

フェムトセカンドレーザー白内障手術とゼロフェイコ

Femtosecond laser assisted cataract surgery and zero phaco

西 悠太郎^{1*}・植村恭子¹・深澤祥子¹・佐方弘哲¹・小長谷奈美¹・
西 佳代¹・西 起史¹

Yutaro NISHI^{1*}・Kyoko UEMURA¹・Yoshiko FUKAZAWA¹・Hironori SAKATA¹・Nami OBASE¹・
Kayo NISHI¹・Okihito NISHI¹

【要約】 目的：核硬度の高い白内障に対し、フェムトセカンドレーザー白内障手術（FLACS）で、I/Aのみで白内障を除去するゼロフェイコの可能性と短期的な臨床成績を調査すること。

対象：FLACS+ゼロフェイコ群（A群）、FLACS+超音波乳化吸引術群（B群）、通常の超音波乳化吸引術を実施したコントロール群（C群）の3群間で角膜厚変化率と術後フレア値を比較した。

結果：Emery-Little 分類での核硬度がⅢ、Ⅳのとき、A群では各々平均I/A時間102秒、178秒で吸引除去できた。術翌日の角膜厚の変化は、A群が $4.4 \pm 2.8\%$ 、B群が $8.5 \pm 5.7\%$ 、C群が $22 \pm 16\%$ と、A、B群がC群より有意に低値を示した（ $p < 0.05$ ）。フレア値は3群間で有意差はなかった。

結論：FLACSでのゼロフェイコは、核硬度Ⅳでも実施可能であり、術後の角膜浮腫量が通常の白内障手術より少なく、角膜への侵襲が少ない術式である可能性がある。多くの症例で白内障手術からフェイコのステップが不要となりうること、安全で低侵襲の手術が可能であることが示唆される。

【キーワード】 フェムトセカンドレーザー白内障手術、ゼロフェイコ、超音波ゼロ、核硬度、ロボティック

緒言

近年欧米をはじめとした世界各国で、フェムトセカンドレーザーを使用した白内障手術 femtosecond laser assisted cataract surgery (FLACS) が、白内障手術分野におけるロボティック手術の一つの選択肢として導入されつつある。FLACSでは、前囊切開をオートマチックかつ正確に行うことができる。さらに水晶体核細分割により超音波時間を短縮して、超音波積算値を抑制することもできる。一方でFLACSでは、現在フェイコマシーンとフェムトセカンドレーザーマシンの2つの機械が独

立分離して必要で、比較的高価格である。

これまで世界各国で、FLACSの臨床成績について数多くの報告がされてきた¹⁻¹¹⁾。その中でも Dick や Abell のグループは、初期の頃から超音波パワーを一切使用せずにI/Aによる吸引のみで白内障を除去する、いわゆるゼロフェイコの概念を提唱した^{1,10)}。Dick らはゼロフェイコを用いて超音波の侵襲を低減することにより術後の炎症や角膜内皮障害、黄斑浮腫が減少する可能性がある¹⁾と述べているが、ゼロフェイコ術後の炎症や角膜への影響について詳しくは検討されていない。

ゼロフェイコを実践した報告はこれまで限られているが、ゼロフェイコにより、標準的な白内障手術からフェイコのステップが消失するのは、手術自体のラーニングカーブと安全性の面からとても意義深いと考えられる。

この観点から当院ではFLACS導入当初より、ゼロフェイコが高い核硬度の白内障でも適用可能かどうか、そして核硬度の高い症例での角膜への影響や術後炎症を

1 西眼科病院 Nishi Eye Hospital

*別刷請求先：537-0025 大阪府大阪市東成区中道4-14-26
西眼科病院 西 悠太郎
(2017年8月30日受理)

表1 A群, B群, C群の患者背景

	A群	B群	C群	P値
年齢(歳)	70.7±4.9	73.8±3.6	75.4±4.7	0.054
核硬度Ⅲ, Ⅳ(眼)	8, 7	8, 7	8, 7	—
術前角膜厚(μm)	526±53	560±50	534±38	0.353
術前角膜内皮細胞密度(cells/mm ²)	2,787±240	2,373±234	2,630±245	0.147
前房深度(mm)	2.96±0.36	3.29±0.59	2.72±0.22	0.123
眼軸長(mm)	23.3±1.0	25.6±3.0	22.6±0.90	0.183

3群の患者背景について、有意差を認めなかった。各群、核硬度Ⅲが8眼でⅣが7眼の計15眼であった。

検討してきたので、今回報告する。

対象および方法

1. 対象

2013年1月～2017年1月までの期間にFLACS (Catalys, AMO)を施行した老人性白内障200眼中、ゼロフェイコを試みた直近の65眼を対象とした。

ゼロフェイコを試みた65眼中、Emery-Little分類の核硬度がⅢ, Ⅳであったものが15眼あり、それをFLACS+ゼロフェイコ群(A群)15眼とした。またFLACS+超音波乳化吸引術を行った群(B群)15眼、そして同じ期間中直近に通常の超音波乳化吸引術を実施した15眼をコントロール群(C群)とした。

A群, B群, C群は比較対照群として、年齢や核硬度をマッチさせた(表1)。

2. 除外基準

コントロール不良の緑内障や活動性のあるぶどう膜炎、重症の角膜混濁や翼状片など手術が困難となる症例は、除外した。さらにA, B, C群では糖尿病を合併する症例も除外した。

3. 手術方法と周術期の点眼内容

各群の手術は経験豊富な1名の術者かあるいは、その指導下で行ったもう1人の計2名の術者いずれかによって施行された。

白内障術式に関して、前述のようにA群ではFLACSで直径4.8mmの前囊切開と350μmサイズの水晶体核細分割後に、超音波パワーを使用せずI/A(吸引圧600mmHG)のみで白内障を除去し、眼内レンズ挿入術(テクニスZ9002, AMO)を実施した。

B群ではFLACSで前囊切開と水晶体核細分割後に、標準的な水晶体超音波乳化吸引術(Signature, AMO)を施行し、同様の眼内レンズ挿入術を実施した。C群では強角膜切開後、術者がCCCを作成し、同様に標準的な

水晶体超音波乳化吸引術を施行後、眼内レンズ挿入術を実施した。3群全てで2.8mmの強角膜切開創から手術を施行し、粘弾性物質としてプロビスクを術中使用した。

また各症例では手術3日前よりクラビット0.5%点眼液を3回/日点眼し、術後翌日から同点眼液とフルメトロン0.1%点眼液を3回/日、ジクロード点眼液1回/日点眼した。

4. 検査項目

3群間でパキメーター(CASIA, TOMEY)を用いて術前術翌日の角膜厚の変化率を測定し、レーザーフレアセルメーター(FM-600, 興和)を用いて術前、術翌日、3日後、1週間後、そして1ヵ月後のフレア値を測定して比較した。術後1ヵ月でOCT(3D-OCT2000, TOPCON)による黄斑浮腫の有無を調査した。またA群ではI/A時間も測定した。3群の患者背景について、スペキュラーマイクロスコープSP-9000(コーナン)を用いて術前角膜内皮細胞密度を、IOL Master 500(Carl Zeiss)を用いて前房深度と眼軸長を測定した。

なお今回のスタディはヘルシンキ宣言の理念に則り、当院倫理審査委員会で承認された後、対象者の十分なインフォームドコンセントを取得後に行われた。

3群の患者背景、角膜厚の変化率、フレア値に関してKruskal-Wallis検定、Shirley-Williams検定を行い、 $p < 0.05$ の場合に有意差ありと判定した。

結果

ゼロフェイコを試みた65眼の核硬度は、Ⅱが47眼、Ⅲが8眼、Ⅳが7眼、Ⅴが3眼であった。

65眼中62眼でゼロフェイコを完遂することができたが、3眼に関しては核硬度がⅤと高く水晶体核細分割が不十分で、ゼロフェイコは完遂できなかったため超音波乳化吸引を行った。3群の患者背景の詳細を表1に示す。

年齢、核硬度、術前角膜厚、角膜内皮細胞密度、前房深度、眼軸長のいずれも3群間で有意差を認めなかった。

A群の平均I/A時間は、核硬度Ⅲの8眼では102秒、核硬度Ⅳの7眼では178秒であった。

術前の平均角膜厚はA群、B群、C群で各々 $526 \pm 53 \mu\text{m}$ 、 $560 \pm 50 \mu\text{m}$ 、 $534 \pm 38 \mu\text{m}$ (表1)で、術翌日の平均角膜厚は各々 $550 \pm 61 \mu\text{m}$ 、 $610 \pm 83 \mu\text{m}$ 、 $652 \pm 90 \mu\text{m}$ であった。角膜厚の変化率に関しては、A群、B群、C群で各々 $4.4 \pm 2.8\%$ 、 $8.5 \pm 5.7\%$ 、 $22 \pm 16\%$ (図1)でA、B群がC群より有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

術後3群間でフレア値に関して、全期間を通して有意差を認めなかった (図2)。

A、B、C群全例において、術後1ヵ月のOCTで臨床的に明らかな黄斑浮腫は認めなかった。

考 按

当院でFLACS、ゼロフェイコを実際に経験して、オートマチックな前囊切開や核細分割は臨床的に有用な機能であり、その習得も比較的容易であることがわかった。

ゼロフェイコを行った65眼中、核硬度Ⅲ、Ⅳの計15眼を含む62眼で水晶体核細分割が十分に可能であったが、核硬度Ⅴの3眼では核細分割が不十分でゼロフェイコを行うことができなかった。しかし核硬度Ⅲ、Ⅳでも全例、核細分割後にI/Aのみで核硬度に応じてスムーズに完全除去が可能であったことは、臨床的に意義深い。DickらはLens Opacification System Ⅲ (LOCS Ⅲ) 分類の平均核硬度3.4の全症例中、90%以上の症例でゼロ

フェイコが可能であったと報告しており¹⁾、同等の結果と考えられる。

またA群、B群ではC群より角膜厚増加率が有意に低かった。Abellらはマニュアル切開創+ゼロフェイコで最も角膜内皮細胞減少が少なかったと報告している⁷⁾。今回は角膜内皮細胞密度に関する検討は行っていないが、短期的な角膜浮腫等手術侵襲が通常の白内障手術より小さいことが示唆されている。

今回のスタディではフレア値について、全期間を通して3群間で有意差はなかった。

FLACSにより前房内フレア値が有意に低下したとの報告があるが²⁾、一方でFLACSは炎症を強く惹起する可能性も報告されており³⁾、一貫した見解はない。また、FLACSによる炎症の惹起はジクロード等NSAIDs点眼

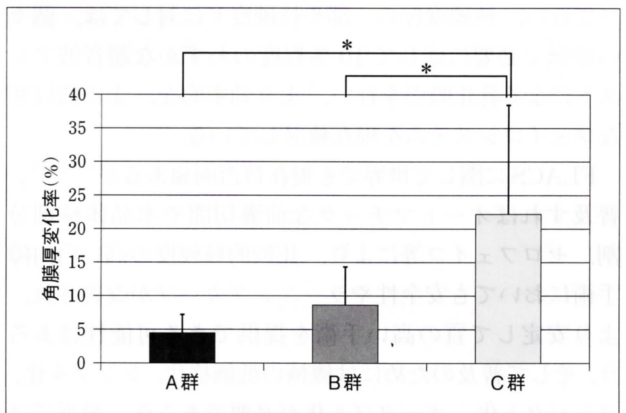
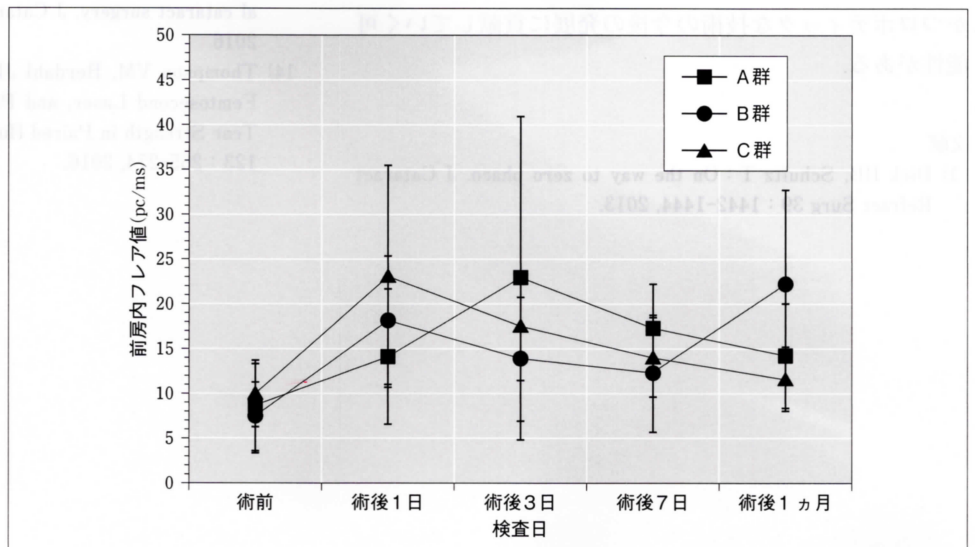


図1 A群、B群、C群の角膜厚変化率
* : A、B群がC群より有意に低値を示した ($p < 0.05$)。

図2 術後1ヵ月までのフレア値
A群、B群、C群のフレア値について全体的に有意差は認めなかった。



により抑えることができたことも報告されている^{4,5)}。今回のスタディでもジクロードが有効であった可能性がある。

さらに、吸引圧や水晶体核細分割のサイズ設定等の条件を工夫して、I/A 時間が短縮できれば術後炎症が抑制できるかもしれない。

今回の FLACS およびゼロフェイコの結果から示唆されることをまとめると、ゼロフェイコにより I/A による吸引のみで核硬度Ⅳまで白内障をスムーズに完全除去することが可能である。ゼロフェイコでは術後の角膜浮腫量が通常の白内障手術より少なく、角膜への侵襲が少ない術式である可能性がある。実際核硬度Ⅳでもゼロフェイコが可能であるということは、多くの症例で白内障手術からフェイコのステップが不要となりうることを、そして安全で低侵襲の手術が可能であることが示唆される。

我々の考えでは、核硬度Ⅳまでは基本的にゼロフェイコで行い、核硬度Ⅳの一部や核硬度Ⅴに対しては、個々の症例で必要に応じて 10 % 程度のわずかな超音波アシストによる乳化吸引を行い、より効率的な、より低侵襲なフェイコシステムを現在検討している。

FLACS に関して世界でも現在賛否両論あるが^{6-9,11-13)}、普及すればオートマチックな前囊切開や水晶体核細分割、ゼロフェイコ等により、比較的核硬度の高い白内障手術においても安全性やラーニングカーブが改善され、より安定して質の高い手術を提供できる可能性はあろう。そして普及のためには機械の低価格化、シンプル化、コンパクト化、ポータブル化が必要であろう。最近ではレーザーによるオートマチックな CCC 作成のみに特化した、小型で簡便な機械も登場しつつあり¹⁴⁾、FLACS とともに眼科の白内障手術領域におけるオートマチックかつロボティックな技術の今後の発展に貢献していく可能性がある。

文献

- 1) Dick HB, Schultz T : On the way to zero phaco. J Cataract Refract Surg 39 : 1442-1444, 2013.
- 2) Abell RG, Allen PL, et al : Anterior chamber flare after femtosecond laser-assisted cataract surgery. J Cataract Refract Surg 39 : 1321-1326, 2013.
- 3) Schultz T, Joachim SC, et al : Prostaglandin release during femtosecond laser-assisted cataract surgery : main inducer. J Refract Surg 31 : 78-81, 2015.
- 4) Schultz T, Joachim SC, et al : Changes in prostaglandin levels in patients undergoing femtosecond laser-assisted cataract surgery. J Refract Surg 29 : 742-747, 2013.
- 5) Schultz T, Joachim SC, et al : NSAID Pretreatment Inhibits Prostaglandin Release in Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery. J Refract Surg 31 : 791-794, 2015.
- 6) Manning S, Barry P, et al : Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery : Study from the European Registry of Quality Outcomes for Cataract and Refractive Surgery. J Cataract Refract Surg 42 : 1779-1790, 2016.
- 7) Abell RG, Kerr NM, et al : Effect of femtosecond laser-assisted cataract surgery on the corneal endothelium. J Cataract Refract Surg 40 : 1777-1783, 2014.
- 8) Abell RG, Darian-Smith E, et al : Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery : outcomes and safety in more than 4000 cases at a single center. J Cataract Refract Surg 41 : 47-52, 2015.
- 9) Ewe SY, Oakley CL, et al : Cystoid macular edema after femtosecond laser-assisted versus phacoemulsification cataract surgery. J Cataract Refract Surg 41 : 2373-2378, 2015.
- 10) Abell RG, Kerr NM, Vote BJ : Toward zero effective phacoemulsification time using femtosecond laser pretreatment. Ophthalmology 120 : 942-948, 2013.
- 11) Toto L, Curcio C, et al : Immunohistochemical study of corneal inflammation after femtosecond laser clear corneal incisions or manual surgery. J Cataract Refract Surg 42 : 1649-1659, 2016.
- 12) Feldman BH : Femtosecond laser will not be a standard method for cataract extraction ten years from now. Surv Ophthalmol 60 : 360-365, 2015.
- 13) Tran DB, Vargas V et al : Neodymium : YAG capsulotomy rates associated with femtosecond laser-assisted versus manual cataract surgery. J Cataract Refract Surg 42 : 1470-1476, 2016.
- 14) Thompson VM, Berdahl JP, et al : Comparison of Manual, Femtosecond Laser, and Precision Pulse Capsulotomy Edge Tear Strength in Paired Human Cadaver Eyes. Ophthalmology 123 : 265-274, 2016.