3 months were 0.06 ± 0.09 and -0.26 ± 0.17 D in the V4B group and 0.03 ± 0.03 and -0.23 ± 0.19 D in the V4C group, respectively. There was no statistical difference in visual acuity and spherical equivalent between the 2 groups ($p > 0.05$). Postoperative intraocular pressure (IOP) elevated significantly in both groups until 6 hours after the operation ($p < 0.05$) compared with preoperative IOP. No significant IOP elevation was observed from the first postoperative day to postoperative 3 months ($p > 0.05$). V4C resulted in lower IOP than V4B 6 hours postoperatively. In ICL (V4B) and AQUA ICL[®] (V4C) groups, the objective scattering index (OSI) was 1.29 ± 0.90 and 1.36 ± 0.68 , modulation transfer function (MTF) cut off value was 29.62 ± 11.31 c/deg and 29.61 ± 9.56 c/deg and Sterhl ratio was 0.18 ± 0.07 and 0.17 ± 0.04 , respectively, 3 months postoperatively. None of these values were significantly different between the 2 groups.

Conclusions: AQUA ICL[®] (V4C) implantation is an effective, convenient and safe surgery for myopia correction and yields better outcome than ICL (V4B) in terms of early postoperative IOP.

J Korean Ophthalmol Soc 2015;56(9):1316-1323

Key Words: AQUA ICL, Conventional ICL, Implantable collamer lens, Intraocular pressure

■ Received: 2015. 2. 6.

■ Revised: 2015. 3. 19.

■ Accepted: 2015. 7. 10.

■ Address reprint requests to **Beom Jin Cho, MD**

HanGil Eye Hospital, #35 Bupyeong-daero, Bupyeong-gu,
Incheon 21388, Korea
Tel: 82-32-503-3322, Fax: 82-32-503-0801
E-mail: chobj@empal.com

* This study was presented as a poster at the 110th Annual Meeting of the Korean Ophthalmological Society 2013.

* This study was presented as a free paper at the 7th joint meeting of Korea-China-Japan Ophthalmologists in conjunction with the 112th Annual meeting of the Korean Ophthalmology Society 2014.

Laser-assisted *in-situ* keratomileusis (LASIK)이나 laser-assisted sub-epithelial keratectomy (LASEK) 등의 레이저 각막굴절교정수술이 불가능한 고도근시환자에서 유수정체 인공수정체(phakic intraocular lens [IOL]) 삽입술은 중요한 하나의 대안이다. 이 수술은 레이저 각막 굴절교정수술의 합병증인 각막의 혼탁이나 각막확장증, 야간 눈부심 등의 부작용 발생이 없거나 상대적으로 적고^{1,2} 높은 도수의 근시를 교정할 수 있으며, 합병증이 발생했을 경우 제거가 가능하다는 장점을 갖고 있다.³

© 2015 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.

홍채와 수정체 사이에 위치하는 후방 안내렌즈 삽입술인 Implantable collamer lens (ICL) 삽입술은 렌즈가 각막과 홍채 사이에 위치하는 전방 홍채고정렌즈인 Artisan® (Ophtec, Groningen, Netherlands) 렌즈에 비해 각막내피세포에 대한 손상 가능성이 상대적으로 작다는 장점이 있지만^{4,5} 백내장 발생⁶이나 안압상승⁷ 등의 합병증을 동반할 수 있으며, 동공 차단 녹내장의 가능성에 대비하기 위해 주변부레이저홍채절개술을 필요로 한다는 단점⁸이 있다.

주변부레이저홍채절개술은 환자가 수술 전에 미리 방문하여야 하는 번거로움이 있고 홍채 절개 부위와 눈꺼풀의 위치관계에 따라 환자가 눈부심을 호소할 수 있으며⁹ 절개술 후 전방출혈이나 염증반응 등이 발생할 위험이 있다.^{10,11}

최근에 STAAR사에서 개발된 AQUA ICL® (Visian ICL with CentraFLOW® technology, V4C; STAAR surgical company, Monrovia, CA, USA)은 렌즈 한가운데 직경 360 µm의 원공(KS-AquaPORT)이 있어, 이를 통한 생리적인 방수 흐름을 도모할 수 있고, 수술 전 홍채 절개술의 필요성을 없앴다. 이에 본 저자들은 중앙 원공이 없는 ICL (V4B)과 새로운 AQUA ICL® (V4C)의 임상 결과를 비교하고자 한다.

대상과 방법

2012년 1월 1일부터 2013년 12월 31일까지 본원에서 안내렌즈 삽입술을 시행 받은 고도근시환자 중 3개월 이상 추적관찰이 가능하였던 21명의 환자 42안을 대상으로 의무기록을 후향적으로 조사하였다. 본 연구는 한길안과병원 임상시험심사위원회와 윤리위원회의 심사를 통과하였다(한길IRB-15015). 수술 전 원거리 최대 교정 시력이 0.8(한천석 시력표) 이상인 환자를 대상군으로 하였고, 원추 각막 등의 각막이상이나 각막 수술을 받은 경우, 녹내장, 백내장, 포도막염, 홍채염 등 수술 후 합병증에 영향을 줄 수 있는 과거력을 갖고 있는 경우, 각막내피세포에서부터 계산한 전방 깊이가 2.8 mm 미만인 경우, 전방각경 검사상 전방각 넓이가 Spaeth¹²에 의한 분류상 20도 이하인 경우, 당뇨나 고혈압 등 전신질환이 있는 경우는 대상군에서 제외하였다.

수술은 한 명의 술자(C.B.J)에 의해 시행되었으며 수술 전 검사로 나안시력 및 최대교정시력, 현성굴절검사 및 조절마비굴절검사, 세극등현미경검사, 안압검사, 각막내피세포검사(NSP-9900, Konan Medical, Irvine, CA, USA), 각막곡률반경검사(ARK-530A, Nidek, Gamagori, Japan), Pentacam® (OCULUS, Wetzlar, Germany)을 이용한 각막지형도 검사, 전안부빛간섭단층촬영(Visante® Optical Coherence Tomography, Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)을 실시하였다.

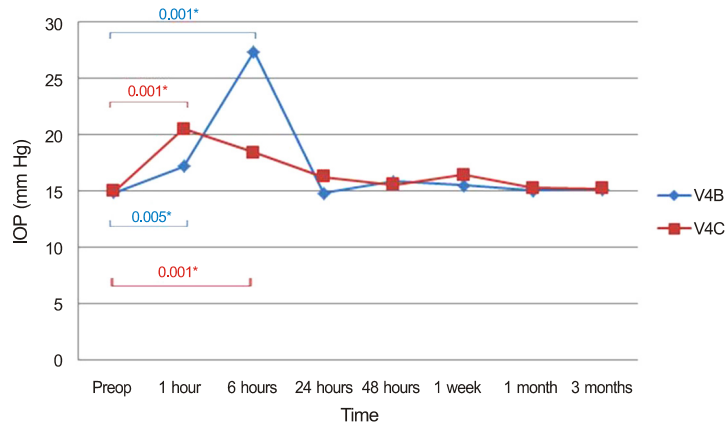
삽입할 ICL의 도수결정은 제조회사(STAAR® Surgical

AG, Nidan, Switzerland)에서 제공하는 프로그램을 이용해 현성굴절검사를 기준으로 정시를 목표로 하였으며, 현성굴절검사값과 각막곡률반경검사에 의한 각막곡률반경, 각막지형도 검사상에서의 각막수평직경인 white to white, 각막 두께, 전방 깊이 등의 측정치를 입력하여 산출하였다. 삽입할 ICL의 크기는 측정기(caliper)로 측정한 각막윤부직경(manual white to white) 및 각막지형도 검사에 의한 각막윤부직경(white to white) 수치와 전방 깊이를 고려하여 선택하였다.

기존의 ICL (V4B)을 사용한 환자들은 수술 후 발생할 수 있는 동공폐쇄 녹내장의 예방을 위해 수술 시행 최소 1-2주 전, 10시 방향과 2시 방향에 윗 눈꺼풀 위치를 고려하여 아르곤 레이저와 Nd-YAG 레이저를 이용하여 주변부홍채레이저절개술을 시행하였고, 수술 후 0.1% fluoro-metholone (Ocumetholone®, Samil Pharm, Seoul, Korea)을 4회씩 7일간 점안하였다. AQUA ICL® (V4C)을 사용한 환자들에서는 주변부홍채레이저절개술을 시행하지 않았다.

수술은 0.5% tropicamide/phenylephrine hydrochloride (Mydrin-F®, Santen, Osaka, Japan)을 이용하여 산동을 시행한 후 0.5% proparacaine HCL (Alcaine®, Alcon, Fort Worth, TX, USA)로 점안 마취하에서 실시하였다. 0.75 디오퍼터 이상의 난시가 있는 경우는 3시 방향과 9시 방향에 각막천자를 만들고 2.75 mm 투명각막절개를 수직경선방향 난시 축(on-axis)에 시행하였고, 0.75 디오퍼터 미만의 각막 난시를 가진 안에서는 2.75 mm 이측 투명각막절개를 시행하였다. Highly dispersive type의 점탄물질인 EYEFILL® H.D. (CROMA-PHARMA GmbH, Leobendorf, Austria)를 전방에 채운 후 상측 또는 이측 각막에 2.75 mm 절개창을 통해 ICL을 전방으로 삽입한 후 ICL이 전방 내에서 정상적으로 퍼진 것을 확인한 다음 홍채 후면과 수정체 사이에 위치하도록 안내갈고리를 이용해 부드럽게 홍채 뒤쪽으로 밀어 넣었다. 이후 평형염액(BSS®, Alcon, Fort Worth, TX, USA)을 이용하여 전방에 남아 있는 점탄물질을 최대한 제거한 다음 절개 부위는 봉합하지 않고 수술을 마쳤다. 수술 후 moxifloxacin (VIGAMOX®, Alcon, Fort Worth, TX, USA)과 1% Prednisolone acetate (Pred Forte®, Allergan, Irvine, CA, USA)를 하루 4번씩 2주간 점안하였으며 외래 내원 시 환자의 상태에 따라 사용 횟수를 조절하였다.

기존의 ICL (V4B)을 사용한 군과 AQUA ICL® (V4C)을 사용한 군으로 나누어 수술 전, 수술 후 1주, 1개월, 3개월째 원거리 나안시력 및 교정시력을 측정하였으며 현성 굴절검사를 통해 두 군 간 수술 후 잔여 굴절이상을 비교하였다. 두 군 간의 수술 후 안압의 변동을 비교하기 위하여 수술 전, 수술 후 1시간, 6시간, 24시간, 48시간, 1주, 1달, 3달째



IOP (mm Hg)	Preop	1 hour	6 hours	24 hours
V4B	14.86 ± 2.80	17.21 ± 7.70	27.36 ± 9.25	14.79 ± 4.14
V4C	15.00 ± 2.10	20.50 ± 7.69	18.44 ± 4.21	16.25 ± 2.91
<i>p</i> -value [†]	0.918	0.208	0.001	0.294
	48 hours	1 week	1 month	3 months
V4B	15.83 ± 3.54	15.50 ± 3.89	15.07 ± 3.56	15.15 ± 3.42
V4C	15.54 ± 1.45	16.43 ± 3.36	15.25 ± 1.65	15.22 ± 3.14
<i>p</i> -value [†]	0.321	0.359	0.918	0.657

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

Figure 1. Intraocular pressure (IOP) changes in two groups postoperatively. Both of conventional implantable collamer lens (ICL) (V4B) group and AQUA ICL® (V4C) group presented temporary elevation of IOP postoperatively, which was stabilized thereafter. At postoperative 6 hours, IOP of V4B group showed higher value (27.36 ± 9.25) than that of V4C group (18.44 ± 4.21) significantly ($p = 0.001$). Other values at different instances showed no statistically significant difference. Preop = preoperative period. **p*-value within each group was acquired from Wilcoxon signed rank test; [†]*p*-values between 2 groups were acquired from Mann-Whitney *U*-test.

안압을 측정하여 비교하였다. 안압은 Icare® Rebound Tonometer (Tiolat Oy, Helsinki, Finland)를 이용하여 점안마취 없이 앉은 자세에서 측정하였고 6회 측정 평균값의 표준편차가 정상 범주일 때의 수치를 채택하였다.

ICL 삽입후의 Vault는 수술 후 3개월에 전안부빛간섭단층촬영(Visante® Optical Coherence Tomography, Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)을 사용하여 동공중심에서 측정하였으며, ICL의 뒷면에서 crystalline lens의 앞면까지의 거리를 중심각막두께로 나누었다(Fig. 1).

기존의 ICL (V4B)을 사용한 군과 AQUA ICL® (V4C)을 사용한 군의 시력의 질을 비교하기 위해 OQAS® (optical quality analysis system, visiometrics, Terrassa, Spain) 검사를 시행하였고, Modulation Transfer Function (MTF) cut off value 및 Objective Scattering Index (OSI), Stherl ratio를 비교하였다. OQAS® 검사는 dim light에서 4 mm aperture에 고정시킨 후 산동은 시행하지 않고 측정하였다.

통계처리는 SPSS statistics 17.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 사용하여 두 군 간의 결과 비교는 Mann-Whitney *U*-test를, 각 군의 수술 전, 후 비교는 Wilcoxon signed rank test를 시행하였으며, *p*값이 0.05 미만인 경우 통계학적으로 의미가 있다고 정의하였다.

결 과

기존의 ICL (V4B)을 사용한 군은 10명 20안으로 평균 나이는 27.28 ± 7.73 세였으며 수술 전 구면렌즈대응치(D)와 최대교정시력(logMAR)은 각각 -10.44 ± 3.53 , 0.03 ± 0.04 였다. AQUA ICL® (V4C)을 사용한 군은 11명 22안으로 평균 나이는 30.10 ± 4.21 세였으며 수술 전 구면렌즈대응치와 최대교정시력(logMAR)은 각각 -10.43 ± 2.84 , 0.06 ± 0.05 였다. 두 군 간 나이, 수술 전 구면렌즈대응치, 난시값, 최대교정시력, 전방 깊이, white to white, 각막내피세포수에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 1).

기존의 ICL (V4B) 군의 수술 1주 후, 1개월 후, 3개월 후 나안시력(logMAR)은 각각 0.05 ± 0.07 , 0.10 ± 0.05 , 0.06 ± 0.09 로 측정되었으며 각 시점 간에 통계적으로 유의한 변화는 없었다($p=0.01$, 0.001 Wilcoxon signed rank test). AQUA ICL® (V4C) 군은 수술 1주 후, 1개월 후, 3개월 후에 나안시력(logMAR)이 각각 0.07 ± 0.04 , 0.08 ± 0.08 , 0.03 ± 0.04 로 측정되어 역시 시간 경과에 따른 시력에는 통계적으로 유의한 변화가 없었다($p=0.03$, 0.001 Wilcoxon signed rank test). 기존의 ICL (V4B) 군의 구면렌즈대응치는 수술 1주 후, 1개월 후, 3개월 후에 각각 $-0.15 \pm 0.28D$,

Table 1. Demographic data of the patients

Parameter	V4B (20 eyes, 10 patients)	V4C (22 eyes, 11 patients)	p-value*
Age (years)	27.3 ± 7.73	30.1 ± 4.21	0.621
Spherical equivalent (D)	-10.44 ± 3.53	-10.43 ± 2.84	0.223
Spherical R.E. (D)	-9.92 ± 3.39	-9.74 ± 2.95	0.854
Cylindrical R.E. (D)	-1.04 ± 1.20	-1.39 ± 0.77	0.208
CDVA (log MAR)	0.03 ± 0.04	0.06 ± 0.05	0.092
ACD (mm)	3.17 ± 0.18	3.13 ± 0.24	0.520
White to white (mm)	11.26 ± 0.46	11.1 ± 0.22	0.833
Endothelial cell density (cells/mm ²)	2,541.93 ± 191.67	2,595.75 ± 344.76	0.609

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

V4B = conventional implantable collamer lens; V4C = AQUA implantable collamer lens; R.E. = refractive error; CDVA = corrected distant visual acuity; log MAR = logarithm of the minimal angle of resolution; ACD = anterior chamber depth.

*p-value was acquired from Mann-Whitney U-test.

Table 2. Postoperative UCDVA (log MAR) and spherical equivalent (diopter) at postoperative 1 week, 1 month and 3 months

	UCDVA (log MAR)			Spherical equivalent (diopter)		
	V4B	V4C	p-value*	V4B	V4C	p-value*
1 week	0.05 ± 0.07	0.07 ± 0.04	0.316	-0.15 ± 0.28	-0.11 ± 0.44	0.513
1 month	0.10 ± 0.05	0.08 ± 0.08	0.627	-0.22 ± 0.36	-0.15 ± 0.12	0.854
3 months	0.06 ± 0.09	0.03 ± 0.03	0.256	-0.26 ± 0.17	-0.23 ± 0.19	0.127

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

UCDVA = uncorrected distant visual acuity; log MAR = logarithm of the minimal angle of resolution; V4B = conventional implantable collamer lens; V4C = AQUA implantable collamer lens.

*p-value was acquired from Mann-Whitney U-test.

Table 3. CDVA changes in two groups at postoperative three months

Final CDVA change (in Snellen chart)	V4B	V4C
Loss ≥ 2 lines	None	None
Loss 1 line	None	None
Unchanged	19 eyes	20 eyes
Gain 1 line	1 eye	2 eyes
Gain ≥ 2 lines	None	None

CDVA = corrected distant visual acuity; V4B = conventional implantable collamer lens; V4C = AQUA implantable collamer lens.

-0.22 ± 0.36D, -0.26 ± 0.17D였고 수술 1주 후에 비해 수술 1개월 후, 3개월 후의 구면렌즈대응치에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.001$, 0.001 Wilcoxon signed rank test). AQUA ICL® (V4C) 군은 각각 -0.11 ± 0.44D, -0.15 ± 0.12D, -0.23 ± 0.19D였고 수술 1주 후에 비해 수술 1개월 후, 3개월 후의 구면렌즈대응치에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p=0.001$, 0.01 Wilcoxon signed rank test). 두 군 간의 비교에서 수술 1주 후, 1개월 후, 3개월 후의 나안시력과 구면렌즈대응치는 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2). 수술 전, 후의 최대교정시력은 기존 ICL (V4B) 군의 경우 19안(95%)이 변화가 없었으며 Snellen 시력표에서 1줄이 증가한 경우가 1안(5%) 확인되었다. AQUA ICL® (V4C) 군은 20안(91%)이 수술 전과 후

의 최대교정시력 변화가 없었으며 Snellen 시력표에서 1줄이 증가한 경우가 2안(9%)에서 관찰되었다(Table 3).

수술 전, 후 측정된 안압은 기존의 ICL (V4B)군의 경우 수술 전 14.86 ± 2.80 mmHg에 비해 수술 1시간 후와 6시간 후 각각 17.21 ± 7.70 mmHg, 27.36 ± 9.25 mmHg로 증가되어 있었으나($p=0.005$, 0.001, Wilcoxon signed rank test) 수술 24시간, 48시간, 1주, 1개월, 3개월 후의 안압은 수술 전과 비교해 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$ Wilcoxon signed rank test). AQUA ICL® (V4C) 군도 수술 전 15.00 ± 2.10 mmHg에 비해 수술 1시간 후와 6시간 후 각각 20.50 ± 7.69 mmHg, 18.44 ± 4.21 mmHg로 증가되어 있었으나($p=0.001$, 0.001, Wilcoxon signed rank test) 수술 24시간, 48시간, 1주, 1개월, 3개월 후의 안압은 수술 전과 비교해 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다($p>0.05$ Wilcoxon signed rank test). 두 군 간의 비교에서 수술 전 안압은 두 군 간 차이를 보이지 않았지만 수술 6시간 후 측정된 안압은 AQUA ICL® (V4C) 군이 기존의 ICL (V4B) 군에 비해 통계적으로 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 이후 수술 후 24시간, 48시간, 1주, 1개월, 3개월 후의 안압은 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Fig. 1).

수술 3개월 후 전안부빛간섭단층촬영(Visante® Optical Coherence Tomography, Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA)을 이용하여 동공중심부의 ICL 뒷면에서 수정체

Table 4. Central vaulting values measured at three months after the operation

Parameters	V4B	V4C	p-value*
Vaulting value [†] (μm)	501.52 ± 130.88	485.24 ± 117.21	0.331

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

V4B = conventional implantable collamer lens; V4C = AQUA implantable collamer lens.

*p-value was acquired from Mann-Whitney U-test; [†]Vaulting value is for numerical value of distance between intraocular lens to crystalline lens divided by central corneal thickness. Each value was measured with anterior segment OCT (Visante® Optical Coherence Tomography, Carl Zeiss Meditec Inc., Dublin, CA, USA).

Table 5. OQAS® values measured at three months after the operation

Parameters	V4B	V4C	p-value*
OSI	1.29 ± 0.90	1.36 ± 0.68	0.632
MTF cut off (c/deg)	29.62 ± 11.31	29.61 ± 9.56	0.934
Sterhl ratio	0.18 ± 0.07	0.17 ± 0.04	0.724

Values are presented as mean ± SD unless otherwise indicated.

V4B = conventional implantable collamer lens; V4C = AQUA implantable collamer lens.

OQAS® = optical quality analyzing system; OSI = objective scattering index; MTF = modulation transfer function.

*p-value was acquired from Mann-Whitney U-test.

Table 6. Postoperative visual symptoms

	V4B (patients)	V4C (patients)
Glare	2	1
Halo	0	2

Subjective visual symptoms lasted approximately 1 month post-operatively, and disappeared gradually thereafter.

V4B = conventional implantable collamer lens; V4C = AQUA implantable collamer lens.

의 앞면까지의 거리인 중심부 vault를 측정하였다. 수술 후 3개월에 측정한 평균 중심부 vault는 기존 ICL (V4B) 군은 $501.52 \pm 130.88 \mu\text{m}$, AQUA ICL® (V4C) 군은 $485.24 \pm 117.21 \mu\text{m}$ 로 나타났으며 두 군 간의 유의한 차이는 없었다 ($p=0.331$, Mann Whitney U-test) (Table 4).

술 후 3개월에 OQAS® (Optical Quality Analysis System, Visiometrics, Spain)를 이용하여 시력의 질을 객관적으로 비교하였다. OSI는 ICL (V4B) 군과 AQUA ICL® (V4C) 군에서 각각 1.29 ± 0.90 , 1.36 ± 0.68 이었고 MTF cut off value는 각각 $29.62 \pm 11.31 \text{ c/deg}$, $29.61 \pm 9.56 \text{ c/deg}$, Sterhl ratio는 각각 0.18 ± 0.07 , 0.17 ± 0.04 로 세 가지 항목 모두에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다 (Table 5).

시각적 불편감을 호소한 환자는 기존의 ICL (V4B) 군의 경우 2명의 환자가 술 후 약 1개월 동안 빛번짐 현상을 호소하였고, AQUA ICL® (V4C) 군에서는 1명의 환자가 눈부심을, 2명의 환자가 달무리증상을 호소하였으나 술 후 3개월에는 모든 증상이 호전되었다 (Table 6).

고 찰

ICL 삽입술은 각막형태검사상 이상소견이나 고도근시,

얇은 각막 등의 원인으로 LASIK이나 LASEK 등의 각막굴절교정수술이 불가능한 환자들에게 유용한 시력교정수술이다. 하지만 기존의 ICL (V4B)은 수술 후 발생 가능한 동공차단 녹내장을 예방하기 위해 수술 받기 1-2주 전에 주변부레이저홍채절개술을 반드시 필요로 하는 단점이 있었다.⁸ 새롭게 개발된 AQUA ICL® (Visian ICL with CentraFLOW® technology, V4C; STAAR surgical company)은 렌즈의 광학부 중심에 직경 $360 \mu\text{m}$ 의 구멍이 있어, 이를 통한 생리적인 방수 흐름으로 술 전 정상적인 홍채에 시행되었던 주변부레이저홍채절개술의 필요성을 없앴다는 장점이 있다. Alfonso et al¹³은 홍채 절개술 없이 AQUA ICL® (V4C)을 삽입한 70명의 환자 138안의 수술 6개월 후 임상성적을 분석한 결과 안압상승이나 백내장 등의 합병증 보고 없이 효과적이고 안정적인 시력개선효과를 보인다고 보고한 바 있다. 또한 Higuera-Esteban et al¹⁴은 기존의 ICL (V4B)을 삽입한 17안과 새로운 AQUA ICL® (V4C)을 삽입한 18안을 대상으로 술 후 1주, 1달, 3달에 각각 시력과 안압 등을 비교하여, 새로운 AQUA ICL® (V4C)이 기존의 ICL (V4B)과 비교하여 동등한 시력적인 임상 결과를 내면서도 주변부레이저 홍채절개술 없이 안정적인 술 후 안압을 보여준다고 발표하였다. 하지만 국내에서는 새로운 AQUA ICL® (V4C)에 대한 연구가 없는 실정이다. 이에 저자들은 국내 최초로 새로운 AQUA ICL® (V4C)과 기존의 ICL (V4B)의 수술 후 임상결과를 비교하고자 하였다.

시력적 측면에서 새로운 AQUA ICL® (V4C)은 수술 1주 후 측정한 나안시력에서 효과적인 나안시력의 개선을 나타내었으며 이후 수술 1개월 후, 3개월 후에도 나안시력이 잘 유지되는 것으로 나타났다. 구면렌즈대응치도 수술 후 1주

에 효과적으로 개선되었고 이후 3개월까지 잘 유지되는 것으로 나타났다. 기존의 ICL (V4B)과 비교했을 때 모든 조사 기간에서 수술 후 나안시력에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 두 군 모두에서 수술 후 최대교정시력이 수술 전과 비교해 감소한 환자는 없었으며 이는 기존의 ICL (V4B)과 마찬가지로 새로운 AQUA ICL[®] (V4C)도 시력 향상에 효과적이고 안전한 방법임을 보여주는 결과라 할 수 있다.

하지만 AQUA ICL[®] (V4C)은 중심부에 구멍이 있기 때문에 이로 인한 시력의 질 저하를 호소할 가능성이 있다. 이러한 문제점을 확인하고자 Uozato et al¹⁵이 모형 안구를 사용하여 진행한 *in vitro* study에 따르면 동일한 aperture (3.0 mm)에서 -20D, -10D, -5D, +3D의 conventional ICL과 AQUA ICL[®] (V4C)을 비교한 결과 In-focus contrast에는 차이가 없는 것으로 나타났다. 또한 동일한 도수(-5D)의 conventional ICL과 AQUA ICL[®] (V4C)을 2 mm, 3 mm, 4 mm, 5 mm aperture에서 in-focus MTF를 비교한 결과 2 mm aperture에서만 AQUA ICL[®] (V4C)이 conventional ICL보다 낮은 것으로 나타났지만 그 차이는 작다고(clinically negligible) 보고하였다. 본 연구에서는 두 군 간의 시력의 질 비교를 위해 수술 후 3개월에 dim light 환경하에 무산동 상태로 4 mm의 aperture에서 OQAS[®] (Optical Quality Analysis System, Visiometrics, Spain) 검사를 시행하였다. OQAS[®] 검사는 안구 내에서 빛의 산란(scattering)의 정도를 객관적으로 나타내는 OSI, 광학적 질을 평가하는 데 사용하는 MTF의 cut off value, 망막의 일정한 면적에 맺히는 상의 집속도를 평가하는 Strehl ratio를 측정할 수 있으며 OSI는 백내장과 같은 수정체 혼탁이 있을 때 큰 값을 보이고, MTF cut off value는 광학적 질이 우수할수록 큰 값을 나타내며, Strehl ratio는 값이 높을수록 광학적 질이 우수함을 의미한다.¹⁶ 본 연구에서는 시력의 질에 대한 객관적인 평가를 위하여 수치적으로 검사결과가 표현되는 OQAS[®] 검사를 시행하였고, 그 결과 세 가지 항목 모두에서 두 군 간의 유의한 차이는 없었다. 하지만 저자들이 외래에서 경과 관찰한 환자 중 몇몇 환자가 수술 후 약 1개월의 기간 동안 시야 중심부에 빛번짐이나 달무리 증상을 호소하였다가 시간 경과에 따라 호전되었다는 경험을 얘기하는 것으로 볼 때, 상기 합병증을 수술 전에 환자에게 미리 설명하면, AQUA ICL[®] (V4C)의 중심 원공이 임상적으로 문제가 되지 않음을 알 수 있었다.

기존에 사용되어 왔던 ICL (V4B)은 수술 전 레이저홍채절개술을 필요로 하고 레이저홍채절개술은 환자가 수술 전에 수차례 방문해야 하는 불편함 이외에도 여러 가지 합병증이 발생할 가능성이 있었다. Murphy and Trope⁹는 야그 레이저 홍채절개술 후 눈꺼풀과 레이저 시술 부위의 위치

관계에 따라 눈부심이 발생할 수 있음을 보고하였고 국내에서도 Shin et al¹⁷이 안내렌즈삽입을 위해 시행한 홍채절개술 후 과도한 눈부심을 호소한 2명(4안)에서 홍채절개부위의 각막에 착색술을 시행하여 호전시킨 증례를 보고한 바 있다. 또한 레이저홍채절개술 후 합병증으로 백내장 발생이 보고된 바 있고^{18,19} 각막내피손상과 각막부전이 발생도 보고된 바 있으며^{20,21} 황반 원공이 발생한 증례도 있는 것으로 나타났다. 하지만 이런 다양한 합병증의 위험에도 불구하고 기존의 ICL (V4B)은 동공차단 녹내장의 가능성이 있기 때문에⁸ 반드시 수술 전 레이저홍채절개술을 시행할 수밖에 없는 상황이었다. 이에 AQUA ICL[®] (V4C)은 홍채절개술 없이도 자연스러운 방수의 순환을 도울 수 있게 고안되었으며 방수순환의 기능을 중심부의 직경 360 μ m의 구멍이 담당하고 있다. Kawamori et al²³의 연구에 의하면 수정체 중심부 0.25 mm 앞에서 방수의 속도는 새로운 AQUA ICL[®] (V4C)을 삽입했을 때 초당 1.52×10^{-1} mm였으며, 기존의 ICL (V4B)을 삽입했을 때는 초당 1.21×10^{-5} mm로 측정되어 기존 ICL (V4B)에 비해 AQUA ICL[®] (V4C)에서 수정체 전면으로의 방수 흐름이 더 원활한 것으로 나타났다. 저자들은 수술 후 안압의 변동을 수술 1시간, 6시간, 48시간, 1주, 1개월, 3개월 후에 측정하였고 전반적으로 안압은 잘 유지되었으나 수술 6시간 후 측정한 안압에서 AQUA ICL[®] (V4C) 군이 통계적으로 유의하게 더 낮음을 확인할 수 있었다. ICL 수술 후 일시적으로 발생하는 안압 상승은 ICL 수술의 특성상 기계적 외상을 최소화하기 위해 관류흡입기를 사용하지 않고 주사기를 이용해 점탄물질을 제거하면서 일부 남게 되는 점탄물질이 원활히 빠져나가지 못해 생기는 것으로 생각된다. 따라서 본 연구의 결과에 의하면 AQUA ICL[®] (V4C)의 중심부 구멍이 방수의 흐름을 원활히 해줄 뿐만 아니라 점탄물질의 제거에도 도움이 되는 것으로 추정할 수 있다. 또한 방수의 순환이 원활하지 못하면 ICL이 전방 쪽으로 밀리면서 vault가 커지거나 전방각이 좁아지는 현상이 발생할 수 있지만 본 연구에서는 수술 3개월 후까지 두 군 간 중심부 vault에는 차이가 없었으며 주변부 vault의 비대칭이나 전방각이 좁아지는 합병증은 발생하지 않았다.

본 연구에서 안압은 Icare[®] Rebound Tonometer (Tiolat Oy, Helsinki, Finland)를 이용하여 점안마취 없이 앉은 자세에서 측정하였다. Icare[®] Rebound Tonometer (Tiolat Oy)는 신뢰할 만한 재현 가능성을 보이며,²⁴ 안압 측정의 정확성에 있어 압평 안압 방식과 비교했을 때 큰 차이를 보이지 않는 것으로 보고되고 있다.²⁵ 또한 본 연구에서는 6회 측정 평균값의 표준편차가 정상 범주일 때의 수치를 채택하였으므로 안압 측정의 정확성을 충분히 재고했다고 볼 수 있다.

아울러, 안내렌즈삽입술 후 절개창이 불안한 눈에서 안내염 등의 합병증을 생각해 볼 때,²⁶ 본 연구의 안압 측정 방법은 압평 안압 방식을 대체할 만한 합리적인 방식이다.²⁷

본 연구는 비교적 대상이 적고 경과관찰기간이 짧은 한계가 있지만, 국내 환자들에게 AQUA ICL[®] (V4C)을 사용하여 임상 결과를 얻어내고 기존 ICL (V4B)의 성과와 비교한 첫 연구이다. 이상의 결과들을 종합해 보면 AQUA ICL[®] (V4C)은 효과적이며 편리하고 안전한 시력교정 방법으로 생각되며, 술 후 초기 안압 변동에 있어서는 더 나은 결과를 보였다. 추후 백내장의 발생이나 각막내피세포 감소와 같은 장기적인 합병증에 대해서는 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- 1) Heitzmann J, Binder PS, Kassab BS, Nordan LT. The correction of high myopia using the excimer laser. *Arch Ophthalmol* 1993;111: 1627-34.
- 2) Holladay JT, Dudeja DR, Chang J. Functional vision and corneal changes after laser in situ keratomileusis determined by contrast sensitivity, glare testing, and corneal topography. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:663-9.
- 3) Lee SY, Cheon HJ, Baek TM, Lee KH. Implantable contact lens to correct high myopia (Clinical Study with 24 months follow-up). *J Korean Ophthalmol Soc* 2000;41:1515-22.
- 4) DeJaco-Ruhswurm I, Scholz U, Pieh S, et al. Long-term endothelial changes in phakic eyes with posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2002;28:1589-93.
- 5) Edelhauser HF, Sanders DR, Azar R, et al. Corneal endothelial assessment after ICL implantation. *J Cataract Refract Surg* 2004;30: 576-83.
- 6) Sanders DR. Anterior subcapsular opacities and cataracts 5 years after surgery in the visian implantable collamer lens FDA trial. *J Refract Surg* 2008;24:566-70.
- 7) Sánchez-Galeana CA, Zadok D, Montes M, et al. Refractory intraocular pressure increase after phakic posterior chamber intraocular lens implantation. *Am J Ophthalmol* 2002;134:121-3.
- 8) Smallman DS, Probst L, Rafuse PE. Pupillary block glaucoma secondary to posterior chamber phakic intraocular lens implantation for high myopia. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:905-7.
- 9) Murphy PH, Trope GE. Monocular blurring. A complication of YAG laser iridotomy. *Ophthalmology* 1991;98:1539-42.
- 10) Kumar N, Feyi-Waboso A. Intractable secondary glaucoma from hyphema following YAG iridotomy. *Can J Ophthalmol* 2005;40:85-6.
- 11) Siam GA, de Barros DS, Gheith ME, et al. Post-peripheral iridotomy inflammation in patients with dark pigmentation. *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2008;39:49-53.
- 12) Spaeth GL. The normal development of the human anterior chamber angle: a new system of descriptive grading. *Trans Ophthalmol Soc U K* 1971;91:709-39.
- 13) Alfonso JF, Lisa C, Fernández-Vega Cueto L, et al. Clinical outcomes after implantation of a posterior chamber collagen copolymer phakic intraocular lens with a central hole for myopic correction. *J Cataract Refract Surg* 2013;39:915-21.
- 14) Higuera-Esteban A, Ortiz-Gomariz A, Gutiérrez-Ortega R, et al. Intraocular pressure after implantation of the visian implantable collamer lens with CentraFLOW without iridotomy. *Am J Ophthalmol* 2013;156:800-5.
- 15) Uozato H, Shimizu K, Kawamorita T, Ohmoto F. Modulation transfer function of intraocular collamer lens with a central artificial hole. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249:1081-5.
- 16) Park CW, Lee YE, Joo CK. Changes in optical quality of cataract patients' corrected visual acuity before and after phacoemulsification. *J Korean Ophthalmol Soc* 2013;54:1208-12.
- 17) Shin KH, Kim KH, Kwon JW. Two cases of glare after Iridotomy for phakic intraocular lens implantation. *J Korean Ophthalmol Soc* 2011;52:1537-40.
- 18) Zadok D, Chayet A. Lens opacity after neodymium: YAG laser iridectomy for phakic intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:592-3.
- 19) Dhawahir-Scala FE, Clark D. Neodymium: YAG laser peripheral iridotomy: cause of a visually incapacitating cataract? *Ophthalmic Surg Lasers Imaging* 2006;37:330-2.
- 20) Jeng S, Lee JS, Huang SC. Corneal decompensation after argon laser iridectomy-a delayed complication. *Ophthalmic Surg* 1991;22:565-9.
- 21) Wu SC, Jeng S, Huang S, Lin SM. Corneal endothelial damage after neodymium: YAG laser iridotomy. *Ophthalmic Surg Lasers* 2000;31:411-6.
- 22) Anderson JE, Gentile RC, Sidoti PA, Rosen RB. Stage 1 macular hole as a complication of laser iridotomy. *Arch Ophthalmol* 2006; 124:1658-60.
- 23) Kawamorita T, Uozato H, Shimizu K. Fluid dynamics simulation of aqueous humour in a posterior-chamber phakic intraocular lens with a central perforation. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012;250:935-9.
- 24) Martinez-de-la-Casa JM, Garcia-Feijoo J, Castillo A, Garcia-Sanchez J. Reproducibility and clinical evaluation of rebound tonometry. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:4578-80.
- 25) Abraham LM, Epasinghe NC, Selva D, Casson R. Comparison of the ICare rebound tonometer with the Goldmann applanation tonometer by experienced and inexperienced tonometrists. *Eye (Lond)* 2008;22:503-6.
- 26) Allan BD, Argeles-Sabate I, Mamalis N. Endophthalmitis rates after implantation of the intraocular Collamer lens: survey of users between 1998 and 2006. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:766-9.
- 27) Scuderi GL, Cascone NC, Regine F, et al. Validity and limits of the rebound tonometer (ICare[R]): clinical study. *Eur J Ophthalmol* 2011;21:251-7.

= 국문초록 =

광학부 중앙원공이 있는 새로운 안내렌즈와 기존 안내렌즈의 임상결과 비교

목적: 고도근시환자에서의 안내렌즈 삽입술 시, 광학부 중앙 원공이 있는 새로운 AQUA ICL[®] (V4C)과 기존의 implantable collamer lens (ICL, V4B)의 임상결과를 비교하고자 하였다.

대상과 방법: ICL (V4B)을 삽입한 20안, AQUA ICL[®] (V4C)을 삽입한 22안을 대상으로 수술 전, 후 시력, 구면렌즈대응치, 안압, 수술 후 vault를 측정하였고 OQAS[®]를 이용한 시력의 질을 비교하였다.

결과: 수술 3개월 후 측정한 시력(logMAR)과 구면렌즈대응치는 V4B군에서 0.06 ± 0.09 , $-0.26 \pm 0.17D$, V4C군에서 0.03 ± 0.03 , $-0.23 \pm 0.19D$ 로 두 군 간 유의한 차이가 없었다($p>0.05$). 수술 전, 후의 안압은 두 군 모두 수술 후 6시간까지는 수술 전에 비해 상승되어 있었고($p<0.05$) 수술 1일 후부터 3개월 후까지는 수술 전에 비해 유의한 변화가 없었다($p>0.05$). 수술 6시간 후 측정한 안압은 V4C군이 V4B군에 비해 유의하게 낮았다($p=0.001$). 수술 3개월 후의 objective scattering index (OSI)는 V4B군과 V4C군에서 각각 1.29 ± 0.90 , 1.36 ± 0.68 이었고 modulation transfer function (MTF) cut off value는 각각 29.62 ± 11.31 c/deg, 29.61 ± 9.56 c/deg, Sterhl ratio는 각각 0.18 ± 0.07 , 0.17 ± 0.04 로 두 군 간 유의한 차이가 없었다($p>0.05$).

결론: AQUA ICL[®] (V4C)은 효과적이며 편리하고 안전한 시력교정 방법으로 생각되며, 술 후 초기 안압 변동에 있어서는 기존의 ICL (V4B)보다 더 나은 결과를 보인다.

〈대한안과학회지 2015;56(9):1316-1323〉
