

КЎЗ КАМЧИЛИКЛАРИНИ БАРТАРАФ ҚИЛИШДА ЛАЗЕР НУРЛАНИШЛИ ҚУРИЛМАЛАРДАН ФЙДАЛАНИШ

Ўринбоева М.Т.¹, Каршиев Д.А.², Юлдашев Б.Э.³, Бозоров Э.Х.¹,

¹Ўзбекистон Миллий Университет, ²Тошкент педиатрия тиббиет институти.

✓ Резюме,

Ушбу ишда лазер нурланишларини ҳосил қилиш механизмлари, лазер қурилмаларининг тузилиши ва ишлаш принциплари ёритилган. Шу билан биргаликда лазер нурланишларининг одам кўзида энг кўп учрайдиган камчиликлар бўлган яқиндан кўриш (миопия) ва узоқдан кўриш (гиперметропия) бартараф қилишда фойдаланилишининг физик-биологик асосланишлари келтирилган. Ушбу касалликларда фойдаланиладиган эксимер лазерлар, фемтосекунд лазерлар технологиялари ёритилиб, олдинги фойдаланилган усуллардан фарқи кўрсатилган.

Калит сўзлар: лазер, миопия, Эксимер, фемтосекунд, LASIK - Laser Assisted in Situ Keratomileusis

USE OF LASER RADIATION AND DEVICES FOR THE ELIMINATION OF EYE DEFECTS

M.T.Urinboyeva¹, D.A.Karshiyev², B.E.Yuldashev², Bozorov E.X.¹,

¹National University of Uzbekistan, ²Tashkent Pediatric Medical Institute.

✓ Resume,

This work describes the mechanisms of laser radiation generation, the structure and operation of laser devices. The physico-biological justification for the use of laser radiation in the treatment of close vision (myopia) and distant vision (hypermetropia), which are the most common defects in the human eye, is presented. Excimer lasers and femtosecond laser technologies used in these diseases are highlighted and shown to differ from previous methods.

Keywords: Laser, myopia, Excimer, femtosecond, LASIK - Laser Assisted in Situ Keratomileusis

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И УСТРОЙСТВ ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ ДЕФЕКТОВ ГЛАЗ

Уринбоева М.Т.¹, Каршиев Д.А.², Юлдашев Б.Э.², Бозоров Э.Х.¹,

¹Национальный университет Узбекистана, ²Ташкентский педиатрический медицинский институт.

✓ Резюме,

В данной работе описаны механизмы генерации лазерного излучения, структура и работа лазерных устройств. Представлено физико-биологическое обоснование использования лазерного излучения при лечении близкого (близорукости) и дальнего зрения (гиперметропии), которые являются наиболее распространенными дефектами человеческого глаза. Эксимер лазеры и фемтосекундные лазерные технологии, используемые при этих заболеваниях, выделены и показано, что они отличаются от предыдущих методов.

Ключевые слова: лазер, близорукость, эксимер, фемтосекунд, LASIK - лазерная помощь при кератомилезе.

Долзарблиги

Лазер нурланишлари (LASER - Light Amplification by Stimulated of Emission radiation) мажбурий усулда кучайтирилган монохроматик ёруғлик (электромагнит тўлқинлар) нурланишлар оқимидир.

Мажбурий усулда ёруғликни кучайтиришнинг механизмига тўхталамиз. Ёруғлик электромагнит тўлқин бўлганлиги учун, зарраларнинг юқори энергетик ҳолатидан асосий ёки пастки энергетик ҳолатига ўтишида ҳосил бўлади. Асосий энергетик ҳолатдаги атом, молекула ёки зарралар нурланишларни ютиш ҳисобига ўйгонган юқори энергетик ҳолатга ўтади (1-расм).



1-расм. Атомнинг ўйгонган энергетик ҳолатга ўтиши.

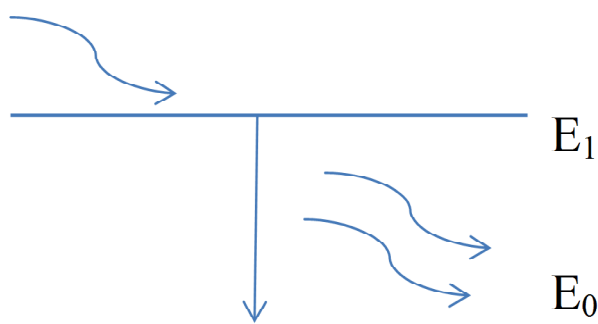
Бу ерда E_0 - атомнинг (зарранинг) асосий энергетик ҳолати. E_1 - ўйгонган энергетик ҳолати. Ўйгонган ҳолатга ўтган атомга ҳеч қандай таъсир бўлмаганда ҳам, маълум бир вақтдан кейин ўзининг дастлабки асосий энергетик ҳолатига қайтиши содир бўлади. Бунда ютилган энергия эҳтимолий йўналишда қайта нурланади. Одатда бу нурланиш 10-8 с дан кейин спонтан равишда амалга ошади. Бу нурланишга спонтан нурланиш дейилади.

$$E_1 - E_0 = h\nu \quad (1).$$

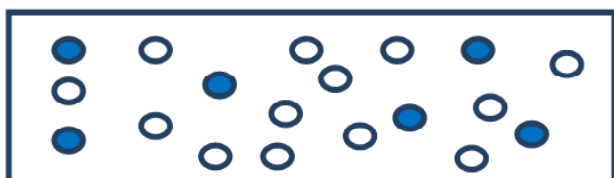
Эйнштейн назариясига мувофиқ E_1 ўйгонган ҳолатдаги атомга $h\nu$ энергияли фотон таъсир қилса, атом мажбурий ҳолда асосий ҳолатга ўтади. Мажбурий ўтишда нурланган фотон мажбуриятчи фотон билан бир текисликда, битта фазада тарқалади. Ушбу ҳолат ёруғликнинг кучайишидир (2-расм)[1].

Бирор бир шаффоф муҳит олайлик. Муҳит газ, суюқлик, қаттиқ жисм ҳолатида бўлиши мумкин (3-расм).

Муҳитдаги умумий зарралар сони N бўлсин. Муҳит орқали ёруғлик ўтказамиз. Ёруғлик ютилиши натижасида ўйгонган ҳолатга ўтган зарралар сони N_2 бўлсин. Асосий ҳолатдаги зарралар сони $N - N_2 = N_1$



2-расм. Ёруғликнинг кучайиши.



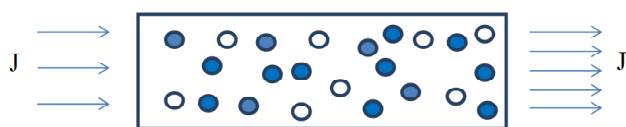
3-расм. Муҳит ҳолатлари (газ, суюқлик, қаттиқ жисм)

бўлади. Агар муҳит термодинамик мувозанатда деб ҳисобласак ўйгонган ва асосий ҳолатдаги зарралар нисбати Больцман тақсимоотига бўйсунди.

$$N_2/N_1 = \exp[-(E_1 - E_0)/kT] \quad (2).$$

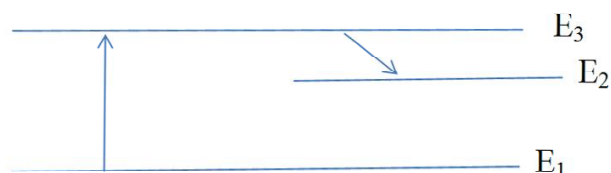
Бу ерда k - Больцман доимийси, T - абсолют температура.

Муҳитга тушаётган ёруғлик интенсивлиги I_0 , муҳитдан чиқаётган ёруғлик интенсивлиги I бўлсин. Муҳитдан чиқаётган ёруғлик интенсивлиги, тушаётган ёруғлик интенсивлигидан катта бўлиши учун $N_2 > N_1$ шарт бажарилиши керак (4-расм).



4-расм. Муҳитга тушаётган ва чиқаётган ёруғлик интенсивлиги ($N_2 > N_1$).

$N_2 > N_1$ шартга мос келувчи ҳолатга инверс тўлдирилган ҳолат, инверс тўлдирилган муҳитга эса актив муҳит дейилади. Инверс тўлдирилган ҳолатни юзага келтириш учун метастабиль энергетик ҳолати мавжуд, камида 3 та энергетик сатҳдан иборат системалар керак [2], (5-расм). Метастабиль ҳолатда яшаш вақти 10-3 с атрофида бўлади.



5-расм. Инверс тўлдирилган ҳолати.

3 та энергетик сатҳга эга атомлардан тузилган муҳитга катта қувватли ёруғлик нурланиши билан таъсир қилинганда $E_1 \rightarrow E_3$ ўтиш амалга ошади. Атомларнинг бир қисми энергия нурламаган ҳолда E_2 ме-

тастабиль сатҳга ўтади. Ташқи нурланишларнинг $E_2 \rightarrow E_1$ ўтишларни амалга ошириш эҳтимолияти анча паст бўлганлиги сабабли инверс тўлдирилиш шароити юзага келади. Инверс тўлдирилиш жараёнига нақчака дейилади. Замонавий лазер қурилмаларида нақчанинг куйидаги хилларидан фойдаланилади.

1. Оптик нақчака - ёруғлик импульсидан фойдаланилади.

2. Электроразрядли нақчака - газли лазер қурилмаларида қўлланилади.

3. Инжекцион нақчака - ярим ўтказгичли лазер қурилмаларида ишлатилади.

4. Химик нақчака - химиявий реакциялардаги нурланишлардан фойдаланилади.

Умумлашган ҳолда лазер қурилмаларининг функционал схемаси билан танишамиз (6-расм).



6-расм. Лазер қурилмаларининг функционал схемаси.

Ишчи жисм (актив муҳит) узун ингичка цилиндр бўлиб, чет қисмлари 2 та кўзгу билан бекитилган. Кўзгулардан бири (1-кўзгу) ярим шаффоф бўлиб, лазер нурлари чиқиши учун мўлжалланган. Кўзгулар оптик резонатор вазифасини бажаради. Актив муҳитда $E_2 \rightarrow E_1$ ўтишларда нурланган фотонларнинг резонатор ўқи билан бирор бурчак ҳосил қилган қисми системадан чиқиб кетади ва кучайтириш жараёнида қатнашмайди. Резонатор ўқи бўйича йўналган фотонлар кўзгулардан қайтиш жараёнида, мажбурий $E_2 \rightarrow E_1$ ўтишларни амалга оширади ва кучайган ёруғлик (лазер нурланишлари) ҳосил қилади. Лазер нурланишлари ярим шаффоф кўзгудан ташқарига чиқади. Ишчи модданинг хилига қараб

1. Газли лазерлар,
2. Қаттиқ жисмли лазерлар,
3. Суюқликли лазерлар,
4. Ярим ўтказгичли лазерлар ишлаб чиқилган.

Лазер нурланишлари куйидаги хоссаларга эга:

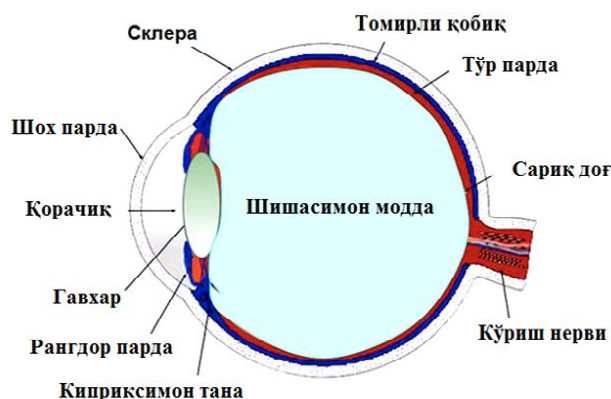
А) когерент, Б) коллинеар, В) Монохроматик.

Лазер аппаратлари узлуксиз ва импульсли режимларда ишлайди [2,3].

Лазер нурланишларининг тиббиётда (офтальмологияда), одам кўзида энг кўп учрайдиган камчиликлардан бўлган бўлган яқиндан кўриш (миопия) ва узоқдан кўришни (гиперметропия) бартараф қилишда қўлланилишининг физик-биологик асосланишларини кўриб чиқамиз. Ушбу ишни бажаришда Тошкент Педиатрия Тиббиёт институти "болалар кўз касалликлари" кафедраси ва Тошкент шаҳар М.Улуғбек туманида жойлашган "Доктор Максудова" клиникасидаги лазер қурилмалари билан танишдик.

Одам кўзи оптик система бўлиб (7-расм), ёруғликни ўтказувчи ва қабул қилувчи қисмлардан иборат. Ёруғлик қабул қилувчи қисми, ёруғлик квантлари интенсивлигига сезгир ҳужайралар - таёқчалар ва ёруғлик квантлари тўлқин узунлигига сезгир бўлган

хужайралар - колбачалардан ташкил топган бўлиб, тўр пардани ташкил қилади. Кўзнинг ёруғлик ўтказувчи қисмига шох парда, олдинги камера суюқлиги, гавҳар ва шишасимон жисм киради. Кўз ёруғлик ўтказувчи қисмига кирувчи ҳар бир ташкил этувчи линза ҳисобланади [4].



7-расм. Кўз тузилиши.

Шох парда - оптик кучи $+(42-45)$ дптр бўлган йиғувчи линза каби ишлайди. Қалинлиги $0.6 - 1$ мм атрофида бўлиб, синдириш кўрсаткичи 1.38 га тенг.

Олдинги камера суюқлиги оптик кучи $+(2-4)$ дптр, синдириш кўрсаткичи сув билан бир хил.

Гавҳар - табиатан эластик, икки томонлама қава-риқ, диаметри $8-10$ мм ва оптик кучи $+(20-30)$ дптр бўлган йиғувчи линзадир. Синдириш кўрсаткичи 1.48 га тенг.

Шисасимон жисм - желесимон тиниқ модда бўлиб, оптик кучи $-(5-6)$ дптр бўлган сочувчи линза кабидир.

Кўз марказлашган оптик системадир. Нормал ҳолда (кўз мускуллари зўриқмаганда) кўз оптик кучи $+ 60$ дптр атрофида бўлади ва тасвир тўр пардада ҳосил бўлади. Кўз оптик кучи, кўз ташкил этувчиларига кирувчи қисмлар оптик қучлари йиғиндисига тенг. Яъни

$D_{\text{кўз}} = D_{\text{шох парда}} + D_{\text{олд.камера суюқ.}} + D_{\text{гавҳар}} + D_{\text{шисасимон модда}}$ (3).

Кўз гавҳари эгрилик радиуси камайиши, кўз оптик кучининг нормадан юқори бўлишига (яқиндан кўриш-миопия), эгрилик радиусининг ортиши кўз оптик кучининг нормадан паст бўлишига (узоқдан кўриш-гиперметропия) сабаб бўлади. Унча катта бўлмаган фарқланишларда йиғувчи ва сочувчи линзалардан фойдаланиш қулайроқ деб ўйлаймиз. Кўз оптик кучининг нормадан фарқланишига қараб, тасвир ҳосил бўлиши ва линзалардан фойдаланиш қуйидаги жадвалда келтирилган (1-жадвал).

1-жадвал.

Кўз оптик кучининг нормадан фарқланишига боғлиқ ҳолда линзалардан фойдаланиш

Кўз оптик кучи	$D_{\text{кўз}} = D_{\text{норма}}$	$D_{\text{кўз}} > D_{\text{норма}}$	$D_{\text{кўз}} < D_{\text{норма}}$
Тасвир ҳосил бўлиши	Тасвир тўр пардада ҳосил бўлади	Тасвир тўр парданинг олдида ҳосил бўлади	Тасвир тўр парданинг орқасида ҳосил бўлади
Линзалардан фойдаланиш	Фойдаланилмайди	Сочувчи линзадан фойдаланилади	Йиғувчи линзадан фойдаланилади.

Кўз оптик кучи $D_{\text{кўз}} = D_{\text{норма}}$ $D_{\text{кўз}} > D_{\text{норма}}$ $D_{\text{кўз}} < D_{\text{норма}}$

Тасвир ҳосил бўлиши Тасвир тўр пардада ҳосил бўлади Тасвир тўр парданинг олдида ҳосил бўлади Тасвир тўр парданинг орқасида ҳосил бўлади

Линзалардан фойдаланиш Фойдаланилмайди Со-чувчи линзадан фойдаланилади Йиғувчи линзадан фойдаланилади.

Линзаларнинг оптик кучи линза ясалган матери-ал синдириш кўрсаткичига ва эгрилик радиусига боғ-лиқ.

$$D = (n-1) (\pm 1/R_1 \pm 1/R_2) \quad (4).$$

Бу ерда n - муҳитнинг нур синдириш кўрсаткичи, R_1 ва R_2 эгрилик радиуслари. (+) ишора йиғувчи лин-за учун, (-) ишора сочувчи линза учун ишлатилади. Агар (4) формулада $R_1 = R_2 = R$ ва $n = 1.5$ деб ҳисоб-ласак содда кўринишга келамиз.

$$D = \pm 1/R \quad (5).$$

Кўриш мумкинки R ортиши D камайишига, R камайиши D ортишига олиб келади. Бундан кўз оптик кучини нормага олиб келиш учун уни ташкил қилув-чи ва йиғувчи линза вазифаларини бажарувчи шох пар-да, ёки гавҳарнинг оптик қучларини ўзгартириш усу-лидан фойдаланиш мумкин.

Ҳозирда тиббиётда шох парда оптик кучини ўзгар-тириш усули кенг қўлланилмоқда. Бунда ультрабинаф-ша нурланиш диапазонида ишлайдиган газли лазер-ларлар туркумига кирувчи эксимер лазерлардан (им-

пульсли режимда ишлайди) фойдаланилади. Шу жой-да лазер нурланишларининг биологик тўқимага таъ-сири вақтида тўқима температурасининг кўтарилиши натижасида юзага келадиган жараёнларга тўхталиб ўта-миз. Тўқималарда кечадиган жараёнлар лазер нурла-нишлари ҳосил қилиниши режимида (узлуксиз, им-пульсли) ва таъсир вақтига боғлиқ. Қуйидаги жадвал-да узлуксиз режимдаги юқори қувватли лазер нурла-нишларининг тўқималарга таъсири натижасида, нур-ланишларнинг таъсир вақтига ва тўқима температу-раси қийматларига боғлиқ ҳолда юзага келадиган жа-раёнлар келтирилган (2-жадвал).

Юқори қувватли қисқа импульсли, юқори энергия зичлигига эга лазер нурланишлари тўқималарга таъ-сир қилганда биотўқималарни қирқиш ва олиб таш-лаш механизмлари амалга ошади. Импульсли лазер нур-ланишларининг таъсири натижасида тўқима суюқли-гининг жуда тез $T > T_{\text{қайнаш}}$ қизиши амалга ошади, ҳамда тўқима суюқлиги ўта қизиган метастабиль ҳолатга ўтади. Кейин тўқима суюқлигининг портлаш кўрини-шидаги қайнаши натижасида тўқима жойидан олиб таш-ланади. Ушбу ходисага абляция дейилади. Абляция вақ-тида механик зарб тўлқинлар юзага келади. Бу эса ла-зер нурланишлари таъсир қилиш зонаси атрофидаги тўқималарни шикастлаши мумкин. Ушбу салбий таъ-сирни камайтириш учун лазер нурланишлари парамет-рларини танлашда эътиборли бўлиш керак [5, 6, 7].

Эксимер сўзи - уйғонган димер (иккита атомдан иборат молекула) маъносини билдиради. Электр раз-

Лазер нурланишларининг таъсир вақти ва тўқима температурасига боғлиқ ҳолда кечадиган жараёнлар

Температура ($^{\circ}\text{C}$)	37-100	100	100-150	150-300	300
Кечадиган жараён	қизиш	қайнаш	қизиш ва карбонлашиш	қизиш ва карбонлашиш	Буғланиш (тўқималарнинг кўчиши)
Таъсир вақти	→				

ряд таъсирида инерт газ атомлари, ўзаро ёки галоген атомлари билан бирикиб молекулани (димер) ҳосил қилади. Уйғонган ҳолдаги боғланган молекулалар автоматик тарзда инверс тўлдирилган ҳолатни ҳосил қилади. Димерлар спонтан ёки мажбурий нурланишлар натижасида асосий энергетик ҳолатга ўтади. Ун-

дан кейин жуда қисқа вақт (бир пикосекунд атрофида) ичида ташкил қилган атомларга бўлиниб кетади. Эксиммер лазер нурланишлари тўлқин узунлиги, фойдаланилаётган газлар таркибига боғлиқ бўлиб, ультрабинафша нурланишлар диапазонида ётади (3-жадвал).

Эксимер лазерлар

Эксимер	F_2	ArF	KrF	XeBr	XeCl	XeF
Тўлқин узунлиги (нм)	157	193	248	282	308	351

Ультрабинафша нурланишлар шишасимон моддалардан ўтмайди. Одам кўзи шох пардасини ҳам органик шиша деб қараш мумкин. Шу сабабли ультрабинафша нурланишлар диапазонидаги лазер нурланишлари билан кўзга таъсир қилганда, шох парда ички қисмидаги элементларга таъсири бўлмайди. Шох парда оптик кучини ўзгартириш учун, унинг қалинлиги ўзгартирилади. Эксиммер лазер нурланишлари ёрдамида шох парда қалинлигини ўзгартиришда, шох парда билан контакт қилинмаган ҳолда, унинг юқори қатлами жуда катта аниқликда буғлантирилади. Ушбу усулдаги дастлабки операция 1985 йилда Маршалл ва унинг

ҳаммуаллифлари томонидан амалга оширилган. Операцияга фоторефракцион кератэктомия (ФРК) номи берилган. Операциядан кейин беморларнинг реабилитация жараёни анча ёқимсиз (2-4 кун)кечиб, мослашиши 3-4 ҳафта давом этади. ФРК кучсиз ва ўрта даражадаги миопияни коррекция қилишда оптимал усул ҳисобланади. Қолдиқ миопия 10% атофида бўлади.

Ҳозирда ФРК методи ўрнига кўпроқ ЛАСИК (LASIK - Lazer Assisted in Situ Keratomileusis, лазерли кератомилёз) усули қўлланилмоқда. ЛАСИК усулида иккита ҳар хил принципда ишловчи эксимер ва фемтосекунд лазерлардан фойдаланилади (8-расм).

Фемтосекундли лазер
Intralase FSЭксимер лазер
Visx Star-s4

ФЕМТО-Ласик

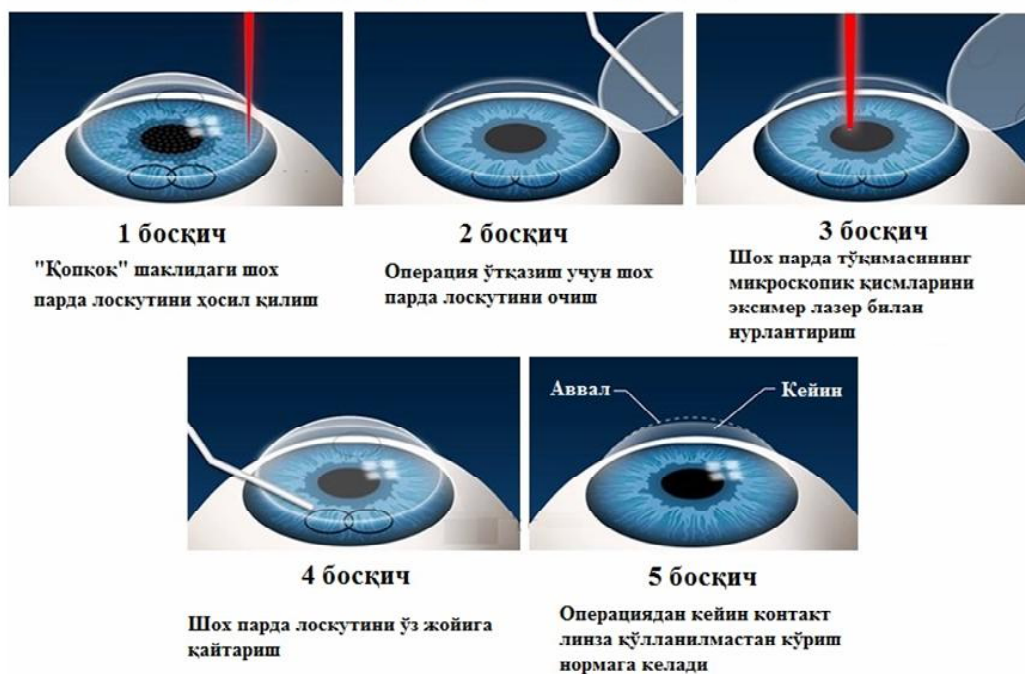
8-расм. Фемто-Ласик қурилмаси.

Дастлаб фемтосекунд лазер ёрдамида шох парда сиртидан 100-150мкм ли қатлам (лоскут) қирқилиб оғдириб қўйилади. Фемтосекунд лазерлар импульсли режимда ишлайди. Импульс давомийлиги 10-15 с (1 фемтосекунд) атрофида. Эҳтиёжга қараб 1-100 Гц частота диапазонидаги фемтосекунд лазерлардан фойдаланилади. Фемтосекунд лазер нурланишларининг тўқимага сингиш аниқлиги микроннинг ўндан бир аниқлигида амалга оширилади [8,9,10].

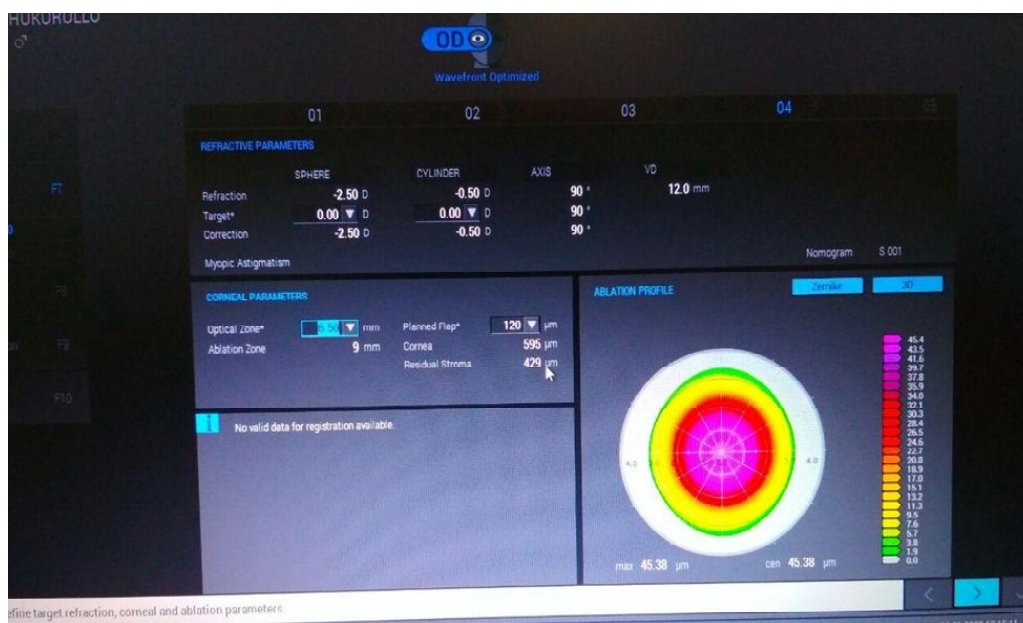
Лоскут ажратилгандан кейин эксимер лазер нурланишлари ёрдамида шох парда ички қисмидаги қат-

лам нурлантирилиб шох парда қалинлиги ўзгартирилади, яъни шох пардага керакли шакл берилади. Ушбу амалларни бажаришда, ҳар бир бемор учун индивидуал равишда катта аниқликда ўлчанган кўз параметрлари компьютер дастурига киритилади. Кўз параметрларига қуйидагилар киради: кўз оптик кучининг нормадан четлашиши, шох парданинг ҳақиқий қалинлиги, ажратилган лоскут қалинлиги, олиб ташланиши лозим бўлган шох парда қалинлиги ва ҳ.к. Кўриниб турибдики жараён тўлалигича компьютер дастурлари ёрдамида бошқарилади. Компь-

ЛАСИК усулида кўз ўткирлигини коррекция қилиш



9-расм. ЛАСИК усулида кўз ўткирлигини коррекция қилиш босқичлари.



10-расм. Компьютер дастурига киритиладиган катталиклар ойнаси

ютер дастурига киритиладиган катталиклар ойнаси 10-расмда кўрсатилган.

Шох пардага ишлов берилгандан кейин лоскут ёпилади. Шох пардадаги коллаген ёпишқоқлик хусусиятига эга бўлганлиги учун, лоскут бир неча дақиқада қолган қисм билан яхши бирикади. Реабилитация жараёни тезлашади. Беморнинг касаллик варақаси олишига деярли эҳтиёжи қолмайди.

Кўз камчиликларини бартараф қилишда ЛАСИК технологияларини қўллашдаги ютуқлар билан биргаликда, қўлланилмаслигига ҳам кўрсатмалар бор:

- 18 ёшга тўлмаганлар учун,
 - Шох парда қалинлиги 450-440 мкм дан кичиклигида,
 - Глаукома, катаракта ва бошқаларда.
- Шох парда қалинлигининг оптик кучга боғлиқлигини қуйидаги ҳисоблашлар орқали аниқлаш мумкин.

$$L = D_{\text{шох парда}} / h_{\text{шох парда}} \quad (6)$$

Бу ерда L - 1 дптр оптик кучга мос келувчи шох парда қалинлиги. Dшох парда - шох парданинг нормадаги оптик кучи. hшох парда - шох парда қалинлиги.

Ҳозирда тиббиётда қўлланилаётган ЛАСИК технологиялари, дастурий таъминотидаги ўзгаришлар ҳисобига ривожланиб бормоқда.

Хулосалар

1. Қарши кўрсатмалар бўлмаганда, эксимер ва фемтосекунд лазер нурланишлари ёрдамида одам кўзида энг кўп учрайдиган касалликлар миопия ва гиперметропияни бартараф қилиш бўйича ўтказилган операцияларда сифат даражаси ортади, реабилитация жараёни тезлашади.

2. Импульсли эксимер лазер нурланишларидан шох парда формасини ўзгартиришда фойдаланиш, кўз оптик системасининг бошқа ташкил этувчиларига деярли таъсир қилмайди.

3. Лазер нурланишлари ёрдамида бажариладиган амалларни бошқарувчи компьютер дастурий таъминотининг аниқлиги ва кенг қамровлиги ЛАСИК усулининг мукамаллигининг ўлчовидир.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ:

1. Медицинская и биологическая физика / Ремизов А.Н. - М.: ГЭОТАР-Медиа, 2013; 648.
2. В.Н.Федорова и др. Медицинская и биологическая физика / В.Н.Федорова, Е.В.Фаустов. - М.:ГЭОТАР-Медиа, 2008. - 592 с.
3. Антонов В.Ф. Физика и биофизика - М.:ГЭОТАР-Медиа, 2009;192.
4. Еропов Е.А. Офтальмология.- М.:ГЭОТАР-Медиа, 2010; 242.
5. Buratto L., Ferrari M., Rama P. Excimer laser intrastromal keratomileusis // Am. J. Ophthalmol. - 1992; 113(2): 291-295.
6. Першин К.Б., Пашинова Н.Ф., Овечкин И.Г Оценка эффективности эксимерлазерных операций при проведении врачебной экспертизы в военно-медицинских ведомствах // Рефракционная хирургия и офтальмология. 2002; 2(1): 79-83.
7. Куренков В. В. Лазерный специализированный кератомилез в коррекции близорукости и астигматизма различных степеней // Вестн. офтальмол. - 1999; 2: 21-23.
8. Pesando P.M., Ghiringhello M.P., Tagliavacche P. Excimer laser in situ keratomileusis for myopia // J. Refract. Surg. - 1997; 13(6): 521-527.
9. Knorz M.C., Hugger P., Jendritzka B. Twilight visual acuity after correction of myopia with Lasik // Ophthalmologie. - 1999; 96(11): 711-716.
10. Ал.Д. Казанцев, Ан.Д. Казанцев. Эволюция и современная степень развития эксимерного лазера как средства оптической коррекции зрения // Вестник Совета молодых ученых и специалистов Челябинской области. - 2016; 2(13): 2.

Келиб тушган кун 09.02. 2020