

Curva di apprendimento nella chirurgia della cataratta femtolaser-assistita con tecnica bimanuale e femtolaser a bassa potenza Ziemer LDV Z8



Prof. Gian Maria Cavallini

Tommaso Verdina, Elisa Fornasari, Chiara Peppoloni, Riccardo Peschiera, Luca Campi

Struttura Complessa di Oftalmologia, Policlinico di Modena, Università di Modena e Reggio Emilia (Modena, Italy)

Scopo

Valutazione della curva di apprendimento nella chirurgia della cataratta femtolaser-assistita combinata con tecnica B-MICS attraverso microincisioni da 1.4 mm.

Metodi

120 occhi operati dal medesimo chirurgo esperto (GMC) alla prima esperienza con uso di femtolaser a bassa potenza Ziemer LDV Z8 combinato a tecnica B-MICS con impianto IOL attraverso microincisioni da 1.4 mm. Gruppo-A: primi 60 occhi; Gruppo-B: secondi 60 occhi. Sono stati registrati i parametri intraoperatori, le complicanze intra e post-operatorie. Sono stati inoltre valutati acuità visiva, astigmatismo indotto, spessore-corneale e conta-cellulare-endotheliale a 7, 30 e 90 giorni.

Risultati

Complicanze intraoperatorie minori legate all'uso del

femtolaser: Gruppo-A 21.7%, Gruppo-B 3.3%. EPT-medio: Gruppo-A 5.32 ± 3.68 sec; Gruppo-B 4.30 ± 2.39 sec. Tempo chirurgico medio: Gruppo-A 18.53 ± 4.02 min; Gruppo-B 17.86 ± 3.05 min. Acuità visiva migliorata in entrambi i gruppi in maniera significativa. Non si sono evidenziate differenze statisticamente significative per SIA e pachimetria corneale. Maggiore perdita di cellule endotheliali nel gruppo-A statisticamente significativa.

Conclusioni L'uso del femtolaser a bassa potenza LDV Z8 combinato alla tecnica B-MICS è legato ad una necessaria curva di apprendimento. Dopo i primi aggiustamenti nella tecnica chirurgica, questa tecnologia risulta essere sicura ed efficace con un rapido recupero ed ottimi risultati visivi. Il femtolaser aiuta il chirurgo a standardizzare i passaggi cruciali dell'intervento chirurgico.

Introduzione

La chirurgia della cataratta assistita dal laser a femtosecondi (FLACS) è stata recentemente introdotta nella

pratica clinica per la chirurgia della cataratta. Questa nuova tecnologia offre vantaggi rispetto alla tecnica standard in termini di riproducibilità e sicurezza durante l'esecuzione di microincisioni, capsulotomie e frammentazione del nucleo (1-3).

La tecnica bimanuale (B-MICS) è una variante microinvasiva della facoemulsificazione coassiale tradizionale caratterizzata dalla separazione della sonda di aspirazione da quella di infusione consentendo incisioni corneali di 1.4 mm (4-6). Questa tecnica risulta essere ideale per essere associata alla FLACS in quanto è caratterizzata da una maggiore stabilità della camera anteriore grazie alle due piccole incisioni, dalla possibilità di poter usare entrambe le mani per le procedure e da una maggiore visibilità del campo chirurgico a causa delle piccole dimensioni degli strumenti.

Recenti studi hanno riportato i vantaggi della FLACS rispetto alla tecnica standard (8-12) anche se, come per l'uso di qualsiasi nuova tecnologia, è necessaria una curva di apprendimento per il chirurgo che utilizza la FLACS per la prima volta (12-14).

Lo scopo del nostro studio è stato quello di valutare il primo approccio con la procedura femtolaser da parte di un esperto chirurgo della cataratta con tecnica bimanuale ed impianto di lenti intraoculari (IOL) attraverso un'incisione di 1.4 mm prendendo in considerazione le principali complicanze intra- e postoperatorie che si sono verificate durante la curva di apprendimento ed i risultati postoperatori che valutati in termini di acuità visiva, astigmatismo, spessore della cornea e perdita di cellule endoteliali corneali.

METODI

Abbiamo pertanto valutato 120 occhi sottoposti ad estrazione della cataratta FLACS con tecnica bimanuale eseguita da un chirurgo esperto (GMC) durante la sua prima esperienza con Ziemer LDV Z8 (Ziemer Ophthalmic Systems AG, Port, Svizzera) presso la Struttura Complessa di Oftalmologia, Università di Modena e Reggio Emilia. I primi 60 casi sono stati considerati come gruppo A, mentre i secondi 60 casi sono stati considerati come gruppo B. Abbiamo confrontato i risultati ottenuti nei due gruppi. Lo studio ha aderito ai principi della Dichiarazione di Helsinki ed è stato approvato dal comitato etico locale a settembre 2015. Tutti i pazienti hanno fornito il consenso informato prima dell'intervento.

Tutti gli occhi operati avevano cataratta di grado 2-3 nel sistema di classificazione delle opacità LOCS III. I criteri di esclusione sono stati: occhi con precedente intervento chirurgico, cataratta complicata (ad es. Cataratta totale, cataratta traumatica), cataratta dura,

patologie concomitanti (uveite, glaucoma, opacità corneali), midriasi insufficiente (<4 mm), conta delle cellule endoteliali basse (<1500 cellule / mm²) e pazienti con un solo occhio.

Prima dell'intervento tutti i pazienti sono stati sottoposti ad attenta valutazione della storia clinica, esame BCVA, biomicroscopia del segmento anteriore, esame del fondo, biometria, microscopia corneale, pachimetria corneale e topografia corneale. Il chirurgo ha sempre usato lo stesso facoemulsificatore (Faros, Oertli Instruments AG, Berneck, Svizzera)

Tecnica chirurgica

Inizialmente è stato applicato con attenzione l'anello di suzione monouso centrato sul limbus e la coppetta è stata riempita con BSS per creare un'interfaccia liquida; successivamente il braccio mobile del sistema laser è stato agganciato sull'apice corneale. Le strutture oculari, durante la procedura, sono ben evidenziate utilizzando il sistema integrato di tomografia a coerenza ottica (OCT). Dopo che il docking è stato eseguito con successo, il trattamento laser viene iniziato con la frammentazione della lente con un modello a sedici spicchi. La frammentazione è stata quindi seguita dalla capsulotomia anteriore di 5.2 mm di diametro; infine il laser ha eseguito le due microincisioni corneali biplanari da 1.4 mm alle ore 10 e ore alle 2. I parametri di trattamento sono stati determinati in modo personalizzato utilizzando le impostazioni della procedura guidata della piattaforma laser. Le impostazioni del laser utilizzate sono state: per la capsulotomia potenza laser al 90% con altezza di resezione di 0.6 mm e diametro di 5.2 mm; per la frammentazione del cristallino potenza laser 95-100% con divisione nucleo in 16 segmenti; per la creazione incisioni corneali potenza laser 120-130%. Le incisioni corneali sono mostrate in Fig. 1.

L'anello di suzione è stato quindi rimosso dalla superficie dell'occhio per procedere con la fase di facoemulsificazione. Il chirurgo ha verificato la pervietà delle incisioni usando una spatola liscia, inizialmente con inclinazione perpendicolare al limbus e successivamente con movimenti delicati lungo l'incisione per aprirla completamente. Sostanza viscoelastica coesiva è stata utilizzata per riempire la camera anteriore in modo che la capsula anteriore potesse essere rimossa. L'idrodissezione e l'idrodelineazione sono state eseguite utilizzando una cannula calibro 26Ga con un'iniezione di BSS sotto il bordo della capsula anteriore prestando attenzione alla presenza di eventuali bolle d'aria che avrebbero potuto causare un blocco capsulare posteriore con rottura della capsula posteriore.

La tecnica di facoemulsificazione bimanuale è stata

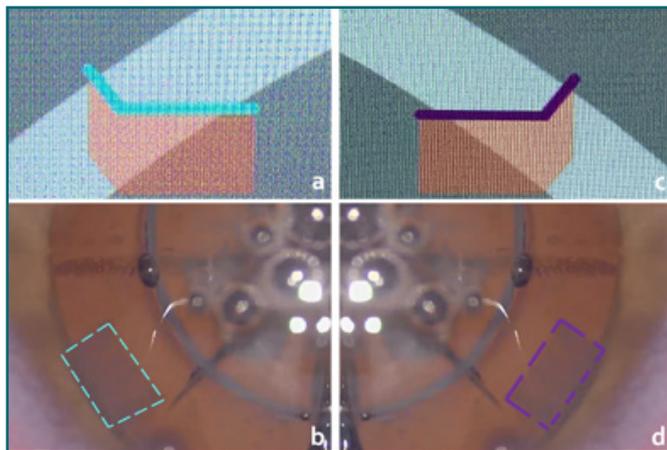


Fig. 1 - Incisioni corneali femtolaser-assistite

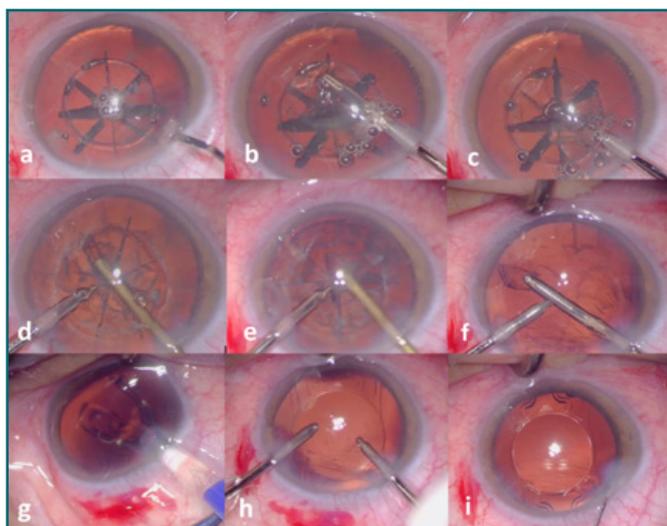


Fig. 2 - Procedura FLACS con tecnica bimanuale

utilizzata per aspirare il nucleo utilizzando una sonda sleeve angolata di 30 gradi e un chopper irrigante a 19 gauge (Oertli Instruments AG). Quindi l'irrigazione/aspirazione bimanuale della corteccia residua è stata eseguita utilizzando due sonde da 21 gauge. Una BunnyLens AF IOL (Hanita Lenses, Israele) è stata impiantata attraverso una microincisione 1.4mm con tecnica wound-assisted con l'iniettore ViscoJect™ BIO da 1.5 mm. Le incisioni sono state idrosuturate. Nella figura 1 sono mostrati i passaggi principali della tecnica.

I risultati post-operatori sono stati valutati a 30 giorni e 3 mesi dopo l'intervento in termini di BCVA, pachimetria corneale, astigmatismo corneale e microscopia endoteliale. Tutti gli esami sono stati eseguiti dallo stesso medico. I dati sono stati registrati in un database Excel (Microsoft Excel 2010, Microsoft Office Professional Plus 2010) e per l'analisi abbiamo utilizzato il software Stata 13.1 (StataCorp LP, College Station, TX, USA) con test t di Student's e Wilcoxon rank sum. Un valore $p < 0.05$ indica significatività statistica.

Risultati

Per il gruppo A (primi 60 casi) sono stati inclusi nello studio 60 occhi di 55 pazienti; l'età media era di 74.68 ± 8.96 anni. Per il gruppo B (secondi 60 casi) sono stati inclusi nello studio 60 occhi di 57 pazienti con età media di 75.50 ± 7.77 anni. I pazienti di entrambi i gruppi erano simili per età e caratteristiche della cataratta. Una BunnyLens AF IOL è stata impiantata in tutti gli occhi. Tutte le IOL sono state impiantate nel sacco. Per quanto riguarda i tempi chirurgici, nel Gruppo A abbiamo registrato un tempo chirurgico totale medio di 18.53 ± 4.02 minuti mentre nel Gruppo B di 17.86 ± 3.05 minuti. EPT medio è stato 5.32 ± 3.68 sec nel gruppo A e 4.30 ± 2.39 sec nel gruppo B. L'utilizzo medio del BSS è stato di 125.52 ± 23.53 e 116.52 ± 9.03 ml rispettivamente per il gruppo A e il gruppo B. La differenza tra i due gruppi per EPT ed il tempo chirurgico sono stati statisticamente significativi ($p = 0.046$); nessuna differenza significativa è stata trovata per l'utilizzo di BSS ($p > .05$).

TABELLA 1

	Group A	Group B
Total surgical time (min)	18.53 ± 4.02	17.86 ± 3.05
Suction time (min)	3.76 ± 0.59	3.55 ± 0.73
Effective phaco time (% US)	5.32 ± 3.68	4.30 ± 2.39
BSS usage	125.52 ± 33.53	116.52 ± 9.03

Complicanze

Nel gruppo A abbiamo registrato complicanze secondarie correlate all'uso del femtolaser intraoperatorio in 11 casi (21.67%). In particolare, abbiamo avuto: 4 casi di perdita di aspirazione durante la fase di docking (6.67%) senza complicazioni importanti; 3 casi di miosi intraoperatoria (5%); 3 casi di incisioni incomplete (5%); un caso di capsulotomia incompleta (1.67%); due casi di ponti sulla capsula anteriore (3.33%). Non abbiamo avuto complicazioni gravi. Nel gruppo B abbiamo registrato solo un caso di miosi intraoperatoria e un caso di incisioni incomplete, senza osservare altre complicanze. (Tab. 2). Nel gruppo A sono stati registrati 2 casi di complicanze postoperatorie: un caso di iridociclite e un caso di edema maculare cistoide a 30 giorni dall'intervento. Nel gruppo B non abbiamo riscontrato complicanze postoperatorie. (Tab. 2)

Risultati post-operatori

Per quanto riguarda i risultati postoperatori, il

miglioramento medio dell'acuità visiva nel Gruppo A è stato di 0.380 ± 0.287 LogMar a 3 mesi, statisticamente significativo rispetto al basale ($p < 0,05$). Nel gruppo B abbiamo rilevato un miglioramento medio del BCVA di 0.432 ± 0.295 LogMar a 3 mesi ($p < 0,05$). La differenza nel miglioramento dell'acuità visiva tra i due gruppi non è stata statisticamente significativa ($p > 0,05$). Per quanto riguarda l'astigmatismo e la pachimetria corneale, non abbiamo registrato differenze significative in entrambi i gruppi, come mostrato nella tabella 3 ($p > 0,05$).

Infine, per quanto riguarda l'ECC, al follow-up a 3

mesi abbiamo rilevato una perdita media delle cellule endoteliali di 212.32 ± 324.23 cellule / mm² per il gruppo A e 110.37 ± 154.33 cellule / mm² per il gruppo B, una riduzione statisticamente significativa ($p < 0,05$) in entrambi i gruppi. È interessante notare che la perdita di cellule è stata più alta nel gruppo A rispetto al gruppo B e questa differenza è stata statisticamente significativa ($p = 0.04$).

Nella Tabella 3 vengono riportati tutti i risultati per entrambi i gruppi.

DISCUSSIONE

La chirurgia della cataratta assistita da femtolaser (FLACS) è la più recente innovazione nella chirurgia della cataratta ed è una procedura sicura, efficace e riproducibile (1-3). Consente la creazione di capsulotomie perfettamente centrate, incisioni con architettura precisa e ben riproducibili, una frammentazione efficace della lente con conseguente riduzione dell'uso degli ultrasuoni. Come ogni nuova tecnica, la FLACS ha bisogno di una curva di apprendimento e questo è già stato descritto in letteratura per la chirurgia della cataratta coassiale (12,13).

Il femtolaser Ziemer LDV Z8 (Ziemer Ophthalmic Systems AG, Port, Svizzera) è un nuovo sistema laser a bassa frequenza e bassa energia, che è stato ideato sia per la chirurgia della cornea che per quella della cataratta. Le ottiche del sistema LDV Z8 producono impulsi laser precisi e focalizzati che consentono la fotodistruzione del tessuto utilizzando energie molto basse (dell'ordine dei nJ), regolabile in base al grado di cataratta e frequenze degli impulsi molto elevate (dell'ordine dei MHz) (15). Per la chirurgia della cataratta lo Z8 utilizza un'interfaccia liquida senza appianazione che non deforma i tessuti corneali durante la procedura, prevenendo così la formazione di

TABELLA 2

Complicanze intraoperatorie	Primi 60 casi		Secondi 60 casi	
	Casi	%	Casi	%
Perdite di suzione	4	6.67%	0	0
Miosi	3	5%	1	1.67%
Incisioni incomplete	3	5%	1	1.67%
Capsulotomie incomplete	1	1.67%	0	0
Ponti capsulari anteriori	2	3.33 %	0	0
Rotture capsulari posteriori	0	0	0	0
Nucleo in CV	0	0	0	0
TOT.		21.67%		3.34 %
Complicanze postoperatorie				
Iridociclite	1	1.67%	0	0
Edema maculare cistoide	1	1.67%	0	0
TOT.		3.34 %		0 %

TABELLA 3

GROUP A (FIRST 80)	Preoperative	30 days	3 months
BCVA	0.380 ± 0.169	0.014 ± 0.029	0.011 ± 0.052
Astigmatism (D)	0.80 ± 0.52	0.76 ± 0.52	0.77 ± 0.47
Corneal Pachymetry	548.53 ± 40.98	547.19 ± 80.05	547.11 ± 80.07
Endothelial Cell density (cells/mm ²)	2370.69 ± 328.11	2090.13 ± 604.41	1913.27 ± 679.98
GROUP B (SECONDO 80)	Preoperative	30 days	3 months
BCVA	0.437 ± 0.284	0.021 ± 0.039	0.011 ± 0.049
Astigmatism (D)	0.89 ± 0.57	0.89 ± 0.67	0.87 ± 0.57
Corneal Pachymetry	553.42 ± 31.49	580.73 ± 47.59	558.04 ± 37.28
Endothelial Cell density (cells/mm ²)	2430.58 ± 438.33	2123.47 ± 515.25	2139.90 ± 468.70



pieghe corneali (16). Inoltre, le dimensioni ridotte dello Z8 consentono al chirurgo di eseguire l'intero intervento chirurgico nella stessa sala operatoria (17) con indubbi vantaggi logistici e di prevenzione delle infezioni.

Questo studio ha esaminato le difficoltà iniziali e le complicanze riscontrate durante la curva di apprendimento di questa tecnica da parte di un chirurgo esperto alla sua prima esperienza di FLACS utilizzando lo Ziemer LDV Z8 a bassa energia combinato con la tecnica microinvasiva B-MICS. Consideriamo la B-MICS una tecnica ideale per la FLACS in quanto combina i vantaggi offerti dall'assistenza del femtolaser a quelli offerti dalla tecnica bimanuale (una camera anteriore più stabile grazie alle due microincisioni, strumenti più piccoli con una migliore visibilità del campo chirurgico, la possibilità di usare entrambe le mani durante l'intervento chirurgico).

Aliò e coll. hanno pubblicato recentemente un lavoro sulla valutazione della tecnica bimanuale o coassiale entrambe assistite dal laser a femtosecondi (18) mostrando che la tecnica bimanuale risulta essere chirurgicamente e statisticamente più efficiente di quella coassiale con eccellenti risultati in termini di sicurezza ed efficienza. In entrambi i gruppi è stata impiantata una IOL attraverso incisioni allargate di 2.2 mm.

La recente letteratura ha dimostrato che la curva di apprendimento della FLACS è accompagnata da una significativa riduzione nel tempo della percentuale di ultrasuoni utilizzati (19). Nel nostro studio i valori registrati dell'EPT sono stati più alti nei primi casi per ridursi poi progressivamente durante la curva di apprendimento della procedura ($p = 0.046$) suggerendo una maggiore capacità del chirurgo nell'uso della nuova tecnica; ciò è probabilmente dovuto alle difficoltà iniziali nell'impostazione del laser per eseguire la

segmentazione e la frammentazione del cristallino.

Per quanto riguarda il tempo chirurgico, nelle nostre casistiche abbiamo trovato un tempo chirurgico totale più lungo nei primi casi, come previsto; la durata dell'intervento è diminuita durante la curva di apprendimento, tuttavia la differenza non è stata statisticamente significativa. Grewal e coll. hanno dimostrato che, con l'aumento dell'esperienza del chirurgo, vi è una significativa riduzione del tempo chirurgico con un plateau a circa 100 casi (13); tuttavia, la procedura FLACS rimane sempre più lunga rispetto alla faco standard. Ciò è probabilmente dovuto alla fase di docking che è una nuova procedura per i chirurghi della cataratta. Il docking è uno dei passaggi più importanti della curva di apprendimento per FLACS e richiede pratica, soprattutto se il chirurgo non ha mai avuto esperienza neanche di LASIK. Nella nostra casistica, nonostante la curva di apprendimento, la fase di docking e l'esecuzione del laser sono stati eseguiti con successo in quasi tutti i casi. Anche il tempo di suzione è diminuito nel tempo ma in maniera non statisticamente significativa. Infine, per quanto riguarda l'utilizzo di BSS, abbiamo riscontrato una differenza tra i due gruppi a favore del gruppo B, ma senza significatività statistica. Per quanto riguarda le complicanze intraoperatorie, alcune recenti pubblicazioni hanno suggerito che la FLACS può essere tranquillamente incorporata nella pratica di routine con un training adeguato (12-14). Nagy e coll. hanno dimostrato che tutte le complicanze legate al laser a femtosecondi si sono verificate solo durante la curva di apprendimento nei primi 100 casi (20). Nel nostro studio abbiamo avuto 12 complicanze correlate al FLACS intraoperatorie nel gruppo A mentre solo 3 nel gruppo B (Tabella 2). Nei casi di lieve miopia dopo la procedura femto, la midriasi è stata ri-ottenuta con l'infusione di gocce midriatiche. Le incisioni create con il femtolaser in cinque casi non erano completamente pervie ed il chirurgo ha dovuto completare la procedura usando una spatola smussa.

Nella nostra casistica abbiamo trovato solo un caso di capsulotomia incompleta nel Gruppo A. A parte questo caso, i lembi liberi delle capsule si sono rivelati essere sempre perfettamente centrati e molto facili da rimuovere: l'interfaccia liquida non ha portato alla formazione di nessuna marcata curvatura corneale e ha permesso una precisa e completa capsulotomia. È dimostrato che le capsulotomie FLACS sono più prevedibili e stabili di quelle manuali (21) e sappiamo tutti come una capsulotomia anteriore ben centrata sia molto più sicura durante la facoemulsificazione rispetto ad una irregolare.

Tuttavia, nel nostro studio sono stati riportati due casi di ponti di tessuto sul margine della capsulotomia anteriore che si sono verificati durante la fase I /A della

procedura FLACS nel gruppo A, come mostrato nella figura 3. Ciò è probabilmente dovuto alla presenza di microalterazioni del margine delle capsule anteriori eseguite con il femtolaser e accidentalmente aspirati con la sonda di aspirazione. Per questo motivo raccomandiamo grande attenzione durante la rimozione della capsulotomia, specialmente in presenza di eventuali anomalie di aderenza tra il lembo libero della capsulotomia e il rimanente sacco capsulare.

Durante la frammentazione della lente inoltre, specialmente nei primi casi, abbiamo notato la formazione di alcune microbolle per cui il chirurgo ha sempre effettuato una idrodissezione più delicata e lenta rispetto alla tecnica standard. Il chirurgo inizialmente ha avuto qualche difficoltà a separare i frammenti della lente a causa della dimensione spessa del chopper rispetto al taglio eseguito dal laser. Per questo motivo il chirurgo ha pianificato di sviluppare un chopper più sottile ma più lungo con una forma a spatola che potrebbe essere più facilmente inserito nel solco degli spicchi eseguiti dal laser in modo da poter separare più facilmente i frammenti e continuare con sicurezza l'intervento utilizzando così meno ultrasuoni.

Nel gruppo A, in particolare nei primi casi, il chirurgo ha avuto qualche difficoltà con l'aspirazione dei frammenti perché il laser ha fatto dei tagli incompleti; il modello di frammentazione era inizialmente composto da 8 spicchi, successivamente il chirurgo ha preferito eseguire 16 spicchi. Il modello di frammentazione a 16 pezzi è sembrato più sicuro ed efficace per il chirurgo che era più facilmente in grado di rimuovere il nucleo. Il livello di sicurezza della procedura FLACS è stato, secondo il parere del chirurgo, molto alto; non abbiamo registrato alcuna complicanza maggiore come rotture della capsula posteriore, né nuclei in camera vitrea indicando che la meticolosa preparazione delle impostazioni del laser a femtosecondi fornisce alti livelli di sicurezza durante la procedura.

Per quanto riguarda le complicanze postoperatorie, queste si sono verificate solo nel gruppo A. Abbiamo registrato un caso di iridociclite risolto con l'uso di gocce di antibiotico-steroidi e un caso di edema maculare cistoide a un mese di follow-up che è stato risolto con bromfenac 0.9 mg / ml lacrime. Ciò è in linea con la recente letteratura che afferma che la procedura FLACS può causare una maggiore concentrazione di prostaglandine (23). Non abbiamo rilevato IOL decentrate durante il follow-up in nessuno dei due gruppi.

Le impostazioni che abbiamo usato per la creazione delle microincisioni ha creato sempre una perfetta guarigione delle ferite e non abbiamo mai riscontrato alcun caso di leakage dalle incisioni. È stato riportato in



letteratura (18,23) che le incisioni create con FLACS hanno un minor rischio di ipotonia, prollasso dell'iride e endoftalmite e riducono il rischio di scivolamento della ferita e astigmatismo indotto. È interessante notare che il grado e la larghezza dell'angolo possono essere impostati in modo permanente, il che può essere utile quando si formano giovani chirurghi.

Infine per quanto riguarda i risultati postoperatori, abbiamo riscontrato un aumento significativo della BCVA in entrambi i gruppi, come precedentemente riportato in letteratura per FLACS (1-3). Non abbiamo riscontrato differenze significative né per SIA né per lo spessore corneale nei due gruppi come già dimostrato per FLACS (23-26). Infine, i nostri risultati sulla perdita di cellule endoteliali sono statisticamente significativi in entrambi i gruppi. La differenza tra i due gruppi è stata statisticamente significativa a favore del gruppo B; ciò potrebbe essere correlato all'utilizzo ridotto degli ultrasuoni nel gruppo B, causando così un minor trauma alle cellule endoteliali corneali.

In conclusione, la nostra casistica mostra che l'uso del laser a femtosecondi LDV Z8 facilita le fasi cruciali della chirurgia della cataratta ma è associato ad una necessaria curva di apprendimento. Una differenza significativa è stata osservata tra i due gruppi consecutivi in termini di parametri intraoperatori e complicanze minori in favore dei secondi 60 casi. Tuttavia l'uso della FLACS nella B-MICS con il sistema LDV a bassa energia Z8 sembra essere una metodica chirurgica sicura ed efficace anche nei primi casi eseguiti da un chirurgo esperto. Nonostante questo, è necessaria una curva di apprendimento per incorporare in sicurezza il laser a femtosecondi nella tecnica chirurgica di routine. Ulteriori miglioramenti nella strumentazione e nella tecnica ridurranno ulteriormente la curva di apprendimento per questa tecnica nelle future generazioni di chirurghi, consentendo alla FLACS di diventare il primo e più sicuro approccio per la chirurgia della cataratta. ■

REFERENCES

1. Popovic M, Campos-Möller X, Schlenker MB, Ahmed II. Efficacy and Safety of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery Compared with Manual Cataract Surgery: A Meta-Analysis of 14 567 Eyes. *Ophthalmology*. 2016 Oct;123(10):2113-26.
2. Grewal DS, Schultz T, Basti S, Dick HB. Femtosecond laser-assisted cataract surgery--current status and future directions. *Surv Ophthalmol*. 2016 Mar-Apr;61(2):103-31.
3. Day AC, Gore DM, Bunce C, Evans JR. Laser-assisted cataract surgery versus standard ultrasound phacoemulsification cataract surgery. *Cochrane Database Syst Rev*. 2016 Jul 8;7
4. Cavallini GM, Campi L, Masini C. B-MICS: Origini e Definizione In: Cavallini GM, eds, B-MICS: Bimanual Micro Incision Cataract Surgery. Modena, Athena ed, 2014: 1-5.
5. Vasavada V, Vasavada V, Raj SM, Vasavada AR. Intraoperative performance and postoperative outcomes of microcoaxial phacoemulsification; observational study. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:1019-1024.
6. Cavallini GM, Campi L, Masini C, Pelloni S, Pupino A. Bimanual microphacoemulsification versus coaxial miniphacoemulsification: Prospective study. *J Cataract Refract Surg* 2007; 33:387-392.
7. Abell RG, Daarian-Smith E, Kan JB, Allen PL, Ewe SY, Vote BJ. Femtosecond laser-assisted cataract surgery versus standard phacoemulsification cataract surgery: outcomes and safety in more than 4000 cases in a single center. *JCRS* 2015; 41(1): 47-52
8. Conrad-Hengerer I, Al Juburu M, Schiltz T, Hengerer FH, Dick B. Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: three-month follow-up. *J Cataract Refr Surg* 2013;39:1307:1313
9. Reddy KP, Kandulla J, Auffarth GU. Effectiveness and safety of femtosecond laser-assisted lens fragmentation and anterior capsulotomy versus the manual technique in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2013 Sep;39(9):1297-306.
10. Chee SP, Yang Y, Ti SE. Clinical outcomes in the first two years of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Am J Ophthalmol*. 2015 Apr;159(4):714-9.
11. Alió JL, Abdou AA, Puente AA, Zato MA, Nagy Z. Femtosecond laser cataract surgery: updates on technologies and outcomes. *J Refract Surg*. 2014 Jun;30(6):420-7.
12. Lubahn JG1, Donaldson KE1, Culbertson WW1, Yoo SH2. Operating times of experienced cataract surgeons beginning femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2014 Nov;40(11):1773-6.
13. Grewal DS, Dalal RR, Jun S, Chou J, Basti S. Impact of the Learning Curve on Intraoperative Surgical Time in Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery.
14. Bali SJ, Hodge C, Lawless M, Roberts TV, Suitton G- Early experience with the femtosecond laser for cataract surgery. *Ophthalmol* 2012 May; 119(5): 891-9
15. Vryghem JC1, Devogelaere T, Stodulka PJ. Efficacy, safety, and flap dimensions of a new femtosecond laser for laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract Surg*. 2010;36(3):442-8.
16. Talamo JH, Gooding P, Angeley D, Culbertson WW, Schuele G, Andersen D, Marcellino G, Essock-Burns E, Battle J, Feliz R, Friedman NJ, Palanker D. Optical patient interface in femtosecond laser-assisted cataract surgery: contact corneal appplanation versus liquid immersion. *J Cat Refr Surg* 2013;39(4): 501-10
17. Pajic B, Vastardis I, Gatziofas Z, Pajic-Eggspuehler B. First experience with the new high frequency femtosecond laser system (LDV Z8) for cataract surgery. *Clin Ophthalmol* 2014;8 2485-2489
18. Alió JL, Soria F, Abdou AA, Peña-García P, Fernández-Buenaga R, Javaloy J. Comparative outcomes of bimanual MICS and 2.2-mm coaxial phacoemulsification assisted by femtosecond technology. *J Refract Surg*. 2014 Jan;30(1):34-40.
19. Abell, RG, Kerr NM, Vote BJ. Toward zero effective phacoemulsification time using femtosecond laser pretreatment. *Ophthalmology*, 2013. 120(5): p. 942-948.
20. Nagy ZZ, Takacs AI, Filkorn T, Kránitz K et al. Complications of femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*. 2014 Jan;40(1):20-8.
21. Friedman NJ, Palanker DV, Schuele G, Andersen D, Marcellino G, Seibel BS, Battle J, Feliz R, Talamo JH, Blumenkranz MS, Culbertson WW. Femtosecond laser capsulotomy. *J Cataract Refract Surg*. 2011 Jul;37(7):1189-98.
22. Schultz T, Joachim SC, Kuehn M, Dick HB. Changes in prostaglandin levels in patients undergoing femtosecond laser-assisted cataract surgery. *J Refract Surg* 2013;29:742-7.
23. Diakonis VF, Yesilirmak N, Cabot F, Kankariya VP, Kounis GA, Warren D, Sayed-Ahmed IO, Yoo SH, Donaldson K. Comparison of surgically induced astigmatism between femtosecond laser and manual clear corneal incisions for cataract surgery. *J Cat Refract Surg* 2015; 41: 2075-80
24. Chee, S.-P., Y. Yang, and S.-E. Ti, Clinical Outcomes in the First Two Years of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery. *American journal of ophthalmology*, 2015. 159(4): p. 714-719.
25. Conrad-Hengerer, I et al., Corneal endothelial cell loss and corneal thickness in conventional compared with femtosecond laser-assisted cataract surgery: three-month follow-up. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 2013. 39(9): p. 1307-1313.
26. Mariacher S, Ebner M, Seuthe AM, Januschowski K, Ivanescu C, Opitz N, Szurman P, Boden KT. Femtosecond laser-assisted cataract surgery: First clinical results with special regard to central corneal thickness, endothelial cell count, and aqueous flare levels. *J Cataract Refract Surg* 2016; 42(8):1151-6.