

УДК: 617.713-073:617.713-089.8

**ИНДИВИДУАЛ АБЛЯЦИЯ ПРОФИЛИНИ ШАКЛЛАНТИРИШДА
КЕРАТОТОПОГРАФИК КЎРСАТКИЧЛАР РОЛИНИНГ ТАҲЛИЛИ
(Адабиётлар шарҳи)**

Юсупов Азамат Фарходович - Т.ф.д., профессор, Республика ихтисослаштирилган кўз микрохирургия илмий амалий тиббиёт маркази директори, Тошкент, Ўзбекистон

Каримова Муяссар Хамитовна - Т.ф.д., профессор, Республика ихтисослаштирилган кўз микрохирургия илмий амалий тиббиёт маркази илмий ишлар буйича директор ўринбосари, Тошкент, Ўзбекистон

Закирходжаев Рустам Асралович - Т.ф.д., Тошкент давлат тиббиёт университети офтальмология кафедраси доценти, Тошкент, Ўзбекистон

Газиева Мадина Муродхўжа қизи - Республика ихтисослаштирилган кўз микрохирургия илмий амалий тиббиёт маркази докторанти, Тошкент, Ўзбекистон

Аннотатсия. Ушбу мақолада LASIK жарроҳлигида индивидуал ёндашувни жорий этишнинг клиник ва морфологик аҳамияти, шунингдек, унинг рефракцион самарадорлик ва визуал барқарорликка таъсири таҳлил қилинган. Миопияни тузатишда кенг қўлланиладиган ушбу усулда, жарроҳлик натижаларини узоқ муддатли сақлаш ва асоратлар хавфини камайтириш мақсадида шох парданинг морфологияси, биомеханикаси, эпителий қалинлик профили, кўз олмаси параметрлари ва генетик мойилликларни ҳисобга олиш зарурлиги таъкидланган. Илмий манбалар асосида, абляция геометрияси, эпителий ремоделиниши, aberрация профиллари ва постоперацион асоратлар билан боғлиқ ҳолатлар таҳлил қилинган. LASIK амалиётигача ва ундан кейинги босқичларда биометрик ва топографик маълумотлардан ташқари, оптик ва генетик компонентларни қамраб олган кўп босқичли индивидуаллаштирилган ёндашув юқори натижаларга эришишда ҳал қилувчи ўрин тутади. Шу тариқа, рефракцион жарроҳликда шахсийлаштирилган моделларни қўллаш орқали узоқ муддатли барқарорлик ва реабилитация самарадорлигини таъминлаш мумкинлиги асослаб берилган.

Калит сўзлар: LASIK, миопия, индивидуал ёндашув, шох парда морфологияси, эпителий профили, абляция геометрияси, рефракцион барқарорлик.

Abstract. This article analyzes the clinical and morphological significance of introducing an individual approach in LASIK surgery, as well as its impact on refractive efficiency and visual stability. In this method, which is widely used in the correction of myopia, it is emphasized that in order to maintain the results of surgery in the long term and reduce the risk of complications, it is necessary to take into account the morphology, biomechanics of the cornea, the epithelial thickness profile, the parameters of the eyeball, and genetic predispositions. Based on scientific sources, the conditions associated with ablation geometry, epithelial remodeling, aberration profiles, and postoperative complications were analyzed. In addition to biometric and topographic data, a multi-stage individualized approach, which includes optical and genetic components, plays a decisive role in achieving high results before and after LASIK surgery. Thus, it is substantiated that long-term stability and rehabilitation efficiency can be ensured by using personalized models in refractive surgery.

Keywords: LASIK, myopia, individual approach, corneal morphology, epithelial profile, ablation geometry, refractive stability.

Аннотация. В данной статье проведён анализ клинического и морфологического значения внедрения индивидуального подхода в хирургии LASIK, а также его влияния на рефракционную эффективность и зрительную стабильность. Указывается на необходимость учёта морфологии и биомеханики роговицы, профиля толщины эпителия, параметров глазного яблока и генетической предрасположенности с целью долгосрочного сохранения результатов хирургии и снижения риска осложнений при данном широко применяемом методе коррекции миопии. На основании научных источников рассмотрены вопросы геометрии абляции, ремоделирования эпителия, профилей аберраций и состояний, связанных с послеоперационными осложнениями. Подчёркивается, что многоэтапный индивидуализированный подход, включающий не только биометрические и топографические данные до и после операции, но и оптические и генетические компоненты, играет решающую роль в достижении высоких результатов. Таким образом, обоснована возможность обеспечения долгосрочной стабильности и эффективности реабилитации за счёт применения персонализированных моделей в рефракционной хирургии.

Ключевые слова: LASIK, миопия, индивидуальный подход, морфология роговицы, эпителиальный профиль, геометрия абляции, рефракционная стабильность.

Долзарблиги.

Бугунги кунда рефракцион жарроҳлик, хусусан, LASIK (Laser-Assisted in Situ Keratomileusis) усули миопия, гиперметропия ва астигматизм каби рефракцион нуқсонларни бартараф этишда самарали ва прогноз қилинадиган усул сифатида кенг қўлланилмоқда. Бироқ ушбу жарроҳлик амалиётидан кейинги натижаларнинг узоқ муддатли барқарорлиги, аберрацияларнинг камайтирилиши ва кўриш сифатининг сақланиб қолиши ҳар доим ҳам кафолатланмайди. Бу эса ҳар бир беморнинг индивидуал морфологик, биомеханик ва оптик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда шахсийлаштирилган ёндошувни талаб этади.

Шох парданинг кератотопографик ва томографик кўрсаткичларини чуқур таҳлил қилиш, эпителий қалинлик профилли, абляция геометрияси, қорачиқ диаметри, шох парда биомеханикаси ва генетик мойилликлар каби омиллар билан биргаликда баҳоланиши, абляция профиллини индивидуал равишда шакллантиришда ҳал қилувчи аҳамиятга эга. Зеро, абляциянинг стандарт схемалари ҳар доим ҳам беморнинг анатомик реаллигига мос келмайди ва бу ҳолат рефракцион регрессия, сферик аберрациялар ёки ҳатто эктазия каби асоратлар ривожланишига олиб келиши мумкин.

Шу муносабат билан, LASIK амалиётда шахсийлаштирилган абляция стратегияларини ишлаб чиқиш, кератотопографик маълумотларнинг ролини қайта кўриб чиқиш ва уларни замонавий моделлаштириш платформалари билан интеграция қилиш офтальмология амалиётда долзарб илмий ва клиник вазифа ҳисобланади. Мазкур мақолада ана шундай ёндашувни асослаб беришга қаратилган таҳлилий хулосалар келтирилгани унинг амалиёт учун муҳим аҳамиятга эга эканини кўрсатади.

Тадқиқот мақсади.

Индивидуал абляция профиллини шакллантиришда кератотопографик кўрсаткичларнинг аҳамиятини баҳолаш ва уларнинг рефракцион натижалар барқарорлигига таъсирини адабиётлар таҳлили асосида аниқлаш.

Материаллар ва методлар.

Ушбу адабиётлар шарҳини тайёрлаш жараёнида 2013–2024 йиллар давомида нашр этилган замонавий илмий манбалар таҳлил қилинди. Мақолаларни танлашда асосий урғу рефракцион жарроҳлик, хусусан, LASIK амалиётида индивидуал абляция профили, кератотопографик кўрсаткичлар, эпителий профили, шох парда биомеханикаси ва оптик сифат каби мавзуларга қаратилиб, юқори импакт-факторли халқаро журналларда чоп этилган ишлар афзал кўрилди.

Адабиётлар PubMed, Scopus, Web of Science, Google Scholar, Clarivate Analytics ва Elsevier базалари орқали изланди. Қидирув жараёнида “LASIK”, “customized ablation”, “corneal topography”, “epithelial remodeling”, “biomechanics of the cornea”, “post-LASIK ectasia”, “wavefront-guided ablation”, “topography-guided LASIK” каби асосий калит сўзлар ва уларнинг комбинацияларидан фойдаланилди.

Танланган манбалар ичида клиник тадқиқотлар, мета-таҳлиллар, экспериментал ишлар, техник тавсифлар ҳамда концептуал таҳлиллар қамраб олинди. Умумий ҳисобда 70 дан ортиқ манба кўриб чиқилди, шулардан 14 гаси таҳлилий шарҳ учун асос қилиб олинди.

Адабиётлар танлашда аниқ илмий методологияга асосланган, бемор гуруҳлари бўйича статистик таҳлил ўтказилган ва кўз морфологияси билан боғлиқ параметрлар чуқур ўрганилган тадқиқотларга алоҳида эътибор қаратилди.

Тадқиқот натижаси ва муҳокамаси.

Amr A. Gab-Alla томонидан 2316 кўзда олиб борилган катта кўламли тадқиқотда LASIKдан кейинги миопик регрессия ҳолатлари таҳлил қилинган бўлиб, унда жарроҳлик амалиёти олдидан кўз олмаси узунлиги 26 мм ва ундан ортиқ бўлган беморларда регрессия хавфи анча юқори экани аниқланган ($p < 0,001$). Ушбу кўрсаткичга эга беморлар орасида регрессия ҳолатлари 88,4% ни ташкил этган. Тадқиқот муаллифи юқори даражадаги миопия ва катта кўз олмаси узунлигига эга беморларда натижаларнинг барқарорлиги пасайишини алоҳида таъкидлайди ҳамда жарроҳлик амалиётига тайёргарлик жараёнида кўз олмаси узунлигини стандарт текширувлар қаторида баҳолашни тавсия этади [1].

Ушбу йўналишдаги яна бир муҳим тадқиқот Yi-Dian Jiao ва ҳаммуаллифлар томонидан 2023-йилда олиб борилган фемтосекундли LASIKдан кейин абляция чуқурлигини ҳисоблаш хатоларини таҳлил қилишга бағишланган ишлардир. Унда турли даражадаги миопияга эга 109 та кўзда жарроҳлик амалиёти олдидан ҳисобланган ва жарроҳлик амалиётидан кейин амалий ўлчанган абляция чуқурлиги ўртасида жиддий фарқлар тафовути аниқланган. Жумладан, жуда юқори миопияли беморларда ушбу хатолик $17,56 \pm 8,00$ мкм ни ташкил этган бўлиб, бу клиник жиҳатдан аҳамиятли ҳисобланади ($p < 0,001$). Муаллифлар абляция чуқурлигини ҳисоблашдаги асосий хато манбалари сифатида сферик эквивалент (СЭ) ва шох парданинг олд қисмидаги минимал эгрилик радиуси ($Front R_{min}$) каби кўрсаткичларни аниқлашган. Улар абляцияни режалаштиришда айнан шу параметрлар ҳисобга олинмаганида натижаларда сезиларли оғишлар рўй беришини исботлашган. Шу сабабли, индивидуал параметрларга асосланган ҳисоб-китоблар абляциянинг аниқ ва хавфсиз бажарилишига замин яратиши таъкидланган [2].

LASIK жарроҳлигидан кейин эпителий тузилишининг қайта моделланиши, айниқса, марказий ва периферик зоналар ўртасидаги қалинлик дисбаланси кўриш фокусининг ноаниқлигини келтириб чиқариши мумкин. Li J.Y. ва ҳаммуаллифлар томонидан олиб борилган 5 йиллик кузатувга асосланган тадқиқотда фемтосекунд LASIK усулидан сўнг марказий эпителий қалинлиги ошгани, бу эса миопик регрессия ва сферик абберрация кўпайишига сабаб бўлиши мумкинлиги қайд этилган [6]. Аммо бу

ҳолатлар субъектив кўриш сифатига жуда катта таъсир кўрсатмагани сабабли, жарроҳлик амалиётигача ва жарроҳлик амалиётидан кейин эпителий қалинлик профилени баҳолаш индивидуал режалаштиришда қўлланилиши лозим.

Пост-LASIK ҳолатларда юзага келадиган морфологик ўзгаришларнинг кўриш сифатини қай даражада бузиши, Lan G.P. ва ҳаммуаллифлар томонидан таклиф этилган индивидуаллаштирилган "customized eye" модели орқали олдиндан аниқлашга уринишган. 134 бемор маълумотлари асосида тузилган моделларга кўра, юқори даражадаги миопия ва катта ҳажмдаги абляция талаб қилинадиган ҳолатларда, абляцион зона диаметри кенг бўлган шароитда MTF (modulation transfer function) ва PSF (point spread function) кўрсаткичлари сезиларли даражада ёмонлашади. Бу натижалардан келиб чиққан ҳолда, юқори миопияли беморларда қорачиқ диаметри ва шох парда геометриясига асосланган махсус абберрацион йўналтирилган коррекция алгоритмларини жорий этиш тавсия этилган [4].

Шу асосда хулоса қилиш мумкинки, LASIK жарроҳлигида индивидуал ёндошувни амалга оширишда нафақат жарроҳлик амалиёти олди кўз олмаси узунлиги, сферик эквивалент ёки шох парда минимал радиуси каби биометрик кўрсаткичлар, балки эпителий қалинлик профилни, қорачиқ диаметри ва оптик моделлаштириш орқали ҳисобланган MTF/PSF кўрсаткичларини ҳам инобатга олиш зарур. Бу орқали ҳар бир бемор учун ўзининг анатомик ва функционал хусусиятларига мослашган абляция дизайнини шакллантириш, жарроҳлик амалиётидан кейинги рефракцион барқарорлик ва кўриш сифатини таъминлаш мумкин бўлади. Шу тариқа, индивидуаллаштирилган ёндашув нафақат текширув омилларининг аниқ баҳоланиши, балки аниқ клиник натижаларга эришиш учун зарур платформани яратади.

LASIK жарроҳлигидан кейинги асоратлар, хусусан, шох парда лахтаги яъни флапи билан боғлиқ мураккаб клиник ҳолатлар, индивидуал ёндашувнинг фақат жарроҳлик амалиётигача эмас, балки жарроҳлик амалиётидан кейинги реабилитация босқичларида ҳам муҳим эканини яна бир бор тасдиқлайди. Marques F.F. ва ҳаммуаллифлар томонидан берилган клиник ҳолатда марказий децентрлашган абляция, эпителий гиперплазияси ва катаракта билан кечган оғир асорат муваффақиятли ҳал этилган. Бунда флап ампутацияси, топографик йўналтирилган TransPRK орқали юза геометриясини тиклаш ва кейинчалик торик монофокал линзани имплантация қилиш натижасида беморда тўлиқ функционал реабилитацияга эришилган [8].

Ушбу ҳолат LASIK асоратларини бартараф этишда ҳам қадамма-қадам, беморга мослаштирилган кўп босқичли алгоритмларнинг амалий самарасини кўрсатади. Бу ҳолатдаги муваффақиятли тикланиш, жарроҳлик амалиётидан кейинги визуал функциянинг қайта тикланиши фақат керакли биомеханик ва топографик параметрларни ҳисобга олган ҳолда ташкил қилинган шахсий реабилитация дастури орқали амалга оширилган. Бу эса юқори даражадаги миопия, номутаносиб шох парда морфологияси ва абляция хатоларига мойил беморлар учун, текширув омилларига асосланган ҳолда индивидуал коррекция стратегияларини жорий этишнинг муҳимлигини тасдиқлайди.

Бошқа томондан, шох парда жарроҳлигининг тарихи ва эволюцияси, индивидуал ёндашув имкониятларини кенгайтиришда ҳал қилувчи ўрин тутган. Vestergaard A.H. олиб борган тадқиқотда, PRK, LASIK ва ReLEx-SMILE усулларининг салоҳияти ва камчиликларини вақт ўтиши билан таққослаб бера олган. Паст даражали миопияда PRK етарли даражада барқарор бўлса, юқори миопияда биомеханик назорат ва абляция алгоритмининг индивидуаллаштириш талаб этилишини алоҳида қайд этиб ўтган [13].

Бу гипотеза 2019 йилда Raevdal P. ва ҳаммуаллифлар томонидан олиб борилган тадқиқотда биомеханик тонометрия орқали текширилган. Улар SMILE ва клапанли

усуллардан кейинги шох парда резистентлигидаги фарқни ўрганар экан, SMILE усулида шох парда камроқ биомеханик кучсизланишини қайд этган, лекин бу устунликни юқори далил даражасида тасдиқлаш ҳали ҳам кенг қўламли тадқиқотларни талаб этади [11].

Шу тариқа, рефракцион хирургиянинг ҳар бир босқичида жарроҳлик амалиётигача текширувдан тортиб жарроҳлик амалиётидан кейинги реабилитациягача беморнинг анатомик, биомеханик ва оптик хусусиятларига асосланган индивидуал ёндашувни шакллантириш орқали юқори визуал натижалар ва асоратларни минималлаштиришга эришиш мумкин. Бу ечим, натижаларга таъсир этувчи текширув омиллари билан узвий боғланган ҳолда, рефракцион хирургиянинг замонавий, хавфсиз ва бемор-ориентирланган модели сифатида кўрилади.

Шох парда морфологияси ва биомеханикасига индивидуал ёндашувни шакллантиришда, нафақат жарроҳлик амалиётигача бўлган текширувлар, балки генетик фонидаги хусусиятларни ҳисобга олиш ҳам аниқ ва барқарор натижаларга эришиш учун ҳал қилувчи омиллардан бири саналади. Бунда шох парданинг қалинлик профилли, абляцияга бўлган индивидуал таъсирчанлиги ҳамда генетик мойилликлар биргаликда таҳлил қилиниши талаб этилади.

Масалан, Li T. ва ҳаммуаллифлар гипетропияни тузатиш мақсадида фемтосекунд-LASIK жарроҳлиги қўлланилган ҳолатларда шох парда қалинлигидаги ўзгаришларни 9 мм зона бўйлаб ўрганиб, марказий қисмида ҳам қалинлик пасайиши қайд этилганини, бу эса жарроҳлик амалиётининг биомеханик оқибатларини ҳар доим бир хил бўлмаслигини кўрсатиб беришган. Ҳатто абляция асосан парацентрал зонада амалга оширилган ҳолатларда ҳам марказий қисмдаги тузилиш ўзгариши қайд этилган бўлиб, бу рефракцион регрессия хавфини ошириши аниқланган [7].

Шох парда ҳажмининг функционал ҳолатга таъсири, шунингдек, унинг биомеханик заиф нуқталарини аниқлаш мақсадида Уилсон А. ва ҳамкасблари томонидан интерферометрия асосида ишланган ESPSI технологияси таклиф қилинган. Бу усул ҳужайраларга зарар етказмаган ҳолда, шох пардадаги реал вақтда деформация ва чўзилишлар харитасини чиқариш имконини беради. Бундай хариталар ёрдамида кератотомия ёки абляция жараёни орқали шох пардада юзага келган локал механик заифликлар, оптик артефактлар ёки тўқима «стабиллик» нуқсонлари эрта аниқланиши мумкин [14].

Эътиборга лойиқ жиҳати шундаки, биомеханик ўзгаришлар кўп ҳолатда тўғридан-тўғри генетик фон билан боғлиқ бўлади. Шу нуқтаи назардан, COL5A1 генининг rs1536482 ва rs7044529 полиморфизмлари билан шох парда қалинлигининг пасайиши, кератоконус хавфининг ошиши ўртасидаги боғлиқлик Lee S.H. ва ҳаммуаллифлар томонидан аниқланган. Уларнинг тадқиқотида кўра, ушбу аллеллар шох парда тўқимасининг коллаген таркиби ва регенерация қобилиятини ўзгартириши орқали, шох парда қалинлигини камайишига ва эктазия ривожланишига олиб келади [5].

Ушбу изланишлар бир-бири билан узвий боғланган ҳолда рефракцион хирургияда индивидуал ёндашувни шакллантиришда янги платформани таклиф этади. Яъни аввало шох парда қалинлиги ва деформация профилли ўрганилади, биомеханик мониторинг ўтказилиб, генетик мойиллик таҳлил этилади. Бундай кўп босқичли анализ орқали бемор морфологиясига мос абляция режаси, тўқима барқарорлигини асраш ва узоқ муддатли рефракцион барқарорликка эришиш мумкин. Шу тариқа, LASIK индивидуал ёндашув имкониятларини амалга оширишда, текширув омилларини нафақат клиник, балки тўқима ва генетик даражада комплекс баҳолашни талаб этади.

Индивидуал ёндашувни амалга оширишда фақат биометрик ва томографик маълумотларни таҳлил қилиш етарли эмас, балки шох парда юзаси, эпителий, строманинг ҳажмий ва оптик алоқасини ҳам аниқ кўрсатувчи параметрлар талаб

этилади. Бунда замонавий абляция алгоритмлари — айниқса, топографик йўналтирилган (ТЙ) ёки «wavefront» оптималлаштирилган (WO) профиллар кўриш сифатини яхшилаш билан бирга абберрацияларни минималлаштириш имконини беради. Бу жараёнда кератоскопик маълумотларнинг юқори аниқликдаги интеграцияси асосида шахсий лазер профили тузилади. Бу эса бемор морфологиясига тўлиқ мос келувчи, мўтадил ва хавфсиз абляция дизайнини таъминлайди.

Рамамурти Ш. ва ҳаммуаллифлар томонидан олиб борилган тадқиқотда топографик йўналтирилган абляция усули нафақат пост-LASIK эктазия ёки кератоконусли шох пардада балки ҳатто юқори даражали миопияда ҳам юқори аниқликдаги рефракцион ҳамда визуал натижаларни бериши мумкинлигини кўрсатган. Муаллифларнинг таъкидлашича, топографик модификацияланган рефракция усули цилиндр ўқидаги сезиларли ўзаро фарқ ($\geq 21^\circ$) бўлган ҳолатларда ҳам кўриш ўткирлигида юқори натижаларга олиб келган [9].

Индивидуал лазер моделлаштиришнинг яна бир муҳим компоненти — жарроҳлик амалиётига ва кейинги даврларда шох парда эпителий профилини аниқ баҳолашдир. Хамар П. ва ҳамкасблари таъкидлаганидек, эпителий ремоделланиши фақат тузатиш самарасини эмас, балки жарроҳлик амалиётидан кейинги регрессия, гиперплазия ва абберрация индукциясини ҳам шакллантиради. Шу боис, жарроҳлик амалиётига 9 мм зонадаги эпителийнинг қалинлик харитаси асосида индивидуал абляция дизайнини тузиш, қўшимча равишда, регрессия хавфини камайтиришга хизмат қилади [3].

Шу асосда хулоса қилиш мумкинки, LASIK жарроҳлигида индивидуал ёндошув имкониятлари нафақат кўз олмаси узунлиги, сфера эквивалент ёки Rmin каби параметрларга, балки шох парданинг юза архитектураси (эпителий-профиль), оптик-биомеханик дисбаланслар, абляция профили дизайни ва генетик мойилликларга боғлиқ. Ушбу омилларни ҳар томонлама ва комплекс баҳолаш орқали индивидуаллаштирилган, клиник жиҳатдан прогноз қилинадиган ва оптик сифатни максимал даражада таъминловчи абляция алгоритми яратилиши мумкин. Бу эса индивидуал текширув омиллари асосида тузилган хирургик стратегиянинг LASIKда энг муҳим устунликларидан бири эканини яна бир бор исботлайди. Жумладан, Triple-A ва топографик абляция профилларининг натижаларда фарқсизлиги (Rani et al., 2024), амалиётчи шифокорга текширув омилларига асосланган оптимал лазер платформасини танлаш имконини беради. Тўғри танланган профил, индивидуал параметрларга таянган ҳолда, кератометрик симметрия, қорачиқ позицияси, эпителий юзасидаги ноаниқликлар ва строма қалинлик профили каби омилларни ҳам ҳисобга олишни талаб қилади.

Бундан ташқари, юқорида келтирилган тадқиқотлар шуни кўрсатадики, жарроҳлик амалиётининг барча босқичларида хавфларни олдиндан башорат қилиш ва назорат қилиш учун комплекс ёндашув талаб этилади. Sahay ва ҳаммуаллифлар томонидан ишлаб чиқилган LASIK асоратларини бошқариш бўйича классификация ва профилактика алгоритми (флап параметрларини режалаштириш, интерфейс гигиенаси, кўз қуруқлиги скрининги, қолдиқ строма $\geq 40\%$ ва қувват/абляция чуқурлиги баланси) шунингдек, хавф-менежмент стратегиясининг ажралмас қисми ҳисобланади [12].

Рани ва ҳаммуаллифлар томонидан амалга оширилган клиник солиштирма таҳлилда Zeiss MEL 90 Triple-A ва топографик абляция усуллари бир хил даражада самарали ва хавфсиз деб топилгани, шу билан бирга, топографик абляция профилида абляция вақтининг узоқлиги, ресурс талабчанлиги индивидуал танловда қарор қабул қилишда ҳисобга олиниши кераклигини кўрсатади [10].

Хулоса қилиб айтганда, LASIK жарроҳлигида индивидуал ёндошув бу беморга мос келувчи абляция профилини танлаш, жарроҳлик амалиётигача биометрик ва оптик текширув омилларини баҳолаш, абберрация таҳлили ва хавфлар прогнозини интеграция қилган ҳолда индивидуаллаштирилган стратегия ишлаб чиқишни англатади. Бундай ёндашув рефракцион самарадорликни ошириш, абберрацияларни камайтириш ҳамда узоқ муддатли кўриш сифатини таъминлашга хизмат қилади.

Ушбу натижалар асосида хулоса қилинадик, индивидуаллаштирилган ёндашув нафақат диоптрия даражасини ҳисобга олиши, балки шох парда тузулиши, кўз олмаси морфологияси ва абляцияга таъсир этувчи оптик-биомеханик омилларини ҳам инобатга олган ҳолда лазер жараёнини индивидуаллаштиришга хизмат қилиши лозим. Бундай ёндашув узоқ муддатли рефракцион барқарорликни таъминлаш, регрессия ва асоратлар хавфини камайтиришда асосий омил ҳисобланади.

Индивидуал ёндошув асосида шох парданинг морфологик ва оптик хусусиятларини чуқур баҳолаш, жарроҳлик амалиётидан кейинги оптик сифат ва рефракцион барқарорликни прогноз қилишда муҳим аҳамият касб этади.

Хулоса. Юқорида таҳлил қилинган илмий манбалар ва клиник тадқиқотлар асосида шундай хулосага келиш мумкинки, LASIK рефракцион жарроҳлик амалиётида индивидуал ёндашувни жорий этишга интилиш, кўз морфологияси, шох парда биомеханикаси, абляция геометрияси ҳамда оптик сифат каби омиллар ўртасидаги мураккаб ўзаро боғлиқликни чуқур англашни талаб этади. Кўз олмаси узунлиги, сферик эквивалент, R_{tip} ва шох парда қалинлик профили каби биометрик кўрсаткичлар, эпителий ремоделиранинг худудий фарқлари ва генетик мойилликлар индивидуал ёндошув асосида абляция моделини аниқлашда ҳал қилувчи аҳамият касб этади.

Шу билан бирга, мавжуд маълумотлар шуни кўрсатмоқдаки, индивидуал ёндашувнинг барча имкониятлари тўлиқ ишлаб чиқилмаган ва ушбу йўналишда амалга оширилиши лозим бўлган ишлар ҳали ҳам талайгина. Хусусан морфо-биомеханик ва генетик омилларни интеграция қилувчи прогноз алгоритмларини яратиш, эпителий-строма динамикасининг узоқ муддатли ўзгаришларини кузатувчи клиник платформаларни шакллантириш, пост-LASIK асоратларини (эктазия, регрессия, абберрация индукцияси) олдиндан башорат қиладиган комплекс моделлар ишлаб чиқиш, индивидуал моделлаштириш асосида реал вақт абляция корекциясини амалга оширадиган хирургик алгоритмларни яратиш долзарб масалалар сифатида қолмоқда.

Шу боис, LASIKда индивидуал ёндашувни тўлиқ шакллантириш нафақат мавжуд техник ва диагностик имкониятлардан фойдаланишни, балки мултидисциплинар ёндашувда оптометрия, генетика, биомеханика ва ҳисоблаш моделлари билан уйғун равишда иш олиб боришни талаб этади. Бу эса юқори визуал натижаларни таъминлашда ҳам асосий мезонга айланади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Gab-Alla A.A. Is the axial length a risk factor for post-LASIK myopic regression? *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. 2021; Vol.259(3):777–786. doi:10.1007/s00417-020-04990-4].
2. Jiao Y.D., Yan Z., Zhao T.Q., Zhao H.X. Comparison of errors in ablation depth calculation after myopic femtosecond laser in situ keratomileusis in patients with different degrees of myopia: a prospective study. *BMC Ophthalmology*. 2023; Vol.23:453. doi:10.1186/s12886-023-03200-z
3. Khamar P. et al., "Advanced epithelial mapping for refractive surgery", *Indian Journal of Ophthalmology*, 2020, Vol. 68(12):2819–2830, DOI 10.4103/ijo.IJO_2399_20

4. Lan G.P., Zeng J., Li W., "Customized eye modeling for optical quality assessment in myopic femto-LASIK surgery", *Scientific Reports*, 2021, Vol. 11, Art. 16049, DOI:10.1038/s41598-021-95730-z
5. Lee S.H. et al., "Genetic Association of COL5A1 Variants in Keratoconus Patients Suggests a Complex Connection Between Corneal Thinning and Keratoconus", *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, 2013; Vol.54(4):2696–2704, doi:10.1167/iovs.13-11601
6. Li J.Y., Qin J., "Study of corneal and retinal thicknesses at five years after FS-LASIK and SMILE for myopia", *BMC Ophthalmology*, 2024, Vol. 24, Art. 396, DOI:10.1186/s12886-024-03661-w
7. Li T., Zhou S., Chen J., Zhou S.; "Corneal Thickness Profile Changes After Femtosecond LASIK for Hyperopia", *Eye & Contact Lens*, 2017; Vol.43(5):297–301
8. Marques F.F., Rabelo D.F.O., "Visual rehabilitation after LASIK complication: flap amputation, topo-guided surgery, and phacoemulsification", *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia*, 2024, 87(4):e2023-0221, DOI:10.5935/0004-2749.2023-0221
9. Ramamurthy S. et al., "Topography-guided treatment in regular and irregular corneas", *Indian Journal of Ophthalmology*, 2020, Vol. 68(12):2699–2704, DOI 10.4103/ijo.IJO_2119_20
10. Rani D. et al., "Clinical outcomes of topography-guided versus wavefront-optimized LASIK for correction of myopia and compound myopic astigmatism", *Indian Journal of Ophthalmology*, 2024; 72(11):1598–1604, DOI:10.4103/IJO.IJO_2012_23
11. Raevdal P., "Comparison of corneal biomechanical changes after refractive surgery by non-contact tonometry", *Acta Ophthalmologica*, 2019, 97(2):127–136, DOI:10.1111/aos.13906
12. Sahay P. et al., "Complications of laser-assisted in situ keratomileusis", *Indian Journal of Ophthalmology*, 2021; 69(7):1658–1669, DOI:10.4103/ijo.IJO_1872_20
13. Vestergaard A.H., "Past and Present of Corneal Refractive Surgery", *Acta Ophthalmologica*, 2014, Thesis, pp. 1–18, DOI:10.1111/aos.12385
14. Wilson A., Marshall J., Tyrer J.R.; "The Role of Light in Measuring Ocular Biomechanics", *Eye*, 2016; Vol.30:234–240, doi:10.1038/eye.2015.263