



Teknik Operasi Lasik Terbaru

Abdul Karim Ansyori¹

¹Fakultas Kedokteran Universitas Sriwijaya, Sumatera Selatan

Sitasi: Abdul KA. 2019. Teknik Operasi Lasik Terbaru. Prosiding Ilmiah Dies Natalis FK Unsri Vol. 57. Palembang: Unsri Press

ABSTRAK

Operasi LASIK adalah prosedur bedah murni kornea, yang memungkinkan koreksi berbagai kelainan refraksi seperti miopia, hipermetropi, dan astigmatisma. LASIK dilakukan dengan anestesi lokal (tetes anestesi). Tidak ada gerakan mata atau penempatan implan. Tujuan utama LASIK adalah mengurangi ketergantungan seseorang akan penggunaan kacamata atau lensa kontak. Makalah ini membahas mengenai prinsip, instrumen, prosedur pelaksanaan, perawatan pasca operasi, serta pengembangan baru dari teknik LASIK. Meskipun terdapat banyak efek samping pasca operasi seperti nyeri dan halo, diharapkan LASIK dapat terus diteliti dan dikembangkan agar dapat terus menjadi pilihan terapi pada pasien dengan kelainan refraksi yang ingin dapat melihat tanpa alat koreksi refraksi seperti kacamata dan lensa kontak.

Kata kunci: bedah kornea, kelainan refraksi, LASIK,

PENDAHULUAN

LASIK atau *laser in situ keratomileusis* merupakan salah satu metode pengukiran kornea yang mulai dikembangkan pada tahun 1948 oleh Jose I. Barraquer Moner.¹ Namun, LASIK tidak secara resmi disetujui oleh FDA sampai tahun 1999.² Hingga tahun 2016, lebih dari 16 juta operasi LASIK telah dilakukan secara global dalam sejarah. Bila dibandingkan dengan metode *cornea laser surgery* lainnya LASIK bukan hanya salah satu dari prosedur bedah yang paling umum dilakukan, itu juga salah satu yang paling sukses.³

Prosedur LASIK telah berkembang menjadi proses 10 menit yang dapat memperbaiki 96% dari semua *refraction error* dengan ketidaknyamanan minimal, waktu pemulihan beberapa jam, dan hasil visual yang dramatis dalam semalam. Ini adalah pengaruh dari banyak ide cemerlang dan pencapaian *bioengineering* yang telah mengarah pada apa yang sekarang menjadi salah satu prosedur paling ajaib dalam sejarah kedokteran. Bahkan, pada beberapa pasien, koreksi hingga tajam penglihatan 20/20 memungkinkan.^{1,3}

Namun, dalam 20 tahun terakhir, para dokter dengan kompetensi untuk melakukan LASIK menemukan bahwa pasien tidak puas dengan efek samping yang timbul pasca operasi LASIK, meskipun tajam penglihatan 20/20. Tahun 2006 dan 2007 merupakan puncak dari keluhan pasien asuransi LASIK di *Ophthalmic Mutual Insurance Company* di San Francisco (OMIC). Meskipun saat ini keluhan tersebut berkurang, namun para dokter sepakat bahwa keluhan pasca operasi LASIK tidak dapat diabaikan walaupun hanya 5%.³

Hasil telaah yang dilakukan Solomon dkk. (2009) menunjukkan tingkat kepuasan pasien pasca operasi LASIK secara keseluruhan di dunia adalah 95,4%. Hal ini menempatkan LASIK sebagai salah satu metode koreksi kelainan refraksi yang masih diperhitungkan hingga saat ini dibandingkan metode lainnya.⁴

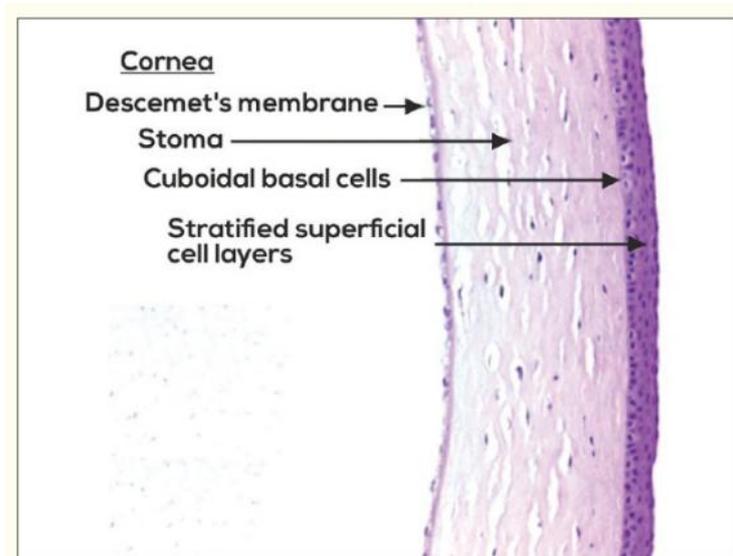
PEMBAHASAN

Anatomi media refraksi

Refraksi mata adalah perubahan jalannya cahaya yang diakibatkan oleh media refrakta mata. Alat-alat refraksi mata terdiri dari permukaan kornea, humor aqueous (cairan bilik mata), permukaan anterior dan posterior lensa, dan badan kaca (corpus vitreum).

Kornea

Kornea adalah jaringan transparan yang ukuran dan strukturnya sebanding dengan kristal sebuah jam tangan kecil. Kornea ini disisipkan ke sklera di limbus, lekuk melingkar pada persambungan ini disebut sulkus skleralis. Kornea dewasa rata-rata mempunyai tebal 0,54 mm di tengah, sekitar 0,65 mm di tepi, dan diameternya sekitar 11,5 mm. Dari anterior ke posterior, kornea mempunyai lima lapisan yang berbeda-beda (Gambar 1), yaitu lapisan epitel (yang bersambung dengan lapisan epitel konjungtiva bulbaris), lapisan Bowman, stroma, membran Descemet, dan lapisan endotel.^{5,6}



Gambar 1 Histopatologi kornea⁸

Lapisan epitel mempunyai lima atau enam lapis sel, endotel hanya satu lapis. Tabel 1 memperlihatkan lapisan kornea dan fungsinya. Lapisan Bowman merupakan lapisan jernih aseluler, yang merupakan bagian stroma yang berubah. Stroma kornea mencakup sekitar 90% dari ketebalan kornea. Bagian ini tersusun dari lamella fibril-fibril kolagen dengan lebar sekitar 1 μm yang saling menjalin yang hampir mencakup seluruh diameter kornea. Lamella ini berjalan sejajar dengan permukaan kornea dan karena ukuran dan periodisitasnya secara optik menjadi jernih. Membran Descemet adalah sebuah membran elastik yang jernih yang tampak amorf pada pemeriksaan mikroskop elektron dan merupakan membran basalis dari endotel kornea. Kornea mata mempunyai kekuatan refraksi sebesar 40 dioptri. Sumber-sumber nutrisi untuk kornea adalah pembuluh-pembuluh darah limbus, humor aqueous, dan air mata. Kornea superfisial juga mendapatkan oksigen sebagian besar dari atmosfer. Saraf-saraf sensorik kornea didapat dari percabangan pertama dari nervus cranialis V (trigeminus).^{5,7}

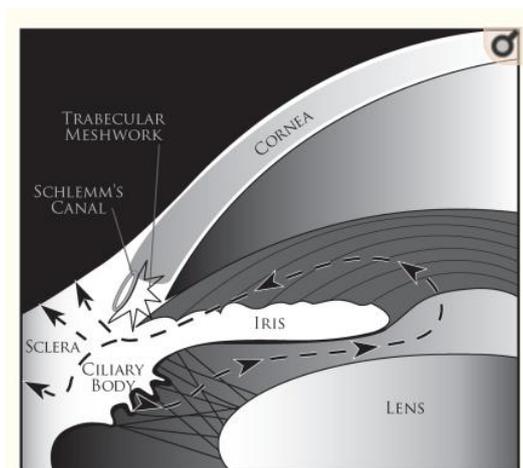
Tabel 1. Lapisan kornea dan fungsinya⁸

Epithelium
Barrier to chemicals and water
Barrier to microbes
To provide a smooth optical surface as an internal part of tear film-cornea interface contributing to refractive power of the eye
Langerhans cells which perform important immunological functions
Bowman's layer helps in maintaining the corneal shape
Stroma
Mechanical strength to cornea
Transparency of cornea
Main refracting lens
Descemet's membrane-resting layer for endothelial cells
Endothelium - maintains corneal clarity by removing water from the corneal stroma

Humor aqueous

Humor aqueous diproduksi oleh badan siliaris. Setelah memasuki camera oculi posterior, humor aqueous melalui pupil dan masuk ke camera oculi anterior dan kemudian ke perifer menuju ke sudut camera oculi anterior. Humor aqueous difiltrasi dari darah, dimodifikasi komposisinya, baru disekresikan oleh badan siliaris di camera oculi posterior. Humor aqueous diproduksi dengan kecepatan 2-3 $\mu\text{L}/\text{menit}$ dan mengisi kamera okuli anterior sebanyak 250 μL serta camera oculi posterior sebanyak 60 μL .^{5,7}

Humor aqueous mengalir di sekitar lensa dan melewati pupil ke ruang anterior. Sebagian air keluar mata melalui lorong-lorong dari *trabecular meshwork*, yaitu saluran seperti saringan yang mengelilingi tepi luar dari iris dalam sudut ruang anterior, dibentuk di mana menyisipkan iris ke dalam badan siliaris. Jumlah yang lebih sedikit masuk ke dalam badan siliaris yang terbuka dan ke iris, di mana ia akhirnya berdifusi ke dalam pembuluh darah di sekitar bola mata (Gambar 2).^{5,7}



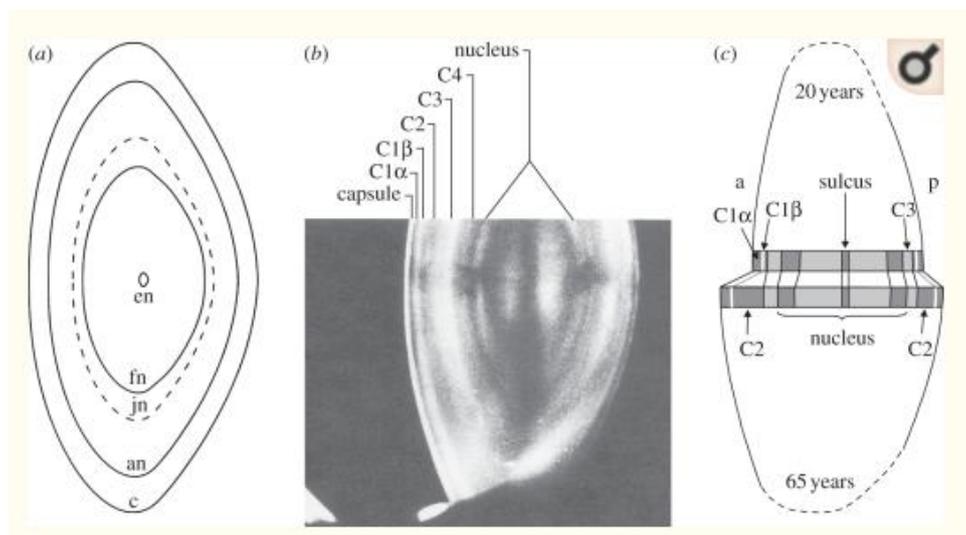
Gambar 2 Skema aliran keluar *humor aqueous*⁹

Lensa

Lensa adalah struktur bikonveks, avaskular, tak berwarna dan hampir transparan sempurna. Tebalnya sekitar 4 mm dan diameternya 9 mm. Lensa digantung di belakang iris oleh zonula yang menghubungkannya dengan badan siliare. Di anterior lensa terdapat humor aqueous, di sebelah posteriornya terdapat vitreus. Kapsul lensa adalah suatu membran yang semipermeabel (sedikit lebih permeabel daripada dinding kapiler) yang akan memungkinkan air dan elektrolit masuk.⁵

Selapis epitel subkapular terdapat di depan. Nukleus lensa lebih keras daripada korteksnya. Sesuai dengan bertambahnya usia, serat-serat lamellar subepitel terus diproduksi, sehingga lensa semakin lama menjadi lebih besar dan kurang elastik. Nukleus dan korteks terbentuk dari lamellae kosentris yang panjang. Garis-garis persambungan yang terbentuk dengan persambungan lamellae ini ujung-ke-ujung berbentuk {Y} bila dilihat dengan *slitlamp*. Bentuk {Y} ini tegak di anterior dan terbalik di posterior. Masing-masing serat lamellar mengandung sebuah inti gepeng. Pada pemeriksaan mikroskopik, inti ini jelas dibagian perifer lensa didekat ekuator dan bersambung dengan lapisan epitel subkapsul.⁵

Lensa difiksasi di tempatnya oleh ligamentum yang dikenal sebagai zonula (zonula Zinnii), yang tersusun dari banyak fibril dari permukaan badan siliaris dan menyisip ke dalam ekuator lensa. Enam puluh lima persen lensa terdiri dari air, sekitar 35% protein (kandungan protein tertinggi di antara jaringan-jaringan tubuh), dan sedikit sekali mineral yang biasa ada di jaringan tubuh lainnya. Kandungan kalium lebih tinggi di lensa daripada di kebanyakan jaringan lain. Asam askorbat dan *glutathion* terdapat dalam bentuk teroksidasi maupun tereduksi. Tidak ada serat nyeri, pembuluh darah atau saraf di lensa. Lensa memiliki kekuatan refraksi 15-10D.⁶



Gambar 3 Skema anatomi lensa¹⁰

Vitreus

Vitreus adalah suatu badan gelatin yang jernih dan avaskular yang membentuk dua pertiga dari volume dan berat mata (Gambar 4). Vitreus mengisi ruangan yang dibatasi oleh lensa, retina dan diskus optikus. Permukaan luar vitreus membran hialois-normalnya berkontak dengan struktur-struktur berikut: kapsula lensa posterior, serat-serat zonula, pars plana lapisan epitel, retina dan caput nervi optici. Basis vitreus mempertahankan penempelan yang kuat sepanjang hidup ke lapisan epitel pars plana dan retina tepat di belakang ora serrata. Perlekatan ke kapsul lensa dan nervus optikus kuat pada awal kehidupan tetapi segera hilang. Vitreus berisi air sekitar 99%. Sisanya 1% meliputi dua komponen, kolagen dan asam hialuronat, yang memberikan bentuk dan konsistensi mirip gel pada vitreus karena kemampuannya mengikat banyak air.^{5,7}



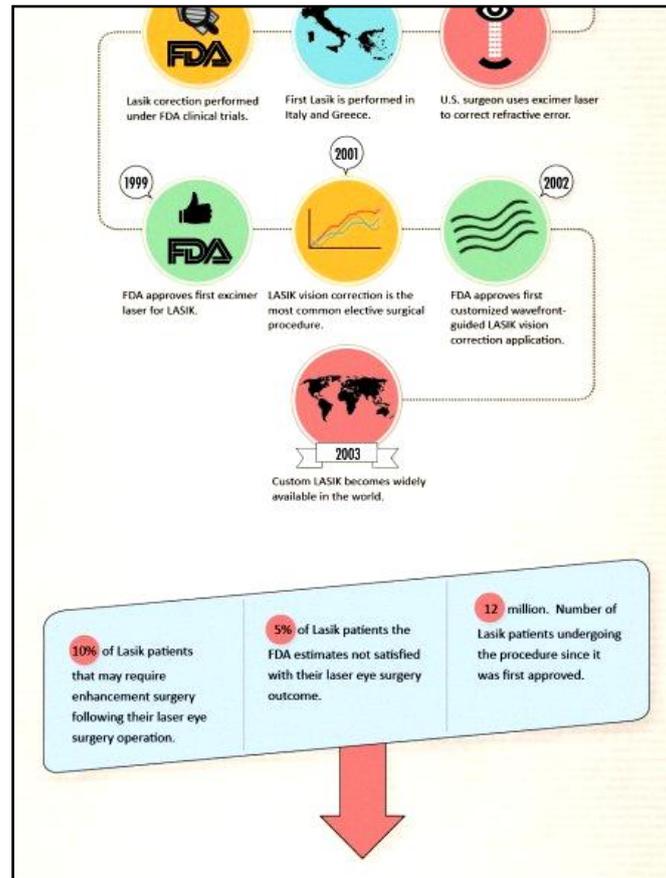
Gambar 4 Badan vitreus¹¹

Perkembangan *laser in situ keratomileusis* (LASIK)

Sejarah perkembangan LASIK

Keratomileusis, gagasan Jose I. Barraquer Moner, dibuat dan dikembangkan sebagai metode pemahatan stroma pertama untuk memperbaiki *refractory error* pada tahun 1948. Kata "keratomileusis" secara harfiah berarti "memahat" kornea. Prosedur pertama Barraquer adalah membekukan cakram jaringan kornea anterior sebelum mengangkat jaringan stroma dengan mesin bubut. Selama bertahun-tahun, prosedur ini terus berkembang, pertama melalui teknik non-beku Barraquer-Krumeich-Swinger di mana jaringan dikeluarkan dari bagian bawah disk dengan melewati *mikrokeratoma* kedua. Keratomileusis in-situ kemudian dikembangkan dengan melewati *mikrokeratoma* untuk kedua kalinya langsung di dasar stroma. Prosedur ini dikenal sebagai keratoplasti lamelar otomatis dengan penemuan *mikrokeratoma* otomatis dan selanjutnya disempurnakan dengan mengganti cakram tanpa jahitan dan kemudian dengan menghentikan *mikrokeratoma* sebelum ujung celah untuk membuat flap berengsel, seperti yang pertama kali ditunjukkan pada tahun 1989.¹

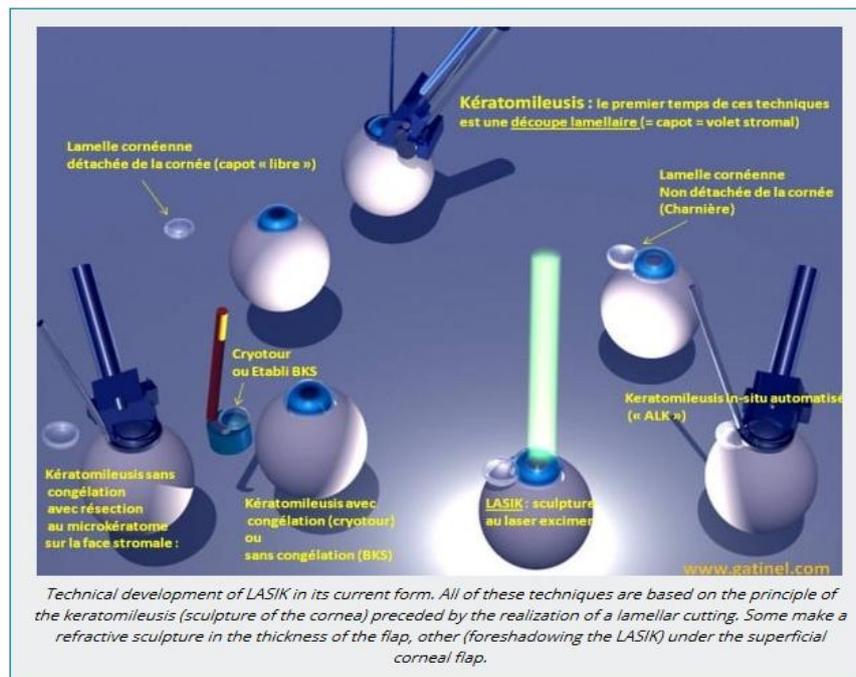
Sejarah laser excimer berawal pada tahun 1900 dan teori kuantum, akhirnya mengarah pada penemuan bahwa pulsa laser excimer ultraviolet 193-nm dapat melakukan photoablasi jaringan tanpa kerusakan termal. Studi ultrastruktural dan penyembuhan luka mengkonfirmasi bahwa ablasi area luas dapat dilakukan di kornea sentral. Ini digambarkan sebagai *fotorefractive keratectomy* pada tahun 1986 dan mata pertama kali terlihat dirawat pada tahun 1988. Laser excimer pertama kali digunakan untuk memahat dari tempat tidur stromal di bawah penutup berengsel yang dibuat secara manual menggunakan trephine dan scalpel pada tahun 1988. Penggabungan *mikrokeratoma* di 1990 akhirnya mengarah ke laser in situ keratomileusis (LASIK) seperti yang kita kenal sekarang.¹



Gambar 5 Timeline sejarah LASIK²¹

Teknologi Pendahulu LASIK

Gambar 6 menunjukkan secara skematis teknik 'pendahulu' LASIK.



Gambar 6. Skema teknik pendahulu LASIK¹⁴

Dua kelompok besar untuk teknik-teknik pada Gambar 6 adalah¹⁴:

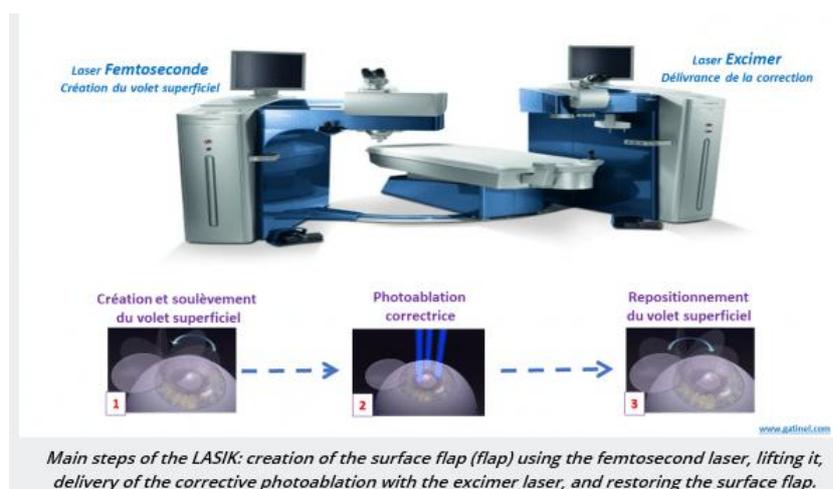
- *Primary cutting flat lamellar cornea*. Hal ini memungkinkan untuk membuat flap stroma (stroma adalah jaringan dalam kornea: flap dibuat terdiri dari stroma solidaritas superfisial lapisan epitel kornea.)
- *Refractive culture* yang dapat ditarik dari jaringan kornea. Perhatikan bahwa dengan teknik Prosedur refraktif (atau PKR), tidak ada pemotongan pipih datar, dan pahat laser stroma excimer dilakukan langsung setelah lapisan epitel (karena epitel adalah struktur dinamis yang menolak, ia tidak harus mengukir itu, efeknya akan dihapus dalam beberapa hari oleh proliferasi ulang epitel)

Prinsip LASIK

Operasi LASIK adalah prosedur bedah murni kornea, dan yang memungkinkan koreksi berbagai miopia, hipermetropi, dan astigmatisme. LASIK dilakukan dengan anestesi lokal (tetes anestesi). Tidak ada gerakan mata, atau penempatan implan.¹²

Dalam LASIK, harus mencapai panel superfisial (atau mengempakkan) ke permukaan anterior kornea, kemudian menyempurnakannya sebelum melakukan remodeling pada laser excimer (koreksi laser, yang disebut "photoablation", disampaikan dalam ketebalan kornea). Tutup superfisial kemudian diistirahatkan dan mencakup area yang menerima fotoablasi. Penciptaan flap khusus untuk teknik LASIK terutama dilakukan dengan *femtosecond laser*.¹²

LASIK terdiri dari tiga langkah utama yaitu memotong stromal (*flap superficial flap*), mengoreksi fotoablasi (*zap*), dan kemudian mengembalikan *stromal flap*.¹² Langkah kritis terakhir dalam mencapai hasil yang sangat baik secara konsisten dengan operasi refraktif lamelar adalah memodifikasi *mikrokeratoma* untuk menghentikan *pass* sebelum membuat tutup bebas. Meninggalkan engsel jaringan yang sempit memungkinkan kornea luar menjadi lipatan yang terpantul saat laser terpapar, kemudian kembali ke posisi semula dan dibiarkan melekat melalui dehidrasi kornea alami ke dasar stroma. Memposisikan kembali flap pada posisi semula dan menghindari distorsi yang disebabkan oleh jahitan sangat penting dalam mengurangi astigmatisme tidak teratur. Perbaikan *mikrokeratoma* yang berkelanjutan terus membuatnya lebih aman dan lebih mudah digunakan. Kemajuan dalam pemindaian *femtosecond laser* adalah peningkatan penting lainnya dalam menciptakan flap LASIK yang memungkinkan akurasi dan keamanan yang lebih besar.¹³



Gambar 7. Langkah-langkah utama LASIK¹²

Instrumen LASIK

Ada banyak variasi *mikrokeratoma* mekanis, tetapi prinsip dasar mikrokeratoma *cuttinghead* dan peran cincin hisap adalah sama. Ada dua fungsi cincin hisap yaitu melekat pada *globe* bagi

menyediakan platform yang stabil untuk *cutting head* mikrokeratoma; dan meningkatkan tekanan mata ke tingkat yang tinggi, mengencangkan kornea sehingga tidak dapat bergerak menjauhi mata pisau pemotong. Dimensi cincin hisap menentukan diameter flap dan ukuran engsel penstabil. Cincin hisap terhubung ke pompa vakum yang biasanya dikendalikan oleh pedal kaki on-off.¹³

Kepala pemotongan (*head cutter*) memiliki beberapa komponen utama. Pertama, pisau pemotong sekali pakai yang sangat tajam, pisau dibuang setelah setiap perawatan unilateral atau bilateral. Kedua, piring *applanation* yang meratakan kornea sebelum pisau pemotong, panjang bilah yang membentang di luar pelat *applanation* membantu menentukan ketebalan flap. Ketiga, motor turbin yang digerakkan listrik atau gas yang biasanya beresilasi pada 6.000 hingga 15.000 siklus per menit. Motor yang sama atau yang kedua sering digunakan untuk memajukan *cutting head* secara mekanis, melekat pada cincin hisap melintasi kornea. Dokter bedah sering secara manual mengontrol kemajuan kepala pemotongan.

Awalnya engsel terletak di hidung di mikrokeratoma yang dirancang Barraquer. mikrokeratomagesermemiliki akses kornea termudah ketika mendekat dari sisi temporal, sehingga area hidung adalah yang terakhir dipotong. Mikrokeratoma populer diperkenalkan yang memungkinkan kepala untuk berputar pada tiang, sehingga jalannya melengkung dan zona superior adalah bagian yang terakhir dipotong. Engsel superior dianggap lokasi yang lebih baik karena menahan gangguan flap dengan gerakan menyeka kelopak mata atas. Engsel hidung memiliki kelemahan yaitu banyak pupil yang terletak di hidung pusat kornea. Engsel hidung, bahkan jika bergeser secara maksimal ke limbus hidung, dapat mengenai zona perawatan yang luas. Ada bukti bahwa lokasi engsel nasal menyelamatkan beberapa inap flap dari saraf silia panjang saat memasuki kornea, dan kecenderungan mata kering pasca operasi lebih kecil pada pasien LASIK dengan flap engsel hidung dibandingkan dengan flap engsel superior.¹³

Sebaliknya, satu studi menemukan pemulihan sensasi kornea yang lebih cepat pada pasien engsel superior dibandingkan dengan engsel hidung, meskipun semua sensasi pulih ke tingkat pra operasi 6 sampai 12 bulan setelah operasi. Metodologi alternatif untuk membuat flap sekarang banyak digunakan dalam praktik klinis. Sejumlah platform laser yang menggunakan teknologi Nd-YAG laser pulsa *femtosecond* dapat membuat diseksi lamelar dalam stroma. Setiap pulsa laser menghasilkan area fotodisrupsi tersendiri dari kolagen. Ribuan pulsa yang berdekatan dipindai melintasi kornea dalam pola terkontrol yang menghasilkan lipatan di mana komputer diprogram untuk diameter, kedalaman, dan lokasi serta ukuran engsel. Pendukung menunjuk pada potensi untuk kontrol kedalaman yang lebih baik, menghindari komplikasi seperti perforasi lubang kancing dan cacat epitel, dan kontrol yang tepat dari dimensi dan lokasi flap.¹³

Tanna et al. secara retrospektif memeriksa 1.000 mata dengan flap *femtosecond* versus 1.000 mata pertama dengan flap mikrokeratomamenjalani LASIK yang dipandu oleh gelombang, dan menemukan flaps *femtosecond* memungkinkan pemulihan visual yang lebih cepat dan ketajaman visual yang lebih baik. Patel et al. menemukan *backscatter kornea* (kabut) pada awalnya lebih tinggi pada mata *femtosecond*, tetapi sama dengan mata mikrokeratomapada 3 dan 6 bulan. Ketajaman visual kontras tinggi, sensitivitas kontras, dan hamburan cahaya ke depan juga tidak berbeda antara perawatan pada setiap pemeriksaan. Chan et al. menunjukkan bahwa mata *femtosecond* dan mikrokeratomamemiliki hasil visual yang sama pada 1 tahun, tetapi mata *femtosecond* cenderung memiliki sedikit penyimpangan tingkat tinggi (aberasi bola, koma, dan trefoil).¹³

Resiko dan Efek Samping LASIK

LASIK, seperti operasi lainnya, memiliki potensi risiko dan komplikasi yang harus dipertimbangkan dengan cermat. Sejak disetujui oleh FDA pada tahun 1998, LASIK telah menjadi pengobatan yang populer di Amerika Serikat dan tingkat komplikasi keseluruhannya rendah. Infeksi

dan peradangan mungkin terjadi, seperti prosedur bedah lainnya, dan biasanya dapat diatasi dengan obat-obatan.¹⁵

Masalah dengan flap kornea setelah operasi terkadang membuat perawatan lebih lanjut diperlukan. Ada kemungkinan, meskipun kecil, penglihatan setelah operasi tidak akan sebaik seperti sebelumnya, bahkan dengan kacamata atau kontak. Beberapa orang mengalami efek samping setelah LASIK yang biasanya hilang seiring waktu. Efek samping ini mungkin termasuk penglihatan kabur atau buram; kesulitan dengan penglihatan malam dan / atau mengemudi di malam hari; goresan, kekeringan dan gejala lain dari kondisi yang disebut "mata kering"; silau, lingkaran cahaya atau bintang di sekitar lampu; sensitivitas cahaya; ketidaknyamanan atau sakit; atau bercak kecil berwarna merah muda atau merah pada bagian putih mata. Pada sebagian kecil pasien, beberapa efek ini mungkin permanen.¹⁵

Terkadang operasi kedua yang disebut perawatan ulang mungkin diperlukan untuk mencapai koreksi penglihatan yang diinginkan. Ini lebih mungkin untuk orang-orang yang rabun jauh, rabun jauh, atau memiliki astigmatisme yang lebih tinggi sebelum LASIK - mereka yang visus awalnya membutuhkan koreksi lebih intensif. Sekitar 10,5% pasien LASIK di Amerika Serikat membutuhkan perawatan ulang.¹⁵

Prosedur pelaksanaan LASIK

Kriteria Inklusi Pasien LASIK

Idealnya, pasien yang akan menjalani prosedur LASIK memenuhi kriteria berikut¹⁸:

- Berusia lebih dari 18 tahun dan telah memiliki kacamata stabil atau resep lensa kontak selama setidaknya dua tahun.
- Memiliki ketebalan kornea yang cukup (kornea adalah bagian depan mata yang transparan). Seorang pasien LASIK harus memiliki kornea yang cukup tebal untuk memungkinkan ahli bedah membuat flap kornea bersih dengan kedalaman yang sesuai.
- Memiliki masalah/kelainan refraksi umum, antara lain - miopia (rabun jauh), astigmatisme (penglihatan kabur yang disebabkan oleh kornea berbentuk tidak teratur), hiperopia (penglihatan jauh), atau kombinasi keduanya (mis. Miopia dengan astigmatisme). Beberapa laser sekarang disetujui oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (FDA) AS karena aman dan efektif untuk digunakan pada prosedur LASIK, tetapi lingkup setiap indikasi dan rentang perawatan yang disetujui laser terbatas pada tingkat kesalahan-kesalahan tertentu.
- Tidak menderita penyakit apa pun, terkait penglihatan atau lainnya, yang dapat mengurangi efektivitas operasi atau kemampuan pasien untuk sembuh dengan baik dan cepat.
- Diberi informasi yang memadai tentang manfaat dan risiko prosedur. Pasien harus mendiskusikan prosedur secara menyeluruh dengan dokter mereka dan memahami bahwa bagi kebanyakan orang, tujuan operasi refraktif haruslah pengurangan ketergantungan pada kacamata dan lensa kontak, bukan mengeliminasi sepenuhnya.

Terkadang terdapat faktor yang menghalangi seseorang menjadi kandidat yang ideal untuk operasi LASIK. Dalam banyak kasus, seorang ahli bedah mungkin masih dapat melakukan prosedur dengan aman, mengingat bahwa kandidat dan dokter telah membahas secara memadai manfaat dan risiko, dan menetapkan harapan yang realistis untuk hasilnya. Pasien yang termasuk dalam kategori ini termasuk mereka yang¹⁸:

- Memiliki riwayat mata kering, karena mereka mungkin menemukan bahwa kondisinya memburuk setelah operasi.

- Sedang mendapat pengobatan seperti steroid atau imunosupresan, yang dapat mencegah penyembuhan, atau menderita penyakit yang memperlambat penyembuhan, seperti gangguan autoimun.
- Mengalami parut kornea.

Lebih sering, ada faktor-faktor yang dapat membuat seseorang tidak dapat segera menjadi kandidat, tetapi tidak sepenuhnya menghalanginya untuk menjadi kandidat. Calon dalam kategori ini termasuk mereka yang¹⁸:

- Berusia di bawah 18 tahun.
- Memiliki penglihatan yang tidak stabil, yang biasanya terjadi pada orang muda. Dokter merekomendasikan bahwa, sebelum menjalani LASIK, penglihatan kandidat telah stabil dengan kacamata yang konsisten atau resep lensa kontak selama setidaknya dua tahun.
- Sedang hamil atau menyusui.
- Memiliki riwayat herpes okular dalam satu tahun sebelum menjalani operasi. Setelah setahun berlalu dari diagnosis awal penyakit, operasi dapat dipertimbangkan.
- Memiliki kesalahan refraktif yang terlalu parah untuk perawatan dengan teknologi saat ini. Meskipun laser yang disetujui FDA tersedia untuk mengobati masing-masing dari tiga jenis utama kesalahan refraksi - miopia, hiperopia dan astigmatisme - indikasi yang disetujui FDA saat ini menentukan kandidat yang sesuai seperti yang dengan miopia hingga -12 D, astigmatisme hingga 6 D dan hiperopia hingga +6 D. Namun, teknologi operasi mata laser berkembang pesat, dan dokter mungkin dapat mengobati kesalahan yang lebih parah di masa depan.

Kriteria Eksklusi Pasien

Kondisi dan keadaan tertentu benar-benar menghalangi individu untuk menjadi kandidat untuk operasi LASIK. Yang termasuk kriteria eksklusi pasien¹⁸:

- Memiliki penyakit seperti katarak, glaukoma lanjut, penyakit kornea, kelainan penipisan kornea (keratoconus atau degenerasi marginal pellucid), atau penyakit mata tertentu yang sudah ada sebelumnya yang mempengaruhi atau mengancam penglihatan.
- Tidak memberikan persetujuan. Sangatlah penting bagi pasien untuk membahas prosedur dan manfaat serta risikonya secara memadai dengan dokter bedah mereka, dan memberikan persetujuan yang tepat sebelum menjalani operasi.
- Memiliki harapan yang tidak realistis. Ini penting untuk dipahami bahwa operasi mata laser seperti halnya seluruh prosedur bedah, melibatkan beberapa risiko. Selain itu, hasil akhir operasi dan tingkat penyembuhan bervariasi dari orang ke orang dan bahkan dari mata ke mata pada setiap individu.

Pre-LASIK testing

Siapa pun yang mempertimbangkan LASIK harus menjalani pemeriksaan menyeluruh oleh seorang profesional di bidang kesehatan mata. Pemeriksaan dan konsultasi lanjutan dengan dokter juga dapat mengidentifikasi masalah kesehatan yang sedang berlangsung yang dapat mempengaruhi penglihatan kandidat di masa depan. Selain itu juga menginformasikan kepada kandidat mengenai kemungkinan dari hasil LASIK, membentuk ekspektasi mengenai apa yang dapat diperbuat oleh prosedur ini, dan menginformasikan kandidat mengenai status kesehatan penglihatannya. Serangkaian tes pendahuluan atau skrining yang harus dilakukan secara rutin dibahas di bawah ini. Pengujian tambahan juga perlu, tergantung pada temuan awal dan kebutuhan khusus kandidat. Jika setelah evaluasi seorang pasien memiliki pertanyaan tentang mengapa tes dimasukkan atau dihilangkan, ia harus mendiskusikan masalah tersebut dengan dokter mata yang bersangkutan.



Tentu saja seorang pasien dapat dan harus mempertanyakan mengapa suatu tes dihilangkan. Pasien harus puas dengan penjelasan sebelum melanjutkan perawatan.¹⁸

1. Penilaian riwayat kesehatan mata

- Riwayat pemakaian kacamata: Penting untuk menentukan apakah penglihatan kandidat telah stabil atau sedang berubah. Jika tidak stabil, LASIK mungkin tidak sesuai saat ini. Kandidat yang ideal berusia minimal 18 tahun dengan kacamata stabil atau resep lensa kontak selama minimal 2 tahun.
- Riwayat pemakaian lensa kontak: Lensa kontak dapat mengubah bentuk kornea (permukaan depan mata yang jernih) atau bertindak sedemikian rupa sehingga menyulitkan dokter mata menentukan resep yang tepat dari kandidat. Kebanyakan dokter mata mengharuskan lensa kontak lunak dihentikan setidaknya 3 hari dan lensa kontak kaku 2 hingga 3 minggu sebelum evaluasi. Jika timbul kekhawatiran tentang perubahan yang disebabkan oleh lensa kontak dalam kornea, mungkin kandidat perlu berhenti memakai kontak selama beberapa bulan untuk memungkinkan kornea kembali ke kontur alami, sehingga evaluasi bedah dapat dilakukan.
- Riwayat penyakit dan pengobatan mata atau sistemik: Beberapa penyakit mata dan obat-obatan dapat memengaruhi kesesuaian kandidat untuk LASIK.
- Riwayat masalah mata sebelumnya seperti mata malas, strabismus (ketidakselarasan mata yang disebabkan oleh ketidakseimbangan otot), atau perlunya kacamata khusus untuk mencegah penglihatan ganda.
- Riwayat cedera mata sebelumnya.
- Menilai kebutuhan dan gaya hidup: Pekerjaan, kebutuhan, dan aktivitas rekreasi dari kandidat LASIK dapat memengaruhi strategi koreksi penglihatan. Misalnya, strategi yang berbeda dapat memengaruhi persepsi kedalaman dan kemampuan untuk melihat dekat atau jauh.

2. Pemeriksaan Mata Secara Komprehensif

- Penentuan visi dan visi yang tidak dikoreksi sebagaimana dikoreksi oleh kacamata atau kontak.
- Penentuan besarnya kesalahan visual di setiap mata untuk menetapkan jumlah koreksi bedah yang diperlukan dan mengembangkan strategi bedah yang tepat.
- Penilaian permukaan kornea dengan memetakan topografinya (kelengkungan atau bentuk kornea), untuk mengkorelasikan bentuknya dengan kesalahan dalam pemfokusan (mengkorelasikan bentuk kornea dengan astigmatisme bias), untuk menemukan penyimpangan, jika ada, dan menyaring kondisi penyakit yang dapat menyebabkan hasil yang buruk dengan LASIK.
- Pengukuran ukuran pupil dalam cahaya redup dan cahaya ruangan. Ukuran pupil merupakan faktor penting dalam konseling seorang kandidat tentang penglihatan malam dan merencanakan strategi koreksi penglihatan laser yang tepat.
- Penilaian motilitas untuk mengukur kemampuan otot untuk menyelaraskan mata.
- Pemeriksaan kelopak mata untuk melihat apakah ia berputar ke dalam (mungkin menggores kornea) atau ke luar dan mengalihkan aliran air mata dari mata, dan kondisi lainnya.
- Pemeriksaan konjungtiva, membran transparan yang menutupi permukaan luar mata dan melapisi permukaan bagian dalam kelopak mata, untuk melihat apakah ada iritasi, kemerahan, pembuluh darah tidak teratur atau kelainan lainnya.

- Pemeriksaan kornea untuk menentukan apakah ada kelainan yang dapat memengaruhi hasil operasi.
- Pemeriksaan lensa kristalin untuk menentukan apakah terdapat lensa berkabut (katarak) atau kelainan lainnya.
- Pengukuran ketebalan kornea (pachymetry). Jumlah koreksi LASIK dapat ditentukan sebagian oleh ketebalan kornea.
- Pengukuran tekanan intraokular untuk mendeteksi glaukoma atau kondisi pra-glaukoma. Glaukoma adalah gangguan penglihatan yang disebabkan oleh kerusakan saraf optik akibat tekanan mata yang terlalu tinggi. Ini adalah penyebab umum dari kehilangan penglihatan yang bisa dicegah.
- Penilaian bagian belakang (segmen posterior) mata: Pemeriksaan fundus melebar digunakan untuk menilai kesehatan permukaan bagian dalam belakang mata (retina), dengan pupil terbuka penuh. Pemeriksaan retina, saraf optik, dan pembuluh darah menyaring sejumlah gangguan mata dan sistemik.
- Tindak lanjut harus mencakup peninjauan hasil pemeriksaan oleh dokter mata, diskusi dengan kandidat, pengujian tambahan seperlunya, dan adopsi rencana untuk mengelola kebutuhan perawatan mata kandidat.

Tindakan bedah LASIK

Langkah-langkah tindakan bedah LASIK adalah sebagai berikut.¹⁹

- Sebelum operasi, laser excimer, cincin hisap, mikrokeratomadan blade (atau pengaturan *femtosecond laser*), diperiksa oleh teknisi dan dokter yang berkompentensi.
- Dokter juga mengkonfirmasi bahwa data perawatan yang benar dimasukkan ke dalam komputer laser.
- Spekulum kelopak mata ditempatkan di mata operasi, yang telah dibius dengan obat tetes, dan mata ditutup.
- Kornea ditandai untuk membantu dalam penyelarasan flap pasca operasi.
- Cincin pengisap ditempatkan pada mata untuk mencapai fiksasi.
- Mikrokeratoma(atau *femtosecond laser*) digunakan untuk membuat flap kornea berengsel.
- Setelah flap dibuat, ia dipantulkan dari permukaan yang dipotong.
- Ablasi laser excimer dilakukan, berpusat pada pupil. Teknologi pelacak mata dan *iris registration technology* semakin banyak digunakan untuk memastikan perawatan laser yang berpusat dengan baik.
- Setelah laser excimer, flap diganti.

Perawatan pasca operasi LASIK

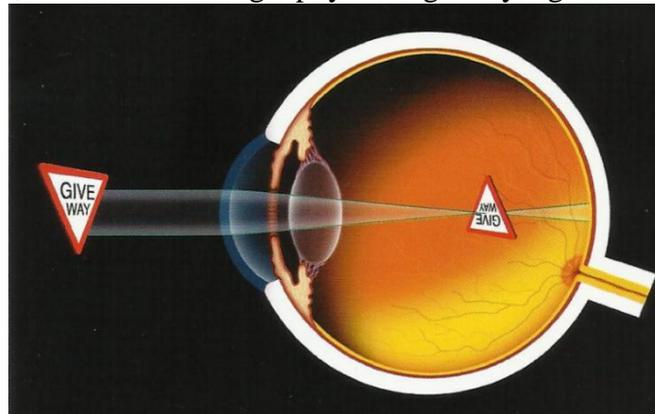
Pasien mungkin mengalami ketidaknyamanan pasca operasi ringan selama 4 hingga 6 jam setelah perawatan LASIK, selama waktu itu mereka harus menutup mata dan beristirahat atau tidur siang. Pasien tidak boleh menggosok mata mereka setelah operasi. Tetes steroid dan antibiotik digunakan selama 4 hingga 10 hari setelah operasi. Tetes air mata bebas pengawet dapat digunakan selama berminggu-minggu hingga berbulan-bulan tergantung pada gejala mata kering dan pewarnaan belang-belang kornea. Stabilisasi bias untuk miope memakan waktu hingga 3 bulan tergantung pada jumlah perawatan yang dilakukan.¹⁹

Kesalahan refraksi residual dapat diperbaiki setelah stabilisasi, biasanya dengan melepaskan flap dan menghilangkan bed stroma dalam prosedur perawatan ulang (juga disebut perangkat tambahan). Untuk memastikan pengawetan setidaknya 250 μm dari ketebalan unggun sisa setelah perawatan laser, OCT pre-operatif atau pachimetri ultrasound intraoperatif dapat dilakukan.¹⁹

Penerapan prosedur LASIK pada kelainan refraksi

1. Rabun Jauh (Miopia)

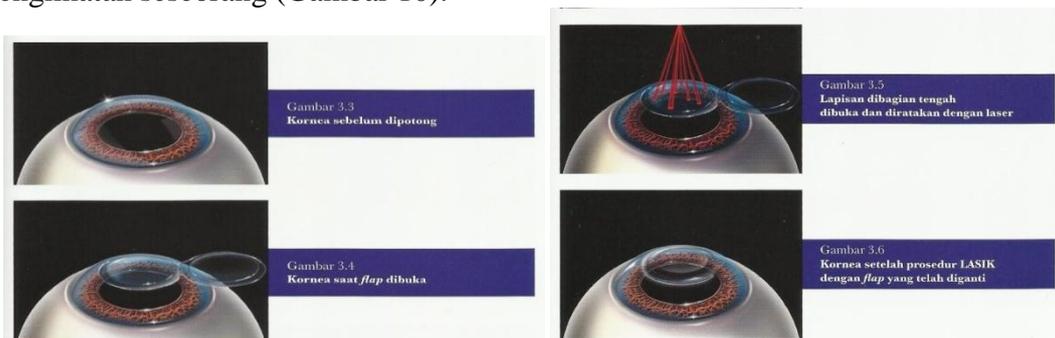
Miopia biasa dikenal sebagai gangguan rabun jauh. Rabun jauh terjadi karena bola mata terlalu panjang atau kornea terlalu melengkung. Hal ini menyebabkan cahaya yang masuk ke mata akan membentuk bayangan suatu benda pada titik sebelum mencapai retina, dan sebagai hasilnya, otak akan menangkapnya sebagai bayangan kabur (Gambar8).²²



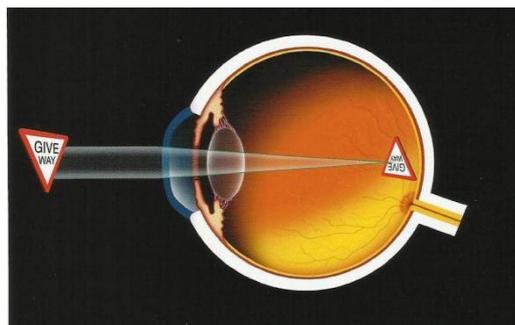
Gambar 8. Letak jatuh bayangan pada miopia²²

Semakin objek bergerak mendekati mata, objek itu menjadi lebih jelas dan lebih terlihat. Hal ini karena gambar tersebut bergerak ke retina, sehingga menjadikannya lebih fokus. Operasi LASIK dapat dilakukan untuk mengobati kelainan refraksi miopi antara 0.50 hingga 20.00 dioptri.²²

Prosedur pengoreksi miopi adalah dengan membuang sebuah lapisan tipis pada jaringan di bagian tengah kornea (Gambar 9). Hal ini membuat bagian tengah kornea lebih datar / rata hingga memungkinkan titik fokus bergerak lebih dekat ke retina, sehingga memperbaiki penglihatan seseorang (Gambar 10).²²



Gambar 9. Tahapan LASIK pada miopia²²

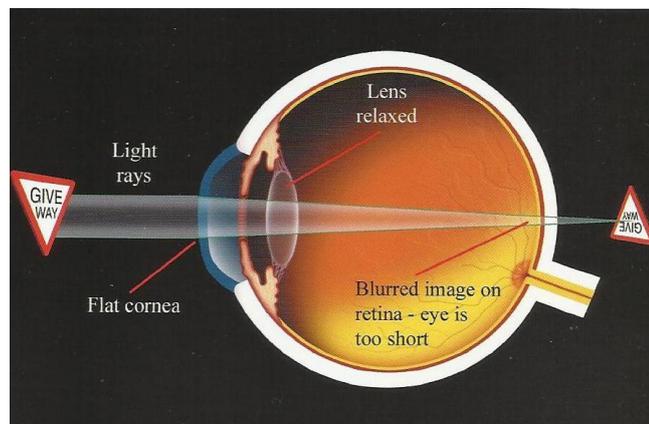


Gambar 10. Letak jatuh bayangan pada miopia setelah dilakukan LASIK²²

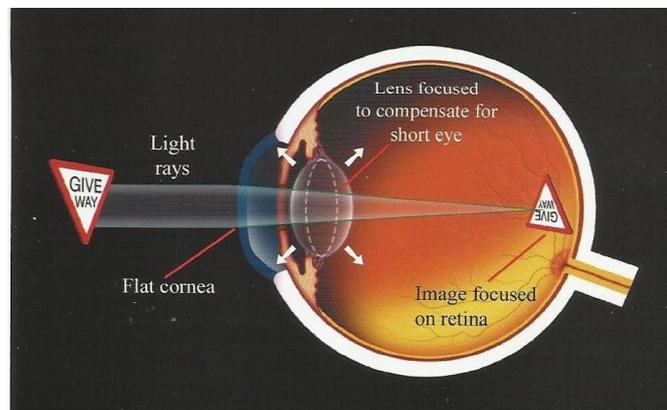
2. Rabun Dekat (Hipermetropi)

Hipermetropi disebabkan karena panjang bola mata seseorang terlalu pendek, kornea terlalu rata atau kombinasi keduanya. Pada kasus hipermetropi cahaya difokuskan di belakang retina, dan hanya dengan menggerakkan objek lebih jauh maka sebuah benda bisa terlihat dengan lebih jelas. Hal ini membuat si penderitanya tak bisa melihat benda yang berjarak dekat.²²

Meski demikian, banyak orang bisa menyesuaikan dan ‘memfokuskan’ hipermetropi mereka. Caranya dengan menggunakan otot – otot mata untuk menyesuaikan bentuk lensa mata agar mampu membawa titik fokus maju ke retina. LASIK mampu memperbaiki masalah hipermetropi dengan kekuatan antara 0.50 hingga 6.00 dioptri.²²



Gambar 11. Letak jatuh bayangan pada hipermetropia (tanpa akomodasi)²²

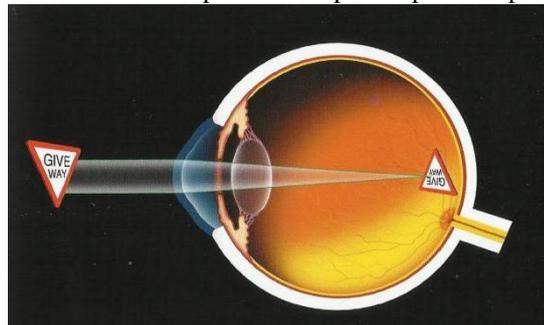


Gambar 12. Letak jatuh bayangan pada hipermetropia (dengan akomodasi)²²

LASIK mengoreksi kornea mata yang terlampau rata pada penderita hipermetropi dengan membuang bagian luar kornea mereka untuk membentuk salur lingkaran. Saat flap LASIK diangkat setelah prosedur operasi usai, kornea mata menjadi lebih lengkung bentuknya sehingga menggerakkan titik fokus dari belakang mata menuju retina, sehingga bisa memperbaiki penglihatan untuk dekat dan juga jauh.²²



Gambar 13. Tahapan LASIK pada hipermetropia²²

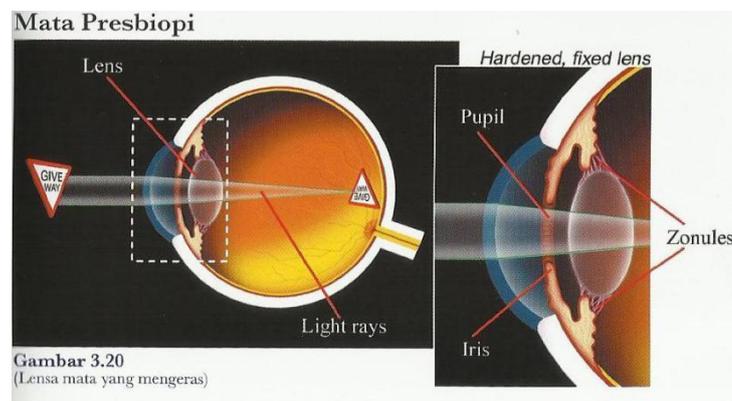


Gambar 14. Letak jatuh bayangan pada hipermetropia setelah dilakukan LASIK²²

3. Presbiopi (Mata Tua)

Presbiopi atau mata tua adalah suatu kondisi yang akan diderita oleh setiap orang apabila semakin tua. Presbiopi biasanya akan menyerang diusia 40 tahun keatas. Semakin bertambahnya umur seseorang, lensa mata akan semakin keras dan kurang elastis. Hal ini menyulitkan mata untuk berfokus pada objek – objek yang jaraknya dekat, sehingga membuat penderitanya hanya bisa fokus melihat objek dalam jangkauan penglihatan yang sangat terbatas saja. Meski para penderita presbiopi mengalami rabun dekat, namun jarak penglihatan mereka masih bagus jika tidak mengidap miopi, hipermetropia, atau silindris.²²

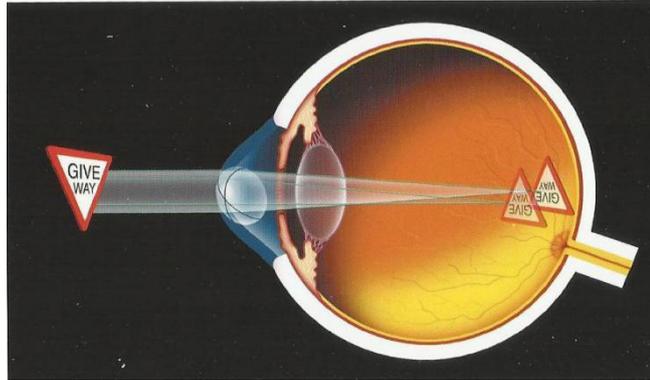
Sayangnya hingga saat ini masih belum ditemukan cara yang jitu untuk menyembuhkan prebiopi, meski berbagai penelitian telah dilakukan di seluruh dunia. Belum ada suatu alat yang bisa menggantikan hilangnya kelenturan lensa mata alami manusia. Meskipun ada beberapa pengakuan bahwa telah ditemukan suatu cara untuk menyembuhkan presbiopi, namun semuanya masih bersifat terbatas, dan tidak mampu menghilangkan kondisi penyakit mata ini.²²



Gambar 15. Kelenturan lensa yang berkurang pada presbiopi²²

4. Astigmatisme (Silindris)

Mata yang normal memiliki permukaan bulat dengan lengkung regular yang menyerupai permukaan bola bowling. Silindris terjadi ketika lengkung sudut mata berbentuk tidak rata (irregular). Hal ini menyebabkan cahaya berfokus pada titik – titik yang berbeda di mata secara tidak teratur, hingga menyebabkan penglihatan terganggu.²²



Gambar 16. Bayangan yang terbentuk pada astigmatisme²²

Sebagian besar orang mengalami gangguan mata silindris regular. Hal ini berarti mata memiliki 2 lengkung yang berbeda. Cahaya berfokus pada satu titik dari lengkung pertama ke titik lain dari lengkung kedua. Hal ini membuat gambar terlihat berganda, sehingga seolah – olah terdapat bayangan atau gambar berganda. LASIK mampu mengoreksi gangguan silindris dengan jangkauan dari -0.25 hingga -6.50 dioptri.²²

Profil Keamanan Jangka Panjang LASIK

Song *et al* (2018) meneliti keamanan jangka panjang dari LASIK berdasarkan *follow up* 5 tahun pasca LASIK. Adapun yang menjadi tolak ukur adalah efektivitas jangka panjang ($\geq 5y$), *predictability*, dan keamanan LASIK pada mata dengan kornea yang tipis [*central corneal thickness* (CCT) $< 500 \mu m$]. Hasil yang diperoleh Song *et al* dkk (2018) menunjukkan bahwa LASIK aman dan efektif di mata subjek penelitian dengan kornea tipis (459 hingga 499 μm). Mereka merekomendasikan skrining pra operasi untuk *keratoconus* dan *forme fruste keratoconus* harus dilakukan dengan hati-hati, dan kemudian PSBT setidaknya harus 50%. Studi lebih lanjut diperlukan untuk menilai keamanan LASIK di mata dengan RSBT $< 250 \mu m$ dan PTA $> 40\%$ dalam jumlah subjek yang lebih besar dengan tindak lanjut yang lebih lama.¹⁶

LASIK Quality of Life Collaboration Project oleh FDA

Pada Oktober 2009, FDA, *National Eye Institute* (NEI), dan Departemen Pertahanan (DoD) meluncurkan Proyek Kolaborasi Kualitas Hidup LASIK (LQOLCP) untuk membantu lebih memahami potensi risiko dari masalah parah yang dapat diakibatkan oleh LASIK. Proyek ini bertujuan untuk mengembangkan alat untuk menentukan persentase pasien yang mengalami kesulitan melakukan kegiatan yang biasa mereka lakukan setelah LASIK, dan untuk mengidentifikasi prediktor bagi pasien tersebut.²⁰

Adapun hasil dari penelitian tersebut adalah sebagai berikut.²⁰

- Hingga 46 persen peserta, yang tidak memiliki gejala visual sebelum operasi, melaporkan setidaknya satu gejala visual pada tiga bulan setelah operasi.
- Peserta yang mengalami gejala visual baru setelah operasi, paling sering mengembangkan lingkaran cahaya.

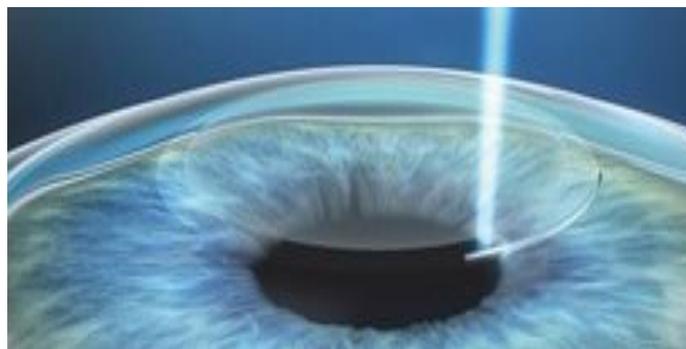
- Hingga 40 persen dari peserta tanpa lingkaran cahaya sebelum LASIK memiliki lingkaran cahaya tiga bulan setelah operasi.
- Hingga 28 persen peserta tanpa gejala mata kering sebelum LASIK, melaporkan gejala mata kering pada tiga bulan setelah operasi mereka. Ini konsisten dengan penelitian sebelumnya.
- Kurang dari 1 persen peserta penelitian mengalami "banyak kesulitan" dengan atau ketidakmampuan untuk melakukan kegiatan biasa tanpa lensa korektif karena salah satu gejala visual (starburst, ghosting, lingkaran cahaya, silau) setelah operasi LASIK.
- Lebih dari 95% peserta puas dengan visi mereka setelah operasi LASIK.
- Peserta dua kali lebih mungkin untuk melaporkan gejala visual pada kuesioner daripada memberitahukan ke penyedia layanan kesehatan mereka.

Berdasarkan hasil penelitian tersebut, Direktur FDA Divisi Perangkat Oftalmik, mengatakan, "Mengingat sejumlah besar pasien yang menjalani LASIK setiap tahun, ketidakpuasan dan gejala melumpuhkan dapat terjadi pada sejumlah besar pasien". Selanjutnya, pada tahun 2014, FDA menerbitkan sebuah artikel yang menyoroti risiko dan daftar faktor dan kondisi yang harus dipertimbangkan individu ketika memilih dokter untuk operasi refraktif mereka.

Kemungkinan Perkembangan Pesat Teknik Baru Setelah LASIK

Miruna *et al* (2016) merekomendasikan teknik yang disebut SMILE sebagai bibit teknik *laser surgery*. SMILE merupakan singkatan dari *Small Incision Lenticule Extraction*, yang dapat diartikan sebagai LASIK tanpa *flap*. SMILE sepenuhnya dilakukan dengan *femtosecond laser*, ini adalah operasi invasif minimal, tanpa flap, dan mendefinisikan ulang operasi refraktif seperti yang kita kenal. SMILE adalah generasi ke-3 dari prosedur refraksi kornea.¹⁷

Prosedur ReLEX SMILE dilakukan di bawah anestesi topikal dan dapat dibagi menjadi dua langkah: aplikasi *femtosecond laser* dan penghapusan lentikula manual. Ini dapat dilakukan secara bilateral, baik sebagai dua prosedur berurutan atau laser pertama diterapkan pada kedua mata dan kemudian lentikula diekstraksi. Dengan menghapus lentikula, bentuk kornea diubah, sehingga mencapai koreksi bias yang diinginkan. Prosedur laser berlangsung sekitar 25 detik dan ekstraksi lentikula selama beberapa menit. Ketebalan tutup kornea adalah 120 mikron, stroma residual 250 mikron dan diameter lentikula adalah 6,5 mm.¹⁷



Gambar 17. Teknik SMILE¹⁷

KESIMPULAN

LASIK adalah singkatan dari "Laser Assisted In situ Keratomileusis". Teknik LASIK pertama kali dilakukan oleh ahli mata Jose Barraquer, sekitar 1948 di klinik di Bogota, Kolombia.



LASIK merupakan sebuah prosedur yang digunakan untuk memperbaiki refraksi seperti miopi (rabun jauh), hipermetropi (rabun dekat), dan astigmatisme (silindris).

Tujuan utama LASIK adalah mengurangi ketergantungan seseorang akan penggunaan kacamata atau lensa kontak. Pasien yang menginginkan penglihatan sempurna atau 6/6 mungkin akan kecewa. Tidak semua orang dapat mencapai hasil sempurna. Terkadang pasien tetap harus menggunakan kacamata untuk mengendarai mobil di malam hari. Namun banyak juga yang mencapai penglihatan sempurna. Untuk melakukan LASIK seseorang harus menjalani pemeriksaan mata secara lengkap.

LASIK dapat dilakukan pada pasien miopi yang mempunyai kekuatan 0.50 – 20.00 dioptri, untuk pasien hipermetropi 0.50 – 6.00 dioptri, dan untuk penderita astigmatisme 0.25 – 6.50 dioptri. LASIK tidak dapat menyembuhkan presbiopi, yang terjadi akibat karena berkurangnya akomodasi untuk melihat jelas jarak dekat, yang berakibat pada berkurangnya elastisitas lensa. Biasanya, kondisi ini terjadi dengan bertambahnya usia seseorang.

Meskipun terdapat banyak efek samping pasca operasi seperti nyeri dan halo, diharapkan LASIK dapat terus diteliti dan dikembangkan agar dapat terus menjadi pilihan terapi pada pasien dengan kelainan refraksi yang ingin dapat melihat tanpa alat koreksi refraksi seperti kacamata dan lensa kontak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Reinstein DZ, Archer TJ, Gobbe M. 2012. The History of LASIK. *J Refract Surg.* 2012 Apr;28(4):291-8. doi: 10.3928/1081597X-20120229-01
2. Stuart, A. 2009. A look at LASIK: Past, present, future. Diunduh pada tanggal 22 Agustus 2019 dari <https://www.aao.org/eyenet/article/look-at-lasik-past-present-future>.
3. Dupps, W.J. 2016. LASIK outcomes: How are we doing and can we do better?. *Journal of Cataract and Refractive Surgery, Volume 42, Issue 8, Pages 1109–1110*.
4. Solomon, K.D; Fernandez de Castro, L.E; Sandoval, H.P; Biber, J.M; Groat, B; Neff, K.D; Ying, M.S; French, J.W; Donnfield, E.D; Lindstrom, R.L. 2009. LASIK World Literature Review: Quality of Life and Patient Satisfaction. *AAO Journal Ophthalmology, Volume 116, Issue 4, Pages 691–701*.
5. Riordan-Eva P, Whitchee JP. Vaughan & Asbury Oftalmologi Umum. Vol 8. 17th ed. Jakarta: EGC; 2007. https://books.google.com/books?id=8scDNIPw_B0C&pgis=1. Accessed November 15, 2015.
6. Ilyas S. Kelainan Refraksi Dan Koreksi Penglihatan. Jakarta: Balai Penerbit FKUI; 2004.
7. Sidarta I. Penyakit Mata : Ringkasan Dan Istilah. 1st ed. Jakarta: Pustaka Utama Grafoti; 1988.
8. Sridhar MS. Anatomy of cornea and ocular surface. *Indian J Ophthalmol.* 2018;66(2):190–194. doi:10.4103/ijo.IJO_646_17.
9. Goel M, Picciani RG, Lee RK, Bhattacharya SK. Aqueous humor dynamics: a review. *Open Ophthalmol J.* 2010;4:52–59. Published 2010 Sep 3. doi:10.2174/1874364101004010052.
10. Michael R, Bron AJ. The ageing lens and cataract: a model of normal and pathological ageing. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 2011;366(1568):1278–1292. doi:10.1098/rstb.2010.0300.
11. Murali K, Kashani AH, Humayun MS. Whole vitreous humor dissection for vitreodynamic analysis. *J Vis Exp.* 2015;(99):e52759. Published 2015 May 24. doi:10.3791/52759.
12. Gatinel, D. LASIK. Diunduh pada tanggal 22 Agustus 2019 dari <https://www.gatinel.com/en/chirurgie-refractive/les-techniques-operatoires/lasik-technique-avec-decoupe-de-capot/>.
13. Steinert, R.F; McColgin, A.Z; Garg, S. 2013. Laser in situ Keratomileusis (LASIK). Diunduh pada tanggal 22 Agustus 2019 dari <https://www.aao.org/munnerlyn-laser-surgery-center/laser-in-situ-keratomileusis-lasik-3>.
14. Gatinel, D. History of LASIK. Diunduh pada tanggal 22 Agustus 2019 dari <https://www.gatinel.com/en/chirurgie-refractive/les-techniques-operatoires/lasik-technique-avec-decoupe-de-capot/histoire-du-lasik/>.
15. AAO. 2015. LASIK-Laser Eye Surgery. Diunduh pada tanggal 22 Agustus 2019 dari <https://www.aao.org/eye-health/treatments/lasik>.



16. Song YW, He R, Ma JX, Koch DD, Wang L. Long-term safety of laser *in situ* keratomileusis in eyes with thin corneas: 5-year follow-up. *Int J Ophthalmol.* 2018;11(7):1227–1233. Published 2018 Jul 18. doi:10.18240/ijo.2018.07.25.
17. Miruna N, Andrei F, Vasile FM, Rotaru E. Smile--the next generation of laser vision correction. *Rom J Ophthalmol.* 2016;60(1):6–8.
18. Steinert, R.F; Koch, D.D; Lane, S.S; Stulting, R.D. LASIK Surgery Screening Guidelines For Patients.
19. Huang, D dan Feldman, B.H. 2015. LASIK for Myopia and Astigmatism: Safety and Efficacy. Diunduh pada tanggal 22 Agustus 2019 dari https://eyewiki.aao.org/Preoperative_Evaluation_for_LASIK_Surgery.
20. LASIK Quality of Life Collaboration Project". U.S Food and Drug Administration. Retrieved 28 November 2014.
21. Visually. LASIK Timeline. Diunduh pada tanggal 22 Agustus 2019 dari <https://visual.ly/community/infographic/education/lasik-timeline>.
22. Sary, L. 2014. LASIK (*Laser assisted in situ keratoleusis*). Fakultas Kedokteran Universitas Muhammadiyah Malang.