대한안과학회지 제 44 권 제 5 호 2003
J Korean Ophthalmol Soc 44(5):1066-1071, 2003

인공수정체의 종류에 따른 예측굴절력과 실제굴절력의 차이에 대한 연구

김상훈[1] · 이성준[1] · 박혜성[2] · 서경률[1]

시기능 개발연구소, 연세대학교 의과대학 안과학교실[1], 실로암 안과 병원[2]

목적 : 광학부와 지지부의 재질이나 형태가 다른 인공수정체 각각에 있어서 예상굴절력과 실제굴절력의 차이에 대해 알아보고자 하였다.

대상과 방법 : 초음파유화술 및 후방인공수정체삽입술을 시행받았던 환자 중 안축장이 평균적범위(21-26 mm)이고 2개월이상 추적관찰이 가능하였던 680안의 의무기록을 인공 수정체 종류에 따라 4군으로 나누어 후향적으로 분석하였다.

결과 : 총 680안 중 남자 197안(29%), 여자 483안(71%)이었고, 연령은 평균 68.9(10.8세였다. 술후 2달 째 시행한 굴절검사값과 목표굴절력과의 차이는 각각 +0.01(SI40NB), -0.01(LI61U), -0.45(C31UB), +0.05(MA60BM) 디옵터로서 C31UB군은 목표굴절력보다 평균 -0.45 디옵터 범위의 근시성 변화를 보였으며 다른 세 군에서는 통계적으로 차이를 보이지 않았다.

결론 : 광학부 재질의 차이가 목표굴절력 도달에 미치는 영향은 없었으며, MA60BM, SI40NB, LI61U 인공수정체는 높은 정도의 정확한 굴절력 예측을 보였고, C31UB에서 목표굴절력 보다 근시화가 나타난 이유로서 지지부의 재질이나 접합부, 총직경의 차이등을 원인으로 추측할 수 있다.

〈한안지 44(5):1066-1071, 2003〉

최근의 소 절개창 이측 투명각막절개 백내장 수술의 발전과 더불어 보다 나은 시기능을 목표로 다양한 재질의 접힘인공수정체가 개발되고 있으며 이와 함께 보다 정확한 술후 굴절력 예측도 기대되고 있다. 정확한 술후의 굴절력 상태를 위해서는 인공수정체가 수정체낭내에서 안정적으로 자리잡고 있어야 하며, 이를 위해서는 지지부(haptics)의 높은 경도와 형상기억능력이 필요하다.[1] 이러한 지지부의 재질외에도 이의 디자인이나 총길이, 광학부와 이루는 각도, 광학부와의 연결형태, 지지부 단면의 굵기 등이 이에 영향을 주는 요소들이다.[2] 여러 제조사에 의해 만들어지는 인공수정체는 광학부(optics)와 지지부(haptics)의 재질이나 구조적인 형태의 차이, 심지어는 제조사의 질적관리에 따라서도 술후 객관적 혹은 주관적인 시력의 결과에 많은 영향을 끼칠 수 있다.

본 연구는 최근에 사용빈도가 많은 인공수정체인 PhacoFlexII SI40NB (AMO®), Acrysof® MA 60BM (Alcon), LI61U (Bausch & Lomb)와 최근까지 사용하였던 Soflex® C31UB (Chiron) 인공수정체를 사용한 경우 각각에 있어서 예상굴절력과 실제굴절력의 차이에 대해 알아보고자 하였다.(Table 1)

대상과 방법

2001년 4월부터 2002년 3월까지 실로암 안과병원에서 초음파유화술 및 후방인공수정체삽입술을 시행받았던 환자 중 2개월 이상 추적관찰이 가능하였던 557명 680안에 대해 후향적으로 조사하였다. 안축장은 Holladay's criteria 에 해당하는 평균적 범위인 21 mm이상 26 mm이하인 경우를 대상으로 하였고 당뇨나 기타 망막병변이 있는 경우, 외상이나 포도막염으로 인한 이차성 백내장, 원발성 또는 속발성 녹내장, 수정체비늘증후군(Pseudoexfoliation syndrome)과 같이 전낭수축이 호발하는 경우나 수술중 후낭파열, 초자체탈출 등 술중 합병증이 있는 경우는 제외하였다.

〈접수일 : 2002년 11월 13일, 심사통과일 : 2003년 3월 21일〉

통신저자 : 서 경 률
서울시 서대문구 신촌동 134
연세의대부속 세브란스병원 안과
Tel: 02-361-8450, Fax: 02-312-0541
E-mail: seoky@yumc.yonsei.ac.kr

Table 1. IOL model characteristics

Group	Model	Optic/total Diameter(mm)	Optic	Haptic	Angle
1	S140NB	6/13	Silicone	PMMA	10°
2	L161U	6/13	Silicone	PMMA	5°
3	C31UB	6.3/12.5	Silicone	Polyimide	10°
4	MA60BM	6/13	Methylacrylate	PMMA	10°

PMMA: Polymethylmethacrylate.

Table 2. Patient data (Mean±S.D.*)

Group	Eyes	Age (years)	Sex (M:F)	Axial length (mm)	K† -value(diopter)
1	191	68.5±10.7	65 : 126	23.2±0.8	44.34±1.56
2	180	69.8±10.1	49 : 131	23.2±1.0	44.19±1.64
3	105	71.8±7.8	31 : 74	23.5±0.9	44.19±1.50
4	204	67.0±12.2	52 : 152	23.2±0.9	44.05±1.44
Total	680	68.9±10.8	197 : 483	23.3±0.9	44.19±1.54

* S.D.: Standard deviation.

† K: Keratometry.

No group showed statistical difference in age, axial length and keratometric value. (ANOVA, P>0.05).

Toble 3. Preoperative and postoperative BCVA*(Mean±S.D†)

Group	Preoperative BCVA	2 Mo-postoperative BCVA
1	0.34±0.21	0.87±0.14
2	0.26±0.18	0.81±0.15
3	0.28±0.20	0.81±0.14
4	0.27±0.20	0.80±0.18
Total	0.29±0.20	0.83±0.16

* BCVA: Best corrected visual acuity.

† S.D.: Standard deviation.

사용한 인공수정체의 종류에 따라 4군으로 구별하였다. 1군(Group1)은 PhacoplexII SI40NB (AMO®), 2군(Group2)은 LI61U (Bausch & Lomb), 3군(Group3)은 Soflex® C31UB (Chiron) 그리고 4군(Group4)은 Acrysof® MA60BM (Alcon)를 사용한 군으로 하였다. 술전의 생체계측(Biometry)은 양안에서 시행하였고 안축장은 A scan ultrasonography (PARADIGM®, U.K)로, 각막굴절력은 Ke-ratometer (CHAROPS®,Japan)로 측정하였다. 수술은 점안마취로 시행되었으며 각막절개는 이측부에서 keratome을 이용하여 SI40NB는 3.2 mm, 다른 세 군에서는 3.5 mm로 시행하였다.

원형전낭절개술을 시행하고 초음파유화술을 실시하였으며, 인공수정체를 낭내 삽입하였다. 예측굴절력 산출은 SRK-II로 계산하였으며 굴절검사를 술후 약 2개월에 실시하였다. 굴절검사결과는 구면렌즈 대응치로 환산하여 각 군의 술전 목표굴절률과 술후 굴절검사의 차이를 각각 Paired t-test로 통계처리하였으며 각 군간의 차이는 ANOVA로 검정하였다.

결 과

총 557명(680안)중 남자 174명(197안, 29%), 여자 383명(483안, 71%)이었고, 연령은 평균 68.9.0±10.8세였다. 1군은 191안으로 남자 65안, 여자 126안이었으며, 환자의 연령은 평균 68.5.0±10.7세였다. 2군은 180안으로 남자 49안, 여자 131안이었으며, 환자의 연령은 평균 69.8±10.1세였다. 3군은 105안으로 남자 31안, 여자 74안 이었으며, 환자의 연령은 평균 71.8±7.8세였다. 4군은 204안으로 남자 52안, 여자 152안이었으며, 환자의 연령은 평균 67.0±12.2세였다. 각 군간 연령은 통계적으로 차이가 없었다.(ANOVA, P>0.05) 전체환자의 수술전 안축장은 평균 23.3±0.85이었으며 각 군간에는 통계적으로 차이가

Table 4. Postoperative differences between goal diopters (GD) and spherical equivalents (SE) (Mean±S.D.)

Group	Goal diopter (D)	Difference between GD and SE	|t| (P value)
1	-0.22±0.14	0.01±0.30	0.23 (0.82)
2	-0.05±0.26	-0.01±0.58	0.25 (0.80)
3*	-0.13±0.25	-0.45±0.79	6.06 (0.00)
4	-0.29±0.36	0.05±0.40	0.55 (0.62)
Total	-0.18±0.28	-0.05±0.30	

* In group 3, GD and SE was statistically different (paired t-test, $p<0.01$).

(No statistical difference among groups 1,2 and 4 (ANOVA, $P>0.05$))

없었다.(ANOVA, P>0.05) 술전 평균 각막곡률은 44.19±1.54 디옵터였으며 각 군간에는 통계적으로 차이가 없었다.(ANOVA, P>0.05) (Table 2) 술전 평균시력은 0.29±0.2이었으며 술후 2달째 교정시력은 평균 0.83±0.16 이었다(Table 3).

목표굴절력은 각군에서 각각 -0.21±0.14(1군), -0.04±0.26(2군), -0.12±0.25(3군), -0.29±0.36(4군) 디옵터로서 전체평균은 -0.18±0.28로 거의 모든 환자에서 정시안에 가까운 근시로 하였으며 낭내삽입한 인공수정체 돗수는 평균 20.8±1.9 디옵터였다. 술후 2달째 시행한 굴절검사후 구면렌즈 대응치로 환산한 값과 목표굴절력과의 차이는 각각 +0.01(1군), -0.01(2군), -0.45(3군), +0.05(4군) 디옵터로서 3군은 목표굴절력보다 평균 -0.45 디옵터 범위의 근시성 변화를 보였으며(Paired t-test, P value <0.01) 1군, 2군, 4군에서는 통계적으로 차이가 없었다. 또한 1군, 2군, 4군 간에는 통계적으로 차이를 보이지 않았다(ANOVA, P>0.05) (Table 4).

고 찰

1984년 최초로 실리콘 재질의 접힘인공수정체가 사용된 후 이는 광학부 재질로서 가장 많이 사용되어오고 있으며 최근에 역시 많이 선호되는 아크릴 인공수정체와 함께 그 재질과 형태에 대한 많은 연구개발이 이루어지고 있다. 이러한 인공수정체의 발달로서 가능해진 작은 절개를 통한 백내장 수술은 술후 난시나 염증을 최소화하고 시력회복에도 매우 효과적이다.[3,4] 현재의 초음파유화술은 수술전후에 있어서 안축장과 각막곡률치(keratometry)의 변화는 거의 없으며,[5] 연령이나 성별, 수술전후의 시력등도 본 연구의 목적인 술후굴절력과 목표굴절력의 차이를 알아보는 데는 큰 영향을 주지 않을 것으로 사료된다. 따라서, 술후 굴절력상태(refractive outcome)의 궁극적인 결정인자는 전방의 깊이와 삽입된 IOL이다.[5] Crystalline lens의 두께는 5mm이고 IOL의 두께는 1mm이므로 삽입된 IOL은 그 위치와 전방의 깊이에 영향을 주게 된다.

Acrysof® (Alcon)는 소수성 연성 접힘 아크릴 인공수정체(hydrophobic soft foldable acrylic IOL)로서, Methylacrylate로 된 광학부는 지름이 6.0 mm이고 가장자리가 직사각형으로 각져 있으며, 지지부는 modified C-shaped monofilament PMMA 재질로 이루어진 three piece IOL로서 전체 직경은 13.0 mm이고 광학부와 10° 의 각을 이루고 있다. 이 렌즈 재질의 장점은 PMMA의 물리적 특성을 가지면서 접힘인공수정체라는 것으로, 실리콘 인공수정체보다 탄력성(elastic property)이 개선되어 젖은 상태에서 잘 미끄러지지 않고 굴절계수(refractive index)가 1.55로 높아 얇은 광학부를 가진다.[6] 본 연구에 사용된 실리콘 인공수정체 중 SI40NB는 크기나 모양은 전체적으로 Acrysof® (MA60BM)와 동일하나 광학부 가장자리가 둥근모양으로 되어있으며, 광학부와 이루는 각이 5° 인 LI61U와 함께 지지부가 PMMA 재질로 되어있다. 또 다른 실리콘 인공수정체인 C31UB는 지지부가 Polyimide 재질로 10° 의 각을 이루고 있으며 광학부의 직경이 6.3 mm에 전체직경은 12.5 mm이다.

광학부 재질이 목표굴절력에 영향을 줄 수 있는 요소로는 원형전낭절개부의 수축,[7] 피막과 인공수정체간의 유착등을 들 수 있다.[8] Nagata 등[9] 과 최 등[10]에 의하면 Acrysof®는 수정체의 전낭에 강하게 붙는 성향 때문에 수정체의 중심이탈을 막는다고 주장하였다. Hayashi 등[11]은 전낭입구가 술 후 3개월까지 점차 감소하고 피막 수축의 정도는 연성 아크릴 인공수정체보다 실리콘 인공수정체에서 더 심했다고 발표하였고, Russell 등[12]도 전낭이 실리콘 인공수정체보다 Acrysof 인공수정체에서 상당히 안정적이었다고 하였다. Joo 등[13]은 전낭 절개부의 지름이 5.5mm 이하에서 전낭수

축이 잘 일어난다고 하였다. 하지만 본 연구에서, 같은 silicone 광학부로 되어있으면서 C31UB에서만 근시화 경향이 나타나고 SI40NB나 LI61U에서는 나타나지 않은 점으로 봐서 광학부가 결과에 영향을 끼치지 않았음을 생각할 수 있고 또한, 이러한 전낭수축은 근시화보다는 원시화를 일으키기 때문에 본 연구에서는 이러한 전낭수축이 영향을 주지 않았을 가능성이 있다. 이는 이번 연구가 술후 2개월의 비교적 짧은 기간에 이루어졌기 때문일 것이며 더 오랜기간에서의 확인이 필요할 것이라 사료된다. 결과적으로 본 연구에서는 광학부 재질의 차이가 목표굴절력 도달에 미치는 영향은 없는 것으로 밝혀졌으며 이는 실리콘이나 아크릴로 된 광학부 재질이 비생리적인 강한 힘을 받지 않는 한 광학적 특성변화가 생기지 않는다는 이전의 연구결과와도 부합하는 것이다.[14] 1994년부터 1999년까지 34안에서 C31UB를 사용한 주 등[15]의 최근연구에 의하면 술후 2개월째 0.01디옵터의 예측굴절력과의 차이를 보이고 있으며 본 연구결과와 차이를 보인 이유로서 수술수기, 생체계측(Biometry), 제조사의 질적관리등의 차이점을 생각해 볼 수 있겠다.

Blotnick 등[16]은 silicone 인공수정체의 사후 조직표본중 상당한 중심이탈과 loop의 변형이 있다는 사진에서 loop의 전체 모양은 별 변화가 없으나 변형이 있는 쪽의 지지부-광학부 연결부의 각이 좁아져 있는 것을 보여주었다. 임 등[17]도 인공수정체의 중심이탈의 원인은 loop의 낮은 형상기억능 때문이기도 하지만 더 정확하게는 지지부-광학부 연결부가 구조적으로 약하기 때문이라고 하였으며, Menapace[18] 는 loop의 경도를 높이는 것이 중심이탈에 대해 더 유리할 것이라 하였다. 본 연구의 AMO® SI40NB는 이전의 SI30NB의 Polypropylene 지지부를 PMMA로 대치한 것이며 이전의 임상결과에 대한 논문에서, 중심이탈을 비교할 때 강화된 지지부에도 불구하고 SI30NB와 비교하여 차이가 없었다.[19]

본 연구에서 보면 C31UB군에서만 근시화가 이행되고 SI40NB, LI61U 에서는 예상굴절력과 거의 일치한 결과를 보인 것을 봐서 총직경과 그에 따른 연결부의 각도, 그리고 지지부의 재질등이 이러한 차이를 유발하였을 것이라고 예상할 수 있다. Izak 등[20]은 *in vitro* 압축실험에서 광학부-지지부가 silicone-PMMA 형태(CeeOn®912, Pharmacia & Upjohn Co.: overall diameter 12 mm, angulation 6°)와 Silicone-polyimide 형태(AQ-2003, Starr Surgical, Inc.: overall diameter 12.5 mm, angulation 10°)두 군간에는 형상기억능에 차이가 없다고 하였다. 하지만 이러한 재질적 차이에 따른 형상기억능을 비교하려면 우선 동일한 형태라는 조건이 필요할 것이며, 실험적으로 동일한 형상기억능을 갖더라도 임상적으로 반드시 같은 광학적 특성을 가진다고 볼 수는 없으므로 이에 대한 연구도 필요하리라 사료된다.

결론적으로 MA60BM, SI40NB, LI61U 인공수정체는 안축장이 보통범위인 경우 SRK-II 공식으로 높은 정도의 정확한 굴절력을 예측할 수 있었으며, C31UB에서 목표굴절력보다 근시화가 나타난 이유로서 지지부의 재질이나 접합부, 총직경의 차이등을 원인으로 추측할 수 있으며, 제조사의 각 제조모델에 대한 질적관리도 염두에 두어야 하겠고, 앞으로도 인공수정체 재질뿐만 아니라 디자인에 대해서도 더 많은 연구가 뒤따라야 하리라고 생각한다.

참고문헌

1) Assia EI, Legler UFC, Castaneda VE, Apple DJ. Loop memory of posterior chamber intraocular lenses of various sizes, designs, and loop materials. J Cataract Refract Surg 1992;18:541-6.
2) Kimura W, Kimura T, Sawada T, et al. Comparison of shape recovery ratios in various intraocular lens haptics. J Cataract Refract Surg 1992;18:547-53.
3) Steiner RF, Brint SF, White SM, et al. Astigmatism after small incision cataract surgery; a prospective, randomized, multicenter comparison of 4- and 6.5-mm incision. Ophthalmology 1991;98:417-23.
4) Oshika T, Yoshimura K, Miyata N. Postsurgical inflammation after phacoemulsification and extracapsular extraction with soft or conventional intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 1992;18:356-61.
5) MJ Elder. Predicting the refractive outcome after cataract surgery: the comparison of different IOLs and SRK-II v SRK-T. Br J Ophthalmol 2002;86:620-2.
6) 전은정, 김기봉, 양석우. 아크리소프 인공수정체 1000예 삽입 후 임상결과. 한안지 2000;41:1151-7.
7) 서진호, 김기봉, 서정봉. 아크리소프와 친수성 아크릴릭 인공수정체의 임상적 고찰. 한안지 2001;42:266-71.
8) Sugar A, Sadri E, Dawson DG, Musch DC. Refractive stabilization after temporal phacoemulsification with foldable acrylic intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 2001;27:1741-5.
9) Nagata T, Minagata A, Watanabe I. Adhesiveness of AcrySof® to a collagen film. J Cataract Refract Surg 1998;24:367-70.
10) 배희철, 최상경. SI40NB와 MA60BM 인공수정체 삽입 1년 경과 후 임상성적 비교. 한안지 2001;42:832-9.
11) Hayashi K, Hayashi H, Nakao F. Anterior capsule contraction and intraocular lens decentration and tilt after hydrogel lens implantation. Br J Ophthalmol 2001;85:1294-7.

12) Ursell PG, Spalton DJ, Pande MV. Anterior capsular stability in eyes with intraocular lenses made of polymethylme thacrylate, silicone, and AcrySof®. J Cataract Refract Surg 1997;23:1532-8.
13) Joo CK, Shin JA, Kim JH. Capsular opening contraction after continuous curvilinear capsulorhexis and intraocular lens implantation. J Cataract Refract Surg 1996;22:585-90.
14) Tetsuro Oshika, Yasuhiko Shiokawa. Effect of folding on the optical quality of soft acrylic intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 1996;22:1360-4.
15) 동은영, 지동현, 주천기. 인공수정체의 Angulation에 따른 술 후 굴절상태와 후발성 백내장 발생의 비교. 한안지 2002;43:460-3.
16) Blotnick CA, Powers TP, Newland T, et al. Pathology of silicone intraocular lenses in human eyes obtained postmortem. J Cataract Refract Surg 1995;21:447-52.
17) 장지호, 임승정, 김홍복. AMO PhacoFlex SI-30NB의 A상수에 대한 임상적 평가. 한안지 1999;40:987-94.
18) Menapace R. Evaluation of 35 consecutive SI-30NB PhacoFlex lenses with highrefractive silicone optics implanted in the capsulorhexis bag. J Cataract Refract Surg 1995;21:339-47.
19) Egan DA, Kottos PJ, Francis IC. Prospective study of the SI-40NB foldable silicone intraocular lens. J Cataract refract Surg 1996;22:1272-6.
20) Andrea M. Izak, Liliana Werner, David J. Apple, et al. Loop memory of haptic materials in posterior chamber intraocular lenses. J Cataract Refract Surg 2002; 28:1229-35.

=ABSTRACT=

Evaluation of the Difference between the Predicted and Actual Refraction Among Different Types of Intraocular Lenses.

Sang Hoon Kim, M.D.[1], Sung Jun Lee, M.D.[1], Hae Song Park, M.D.[2], Kyoung Yul Seo, M.D.[1]

The Institute of Vision Research, Department of Ophthalmology
Yonsei University College of Medicine, Seoul, Korea[1]
Siloam Eye Hospital[2]

Purpose: To evaluate the difference between the predicted and actual refraction among the intraocular lenses having different materials and shapes of optic and haptic.
Methods: We retrospectively analyzed the cases of 680 eyes with normal range of axial length (21-26mm), which underwent phacoemulsification and posterior chamber IOL implantation, and had at least 2 months follow up period, divided by 4 groups according to the types of IOL used.
Results: Mean age of the subjects was 68.9±10.8 years with 197 eyes (29%) of male and 483 eyes (71%) of female. The difference between the predicted and 2 month-postoperative refraction was +0.01 (SI40NB), -0.01 (LI61U), -0.45 (C31UB), +0.05 (MA60BM) diopters, respectively. C31UB group represented the myopic shift of -0.45D range and other groups showed no statistically significant difference.
Conclusions: There was no effect of optic materials on the acquisition of goal diopter. MA60BM, SI40NB, LI61U showed high accuracy of predictiveness. The cause of myopic shift represented in C31UB group might be the differences of the haptic material, optic-haptic junction, or overall diameter.
J Korean Ophthalmol Soc 44(5):1066-1071, 2003

Key Words: Goal diopter, Haptic material, Intraocular lens, Optic material

---

Address reprint requests to **Kyoung Yul Seo, M.D.**
Department of Ophthalmology, Yonsei University College of Medicine
#134 Shinchon-dong, Seodaemun-gu, Seoul 120-752, Korea
Tel: 82-2-361-8450, Fax: 82-2-312-0541, E-mail: seoky@yumc.yonsei.ac.kr