第59回 日本視能矯正学会
一般講演

当院における光学式眼軸長測定装置 OA-1000 と
OA-2000 の臨床的比較

鬼柳 裕介・佐々木 功・鈴木 智哉・金井 敬・蟬山 敏之・
折登 健・町谷 理恵・加藤 泰子・江口秀一郎

江口眼科病院

Clinical Comparison of Two Optical Biometers,
OA-1000 and OA-2000

Yuusuke Oniyanagi, Kou Sasaki, Tomoya Suzuki, Takashi Kanai,
Toshiyuki Rouyama, Ken Orito, Rie Machiya, Yasuko Katou, Syuichirou Eguchi

Eguchi Eye Hospital

要 約

【目的】同一被験眼でタイムドメイン方式の光学式眼軸長測定装置 OA-1000 とフーリエドメイン方式の光学式眼軸長測定装置 OA-2000 の測定結果の比較。

【対象と方法】2017年4月～8月に白内障術前検査を行った連続127例251眼の眼軸長測定成功率、眼軸長、前房深度を比較検討した。また OA-1000 に適用していた Alcon[®] 製眼内レンズ SN60WF の A 定数で SRK/T 式による術後屈折予測値を、SN60WF を挿入した73眼で術後3か月の他覚屈折値と比較し、術後屈折予測精度の検討、A 定数最適化を行った。

【結果】眼軸長測定成功率は OA-1000 が 93.2%、OA-2000 が 100% ($p<0.05$)。眼軸長の平均値は OA-1000 が 23.77 ± 1.66 mm、OA-2000 が 23.84 ± 1.67 mm ($p<0.05$)。前房深度の平均値は OA-1000 が 3.77 ± 0.54 mm、OA-2000 が 3.20 ± 0.43 mm ($p=0.05$)。術後屈折誤差の平均値は OA-1000 が 0.10 ± 0.56 D、OA-2000 が 0.29 ± 0.47 D ($p<0.05$)。SN60WF の OA-2000 用最適化 A 定数は 118.88 であった。

【結論】眼軸長測定成功率はフーリエドメイン方式の機器が有意に高かった。術後屈折予想精度向上には眼軸長測定器の機種ごとの A 定数最適化が肝要である。

別冊請求先 (〒040-0053) 北海道函館市末広町7-13

Tel. 0138 (23) 2272 Fax. 0138 (22) 6926

Key words: タイムドメイン式、フーリエドメイン式、白内障、A 定数
time-domain, Fourier-domain, cataract, A-constant

Abstract

【Purpose】 Biometric data obtained for the same eye using a time-domain based optical biometer (OA-1000) and a Fourier-domain based optical biometer (OA-2000) were compared.

【Subject and Methods】 Subjects were 251 eyes of 127 consecutive patients who underwent pre-operative examinations for cataract surgery between April and August 2017. Success rate of axial length measurement, axial length, and anterior chamber depth obtained by OA-1000 and OA-2000 were compared. Of 251, 73 eyes received Alcon SN60WF implantation and their predicted postoperative refraction using the SRK/T formula with an A-constant was compared to their objective refraction 3 months after surgery. Subsequently, the postoperative refraction error was evaluated and the A-constant for SN60WF was optimized for OA-2000.

【Results】 The success rates of axial length measurement were 93.2% for OA-1000 and 100% for OA-2000 ($P < 0.05$). The mean axial length measurements were 23.77 ± 1.66 mm by OA-1000 and 23.84 ± 1.67 mm by OA-2000 ($P < 0.05$). The mean measurements of anterior chamber depth were 3.77 ± 0.54 mm by OA-1000 and 3.20 ± 0.43 mm by OA-2000 ($P < 0.05$). The postoperative refraction errors were 0.10 ± 0.56 D for OA-1000 and 0.29 ± 0.47 D for OA-2000 ($P < 0.05$). An optimized A-constant of 118.88 for SN60WF power calculation was found for OA-2000.

【Conclusion】 The Fourier-domain based optical biometer OA-2000 had a significantly higher success rate of axial length measurement. To improve postoperative refraction prediction, it is important to optimize the A-constant for each individual type of biometers.

I. 緒言

白内障術後屈折誤差を小さくする上で眼軸長、前房深度、角膜屈折力などの生体計測定値や眼内レンズ（以下IOL）のA定数は重要である。光学式眼軸長測定装置は白内障術前検査として使用されるが、簡便で検者の手技による影響を受けにくいという特徴がある。現在、光学式眼軸長測定装置はタイムドメイン方式とフーリエドメイン方式の2種類があり光学式眼軸長測定装置TOMEY社製OA-1000（以下OA-1000）はタイムドメイン方式を、光学式眼軸長測定装置同社製OA-2000（以下OA-2000）はフーリエドメイン方式を用いている。後者はSwept source式のため眼軸長測定可能率は向上し、生体計測定値も安定性が高いと報告されている^{1) 2)}。今回、測定原理の異なる2機種の光学式眼軸長測定装置を用いて眼軸長測定率、生体計測定値と術後屈折誤差を比較し、当院におけるパーソナルA定数について検討したので報告する。

II. 対象および方法

2017年4月～8月に白内障術前検査を施行し、OA-1000とOA-2000を測定した男性44例87眼、女性90例174眼、年齢 73.4 ± 9.1 歳を対象とした。黄斑疾患、角膜疾患などを除外した連続127例251眼について、眼軸長測定率を比較した。また2機種ともに測定値を得られた121例234眼の眼軸長（Contactモード）、前房深度を比較検討した。なお角膜屈折力測定機能はOA-1000に搭載されていないためNIDEK社製ARK-530A（以下ARK-530A）の値を代用。測定領域が角膜中心3.3mmマイヤーリング（半径7.7mm時）、角膜中心6.0mm4点（半径7.7mm時）であり、角膜屈折率は1.3375。取得データは3回以上の測定値の平均値とし、OA-2000と比較検討した。Signal-to-Noise Ratio（以下SNR）はOA-1000で2以上、OA-2000で2桁以上とした。更に当院でOA-1000に適用していたAlcon®社製眼内レンズSN60WF（以下SN60WF）のA定数を用いて2機種でSRK/T式による術後屈折予測を行い、SN60WFを挿入した73眼で術後3か月検査時にARK-530Aでエラーせずに測定できた他覚的屈折値（等価球面

値)と比較し術後屈折予測精度について検討。その術後屈折誤差(術後他覚的屈折値-術後予測値)をもとに、矯正視力(0.7)以上で角膜疾患や網膜疾患など有していない症例群でOA-2000用にA定数の最適化しパーソナルA定数を算出した。

眼軸長測定率は χ^2 二乗検定、相関係数はPearsonの相関係数の検定、生体計測値(眼軸長、前房深度、角膜屈折力)および術後屈折誤差は対応ある二群のt検定(Paired t test)、術後屈折誤差 $\pm 0.50\text{D}$ 以内、 $\pm 1.00\text{D}$ 以内の割合はFisherの正確検定を行い、いずれも有意水準5%とした。各生体計測値でBland-Altman plotを作成し、Limits of Agreementを差の平均 $\pm 1.96\text{SD}$ として両機種種の測定値の一致度を評価した。なお、本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に添い、臨床研究に関する倫理指針に基づいて実施した。

Ⅲ. 結果

眼軸長測定率はOA-1000が93.2% (251眼中234眼)、OA-2000が100% (251眼中251眼)でOA-2000が有意に高かった($p<0.05$)。

眼軸長測定値(平均値 $\pm$ 標準偏差値、以下同記)はOA-1000が $23.77 \pm 1.66\text{mm}$ 、OA-2000が $23.84 \pm 1.67\text{mm}$ でOA-2000が有意に長かった($p<0.05$)。相関係数は0.99829 (95%信頼区間: 0.998~0.999, $p<0.05$)と高く(図1)、差の平均が -0.075mm (Limits of Agreement: $-0.266 \sim +0.116$)であった(図2)。系統誤差は加算誤差(-0.08 ± 0.01)が存在し、相関の有意性の

図1 眼軸長測定値
 $p<0.05$ (Paired t test) 相関係数 = 0.99829

検定にて有意水準5%の1.97に対し、 -1.32 と比例誤差の存在は明らかではなかった。またOA-1000の測定値よりOA-2000の測定値が長かった症例数は234眼中225眼(96.2%)であった。

前房深度測定値はOA-1000が $3.77 \pm 0.54\text{mm}$ 、OA-2000が $3.20 \pm 0.43\text{mm}$ でOA-2000が有意に浅かった($p<0.05$)。相関係数は0.679884 (95%信頼区間: 0.604~0.743, $p<0.05$)と高い相関は認められず(図3)、差の平均が 0.569mm (Limits of Agreement: $-0.215 \sim +1.352$) (図4)と全体の一致度は低かった。系統誤差は加算誤差(0.57 ± 0.05)が存在し、相関の有意性の検定にて有意水準5%の1.97に対し、4.91と比例誤差が存在した。

角膜屈折力はARK-530Aが $44.3 \pm 1.59\text{D}$ 、OA-2000が $44.3 \pm 1.60\text{D}$ で有意差は認められず($p=0.25$)、相関係数は0.979629 (95%信頼区間: 0.974~0.984, $p<0.05$)と高く(図5)、

図2 眼軸長測定値のBland-Altman plot
差の平均が -0.075mm (Limits of agreement: $-0.266 \sim +0.116$ Mean: -0.06)

図3 前房深度測定値
 $p<0.05$ (Paired t test) 相関係数 = 0.679884

差の平均は0.024 D (Limits of Agreement : -0.608 ~ +0.657) (図6) であった。系統誤差は加算誤差 (0.02 ± 0.04) の存在は明らかではなかった。相関の有意性の検定にて有意水準5%の1.97に対し、-0.86と比例誤差の存在も明らかではなかった。

術後屈折誤差はOA-1000が 0.10 ± 0.56 D、OA-2000が 0.29 ± 0.47 D (図7) で有意差を認め ($p < 0.05$)、OA-2000の誤差が大きかった。しか

図4 前房深度測定値のBland-Altman plot
差の平均が0.569mm (Limits of agreement : -0.213 ~ +1.351 Mean : 0.66)

図5 角膜屈折力測定値
 $p = 0.25$ (Paired t test) 相関係数 = 0.979629

図6 角膜屈折力のBland-Altman plot
差の平均が0.024 D (Limits of agreement : -0.606 ~ +0.655 Mean : 0.02)

しOA-2000の方が、ばらつきが少なく予測精度が高かった。(図8) 相関係数は0.81718。術後屈折誤差が ± 0.50 D以内の割合はOA-1000が67.12%、OA-2000が72.6%、術後屈折誤差が ± 1.00 D以内の割合はOA-1000が90.41%、OA-2000が93.15%でどちらも有意差は認められなかった ($p = 0.59$, $p = 0.77$) (表1)。

SN60WFのA定数はメーカー推奨値118.70 (超音波式眼軸測定仕様) に対し、当院でOA-1000用に適用していたA定数は118.70であり、73眼の術後屈折値から算出したOA-2000用のパーソナルA定数は118.88であった。

図7 術後屈折誤差
 $p < 0.05$ (Paired t test) 相関係数 = 0.81718

図8 術後屈折誤差
OA-1000：最小値 (-2.045) 最大値 (2.14) 中央値 (0.045) 四分位範囲 (0.7275)
外れ値 (-1.41125以下 1.49875以上)
OA-2000：最小値 (-1.205) 最大値 (1.8) 中央値 (0.205) 四分位範囲 (0.5375)
外れ値 (-0.89375以下 1.25625以上)

表1

	平均±標準偏差	絶対値平均±標準偏差 (絶対値中央値)	±0.50D以内	±1.00D以内
OA-1000	0.10±0.56D	0.44±0.37 (0.34)	67.12%(49/73眼)	90.41%(66/73眼)
OA-2000	0.29±0.47D	0.44±0.33 (0.37)	72.60%(53/73眼)	93.15%(68/73眼)

Ⅳ. 考按

眼軸長測定率はOA-2000の測定率が有意に高いものとなった。これはOA-2000の測定光が長波長化したため組織透過度も上がったこと、41点の走査で得たBスキャン像によって混濁の少ない部位で眼軸長を測定するためタイムドメイン方式では測定できなかった強い混濁下でも測定可能になったと考えられ、フーリエドメイン方式の眼軸長測定率が高いという過去の報告^{1), 3)~6)}と一致する結果となった。本研究では検討していないが後囊下白内障や核硬度4以上の症例ではタイムドメイン方式の場合、測定不能となることが多い^{2)~3)}と言われている。また本研究では除外したが硝子体出血を伴うとフーリエドメイン方式でも測定困難という報告^{4)~5)}もあるためSNRが低い場合や再現性がなく信頼性の低い測定値であれば超音波眼軸長測定値との比較検討が必要である。

眼軸長測定値はOA-2000が平均0.075mm長く有意差が認められた。またOA-1000の測定値よりOA-2000の測定値が長かった症例数は234眼中225眼(96.2%)であった。OA-2000がSwept sourceにより網膜色素上皮とEllipsoid zoneの分解能が向上し、網膜色素上皮特定のアルゴリズムの精度上がったこと、タイムドメイン方式のOA-1000はBスキャン像の測定ができずEllipsoid zoneや網膜色素上皮のピークを同一とする場合があり、その違いによって差が生じたと考えられる。過去の報告^{1)~3)}ではOA-2000の眼軸長測定値は他機種に比べて長く測定されるが計測器の誤差0.03mm以内で臨床的な差はないとある。本研究では計測器の誤差

0.03mmを超える結果となったがSRK/T式において1mmの眼軸長のずれは眼球屈折力として2.5Dの誤差とすると0.075mmのずれは約0.19Dの誤差となり、平均0.075mmの眼軸長測定誤差は0.50DステップのIOL度数選択に与える影響は小さいと言えるがOA-2000の眼軸長測定値はOA-1000の値より長く測定される傾向があるため注意が必要である。図2の95% limits of agreementから大幅に外れている症例については、どちらの機種でもSNRは採用基準を超えていたがOA-1000のSNRがあきらかに低い症例が2例3眼あった。SNRは2眼が2.8、1眼は3.4であった。3眼全て核硬度2程度であったが皮質混濁が中心部に強くあり、OA-1000の測定時に網膜面からの光干渉ピークを上手く捉えることができなかったのではないかと推察される。

前房深度はOA-1000とOA-2000では0.569mmの差が生じた。OA-1000の測定は固視誘導を行い水晶体前面のピークを検出する方法であり、視軸や光軸での計測ではない⁷⁾のに対しOA-2000では視軸を固定した状態で光軸上の前房深度を測定可能であり安定した測定値になるため、差が生じたと考えられる。しかしOA-1000でどの程度、固視誘導が不適切で水晶体前面の波形を正しく捉えなかった症例があるかは今回の研究では検討しておらず今後の課題としたい。また、SRK/T式では前房深度の実測値を使用せず、理論上の値でIOL度数を算出するため術後屈折誤差に大きな影響はないものの、Haigis式など前房深度の実測値を使う場合は術後屈折誤差が大きくなる可能性もある。そのため前房深度測定値の正確性は超音波測定や他の前眼部測定検査との比較が必要である。

角膜屈折力ではOA-1000の代用機としたARK-530Aの測定範囲は角膜中心3.3mm（周辺6mm）の値に対してOA-2000は角膜中心3mm（周辺5.5mm）の値と測定範囲に違いはあるものの測定値に有意差はなく、相関も高い結果となった。本研究において2機種間で角膜屈折力測定値による術後屈折誤差の影響は小さいと言える。

術後屈折誤差の単純平均値ではOA-2000がOA-1000よりもずれる結果となり、その差は0.19Dであった。これはSRK/T式が眼軸長測定値、角膜屈折力、A定数の3つを基に術後屈折予測をしていて2機種間で角膜屈折力の有意差はなく、同一のA定数を使用していることから統計学的にも差が生じた眼軸長測定値の影響が出たと言える。しかし図8ではOA-2000の方が、ばらつきは少なく予想精度が高い結果となったのは前述したOA-2000の測定光の長波長化したことや、Swept sourceにより網膜色素上皮とEllipsoid zoneの分解能が向上したことによると考えられる。

A定数の最適化、つまりパーソナルA定数については氣田ら⁸⁾も光学式眼軸長測定装置専用で独自のA定数算出が必要と述べていて、本研究も同様にメーカー推奨値とパーソナルA定数は異なるものとなった。さらに都村ら⁹⁾は同一のA定数が設定されているIOLでも種類の異なるものであれば支持部の形状や光学周辺部の形状も異なり、術後屈折値に違いが生じるため個別のA定数を推奨している。加えて眼軸長別（短・中・長）、計算式別でもA定数を個別化するという報告もしている¹⁰⁾。

今回、測定原理の異なる光学式眼軸長測定装置のOA-1000とOA-2000では眼軸長測定率と生体計測値、術後屈折誤差に統計学的有意差が認められた。この差は臨床上、術後屈折予測精度に影響しうるものであった。従って、眼軸長測定器の臨床使用に際しては機種ごとのA定数の最適化が肝要であることが確かめられた。IOLの種類や眼軸長別のパーソナルA定数の個別化については今後更なる検討を要する。

参考文献

- 1) 佐々木功、森文彦、東邦洋、松下知弘、江口秀一郎:Time domain式眼軸長測定装置OA-1000とFourier domain式眼軸長測定装置OA-2000の比較. 眼科60巻1号: 77-86, 2018.
- 2) 稲垣明日香、後藤保人、藤原篤之、金永圭祐、坂手滯、白神史雄: 光学式眼軸長測定装置OA-2000とOA-1000の比較. 日視会誌46: 99-105, 2017.
- 3) 玉置明野、小島隆司、長谷川亜里、他: 白内障症例におけるフーリエドメイン方式とタイムドメイン方式による光学式眼軸長測定の比較. IOL&RS 29: 378-383, 2015.
- 4) 伊藤志代美、玉置明野、小島隆司、川出美幸、村井朋子、橋爪良太、他: 2つの新しいフーリエドメイン光学式眼球生体計測装置の比較. 日視会誌45: 87-95, 2016.
- 5) 梅岡亮介、小川智一郎、谷澤美実、奥出祥代、高木真由、岡本俊紀、他: IOLMaster[®]700とVersion7（モデル500）における生体計測定値および術後屈折誤差の比較検討. 日視会誌45: 121-128, 2016.
- 6) McAlinden C, Wang Q, Gao R 他 Axial Length Measurement Failure Rates With Biometers Using Swept-Source Optical Coherence Tomography Compared to Partial-Coherence Interferometry and Optical Low-Coherence Interferometry. Am J Ophthalmol. 173: 64-69, 2017.
- 7) 山下力、前田史篤、岡真由美、田淵昭雄: 光干渉式と超音波眼軸長測定計測値の比較検討. あたらしい眼科: 28(12)1758-1764, 2011.
- 8) 氣田明香、須藤史子、島村恵美子、他: 光学式眼軸長測定装置OA-1000とIOLMaster[®]の比較. 日視会誌38: 227-234, 2009.
- 9) 都村豊弘、野本浩之、山地英孝: 同一A定数である3種類の眼内レンズにおける術中と術後屈折度の誤差とその推移. 臨眼67(9): 1539-1546, 2013.
- 10) 都村豊弘、野本浩之、山地英孝: シングルピース眼内レンズにおける個別A定数の検討. 臨眼68(4): 483-489, 2014.