第52回 日本視能矯正学会

一般講演

光学式眼軸長測定不能眼に対する 水浸式超音波眼軸長測定法の検討

岡戸 朋子¹⁾・玉置 明野¹⁾・小島 隆司²⁾・
横山 翔¹⁾・吉田 則彦¹⁾・市川 一夫¹⁾

¹⁾ 社会保険中京病院 眼科

²⁾ 慶応義塾大学医学部 眼科学教室

Evaluation of Immersion Ultrasound Biometry in Eyes That Cannot Be Measured by Partial Coherence Interferometry

Tomoko Okado¹⁾, Akeno Tamaoki¹⁾, Takashi Kojima MD²⁾, Sho Yokoyama MD¹⁾,
Norihiro Yoshida MD¹⁾, Kazuo Ichikawa MD, PhD¹⁾

¹⁾ Department of Ophthalmology, Social Insurance Chukyo Hospital

²⁾ Keio University School of Medicine, Ophthalmology

要 約

【目的】 白内障術前検査における光学式眼軸長測定不能眼に対する水浸式と接触式超音波眼軸長測定法の比較。

【対象と方法】 白内障術前検査にてIOLマスター® (Carl Zeiss meditec) による光学式眼軸長測定が不能で、白内障術後3ヶ月に光学式眼軸長測定が可能であった28名36眼。全例術前に水浸式 (A-Scan Plus® : Acutome) 及び接触式 (US-4000: NIDEK) 超音波眼軸長を測定し、術後3ヶ月時のIOLマスター® による眼軸長と術前の各値を比較した。有意差検定はWilcoxon符号順位検定を用い、有意水準は5%未満とした。

【結果】 術前の超音波眼軸長測定は、水浸式が平均 24.06 ± 1.50 mm、接触式は平均 23.88 ± 1.40 mmで水浸式が有意に長く計測された ($p < 0.0001$)。術後IOLマスター® の平均値は 24.00 ± 1.40 mmで、水浸式とは有意差を認めず ($p = 0.44$)、接触式とは有意差を認めた ($p = 0.002$)。また術後のIOLマスター® との眼軸の差が0.2 mm以内の割合は、標準眼軸長眼では水浸式92.0%、接触式84.0%であったが、長眼軸長眼では、水浸式33.3%、接触式44.4%であった。

【結論】 術前光学式眼軸長測定不能例でも標準眼軸においては、A-Scan Plus® による水浸式超音波測定値は、眼内レンズ度数計算のパラメータを光学式と同じ条件で使用できる可能性が示唆された。長眼軸では、水浸式も接触式同様、測定値のバラつきが大きく熟練を要すると考えられた。

別冊請求先 (〒457-8510) 名古屋市南区三条1-1-10 社会保険中京病院 眼科

Tel. 052 (691) 7151 Fax. 052 (692) 1273

E-mail : okado@chukyogroup.jp

Key words : 水浸式、接触式、超音波眼軸長測定、光学式眼軸長測定、A-Scan Plus

immersion, applanation, ultrasound biometry, partial coherence interferometry, A-Scan Plus

Abstract

Purpose: To compare the axial length (AL) measurements by immersion and applanation ultrasound biometry in eyes with preoperative AL that could not be measured by partial coherence interferometry.

Subjects and Methods: Subjects were 36 pseudophakic eyes of 28 patients whose AL could not be measured by partial coherence interferometry (IOL Master®, Carl Zeiss Meditec, Germany) before cataract surgery but 3 months after surgery. All the subjects underwent ultrasound biometry preoperatively with both immersion (A-Scan Plus®, Accutome) and applanation (US-4000, NIDEK) techniques. We compared the preoperative AL measurements by these two methods with the measurement by IOL Master® at 3 months after surgery. The Wilcoxon signed-rank test was performed and a p-value less than 5 % was considered statistically significant.

Results: The mean preoperative ALs by immersion and applanation techniques were 24.06 ± 1.50 mm and 23.88 ± 1.40 mm, respectively. The mean AL by immersion technique was significantly longer than that by applanation technique ($P < 0.0001$). The mean postoperative AL by IOL Master® (24.00 ± 1.40 mm) did not significantly differ from the mean AL by immersion technique ($P = 0.44$) but from the mean AL by applanation technique ($P = 0.002$). In addition, 92.0% and 84.0% of the eyes with standard AL (22.0 mm to 24.5 mm) measured by immersion and applanation techniques respectively had a difference within ± 0.2 mm from the IOL Master® measurements. In the eyes with long AL (> 24.5 mm), the corresponding percentages were 33.3% and 44.4% for immersion and applanation techniques, respectively.

Conclusion: The current study suggested that in the eyes with standard AL, the AL measurement by immersion ultrasound biometry could be used with the same IOL Master® parameters for the intraocular lens power calculation even if the eyes could not be measured by partial coherence interferometry preoperatively. However, in the eyes with long AL, the measurements by immersion and applanation techniques all varied widely and better proficiency would be required.

I. 諸言

近年、白内障術前検査として、光学式眼軸長測定が標準的に使用されるようになってきており、術後の屈折誤差の原因としての眼軸長測定ミスは、超音波測定が主流であった1992年のOlsenの報告¹⁾では54%であったが、光学式測定が可能となった2008年のNorrbyの報告²⁾では17%に減少している。しかし、その最大の欠点は、5~17%程度の測定不能眼の存在である^{3)~7)}。光学式眼軸長測定不能眼に対し、国内では、接触式超音波眼軸長測定が一般的に用いられている。A-Scan Plus® (Accutome) は、IOLマスター® (Carl Zeiss Meditec) の弱点を補うことを目的とした、水浸式の測定可能な超音波眼軸長測定器である(図1)。音速設

図1 水浸式 (A-Scan Plus® : Accutome)

定は、国内で汎用されている等価音速方式でなく、組織ごとの音速を設定するセグメント方式が用いられている。今回、我々は白内障の術前検査において、光学式眼軸長測定器IOLマスター®による測定が不能であった症例に対して、

超音波による水浸式と接触式の眼軸長測定値を比較し、光学式測定値との差を検討することを目的として、国内であまり馴染みの無い水浸式超音波眼軸長測定を行い、従来の接触式超音波眼軸長測定と比較したので報告する。

Ⅱ. 対象及び方法

白内障術前検査にてIOLマスター® (Carl Zeiss meditec) による光学式眼軸長測定が不能で、白内障術後3ヶ月に光学式眼軸長測定が可能であった28名36眼。平均年齢 73.71 ± 7.72 歳。全例術前に水浸式 (A-Scan Plus®: Acutome) 及び接触式 (US-4000: NIDEK) 超音波眼軸長を測定し、角膜小切開による白内障手術で眼内レンズ (以下IOL) が完全囊内固定された症例において、術後3ヶ月のIOLマスター®による眼軸長測定値と術前の超音波による各測定値とを比較した。白内障以外の眼疾患を有する者は除外した。超音波眼軸長測定の水浸式にはA-Scan Plus® (Acutome) を、接触式はUS-4000 (NIDEK) を、光学式眼軸長測定は、IOLマスター® (ver.5.4:Carl Zeiss Meditec) を使用した。US-4000はA-Scan Plusと同様、セグメント方式にて測定した。有意差検定にはWilcoxonの符号順位検定を用い、有意水準は5%未満とした。また、統計解析方法はBland-Altman Plotを用いた。

Ⅲ. 結果

術前の超音波による眼軸長測定は、水浸式が平均 24.06 ± 1.50 mm (21.17~27.87mm)、接触式は平均 23.88 ± 1.40 mm (20.87~27.64mm) で (図2)、水浸式は接触式に比べ有意に長く測定された ($p < 0.0001$)。Bland-Altman Plotでは、 ± 1.96 SDは $-0.37 \sim +0.72$ mmで水浸式と接触式の差は平均0.18mmだった (図3)。

術後3ヶ月のIOLマスター®での平均眼軸長は 24.00 ± 1.4 mm (21.01~27.63mm) であった。水浸式での平均眼軸長24.06mmとは有意差を認めず ($p = 0.44$)、接触式による平均眼軸長23.88mmとは有意差を認めた ($p = 0.002$)

図2 術前の水浸式と接触式との眼軸長測定値の比較

図3 Bland-Altman Plotによる術前の水浸式と接触式の眼軸長測定値の比較

図4 術後の光学式眼軸長測定値と水浸式・接触式との比較

(図4)。接触式では、術前と比較し約0.09mm程度短く計測されると報告⁸⁾されている術後のIOLマスター®の値と比較しても、短く測定されていた。

また、IOL度数算出において、術後の屈折誤差をIOL製作度数の刻みである0.5D以下にするためには眼軸長測定誤差を0.2mm以内に収める必要がある。そこで、術後IOLマスター®

図5 術後の光学式眼軸長測定値との差が0.2mm以内であった割合

図6 眼軸長別での術後の光学式眼軸長測定値との差が0.2mm以内であった割合

図7 眼軸長別での術後の光学式眼軸長測定値との平均絶対誤差の比較

図8 長眼軸における術後光学式眼軸長測定値との比較

との眼軸長の差が0.2mm以内であった割合を求めた。全体では、水浸式が77.8% (36眼中28眼)、接触式が75.0% (36眼中27眼)であった (図5)。次に、眼軸長別に短眼軸 (22.0mm未満: 2眼)、標準眼軸 (22.0mm～24.5mm: 25眼)、長眼軸 (24.5mm以上: 9眼) の3群に分け、IOLマスターとの差が0.2mm以内の割合をそれぞれ比較した。短眼軸群は2眼のみで、いずれも差は0.2mm以内であった。標準眼軸群では水浸式は92.0%、接触式は84.0%であったが、長眼軸群では水浸式33.3%、接触式44.4%であった (図6)。

そこで、眼軸長別に、術後のIOLマスター®による眼軸長と術前の水浸式および接触式の超音波による測定値の差を比較した。標準眼軸

群においては、MAE (Mean Absolute Error: 平均絶対誤差) は水浸式が0.13mm、接触式が0.18mmで水浸式のほうが少なく、有意差を認めた ($p=0.008$)。長眼軸群においては水浸式より接触式の方がMAEは小さいものの、有意差は認められなかった (図7)。また、長眼軸群では術後IOLマスター®による平均値は25.98 ± 0.8mmで、水浸式26.17 ± 0.9mm、接触式25.90 ± 0.80mmのいずれとも有意差を認めなかった (図8)。長眼軸群におけるBland-Altman Plotでは、光学式と水浸式の差の ± 1.96SD は -0.76 ~ +1.14mmで、光学式と接触式では -0.76 ~ +0.60mmであり、水浸式との差の方が大きかった (図9)。

図9 Bland-Altman Plotによる長眼軸における術後光学式眼軸長測定値との比較

Ⅳ. 考按

白内障手術は、手技の進歩や手術装置及びIOLの開発に伴い、術後の屈折度数ズレは合併症の一つとされるほど精度が重視されてきている。術後の屈折誤差には、生体計測の精度やIOL度数計算式の問題が挙げられるが、中でも大きな割合を占めていた眼軸長測定誤差は、光干渉法による光学式測定の開発により随分改善されてきている^{9), 10)}。しかし、光学式測定の最大の欠点は、光軸上の混濁に弱く測定不能例が存在することである。現在のところ、光学式測定不能眼に対する眼軸長測定は、超音波による計測が必須である。これまで、水浸式超音波眼軸長測定法と光学式眼軸長測定法を比較した報告はあるものの、測定器によって結果は異なる^{11)~13)}。近年国内においてCarl Zeiss Meditecより発売されたA-Scan Plus[®] (Accutome) は、IOLマスター[®]の弱点を補うことを目的として、光学式眼軸長測定不能例に対する水浸式超音波眼軸長測定によりセグメント方式を採用し、IOLマスター[®] (モデル500) とデータリンク可能となっている。第65回日本臨床眼科学会において、比嘉はIOLマスター[®]測定可能眼に対しA-Scan Plus[®]による水浸式超音波眼軸長測定を行い、光学式との差がないことを確認し、IOLマスター[®]と同じA定数が使用可能であると報告している¹⁴⁾。今回、我々は白内障術前にIOLマスター[®]が測定不能であった症例に対し、A-Scan Plus[®]による水浸式超音波眼軸長測定値と国内で一般的に用いられている接触式超音波眼軸長測定値との比較を試みた。水浸式と接

触式では、水浸式の方が長く計測され、術後のIOLマスター[®]による測定値との比較において、水浸式での値は差がなく、接触式は有意に短い結果となった。眼軸長別に比較した結果では、水浸式での値は標準眼軸群において光学式測定値とは差がなく、その差が0.2mm以内である割合も高かったが、長眼軸群においては光学式との差があり、接触式と同様、光学式と比較した超音波の指向性の問題や光軸を捉えることの難しさにより、手技には熟練が必要であると思われる。水浸式超音波測定において誤差が生じる要因としては、シェルの外径が16mmと角膜径より大きいこと、検者側から被検眼の視方向を確認することが困難であることが挙げられる。また、セグメント方式では水晶体の後面を誤認識し厚みに測定ミスが生じた場合、眼軸長の測定値に影響する。よって、測定中は波形の振幅だけでなく水晶体厚にも注意する必要がある。A-Scan Plus[®]の場合Denseモードでは、水晶体の厚みが4.70mmに固定されるため、実際の水晶体厚との差が眼軸長に含まれる可能性がある。これらの問題は、短眼軸の方が眼軸に対する水晶体の割合が高く誤差の影響を受けやすいが、今回は短眼軸の症例は2眼と少なく、通常モードで測定可能であり光学式との差も無かったため、症例を増やし検討する必要がある。

本研究により、光学式眼軸長測定が不能であっても、標準眼軸であれば、A-Scan Plus[®]で得られた水浸式超音波眼軸長測定値は、IOLマスター[®]による測定値と同様に扱うことができると思われた。

参考文献

- 1) Olsen T : Source of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 18: 125-129, 1992.
- 2) Sverker Norrby : Sources of error in intraocular lens power calculation. J Cataract Refract Surg 34: 368-376, 2008.
- 3) Mana Tehrani, Frank Krummenauer, Eric Blom, H.Burkhard Dick : Evaluation of the practicality of optical biometry and applanation ultrasound in 253 eyes. J Cataract Refract Surg 29: 741-746, 2003.
- 4) 佐藤 彩, 須藤史子, 島村恵美子, 堀 貞夫 : 眼内レンズ度数算出における非接触式眼軸長測定装置 (IOLマスターTM) の有用性. あたらしい眼科 22 : 505-509, 2005.
- 5) 島村恵美子, 須藤史子, 大道千秋, 氣田明香, 杉岡寛子 : IOL Master[®]における新旧バージョンの測定精度の比較. 日視会誌 38 : 219-226, 2009.
- 6) 須藤史子 : 眼のバイオメトリー 眼を正確に測定する. 大鹿哲郎 (編) : 眼科プラクティス 25. 210-216, 文光堂, 東京, 2009.
- 7) 須藤史子 : 屈折矯正を考えた眼内レンズ手術. ビッセン宮島弘子 (編) : ES NOW Eye Surgery Now 7. 56-63, MEDICAL VIEW, 東京, 2011.
- 8) 星野彰宏, 市川一夫, 酒井幸弘, 内藤尚久 : IOL Master[®]による眼軸長計測値の白内障手術前後の変化について. IOL & RS 24 : 453-456, 2010.
- 9) Rafe Connors III, Peter Borseman III, Randall J. Olson : Accuracy and reproducibility of biometry using partial coherence interferometry. J Cataract Refract Surg 28: 235-238, 2002.
- 10) Anand B.Bhatt, Amy C.Scheffler, William J. Feuer, MS, Sonia H. Yoo, Timothy G. Murray : Comparison of Predictions Made by the Intraocular lens Master and Ultrasound Biometry. Arch Ophthalmol. 126: 929-933, 2008.
- 11) Mark Packer, I.Howard Fine, Richard S.Hoffman, Peggy G.Coffman, COT, Laurie K.Brown, et al: Immersion A-scan compares with partial coherence interferometry. Outcomes analysis. J Cataract&Refract Surg 28: 239-242, 2002.
- 12) John Landers MBBS, Michael Goggin FRANZCO MS : Comparison of refractive outcomes using immersion ultrasound biometry and IOL Master biometry : Clinical and Experimental Ophthalmology 37: 566-569, 2009.
- 13) BMC Ophthalmology : <http://www.biomedcentral.com/1471-2415/10/8>
- 14) 比嘉利沙子, 魚里 博, 大内雅之, 井上賢治, 若倉雅登 : IOLマスター[®] (モデル500) の新機能の有用性－超音波Aモード法とのリンク－第2報. 第65回 日本臨床眼科学会 講演抄録集: 88, 2010.