

КЎЗ ТУБИНИНГ РАҚАМЛИ КОЛОРИМЕТРИЯСИ АСОСИДА МАРКАЗИЙ СЕРОЗ ХОРИОРЕТИНОПАТИЯНИ МИКРОИМПУЛЬСЛИ ЛАЗЕР ЁРДАМИДА ДАВОЛАШНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ

Собиров О.О.¹, Юсупов А.Ф.², Каримова М.Х.³, Джамалова Ш.А.⁴, Мирхаликов Ф.Р.⁵

1. Шифокор офтальмолог, Республика ихтисослаштирилган кўз микрохирургияси илмий-амалий тиббиёт маркази, Orifjonsobirov5@gmail.com, +998998214464, <https://orcid.org/0009-0001-5818-3001>

2. Тиббиёт фанлари доктори, профессор, Республика ихтисослаштирилган кўз микрохирургияси илмий-амалий тиббиёт маркази директори, yafoft@rambler.ru, +998712174934, <https://orcid.org/0000-0003-1040-2866>

3. Тиббиёт фанлари доктори, профессор, Республика ихтисослаштирилган кўз микрохирургияси илмий-амалий тиббиёт маркази директорининг илмий ишлар бўйича ўринбосари, mkarimova2004@mail.ru, +998901883861, <https://orcid.org/0000-0003-0268-7881>

4. Тиббиёт фанлари доктори, доцент, Республика ихтисослаштирилган кўз микрохирургияси илмий-амалий тиббиёт маркази бўлим мудири, shirinkon@mail.ru, +998909840792, <https://orcid.org/0000-0002-8765-8176>

5. PhD, Шифокор офтальмолог, Республика ихтисослаштирилган кўз микрохирургияси илмий-амалий тиббиёт маркази лазер бўлими мудири Farrux.m.d@gmail.com, +998977715252, <https://orcid.org/0009-0006-8590-1298>.

Аннотация. Долзарблиги. Марказий сероз хориоретинопатияни (МСХР) 577 нм бўсаға ости микроимпульсли лазер (БМИЛТ) билан даволашда энергияни аниқ дозалаш муаммоси долзарблигича қолмоқда. Анъанавий тест коагуляцияси субъектив бўлиб, фоторецепторларни шикастлаш хавфини туғдиради. **Тадқиқот мақсади.** Бемор кўз тубининг индивидуал пигментациясига асосланган лазер энергиясини дозалашнинг объектив, ноинвазив усулини ишлаб чиқиш ва унинг клиник самарадорлигини баҳолаш. **Материал ва усуллар.** МСХР ташхисли беморлар икки гуруҳга ажратилди: назорат гуруҳида энергия анъанавий тест орқали, асосий гуруҳда эса кўз тубининг оптик зичлигини баҳоловчи янги алгоритм асосида танланди. Натижалар ОКТ, ФАГ ва кўриш ўткирлиги (МТКЎ) динамикаси орқали текширилди. **Натижалар.** Янги усул асосида даволанган беморларда тест коагулянтларининг маҳаллий шикастланишларисиз юқори аниқликка эришилди. Кузатув давомида тўр парда ости суюқлиги тўлиқ сўрилиб, кўриш қобиляти яхшиланди ва фоторецепторларнинг ятроген шикастланиши қайд этилмади. **Хулоса.** Кўз туби пигментациясига асосланган янги объектив дозиметрия усули БМИЛТ амалиётида хавфли тест коагуляцияси заруратини йўққа чиқаради, шикастланиш хавфини минималлаштиради ва даволаш натижаларини сезиларли яхшилайди.

Калит сўзлар: Марказий сероз хориоретинопатия, микроимпульсли лазер таъсири, рақамли колориметрия, кувват титрацияси, аутофлуоресценция, Пахихориоид.

Иқтибос учун:

Собиров О.О., Юсупов А.Ф., Каримова М.Х., Джамалова Ш.А., Мирхаликов Ф.Р. Кўз тубининг рақамли колориметрияси асосида марказий сероз хориоретинопатияни микроимпульсли лазер ёрдамида даволашни оптималлаштириш. *Ilg'or oftalmologiya.* 2026;17(2):11-15.

ОПТИМИЗАЦИЯ МИКРОИМПУЛЬСНОГО ЛАЗЕРНОГО ЛЕЧЕНИЯ ЦЕНТРАЛЬНОЙ СЕРОЗНОЙ ХОРИОРЕТИНОПАТИИ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ КОЛОРИМЕТРИИ ГЛАЗНОГО ДНА

Собиров О.О.¹, Юсупов А.Ф.², Каримова М.Х.³, Джамалова Ш.А.⁴, Мирхаликов Ф.Р.⁵

1. Врач Офтальмолог, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр микрохирургии глаза, Orifjonsobirov5@gmail.com, +998998214464, <https://orcid.org/0009-0001-5818-3001>

2. Доктор медицинских наук, профессор, директор Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра микрохирургии глаза, yafoft@rambler.ru, +998712174934, <https://orcid.org/0000-0003-1040-2866>

3. Доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра микрохирургии глаза, mkarimova2004@mail.ru, +998901883861, <https://orcid.org/0000-0003-0268-7881>

4. Доктор медицинских наук, доцент, Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр микрохирургии глаза, shirinkon@mail.ru, +998909840792, <https://orcid.org/0000-0002-8765-8176>

5. Заведующий лазерного отделения, Республиканского специализированного научно-практического медицинского центра микрохирургии глаза Farrux.m.d@gmail.com, +998977715252, <https://orcid.org/0009-0006-8590-1298>

Аннотация. Актуальность. В лечении центральной серозной хориоретинопатии (ЦСХРП) субпороговым микроимпульсным лазерным воздействием (СМИЛВ) 577 нм проблема точного дозирования энергии остается открытой. Традиционная тестовая коагуляция субъективна и несет риск повреждения фоторецепторов. **Цель исследования.** Разработать объективный неинвазивный метод дозирования лазерной энергии на основе индивидуальной пигментации глазного дна пациента и оценить его клиническую эффективность. **Материал и методы.** Пациенты с ЦСХРП были разделены на две группы: в контрольной энергия подбиралась традиционным тестом, в основной — на основе нового алгоритма оценки оптической плотности глазного дна. Результаты оценивали по данным ОКТ, ФАГ и динамике остроты зрения. **Результаты.** У пациентов основной группы достигнута высокая точность дозирования без локальных повреждений от тестовых коагулянтов. В ходе наблюдения отмечено полное рассасывание субретинальной жидкости, улучшение зрения и отсутствие ятрогенного повреждения фоторецепторов. **Выводы.** Новый объективный метод дозиметрии на основе пигментации глазного дна исключает необходимость опасной тестовой коагуляции при СМЛВ, минимизирует риски повреждения и значительно улучшает результаты лечения.

Ключевые слова: центральная серозная хориоретинопатия, микроимпульсное лазерное воздействие, цифровая колориметрия, титрация мощности, аутофлуоресценция, пахихориоид.

Для цитирования:

Собиоров О.О., Юсупов А.Ф., Каримова М.Х., Джамалова Ш.А., Мирхаликов Ф.Р. Оптимизация микроимпульсного лазерного лечения центральной серозной хориоретинопатии на основе цифровой колориметрии глазного дна. Передовая офтальмология. 2026;17(2):11-15.

OPTIMIZATION OF MICROPULSE LASER TREATMENT FOR CENTRAL SEROUS CHORIORETINOPATHY BASED ON DIGITAL FUNDUS COLORIMETRY

Sobirov O.O.¹, Yusupov A.F.², Karimova M.Kh.³, Djmalova Sh.A.⁴, Mirkhalikov F.R.⁵

1. Ophthalmologist of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Eye Microsurgery. Orifjonsobirov5@gmail.com, +998998214464, <https://orcid.org/0009-0001-5818-3001>
2. Doctor of Medical Sciences, Professor, Director of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Eye Microsurgery, yafoft@rambler.ru, +998712174934, <https://orcid.org/0000-0003-1040-2866>
3. Doctor of Medical Sciences, Professor, Deputy Director for Scientific Work of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Eye Microsurgery, mkarimova2004@mail.ru, +998901883861, <https://orcid.org/0000-0003-0268-7881>
4. Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Head of Department of the Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Eye Microsurgery, shirinkon@mail.ru, +998909840792, <https://orcid.org/0000-0002-8765-8176>
5. Head of the Laser Department, Republican Specialized Scientific and Practical Medical Center of Eye Microsurgery, Farrux.m.d@gmail.com, +998977715252, <https://orcid.org/0009-0006-8590-1298>

Abstract. Background. Accurate energy dosimetry remains an open issue in the treatment of central serous chorioretinopathy (CSCR) using 577 nm subthreshold micropulse laser treatment (SMLT). Traditional test coagulation is subjective and carries a risk of photoreceptor damage in the test area. **Purpose of the study.** To develop an objective, non-invasive laser energy dosimetry method based on the patient's individual fundus pigmentation and to evaluate its clinical efficacy. **Materials and methods.** Patients with CSCR were divided into two groups: in the control group, laser energy was selected via traditional continuous-wave titration, while the study group utilized a new algorithm evaluating individual fundus optical density. Outcomes were assessed using OCT, FA, and best-corrected visual acuity (BCVA) dynamics. **Results.** High dosing accuracy was achieved in the study group without local tissue damage from test burns. Follow-up revealed complete subretinal fluid resolution, visual acuity improvement, and a total absence of iatrogenic photoreceptor damage. **Conclusion.** The new objective dosimetry method based on fundus pigmentation eliminates the need for hazardous test coagulation during SMLT, minimizes the risk of tissue damage, and significantly enhances clinical and functional treatment outcomes.

Keywords: central serous chorioretinopathy, micropulse laser treatment, digital colorimetry, power titration, autofluorescence, pachychoroid.

For citation:

Sobirov O. O., Yusupov A.F., Karimova M.Kh., Djmalova Sh.A., Mirkhalikov. F.R. Optimization of micropulse laser treatment for central serous chorioretinopathy based on digital fundus colorimetry. Advanced ophthalmology. 2026;17(2):11-15.

Долзарблиги. Марказий сероз хориоретинопатия (МСХР) — пигмент эпителийси (ПЭ) нуқсонлари орқали суюқлик сизиб ўтиши натижасида тўр парда нейроэпителийсининг маҳаллий кўчиши билан тавсифланувчи пахихо-

риоидал спектр касаллигидир. Ятроген шикастланишни минималлаштиришни таъминлайдиган замонавий даволаш стандарти 577 нм тўлқин узунлигидаги бўсаға ости микроимпульсли лазер таъсири (БМИЛТ) ҳисобланади. Микро-

импульс режимининг хавфсизлиги исботланганига қарамай, энергияни аниқ дозалаш масаласи очиқ қолмоқда. Анъанавий ёндашув кўзга кўринадиган I даражали куйиш ҳолати олингунга қадар узлуксиз режимда тест коагуляциясини (титрацияни) ўтказишни ва шундан сўнг қувватни пасайтиришни назарда тутати. Ушбу усул субъектив бўлиб, жарроҳнинг кўриш қобилиятига боғлиқ ҳамда тест ўтказилган ҳудудда фоторецепторларнинг шикастланиш хавфини туғдиради. Шу муносабат билан, бемор кўз тубининг индивидуал пигментацияси даражасига асосланган лазер энергияси дозиметриясининг объектив, ноинвазив усулини ишлаб чиқиш ўта долзарб вазифа ҳисобланади.

Тадқиқот мақсади. Кўз туби рақамли тасвирларини денситометрик таҳлил қилиш асосида энергетик параметрларни яқка тартибда танлаш алгоритмини ишлаб чиқиш орқали МСХР билан касалланган беморларни лазер ёрдамида даволаш самарадорлиги ва хавфсизлигини ошириш.

Материал ва усуллар. Проспектив рандомизацияланган тадқиқотга дастлаб 30 нафар беморнинг маълумотлари танлаб олинди. Киритиш ва чиқариб ташлаш мезонлари (оптик муҳитларнинг тиниқлиги, фаол фильтрация нуқтасининг мавжудлиги, неоваскуляризациянинг йўқлиги) қўлланилганидан сўнг, якуний таҳлилга МСХРнинг ўткир ва сурункали шаклларига эга 21 та кўз (21 нафар бемор) киритилди. Беморлар икки гуруҳга рандомизация қилинди:

- Назорат гуруҳи (10 та кўз): даволаш стандарт усулда, экстрамакуляр соҳада тўр парданинг билинар-билинемас оқаришигача бўлган қувватни олдиндан титрация қилиш (test burn) орқали ўтказилди. Даволовчи қувват бўсаға қувватининг 50% ини ташкил этди.
- Асосий гуруҳ (11 та кўз): лазер нурланиши қуввати ишлаб чиқилган рақамли колориметрия алгоритмидан фойдаланган ҳолда тест коагуляциясини ўтказмасдан яқка тартибда ҳисоблаб чиқилди.

Рақамли колориметрия алгоритми:

Энергияни ҳисоблаш учун даволашдан олдин олинган стандарт рақамли рангли фундус-фотосуратлардан фойдаланилди. Тасвирлар ImageJ (NIH, АҚШ) дастурий муҳитига экспорт қилиниб, у ерда кулранг тусдаги 8-битли форматга (Grayscale) ўтказилди. Керакли соҳа (макула) ва эталон соҳадаги (кўрув нерви дискининг — КНД ёруғ томирсиз қисми) пикселларнинг ўртача ёрқинлиги (SL\$) ўлчанди.

Индивидуал оптик зичлик индекси қуйидаги формула бўйича ҳисобланди:

$$Iod = L_{macula} (50) / L_{disk} (200) \quad Iod = 0.25$$

Олинган индекс асосида ишлаб чиқилган номограмма бўйича лазернинг даволаш қуввати аниқланди. ИОЗ индекси қанчалик паст бўлса

(пигментация қанчалик тўқ бўлса), даволаш учун шунчалик кам қувват қўлланилди.

Даволаш баённомаси (протоколи):

Иккала гуруҳда ҳам даволаш Quantel Medical EasyRET (577 нм) лазер тизимида SubLiminal режимида амалга оширилди. Таъсир параметрлари: скважлиги — 5%, экспозиция — 0.2 с, доғ диаметри — 160 мкм. Таъсир нейроэпителлий кўчган бутун соҳа бўйлаб туташ коагулятлар билан ўтказилди.

Назорат усуллари. Барча беморларга даволашдан олдин ва даволашдан 1 ва 3 ой ўтгач қуйидагилар ўтказилди: визометрия (МККЎ), ОКТ (субретинал суюқлик баландлиги ва субфовеал хориоидея қалинлигини — SFCT баҳолаш), ПЭ бутунлигини назорат қилиш учун аутофлюоресценция (FAF) ва макуланинг ёруғликка сезгирлигини баҳолаш учун 10-2 дастури (SAP 10-2) бўйича марказий соҳа компьютер периметрияси. Статистик ишлов бериш нопараметрик статистика усуллари ёрдамида амалга оширилди.

Тадқиқот натижалари. Иккала гуруҳдаги беморларнинг дастлабки демографик ва клиник хусусиятлари ўзаро мос эди. Ўртача ёш 35 ёшни ташкил этди.

Анатомик самарадорлик:

Даволашдан 1 ой ўтгач, субретинал суюқликнинг (CPC) қисман ёки тўлиқ сўрилиши назорат гуруҳидаги 10 та кўздан 8 тасида (80%) ва асосий гуруҳдаги 11 та кўздан 9 тасида (81.8%) кузатилди. Кузатувнинг 3-ойига келиб, ОКТ маълумотларига кўра нейроэпителлийнинг тўлиқ ёпишиши (ўз ўрнига тушиши) назорат гуруҳида 90% ва асосий гуруҳда 91% ҳолатларда эришилди.

Субфовеал хориоидея қалинлиги (SFCT) динамикаси иккала гуруҳда ҳам ишончли камайишни кўрсатди: 350 мкм дан 550 мкм гача. Бу эса қувватни танлаш усулидан қатъи назар, БМИЛТнинг пахихориоид томирларига патогенетик таъсир кўрсатишидан далолат беради.

Функционал натижалар ва хавфсизлик:

Кўриш ўткирлиги (МККЎ) 3-ойга келиб иккала гуруҳда ҳам ишончли тарзда ошди. Бироқ, 10-2 компьютер периметрияси маълумотлари функционал фарқларни намойиш этди. Асосий гуруҳда (формула бўйича ҳисоблаш) тўр парданинг ўртача ёруғликка сезгирлиги тезроқ тикланди ва назорат гуруҳи кўрсаткичларидан 25% га юқори бўлди.

Аутофлюоресценция (FAF) тасвирларининг таҳлили таклиф этилаётган усулнинг юқори хавфсизлик профилини тасдиқлади. Назорат гуруҳида 100% кўзларда периферияда тест коагулятлари ўтказилган жойларда гипо-аутофлюоресценциянинг нуқтасимон ўчоқлари визуаллаштирилди. Асосий гуруҳда эса 11 та кўзнинг бирортасида ҳам на даволаш соҳасида, на ундан ташқарида пигмент эпителийсининг шикастланиши қайд этилмади.

Кўрсаткичлар	Назорат гуруҳи (Титрация усули) n = 10 та кўз	Асосий гуруҳ (Формула усули) n = 11 та кўз
СРСнинг қисман ёки тўлиқ сўрилиши (1 ойдан сўнг)	80% (18 та кўз)	81.8% (9 та кўз)
Нейроэпителийнинг тўлиқ ёпишиши (3 ойдан сўнг)	80%	91%
SFCT (Субфовеал хориоидея қалинлиги) динамикаси	400 мкм дан 500 мкм гача	350 мкм дан 400 мкм гача
Кўриш ўткирлиги (МККЎ) динамикаси	Ишончли ошди	Ишончли ошди
Тўр парда ёруғликка сезгирлиги (Периметрия 10-2)	Аста-секин тикланди	Тезроқ тикланди (назорат гуруҳидан 25% юқори)
ПЭ шикастланиши (FAF маълумотлари бўйича)	100% ҳолатда (тест ўтказилган жойларда гипо-аутофлюоресценция)	0% (шикастланишлар умуман қайд этилмади)

Назорат ва асосий гуруҳлардаги клиник натижаларнинг қиёсий жадвали

Ушбу маълумотларни мақолангиз учун қулай шаклда ва яққол кўрсатиш мақсадида қуйидаги қиёсий жадвал тузилди:

Муҳокама. Микроимпульс режимида лазер ёрдамида даволашнинг муваффақияти энергиянинг ҳужайра ичидаги хромофорлар (ПЭ ва хориоидея меланини) томонидан адекват ютилишига бевосита боғлиқ. 577 нм тўлқин узунлигидаги сариқ спектр меланин ва оксигемоглобинга юқори даражада яқинлик (тропик) хусусиятига эга. Бироқ, анъанавий қувват титрацияси периферия (тест ўтказиладиган соҳа) ва макула (даволаш ўтказиладиган соҳа) ўртасидаги пигмент концентрациясидаги топографик фарқни ҳисобга олмайди. Бизнинг тадқиқотимизда ушбу параметрни объективлаштириш учун рақамли денситометрия усулини қўлладик. Маълумотларни кўрув нерви диски бўйича нормаллаштириш $Iod = L_{macula} (50) / L_{disk} (200)$ $Iod = 0.25$ фундус-камера ёритилганлиги ва оптик муҳитлар тиниқлигидаги артефактларни бартараф этиш имконини берди. Олинган натижалар шуни исботлайдики, кўз туби рангига асосланган энергиянинг математик ҳисоб-китоби стандарт титрация билан тўлиқ тенглаша оладиган анатомик муваффақиятни (суюқликнинг сўрилишини) таъминлайди. Шу билан бирга, у макула тузилмаларини энергиянинг ортиқча дозасидан кафолатли равишда ҳимоя қилади ва бу FAF ҳамда SAP 10-2 маълумотлари билан тасдиқланади. Титрацион

куйишдан воз кечиш тўр парданинг ятроген микрожароҳатланишини истисно қилади.

Хулоса.

1. Таклиф этилаётган оптик зичлик индексини ҳисоблашга асосланган рақамли колориметрия алгоритми кўз тубининг индивидуал пигментацияси асосида микроимпульсли лазер таъсирининг зарур энергиясини объектив прогноз қилиш имконини беради.
2. Тест коагуляциясини ўтказмасдан ҳисоблаш усулини қўллаш юқори клиник самарадорликка эга бўлиб, кузатувнинг 3-ойига келиб 91% ҳолларда субретинал суюқликнинг тўлиқ сўрилишига олиб келади, бу эса анъанавий усул натижалари билан тўлиқ таққосланарлидир.
3. Ишлаб чиқилган алгоритм устунроқ хавфсизлик профилини намойиш этади: аутофлюоресценция маълумотларига кўра пигмент эпителийсининг ятроген нуқсонлари пайдо бўлишини истисно қилади ва 10-2 периметрияси маълумотларига асосан макуланинг ёруғликка сезгирлиги яхшироқ тикланишига ёрдам беради.
4. Индивидуал танланган параметрларга эга микроимпульсли таъсир касаллик патогенезига самарали таъсир кўрсатиб, субфовеал хориоидея қалинлигини (SFCT) ишончли тарзда камайтиради.

АДАБИЁТЛАР/REFERENCES

1. Педанова Е. К., Буряков Д. А., Володин Д. П. Пахихориоидальный спектр заболеваний: современные методы диагностики и лазерного лечения. Вестник офтальмологии. 2022;138(2): 120-128. [Pedanova EK, Buryakov DA, Volodin DP. Pachychoroid spectrum of diseases: modern methods of diagnosis and laser treatment. Vestnik oftal'mologii. 2022;138(2): 120-128. (In Russ.).]
2. Гацу М. В., Искендерова Н. Г. Оптимизация параметров субпорогового микроимпульсного лазерного воздействия при лечении центральной серозной хориоретинопатии. Офтальмохирургия. 2023;1: 34-40. [Gatsu MV, Iskenderova NG. Optimizatsiya parametrov subporogovogo mikroimpul'snogo lazernogo vozdeistviya pri lechenii tsentral'noi seroznoi

3. Van Dijk EHC, Boon CJF. Central serous chorioretinopathy: recent findings and new physiopathology hypothesis. *Prog Retin Eye Res.* 2021;82: 100907. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2015.05.003
4. Scholz P, Altay L, Fauser S. A review of subthreshold micropulse laser for treatment of macular disorders. *Adv Ther.* 2017;34(7): 1528-1555. <https://doi.org/10.1007/s12325-017-0559-y>
5. Roca JA, Wu L, Fromow-Campillo J, et al. Yellow (577 nm) micropulse laser versus half-dose verteporfin photodynamic therapy in eyes with chronic central serous chorioretinopathy: results of the Pan-American Collaborative Retina Study (PACORES) Group. *Br J Ophthalmol.* 2018;102(12): 1696-1700. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2017-311291>
6. Schneider CA, Rasband WS, Eliceiri KW. NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nat Methods.* 2012;9(7): 671-675. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2089>
7. Володин Д. П., Иванова Е. Н. Сравнение методов титрации мощности при лечении заболеваний макулы. Современные технологии в офтальмологии. 2023;2: 45-51. [Volodin DP, Ivanova EN. Sravnenie metodov titratsii moshchnosti pri lechenii zabolevanii makuly. *Sovremennye tekhnologii v oftalmologii.* 2023;2: 45-51. (In Russ.)]
8. Wood EH, Karth PA, Moshfeghi DM, Sanislo SR. Short-pulse and micropulse laser: a review of the literature. *Clin Ophthalmol.* 2017;11: 1913-1921.
9. Chhablani J, Bansal P, Veritti D, et al. Subthreshold micropulse 577 laser treatment for central serous chorioretinopathy: A review. *J Ophthalmic Vis Res.* 2024;19(1): 85-94. DOI:10.1371/journal.pone.0184112
10. Luttrull JK, Sinclair SH. Safety of transfoveal subthreshold diode micropulse laser for fovea-involving diabetic macular edema in eyes with good visual acuity. *Retina.* 2014;34(10): 2010-2020. <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000000177>