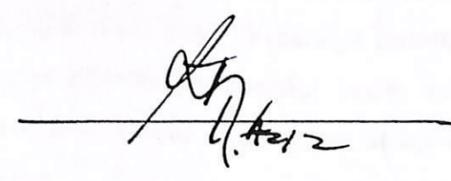


BAGIAN ILMU KESEHATAN MATA
FAKULTAS KEDOKTERAN UNIVERSITAS PADJADJARAN
RUMAH SAKIT MATA CICENDO

Sari Kepustakaan : Teknologi Fakoemulsifikasi Torsional
Penyaji : Laila Wahyuni
Pembimbing : dr. H. Izar Aziz, SpM (K)

Telah diperiksa dan disetujui oleh:
Pembimbing Unit katarak dan Bedah Refraktif



dr. H. Izar Aziz, SpM (K)

0852 20307213

Jumat, 4 Juni 2010

Pukul 07.30

Teknologi Fakoemulsifikasi Torsional

I. Pendahuluan

Penggunaan fakoemulsifikasi pertama kali diperkenalkan oleh Dr. Charles D. Kelman pada tahun 1967. Dr. Kelman mempunyai inspirasi untuk menghancurkan katarak dengan getaran *ultrasound* dari cara kerja dokter gigi, dimana dokter gigi menggunakan getaran *ultrasound* untuk membersihkan karang gigi.^{1,4}

1.1. Sejarah Perkembangan Fakoemulsifikasi

Teknik fakoemulsifikasi semakin berkembang sejalan dengan kemajuan dan kesempurnaan teknologi mesin fako dalam memenuhi fakodinamik sistem tertutup. Evolusi teknik fakoemulsifikasi ini juga sejalan dengan semakin canggihnya teknologi mesin fakoemulsifikasi yang mengatur vakum, *flow rate*, dan pengaturan kekuatan (*power*) *ultrasound*.^{1,4}

Kemajuan teknik fakoemulsifikasi disertai dengan teknologi mesin yang semakin sempurna dan aman tersebut juga mendorong perkembangan teknologi pembuatan lensa intraokular (*IOL*). Operasi katarak dengan fakoemulsifikasi hanya memerlukan luka insisi yang lebarnya 2.5-3.0mm, sehingga diupayakan agar *IOL* dapat dimasukkan melalui insisi yang ukurannya kurang lebih sama, dalam bentuk *foldable* karena dapat dimasukkan melalui insisi sebesar 3.0mm, dimana luka sayatan tidak perlu dijahit karena diharapkan tetap kedap dan sembuh dengan sendirinya (*self sealing*).^{1,3,4}

Teknik operasi katarak telah mengalami kemajuan tahap demi tahap. Teknik kapsulotomi dengan kapsuloreksis, pertama kali dilaporkan oleh Gimbel dan Neuhann pada tahun 1983, telah merubah teknik fakoemulsifikasi dimana sebelumnya lebih sering dilakukan di bilik mata depan, setelah era kapsuloreksis maka fakoemulsifikasi dapat dilakukan dalam kapsul lensa. Keamanan fakoemulsifikasi juga semakin baik setelah digunakan bahan viskoelastis serta teknik

fakoemulsifikasi yang efisien sehingga waktu fakoemulsifikasi (*phaco time*) semakin singkat.^{1,4}

Penguasaan fakoemulsifikasi ini sangat penting karena ahli bedah dapat mengadopsi satu teknik atau teknik lainnya bergantung pada kerasnya nukleus (derajat katarak), serta kesulitan yang dialami saat intraoperasi.⁴

1.2. Generasi Teknik Fakoemulsifikasi

Sejak dimulai era fakoemulsifikasi sampai saat ini tercatat beberapa generasi teknik fakoemulsifikasi.⁴ Berikut adalah empat generasi teknik fakoemulsifikasi:

1.2.1. Generasi I (1968-1978)

Ditandai dengan fakoemulsifikasi nukleus di bilik depan dengan kapsulotomi menggunakan teknik *can opener*. Energi *ultrasound* yang dihasilkan pada *handpiece* fako berasal dari kumparan medan magnet, sehingga ukuran *handpiece* fako tersebut cukup besar dan berat, dimana berat *handpiece*nya mencapai 0.5kg. Pada saat masa ini, fakoemulsifikasi tidak berkembang karena banyak menemui komplikasi. Kumparan medan magnet sebagai sumber gelombang *ultrasound* tersebut menghasilkan panas yang berlebihan pada ujung tip fakoemulsifikasi, bahkan panasnya sampai terasa pada gagang *handpiece*. Saat itu, fakoemulsifikasi dilakukan di bilik mata depan, sehingga panas yang ditimbulkan mengakibatkan komplikasi berat pada endotel kornea. Teknik fako yang digunakan adalah *schupting* dan hanya pada nukleus densitas yang lunak. Tokoh fakoemulsifikasi pada era ini tentu pionir dari fakoemulsifikasi itu sendiri, yaitu Dr. Charles D. Kelman⁴

1.2.2. Generasi II (1978-1988)

Pada dekade ke-2, terjadinya teknik perubahan teknik fakoemulsifikasi yang ditandai dengan fakoemulsifikasi pada bilik mata belakang, meskipun kapsulotomi masih menggunakan cara *can opener*. *Handpiece* fako yang dipakai menggunakan *piezoelectric crystals*, dimana dengan kristal tersebut dengan aliran listrik akan menghasilkan getaran dengan frekuensi yang sangat tinggi sehingga menjadi sumber

energi *ultrasound*. Menggunakan *piezoelectric crystals*, frekuensi getaran dapat ditingkatkan antara 40,000 sampai 60,000 Hertz, sedangkan kalau menggunakan jenis kumparan magnet frekuensi hanya bisa mencapai 20KHz. Panas yang dihasilkan oleh *handpiece* yang menggunakan kristal menjadi sangat berkurang dibandingkan fako dengan kumparan medan magnet pada generasi sebelumnya. Komplikasi yang ditimbulkan juga semakin berkurang karena teknologi pembuatan mesin fakoemulsifikasi semakin disempurnakan, dimana pada saat itu operasi katarak dengan fako berkembang khususnya di Amerika Serikat.⁴

1.2.3. Generasi III (1988-1996)

Setelah sukses memperkenalkan kapsulotomi dengan cara kapsuloreksis (*continuous curvilinear capsulorhexis*), Gimbel kemudian memperkenalkan teknik *Divide and conquer (D&C)*. Nukleus dibagi menjadi bagian yang selanjutnya dapat dilakukan fakoemulsifikasi pada bagian-bagian (kuadran) massa lensa tersebut dengan lebih mudah. Teknik nukleofraksis ini berkembang menjadi teknik *phaco chop* oleh Nagahara dan *Stop and Chop* oleh Paul Koch. Teknik *phaco chop* ini mengandalkan kekuatan sumbatan lubang *tip* kemudian membangkitkan vakum maksimum yang mampu memegang nukleus dengan menahan pedal tetap pada posisi dua maksimum dan selanjutnya dibelah dengan *second instrument* berupa *chopper*.^{2,4}

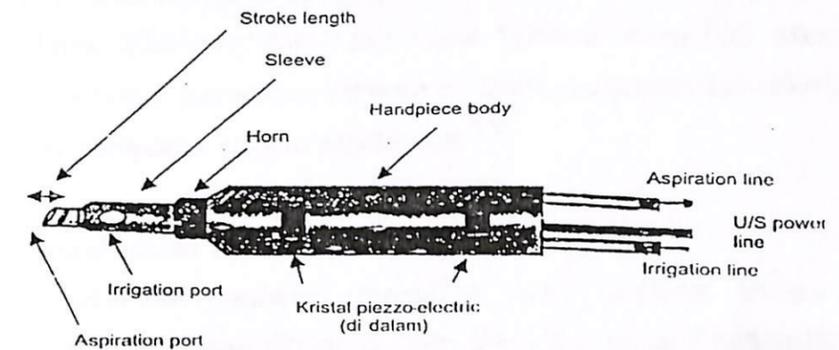
1.2.4. Generasi IV Suprakapsular Fako (*Supra Capsular Phacoemulsification*)

Maloney memperkenalkan teknik supracapsular, dimana nukleus dikeluarkan dari kantung lensa agar saat melakukan fako tidak mengancam integritas kapsul posterior. Nukleofraksis fakoemulsifikasi tetap dilakukan di bilik mata belakang, yaitu diatas kapsul anterior dibawah iris.⁴

II. Cara Kerja Fakoemulasifikasi

Cara kerja sistem fakoemulsifikasi untuk menghancurkan lensa adalah melalui *ultrasonic probe* yang mempunyai *tip* jarum (*needle*) yang mampu bergetar dengan frekuensi yang sangat tinggi, yaitu setara dengan frekuensi gelombang

ultrasound. Energi *ultrasound* berasal dari energi listrik yang dirubah dan dihantarkan ke *probe (handle)*, pada *handle* terdapat *piezzo (quartz) electric crystals* yang menghasilkan getaran dengan frekuensi yang sangat tinggi, yaitu sekitar 28,000 s/d 60,000 hertz. Getaran dari kristal ini kemudian diteruskan dibagian yang disebut *HORN*, yang berfungsi memperbesar (*amplifier*) getaran kristal yang sangat halus tersebut, sehingga dapat diteruskan ke jarum (*tip/needle*) fakoemulsifikasi yang terletak pada ujung paling distal.^{2,4}



Gambar 1 Bagian-bagian *handpiece*
Sumber; Soekardi I, Hatauruk A Johan⁴

Jarum *tip* fakoemulsifikasi mempunyai rongga. Massa lensa yang sudah dihancurkan diaspirasi melalui rongga pada *tip* fakoemulsifikasi tersebut, untuk kemudian dikeluarkan dari dalam mata melalui selang aspirasi pada mesin fakoemulsifikasi.^{2,4}

Kristal yang terdapat pada *handpiece* fako akan bergetar dengan karakteristik yang dapat dinyatakan dalam bentuk durasi dan amplitudo. Durasi atau yang disebut juga dalam frekuensi tidak dapat dikendalikan oleh ahli bedah karena sudah ditetapkan dari pabrik. Sedangkan amplitudo yang umumnya antara 2 – 4mils, dapat dikendalikan oleh ahli bedah dalam bentuk persentase (%), yaitu saat pembedah menentukan persentase kekuatan ultrasound pada mesin berdasarkan kedalaman menginjak pedal kaki pada posisi tiga.^{2,3,4}

Pada panel kontrol mesin fakoemulsifikasi, terdapat tombol untuk mengatur besarnya tenaga (*U/S power*), dari 0% sampai 100%. Jika menggunakan *linear mode*,

besar tenaga ini dikendalikan berdasarkan kedalaman injakan pada pedal kaki, yaitu ketika pedal kaki berada pada posisi tiga.⁴

2.1. Fakodinamika

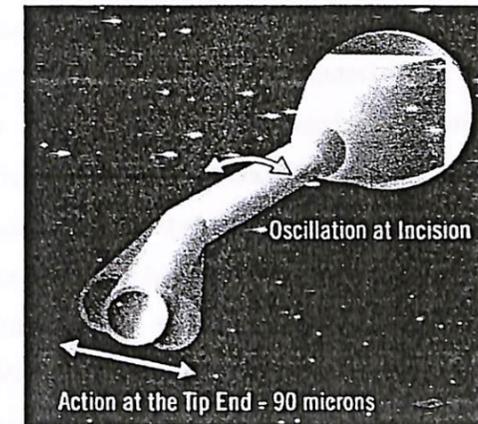
Tujuan utama fakoemulsifikasi pada bedah katarak adalah untuk menghancurkan nukleus lensa agar dapat dikeluarkan dari mata melalui sayatan yang sangat kecil, yaitu dengan cara menghisap masa lensa yang sudah hancur tersebut dalam mesin dengan memanfaatkan aliran cairan. Fakodinamika mempelajari aliran cairan dari botol, bilik mata depan dan masuk kedalam mesin fako. Mesin fako mempunyai dua fungsi utama yaitu kemampuan untuk menghancurkan nukleus lensa (energi) dan kemampuan mengatur aliran cairan.^{1,2,4}

III. Fakoemulsifikasi Torsional

Fakoemulsifikasi torsional merupakan suatu teknologi terbaru dalam menghancurkan katarak yang dihasilkan oleh Alcon dan mulai diperkenalkan pada tahun 2005 tepatnya pada pertemuan *the American Academy of Ophthalmology*.¹³ Fakoemulsifikasi torsional memanfaatkan *ultrasound* untuk menghasilkan gerakan putaran pada *tip* berupa jarum yang memiliki sudut. Dibanding alat fakoemulsifikasi yang terdahulu, fakoemulsifikasi torsional memberikan perubahan yang cukup dramatis pada bentuk energi *tip* serta reaksi material lensa yang disentuh oleh getaran *tip* tersebut.¹³

3.1. Mekanisme Kerja

Ozil torsional fako *handpiece* ini diciptakan dengan kristal Piezoelektrik yang akan menghasilkan dua efek yang berbeda. Pada 32kHz, kristal akan menyebabkan gerakan torsional pada jarum fako dimana jarum yang dipakai adalah konfigurasi Kelman yang memiliki sudut sehingga akan menghasilkan gerakan *side to side* pada ujung *tip* fako seperti yang terlihat pada gambar berikut ini.⁷



Gambar 2 Perputaran pada jarum konfigurasi Kelman dengan sudut derajat yang kecil sudah dapat menghasilkan suatu pergerakan yang lebih luas pada ujung tip torsional fako.
 Sumber, Allen D, Sonia H, dkk⁷

Pada 44kHz, kristal akan menggerakkan *tip* fako seperti pada fakoemulsifikasi tradisional yaitu gerakan berupa maju mundur. Jadi pada *software* Infiniti ini pembedah dapat mengatur gerakan apa yang hendak digunakan bahkan dapat mengkombinasikan antara gerakan torsional dan longitudinal dalam perbandingan dan susunan yang berbeda.⁷

3.2. Keunggulan Fakoemulsifikasi Torsional

Sangat jelas bahwa fakoemulsifikasi tradisional memiliki dua hal yang tidak efektif, yaitu pada saat berlakunya efek *jackhammer* akan memberikan dorongan terhadap materi lensa sehingga akan menjauhi *tip* fako dan masa efektifnya hanya setengah dari total waktu yang dipakai selama fakoemulsifikasi, karena untuk mengemulsi lensa hanya akan dapat terjadi pada saat *tip* bergerak menuju materi lensa.⁴ Dibawah ini akan dibahas tentang keunggulan teknik fakoemulsifikasi torsional.

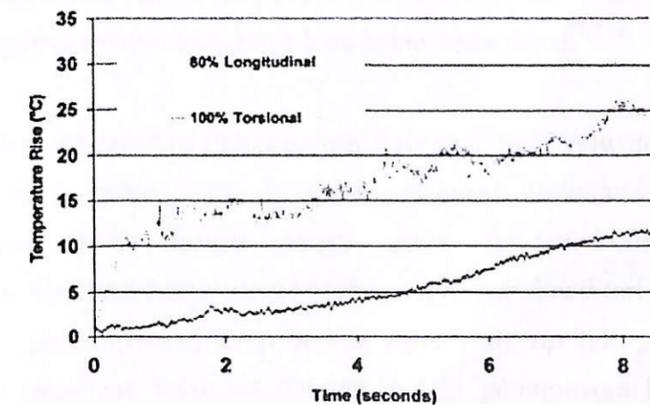
3.2.1. Efektifitas dalam Emulsifikasi

Terdapat dua alasan kenapa emulsifikasi yang dilakukan dengan fakoemulsifikasi torsional lebih efisien dibandingkan dengan fakoemulsifikasi tradisional. Pertama, pemotongan dilakukan dengan gerakan *side to side* bukan

dengan gerakan maju mundur seperti pada fakoemulsifikasi tradisional yang hanya akan memotong disaat gerakan maju menuju materi lensa. Ketika frekuensi torsional 32kHz yang mana frekuensi ini lebih rendah dibandingkan fakoemulsifikasi tradisional dengan frekuensi 40kHz. Tetapi frekuensi tersebut dua kali lebih efektif karena *tip* yang bergerak secara *side to side* akan memotong materi lensa menjadi 64.000 potongan perdetik. Kedua, Fakoemulsifikasi torsional sangat mengurangi dorongan terhadap materi lensa dari *tip* fako. Hal tersebut disebabkan jenis gerakan yang dihasilkan oleh fakoemulsifikasi torsional berupa gerakan *side to side*. Berkurangnya dorongan tersebut berarti materi lensa akan tetap berada pada ujung *tip* fako, oleh sebab itu *tip* tetap dalam keadaan tersumbat atau hampir dalam keadaan tersumbat.¹³ Penyumbatan materi lensa terhadap *tip* fako akan mengurangi turbulensi pada bilik mata depan dan akan menambah efisiensi dalam mengemulsifikasi materi lensa serta dapat meningkatkan kemampuan *followability*.^{11,12,13}

3.2.2. Kontrol Temperatur

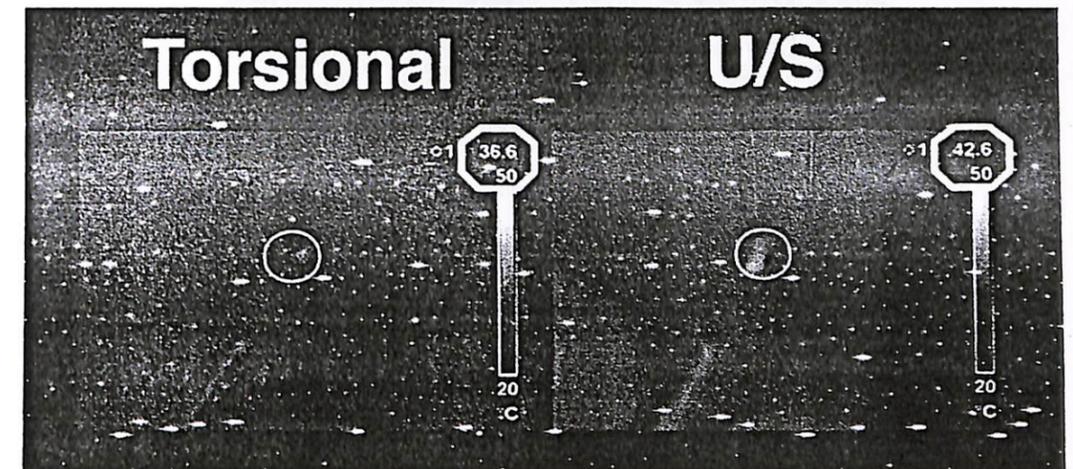
Fakoemulsifikasi tradisional menghasilkan penambahan energi panas secara signifikan pada insisi. Berbeda dengan fakoemulsifikasi torsional yang dapat dilihat pada tabel di bawah ini yang memperlihatkan hasil temperatur yang terekam melalui luka insisi yang langsung bersinggungan dengan alat fako pada percobaan *wet lab*.⁷



Tabel 1 Grafik perubahan temperatur pada insisi pada penggunaa fakoemulsifikasi torsional dan tradisional fakoemulsifikasi dengan kondisi tidak ada aliran⁷
 Sumber; Allen D, Sonia H, dkk⁷

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa pencapaian panas pada fakoemulsifikasi tradisional pada detik pertama sama dengan pencapaian panas pada fakoemulsifikasi torsional pada detik ke sembilan.⁷

Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan oleh Richard J. Mackool, M.D dibawah ini dapat dilihat hasil gambar suhu yang dihasilkan oleh alat termografi *infrared* pada detik ke lima.¹³



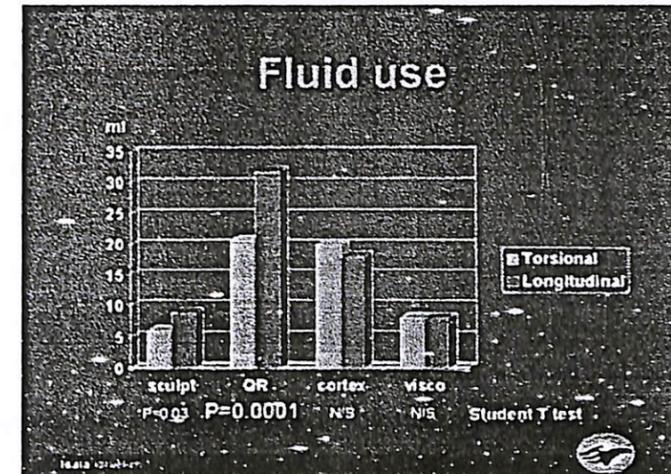
Gambar 3. Hasil gambar suhu yang dilihat dari termografi *infrared* pada fakoemulsifikasi torsional dan fakoemulsifikasi tradisional.
Sumber; Richard J, Robert P L, dkk¹³

Berkurangnya energi panas yang dihasilkan oleh fakoemulsifikasi torsional, tentu akan mengurangi risiko terjadinya luka bakar pada insisi.^{7,9,13}

3.3.3. Perubahan Aliran dan Penggunaan Balanced Salt Solutin

Dokter mata belum lama berselang terbiasa menggunakan vakum dan kecepatan aliran yang sangat tinggi pada fakoemulsifikasi tradisional. Fakoemulsifikasi torsional hanya menghasilkan dorongan kecil terhadap materi lensa sehingga materi lensa tersebut tetap berada tepat pada *tip* fako, hal ini membuat fakoemulsifikasi torsional tidak membutuhkan lagi penggunaan kecepatan vakum yang tinggi. Fakoemulsifikasi torsional dapat sama bahkan lebih efektif dengan pengaturan vakum dan kecepatan aliran yang lebih rendah.⁷

Selain berubahnya kecepatan vakum dan aliran cairan yang digunakan, jumlah cairan BSS yang terpakai juga berkurang.¹² Hal ini dibuktikan dengan salah satu penelitian yang dilakukan oleh Khiun Tjian MD dengan hasil sebagai berikut:



Gambar 4 diagram jumlah cairan yang digunakan pada fako torsional dan fako longitudinal (tradisional)
Sumber, Khiun F, Allen D, dkk¹²

Hasil diagram di atas terlihat bahwa fakoemulsifikasi torsional secara signifikan membutuhkan jumlah cairan yang lebih sedikit dibandingkan fakoemulsifikasi tradisional pada saat melakukan *sculpting* dan *quadrant removal*.¹²

Dengan semakin berkurangnya kecepatan vakum dan aliran serta jumlah cairan yang digunakan dapat mengurangi kerusakan terhadap endotel kornea dan turbulensi yang terjadi pada bilik mata depan.^{7,8,9}

3.3.4. *Ultrasound Time (UST)* dan *Cumulative Dissipated Energy (CDE)*

Nilai *Ultrasound time* diwakili angka dalam detik saat pedal kaki berada pada posisi tiga. *CDE* adalah besarnya persentase energi yang dihasilkan selama *UST*. Terdapat beberapa penelitian yang membandingkan *UST* dan *CDE* antara fakoemulsifikasi torsional dan fakoemulsifikasi tradisional, salah satunya adalah penelitian yang dilakukan oleh Ahmed M dan kawan-kawan di Arab Saudi menunjukkan hasil bahwa *Ultrasound time* yang dibutuhkan oleh fakoemulsifikasi

tradisional lebih lama dibandingkan fakocmultifikasi torsional.⁵ Sedangkan perbandingan nilai *Cumulative dissipated energy* pada kedua jenis fako menunjukkan hasil bahwa jumlah energi yang dibutuhkan oleh fakocmultifikasi tradisional lebih besar dari pada fakocmultifikasi torsional.^{5,6,8}

3.3.5. Koreksi Dasar Kemampuan Penglihatan

Beberapa penelitian tentang koreksi dasar kemampuan penglihatan yang diperoleh setelah tindakan fakocmultifikasi telah dilakukan di beberapa negara. Seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Ahmed M dan kawan-kawan di Arab Saudi menunjukkan hasil bahwa pasien yang menjalani operasi dengan menggunakan fakocmultifikasi torsional akan memperoleh pemulihan penglihatan yang lebih cepat dibandingkan dengan pasien yang menjalani operasi dengan menggunakan fakocmultifikasi tradisional.⁵

3.3.6. *Tip* dan *Sleeve* Fakocmultifikasi

Tip torsional fako memiliki sudut yang beragam mulai dari 20°, 30° dan 45°. Semakin besar sudut *tip* fako akan lebih mudah digunakan dalam membentuk *grooves* dan melakukan emulsifikasi pada materi lensa yang lebih dalam.⁹

Sleeve torsional fako memiliki variasi ukuran dan lobang irigasi. Semakin kecil diameter *sleeve* maka semakin kecil pula insisi yang dibutuhkan. *Sleeve* yang biasa dikenal memiliki dua buah lobang irigasi yang masing-masing terletak disamping. Terdapat pula jenis *sleeve* yang memiliki lobang irigasi tunggal mengarah ke bawah yang dapat melindungi kerusakan endotelium, menjaga kejernihan posterior kornea, dan dapat mengurangi risiko terjadinya ruptur kapsula posterior karena arah aliran cairan selalu mendorong kapsula posterior menjauhi *tip* fako. Ide dan keuntungan *sleeve* dengan lobang tunggal diperkenalkan oleh John Hart, MD.⁹



Gambar 5 Sleeve dengan lobang irigasi tunggal.
Sumber; Jerry G, David G, dkk⁹

IV. Kesimpulan

Perkembangan dan perubahan mesin serta teknik fakoemulsifikasi bertujuan untuk meminimalisir kerusakan, mempercepat pemulihan luka dan kembalinya kemampuan penglihatan.⁵ Fakoemulsifikasi torsional merupakan salah teknologi terbaru dalam mengemulsi materi lensa.⁷ Terdapat banyak keunggulan pada fakoemulsifikasi torsional dibandingkan fakoemulsifikasi terdahulu, yaitu :

- Terdapatnya efisiensi dalam emulsifikasi, berkurangnya *UST*, terdapatnya modifikasi bentuk *tip* dan *sleeve* yang dapat mempermudah dokter mata dalam melakukan tugasnya.^{5,6,7}
- Memperkecil kemungkinan terjadinya risiko kerusakan pada luka insisi, endotel kornea, dan kapsul posterior.^{9,11}
- Mengurangi terjadinya turbulensi pada bilik mata depan.^{7,8,9}
- Mempercepat terjadinya pemulihan luka dan kemampuan penglihatan.^{5,6}

DAFTAR PUSTAKA

1. Buratto L, Werner L, Zanini M, Apple D. Phacoemulsification principle and techniques. USA: Slack Incorporated 2003. p 1-64.
2. Barry S, Seibel. Mastering the tools and techniques of phacoemulsification surgery. USA : Slack Incorporated 1999. p 1-157.
3. American Academy of Ophthalmology. Surgery for Cataract section 11 : Lens and Cataract. San Fransisco : The Fundamental of American Academy oh Ophthalmology ; 2008-2009.
4. Soekardi I, Hatauruk A Johan. Transisi menuju fakoemulsifikasi; langkah-langkah menguasai teknik dan menghindari komplikasi, edisi : 1. Jakarta: Granit 2004. Halaman 1-154.
5. Ahmed M, Moatasseem K, Gamil M. Torsional Mode Phacoemulsifikation: Effective, Safe Cataract Surgery Technique of the future. Cairo : Middle East African Journal of Ophthalmology 2010;17;p 69-73. Diakses dari www.meajo.org tanggal 24 maret 2010.
6. M zeng, X liu, Y liu, et al. Torsional Ultrasound Modality for Hard Nucleus Phacoemulsifikation Cataract Extraction : British Journal of Ophthalmology 2008;92;p1092-1096. Diakses dari www.bjo.bmj.com tanggal 30 maret 2010.
7. Allen D, Sonia H, et al. Ozil torsional: A New Era in Phacoemulsifikation : Cataract and Refractive Surgery today. june 2006; p 2-11.
8. Allen D, Kim T, et al. Cataract surgery's Next Evolution Phacoemulsifikation With tha Intrepid Micro-coaxial system: Cataract and Refractive Surgery today. December 2007; p 2-8.
9. Jerry G, David G, et al. Torsional Ultrasound: The Grass Really Is Greener why .surgeons are Swithching to the Infiniti Vision System with Ozil Torsional Ultrasound Cataract and Refractive Surgery today. April 2008; p 2-13.