

안축장 측정을 위한 접촉성 및 침수성 초음파 생체계측법의 비교

임재원 · 강수연 · 김효명

고려대학교 의과대학 안과학교실

목적: 인공수정체 도수결정을 위한 생체계측에 있어, 새롭게 출시된 생체계측장비인 Ocuscan RxP[®] (Alcon, Forth Worth, Texas, USA)의 접촉성과 침수성 방식을 기존의 생체계측장비인 Ultrasonic biometer 820[®] (Allergan Humphrey, San Leandro, USA)와 비교하고자 하였다.

대상과 방법: 20명, 40안을 대상으로 각각 Ocuscan RxP[®]의 접촉성(방법 1) 및 침수성(방법 2) 방법으로 안축장을 측정하였고, 비교를 위해 Ultrasonic Biometer 820[®]의 접촉성 방법(방법 3)으로 측정을 시행하였다. 방법 3 결과를 기준으로 인공수정체 도수를 결정하여 수술을 시행했다. 술 후 굴절오차가 0이 되도록 하는 안축장을 역으로 구하여, 각 방법으로 측정한 안축장과의 차이를 비교하였다.

결과: 평균 안축장은 세 방법 모두 비슷한 결과를 보였고(23.22±0.68, 23.24±0.69, 23.32±0.67), 방법 1과 2의 차이는 유의하지 않았다($p=0.55$). 굴절오차를 보정하여, 역으로 산출한 안축장과 방법 1과 2의 안축장의 차이는 각각 0.15±0.31 ($p=0.10$), 0.17±0.31 ($p=0.13$) 이었고, 방법 3과의 차이는 0.24±0.28 ($p=0.01$)으로 더 컸다.

결론: Ocuscan RxP[®]가 Ultrasonic biometer 820[®] 보다 술 후 굴절오차가 더 적었으며, 숙련된 검사자가 측정을 시행할 경우, 접촉성과 침수성 방법 둘 다 정확한 결과를 얻을 수 있다. 누적된 백내장 수술 결과 데이터를 통해, 이러한 검사기계의 오차를 보정해서 인공수정체 도수를 결정해야 하겠다.

〈대한안과학회지 2009;50(12):1795-1799〉

백내장 수술이 보편화되고, 굴절교정 목적의 백내장 수술이 많이 시행되면서, 정확한 생체계측에 대한 요구가 증가되고 있다. 인공수정체 삽입술 후 굴절오차의 54%는 술 전 안축장 측정에 의한 것이고, 8%는 각막 곡률 측정 오차이고, 38%는 술 후 전방 깊이 측정의 오차이다.¹ 100 um의 안축장 측정 오차는 술 후 0.28D의 굴절오차를 가져온다.² 그러므로 정확한 술 전 생체계측은 인공수정체 도수 예측을 향상시킬 수 있다. Zeiss사의 IOL master[®]의 레이저 부분결합간섭계 방식을 사용함으로써 더욱 정확한 생체계측이 가능하게 됐지만, 진행되어 밀도가 높은 백내장에서는 한계를 가지고 있으며, 이런 경우 기존의 초음파 방식을 이용하여 측정해야 한다. 초음파를 이용한 안축장 측정에 있어, 종축의 해상력은 150~200 um이고, 정확도는 약 100~150 um 정도이다.⁴⁻⁵ 초음파 방식의 생체계측법에는 접촉성 방식(contact method)와 침수성 방식(immersion method)이 있는데, 접촉성 방식의 경우 초음파 트랜스듀서가 각막에 직접 접촉해야 하므로, 검사자가

각막을 누르기 쉽고, 그로 인해 비접촉 방식보다 전방 깊이와 안축장이 짧게 측정될 수 있다. 또한 미세한 각막 찰과상, 높은 검사자 의존도 등 문제점이 있다. 침수성 방식의 경우, 각막이 눌러지지 않으므로 검사자에 상관없이 일관성 높은 측정값을 얻을 수 있으나, 침수 실린더를 사용함으로 인해 환자 불편감이 증가하고, 검사시간이 늘어나는 단점이 있다.

본 연구는 새로 출시된 Alcon사의 Ocuscan RxP[®]를 기존에 확립된 검사장비인 Allergan Humphrey Ultrasonic Biometer[®] 접촉성 방식과 비교하여 정확성을 보는 한편, 접촉성과 침수성 방식의 차이를 알아보고자 하였다.

대상과 방법

27명 40안을 대상으로 1명의 숙련된 검사자가 세 가지 방법으로 안축장을 측정하였다. 성별 및 연령 분포는 Table 1과 같다. 포함된 환자는 백내장 핵경화 정도가 2 또는 3으로서, 녹내장 또는 당뇨 망막병증 등 망막 및 유리체 이상이 없는 선택적 백내장 수술 예정자로 하였다. 녹내장 수술 등 다른 안과적 수술을 받은 과거력이 있는 경우는 제외하였다.

Ocuscan RxP[®] (Alcon, Forth worth, Texas, USA)의 접촉성과 침수성 방법을 각각 방법 1 (contact)과 방법 2 (immersion)로 하였고, 비교를 위해 기존에 확립이 되어 오랜 기간 사용이 되어온 Ultrasonic biometer 820[®] (Allergan Humphrey, San Leandro, USA) 접촉성 측정법을 방법 3 (reference)으

■ 접 수 일: 2008년 12월 8일 ■ 심사통과일: 2009년 8월 25일

■ 책임저자: 김 효 명

서울시 성북구 안암동 5가 126-1
고려대학교 안암병원 안과
Tel: 02-920-5521, Fax: 02-924-6820
E-mail: hyomkim@hanmail.net

* 본 논문의 요지는 2008년 대한안과학회 제99회 춘계학술대회에서 구연으로 발표되었음.

Table 1. Patient demographics

	Male	Female
Patient number	13	14
Mean age	67	73
Age range	44~82	55~85

Table 2. Mean axial length and difference with the reversely calculated axial length

	Mean±SD	Difference with the reversely calculated axial length
Method 1 (Contact)	23.22±0.68	0.15±0.31
Method 2 (Immersion)	23.24±0.69	0.17±0.31
Method 3 (Reference)	23.32±0.67	0.24±0.28

Table 3. Average IOL power calculated based on axial lengths by each method

	Average IOL power	Difference with the error-free IOL
Method 1 (Contact)	20.87±1.54	0.39±0.76
Method 2 (Immersion)	20.84±1.56	0.42±0.78
Method 3 (Reference)	20.65±1.48	0.60±0.70

Table 4. Number of cases which would have been the most correct method

	Correct	moderate	Most different
Method 1 (Contact)	23	8	9
Method 2 (Immersion)	10	20	10
Method 3 (Reference)	7	12	21

로 하였다.

측정은 10년 이상 경력을 가진 한명의 숙련된 검사자가 10회 이상 측정하였고, 측정 중 오차가 큰 수치는 제외하였으며, 자동으로 계산된 평균치를 취하였다.

방법 3의 안축장 결과를 기준으로 인공수정체 도수를 결정하여 백내장 수술을 시행했다. 안축장의 길이에 따라 24.5 mm 이하인 군과 이상인 군으로 나누어 각각 SRK/II와 SRK/T 공식을 사용했다. 술 후 3~5주 때 자동굴절검사를 시행했고(Inami autorefractor, Japan), 술 후 굴절오차가 0이 되도록 하는 안축장을 역으로 구하여(SRK/II와 SRK/T 공식 적용), 각 방법으로 측정한 안축장과 비교하였다. 즉, 굴절오차에서 목표 굴절값과의 차이를 인공수정체 도수로 환산한 뒤, 실제로 삽입된 인공수정체 도수에 더해서 이를 공식에 적용하여 안축장으로 산출했다(Fig. 1).

역산출된 안축장과 각각의 방법으로 측정된 안축장을 비교

하였고, 각 방법으로 했을 때의 인공수정체 도수와 술 후 예측 굴절오차를 비교분석 하였다.

결 과

방법 1로 측정한 안축장의 평균은 23.22±0.68 mm, 방법 2는 23.24±0.69 mm, 방법 3은 23.32±0.67 mm였고, paired *t*-test에 의한 방법1과 2의 차이는 유의하지 않았다(*p*=0.55) (Table 2).

목표 굴절값의 평균은 -0.22±0.17이었고, 술 후 3~5주 때 측정한 굴절오차의 평균은 +0.07±0.70이었다. 굴절오차에서 목표 굴절값의 차이는 +0.29±0.60이었다. 가장 차이가 컸던 경우는 +1.32D까지 차이났다. 이 굴절오차들을 보정하여 역으로 산출한 안축장의 평균은 23.07±0.84로 더 짧았다. 역산출 안축장과 각 방법의 안축장과의 차이를 보면,

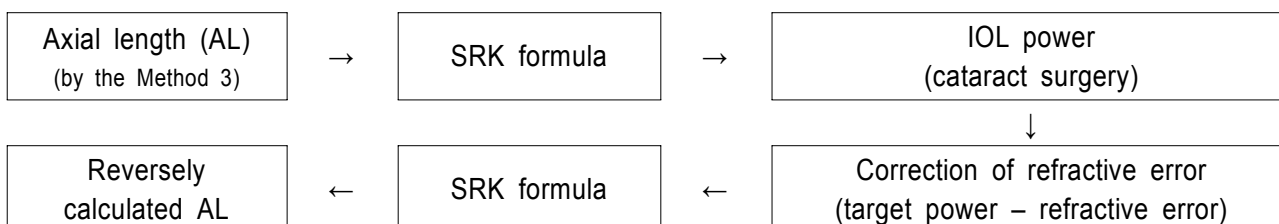


Figure 1. Reverse calculation of axial length from the post-op refractive error.

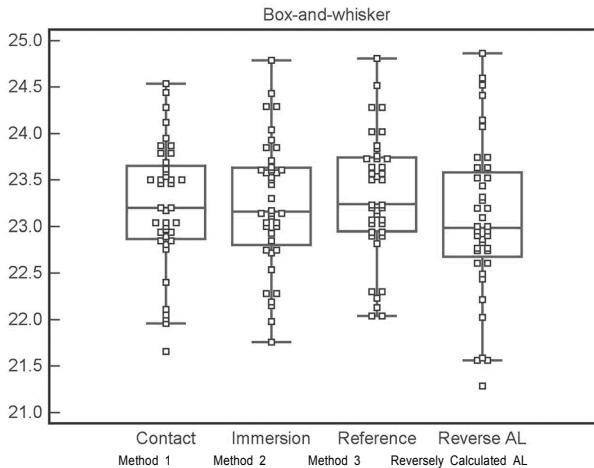


Figure 2. Comparison of axial length of each method and reversely calculated axial length.

방법 1은 0.15 ± 0.31 , 방법 2는 0.17 ± 0.31 , 방법 3은 0.24 ± 0.28 로 방법 3이 가장 차이가 많이 났고, 방법 1과 2는 비슷했다(paired *t*-test, $p=0.55$)(Table 2).

그래프(Fig. 2)를 통해서, 역으로 구한 안축장과 방법 1, 2를 비교해보면, 방법 1과 2 모두, 역으로 구한 안축장에 가까웠고, 안축장이 긴 구간에서는 방법 2가 더 비슷했다. 기준으로 했던 방법 3은 역산출 안축장과 비교했을 때는 전체적으로 더 길게 측정된 것으로 나타났고, 굴절오차의 원인으로 생각해볼 수 있다.

방법 1과 2를 역산출 안축장에 대해 Mountain plot을 하였을 경우는 방법 1과 2는 거의 차이가 없지만, 역산출 안축장과는 약간의 차이가 있는 것으로 나타났다(Fig. 3).

역으로 산출한 안축장으로 계산된 인공수정체와 실제 삽입된 인공수정체 도수 차이 평균은 $0.37 \pm 0.76D$ 였다. 각 방법별 안축장으로 계산한 인공수정체 도수와 역으로 산출하여 계산된 인공수정체 도수의 차이는, 방법 1과 방법 2는 0.39 ± 0.76 과 $0.42 \pm 0.78D$ 였고, 방법 3은 $0.60 \pm 0.70D$ 였다(Table 3).

각각의 안축장으로 인공수정체 도수를 결정하여 수술하였을 경우를 가정하여 각각의 환자에서 가장 정확했을 방법을 세어보면, 방법 1로 했을 경우 가장 정확했을 경우가 40안 중 23 case로 가장 많았다(Table 4).

고 찰

기존 연구에서는, 침수성 방식으로 측정할 경우, 접촉성 방식에 비해 정확하며 0.14 에서 0.47 mm 정도로 더 길게 측정된다는 보고가 많았다.⁶⁻¹⁰

대부분의 기존 연구 결과들이 접촉성 방법보다 침수성 방법의 평균 안축장이 길게 측정되는 보고를 했으나 차이가 없다는 보고도 있는데, 완충장치가 된 초음파 접촉자의 사용이나,

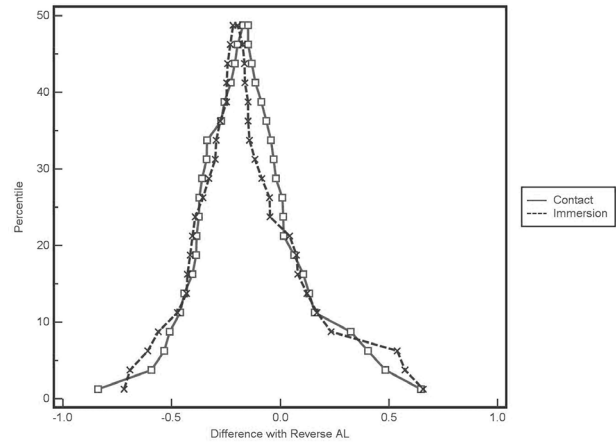


Figure 3. Comparison of method 1 (contact) and method 2 (immersion) with reversely calculated axial length.

숙련자에 의한 정확한 측정 기술에 의해 각막이 눌려지는 것이 줄어들었을 것이라고 하였다.¹¹

본 연구에서도 숙련된 검사자에 의해 측정이 시행되었고, 접촉에 의한 각막 눌림이 최소화되어서 접촉성과 침수성 측정법 간에 차이가 나지 않는 결과를 보인 것으로 생각되며, 평균적 안축장 범위에서는 방법간 정확성에 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 안축장이 길수록 침수성 방법이 더 정확한 경향을 보였으나 통계적 차이는 없어 고도근시 환자를 대상으로 추가적인 연구가 필요하다 할 수 있다.

역으로 산출한 안축장은 도출과정에서 생기는 오차로 인해, 실제 안축장이라고 볼 수는 없다. 다만 이 안축장으로 인공수정체 도수를 정했을 경우 굴절오차가 최소가 되었을 수치라는 의미를 가진다. 따라서 방법 간의 차이 비교를 위한 기준으로서의 역할을 할 수는 있다. 실제 안축장과 차이가 나게 되는 원인을 보면, 먼저 술 후 굴절오차를 보정할 때 굴절오차는 자동 굴절검사기를 이용하였는데, 측정단위는 0.25 단위이므로 ± 0.125 이내의 오차가 발생할 수 있다. 그러나 역산출 안축장이 실제 안축장과는 다르더라도, 굴절오차를 보정하기 전의 안축장 보다는 실제 안축장에 가까울 것이고, 역산출 안축장으로 수술을 하였다면 이론적으로 발생할 수 있는 0 ± 0.125 정도의 굴절오차는 임상적으로는 큰 의미가 없다. 또한 수술전의 각막곡률검사에서도 오차가 발생할 수 있으나, 한 환자에서 세 방법을 비교할 때는 동일한 각막곡률수치를 이용했으므로, 세 방법 간의 정확성 비교에는 문제가 없다.

방법 2와 3은 같은 접촉성 방법에 의한 생체 계측이었음에도 검사기계 차이에 따른 상이한 결과를 보여주어, 검사기계 고유의 계통오차를 검출하고 이를 도수결정에 반영할 필요성이 있음을 보여준다. Ultrasonic biometer 820[®]로 결정된 목표 굴절값의 평균은 -0.22 ± 0.17 이었음에도, 술 후 굴절오차의 평균은 $+0.07 \pm 0.70$ 으로 $+0.29 \pm 0.60$ 의 차이가 났다. 이러한 오차를 반영하여 도수를 결정한다면, 술 후 굴절오차

를 최소화 할 수 있을 것이다. 따라서 각 검사기 및 술자마다 백내장 수술 결과 데이터를 수집 및 분석하여, 이러한 검사 기계의 오차를 보정해서 인공수정체 도수를 결정해야 하겠다.

참고문헌

- 1) Olsen T. Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 1992;18:125-9.
- 2) Olsen T. Theoretical approach to intraocular lens calculation using Gaussian optics. J Cataract Refract Surg 1987;13:141-5.
- 3) Leaming DV. Practice styles and preferences of ASCRS members-1999 survey. J Cataract Refract Surg 2000;26:913-21.
- 4) Binkhorst RD. The accuracy of ultrasonic measurement of the axial length of the eye. Ophthalmic Surg 1981;12:363-5.
- 5) Olsen T. The accuracy of ultrasonic determination of axial length in pseudophakic eyes. Acta Ophthalmol 1989;67:141-4.
- 6) Olsen T, Nielsen PJ. Immersion versus contact technique in the measurement of axial length by ultrasound. Acta Ophthalmol 1989;67:101-2.
- 7) Hitzengerger CK, Drexler W, Dolezal C. Measurement of the axial length of cataract eyes by laser Doppler interferometry. Invest Ophthalmol Vis Sci 1993;34:1886-93.
- 8) Findl O, Drexler W, Menapace R, et al. Improved prediction of intraocular lens power using partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 2001;27:861-7.
- 9) Giers U, Epple C. Comparison of A-scan device accuracy. J Cataract Refract Surg 1990;16:235-42.
- 10) Binkhorst RD. The accuracy of ultrasonic measurement of the axial length of the eye. Ophthalmic Surg 1981;12:363-5.
- 11) Hennessy MP, Franzco, Chan DG. Contact versus immersion biometry of axial length before cataract surgery. J Cataract Refract Surg 2003;29:2195-8.
- 12) Retzlaff JA, Sanders DR, Kraff MC. Development of the SRK /T intraocular lens implant power calculation formula. J Cataract Refract Surg 1990;16:333-40.
- 13) Hoffer KJ. The Hoffer Q Formula: a comparison of theoretic and regression formulas. J Cataract Refract Surg 1993;19:700-12.
- 14) Holladay JT. Standardizing constants for ultrasonic biometry, keratometry, and intraocular lens power calculations. J Cataract Refract Surg 1997;23:1356-70.
- 15) Hwang JS, Lee JH. Comparison of the IOL master(R) and A-scan ultrasound: refractive results of 96 consecutive cases. J Korean Ophthalmol Soc 2007;48:27-32.
- 16) Song BY, Yang KJ, Yoon KC. Accuracy of partial coherence interferometry in intraocular lens power calculation. J Korean Ophthalmol Soc 2005;46:775-80.
- 17) Chung JK, Choe CM, You YS, Lee SJ. Biometry with partial coherence interferometry and ultrasonography in high myopes. J Korean Ophthalmol Soc 2006;47:355-61.
- 18) Cho YA, Lee RH, Kim KS. The axial length of normal emmetropic eyes by ultrasonic biometry. J Korean Ophthalmol Soc 1983;24:27-33.
- 19) Kim WJ, Park SH, Shin HH. The change of axial length according to age in the eyeball of premature infants by ultrasonic biometry. J Korean Ophthalmol Soc 1983;34:667-71.

=ABSTRACT=

Comparative Analysis of Contact and Immersion Technique in Ultrasonographic Biometry

Jay Won Rhim, MD, Su Yeon Kang, MD, Hyo Myoung Kim, MD, PhD

Department of Ophthalmology, College of Medicine, Korea University, Seoul, Korea

Purpose: To establish the accuracy of the newly released biometer Ocuscan RxP[®] (Alcon, USA) by comparison with the established Ultrasonic Biometer Model 820[®] (Allergan Humphrey, USA), and to compare the accuracy of contact and immersion biometries.

Methods: This is a prospective study involving 27 patients (40 eyes) who were scheduled for cataract surgery and had axial lengths measured with an Ocuscan RxP[®] biometer using both contact (Method 1) and immersion (Method 2) techniques. As a reference, a contact type Ultrasonic biometer 820[®] (Method 3) was also used. IOL(Intraocular Lens) power for the cataract surgery was calculated using this result. An axial length which would have caused no post-operative refractive error was reversely calculated from the difference of target diopter and post-operative refractive error. This length was compared with the axial lengths obtained via Methods 1, 2 and 3.

Results: The means and standard deviations for the measurement sets were compared. Methods 1 and 2 showed no significant difference (23.22 ± 0.68 , 23.24 ± 0.69 mm, $p=0.55$). The axial length measured by Method 3 was 23.32 ± 0.67 mm. The difference between the target refraction and post-operative refractive error was 0.29 ± 0.60 D. The axial length was reversely calculated from the difference (23.07 ± 0.84 mm). The differences between the reversely calculated axial lengths and those of Methods 1, 2 and 3 were 0.15 ± 0.31 , 0.17 ± 0.31 and 0.24 ± 0.28 mm, respectively.

Conclusions: Biometric results from Methods 1 and 2 caused less refractive error than did Method 3. The contact and immersion methods are both accurate for IOL power calculation if performed by a well-skilled examiner.

J Korean Ophthalmol Soc 2009;50(12):1795-1799

Key Words: Alcon Ocuscan, Axial length, Contact, Immersion, Ultrasonic biometry

Address reprint requests to **Hyo myoung Kim, MD**

Department of Ophthalmology, Anam Hospital, Korea University College of Medicine

#126-1 Anam-dong 5-ga, Seongbuk-gu, Seoul 136-705, Korea

Tel: 82-2-920-5521, Fax: 82-2-924-6820, E-mail: hyomkim@hanmail.net