

МУЛЬТИХВИЛЬОВИЙ ДІАГНОСТИЧНО-ЛІКУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГІЇ

Богомолов М.Ф., доц, к.т.н.
nbogom@yahoo.com

Данилець М.О., студентка
maryadanyleth@gmail.com

Кафедра біомедичної інженерії
Національний технічний
університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Київ, Україна

Реферат – Судинна патологія є основною причиною зниження та втрати зору, загальні або місцеві порушення кровообігу часто приводять до сліпоти. Діагностична цінність огляду очного дна і важливість своєчасних лікувальних заходів полягає в тому, що очне дно являється єдиною в організмі ділянкою, де судинна система в повному об'ємі доступна прямому неінвазивному дослідженню, а її стан являється важливим прогностичним фактором різних захворювань організму. Так як лазерний вплив на сітківку і судинну оболонку може супроводжуватися рядом серйозних побічних ефектів, весь час тривають пошуки як альтернативних, менш «агресивних» способів лікування, так і спроби вдосконалити існуючі методики виконання лазерних процедур. У даній статті запропоновано розробку багатофункціонального діагностичного та терапевтичного пристрою для лікування очних захворювань. Використання мультихвильового лазерного джерела з можливістю роботи на декількох довжинах хвиль окремо або одночасно з налаштуванням інтенсивності кожної довжини хвилі розширює коло можливих застосувань. Проведено дослідження з гелій-неоновим та аргонним лазерами, характеристики яких відповідають вимогам щодо діагностики та лікування судин сітківки. В роботі представлено загальну структурну схему офтальмологічного пристрою.

Ключові слова – лазер, лазерна діагностика, лазерна терапія, мультихвильове випромінювання, судини, око.

I. ВСТУП

Проводити діагностику гемодинаміки ока необхідно, аби завчасно попередити захворювання [1]. Сучасна діагностика захворювань очного дна потребує застосування найбільш довершеного обладнання [2].

Загальне процентне співвідношення різних біохімічних та анатомо-морфологічних компонент в біотканинах різняться в стані норми та при патології. Тому функціональний і патофізіологічний стани тканин відображаються на їх оптичних властивостях, які можуть бути зареєстровані за допомогою методів лазерної діагностики [3]. Різні характеристики світлопоглинання біотканинами випромінювання різних довжин хвиль орієнтовані на два ендогенних хромофора, які мають першорядне значення в хірургії сітківки – меланін і гемоглобін [4].

Застосування мультихвильового лазерного джерела розширює коло можливих застосувань в лікуванні захворювань ока. Маючи можливість вибирати з декількох довжин лазерного випромінювання, що

відрізняються за своїми характеристиками проникнення в тканини ока, мультихвильовий пристрій дозволяє фахівцям оптимізувати довжину хвилі, яка максимально поглинається цільовим хромофором, і в той же час мінімально поглинається іншими хромофорами. В результаті забезпечується індивідуальне лазерне лікування з оптимальним клінічним результатом і мінімальними побічними ефектами [4]. Завдяки застосуванню в одному пристрої випромінювачів з різними довжинами хвиль можна повністю оцінити ураження на різній глибині очного дна і таким чином отримати якнайповнішу інформативну клінічну картину очного дна пацієнта [2].

Сучасні мультихвильові та комбіновані лазерні пристрої представлені такими апаратами як мультихвильовий скануючий лазер АЛМС-01, двохвильова лазерна система Symphony, комбінований лазер Visulas YAG III Combi, мультихвильовий лазер Visulas Trion.

Скануючий офтальмологічний лікувально-діагностичний комплекс на основі щільної лампи АЛМС-01 розроблений

Російським підприємством ЗАО «ОРИОН МЕДИК» і контрагентом ООО «Алком Медика» складається із мультихвильового лазера, призначеного для генерації і вводу в моноволокно лазерного випромінювання від декількох видів лазерних джерел (робочих: 532 нм і 810 нм, пілотного: 650 нм). За допомогою блоку управління лазерними випромінювачами, поєднаного з мультихвильовим лазером, забезпечується необхідне співвідношення інтенсивностей цих джерел (поліхромне випромінювання) у моноволокні. Скануюча патерн-система дозволяє наносити серію коагулятів на очному дні у відповідності до заданої програми. Прилад має сенсорну панель управління [4].

Двохвильова (532/810) нм лазерна система Symphony призначена для порогових і субпорогових методик лікування. В системі використовується універсальний адаптер з діаметром плями до 5 мм як для лазера з довжиною хвилі 532 нм, так і для лазера з довжиною хвилі 810 нм. Додатково система може комплектуватися мобільною стійкою для установки лазерних блоків і для зберігання приладдя [4, 5].

Visulas YAG III Combi являє собою комбінацію коагуляційного і дисрапційного лазерів, а також спеціалізованої щільної лампи. Комбінований лазер дозволяє проводити широкий спектр лазерних втручань. Він добре підходить для коагуляції сітківки, операцій при вторинній катаракті, антиглаукоматозних операцій – трабекулопластики і комбінованої іридотомії. Перемикання лазерів автоматичне, за допомогою кнопки. Переваги цієї оптимізованої системи: безпечність роботи за рахунок спеціальних активних фільтрів захисту від лазерного випромінювання; коаксіальне суміщення лазерного випромінювання зі щільовим освітленням і електричний мікроманіпулятор джойстика гарантують, що зона коагуляції буде знаходитись строго в центрі освітленої ділянки; парфокальна система регулювання розміру лазерної плями забезпечує рівномірне розподілення енергії в зоні коагуляції; чотирьохточкова система фокусування і можливість дозованого зміщення фокусу гарантує прецизійну точність наведення на об'єкт впливу; симетричне розміщення

елементів управління щільної лампи забезпечує додаткову зручність роботи із системою [5].

Мультихвильовий лазер Visulas Trion, застосований для лазерного лікування сітківки, забезпечує застосування випромінювання зеленої (532 нм), жовтої (561 нм) і червоної (659 нм) частин спектру [6].

Метою даної роботи є, на основі аналізу існуючих аналогів, розробити мультихвильовий лазерний прилад для діагностики та лікування судин сітківки ока, з можливістю сукупної дії чотирьох лазерних випромінювачів, вибору потужності та частоти модуляції лазерного випромінювання у зоні опромінення, із підвищеною точністю формування енергетичної дози опромінення.

II. СУДИННА ОБОЛОНКА ОКА

Діагностична цінність огляду очного дна і важливість своєчасних лікувальних заходів полягає в тому, що очне дно - це єдина в організмі ділянка, де судинна система в повному обсязі доступна прямому неінвазивному дослідженню. Стан судинної системи сітківки є також важливим прогностичним фактором різних захворювань організму [11].

Хоріоїдея, або власне судинна оболонка органа зору, первинно або повторно залучається в патологічний процес при запальних захворюваннях задньої частини ока, а детальна оцінка її стану необхідна для визначення етіології, активності і поширеності захворювання і контролю ефективності терапії. Більшість консервативних методів дослідження не дозволяють отримати повну інформацію про стан хоріоїдеї на різній глибині і диференціювати шари судинної оболонки, але цього можна досягти за допомогою методів лазерної діагностики.

За допомогою оптичної когерентної томографії (ОКТ) з модулем покращеної глибини зображення (EDI-ОКТ) встановлено, що у нормі товщина судинної оболонки значно варіює і становить у дорослих в субфовеолярній зоні в середньому від 287 до 335 мкм. Товщина хоріоїдеї залежить від статі (у чоловіків більша, ніж у жінок), віку (зменшується приблизно на 15,6 мкм кожен декаду життя), передньозаднього розміру і

рефракції ока. Так товщина хоріоїдеї зменшується на 7,52-8,7 мкм на кожному діоптрію міопії. Максимальна товщина хоріоїдеї спостерігається в субфовеолярній зоні, мінімальна - в нижньому і зовнішньому відділах. Виявлена кореляція результатів вимірювання товщини хоріоїдеї за допомогою різних сучасних приладів.

У здорових дітей у віці від 3 до 16 років товщина хоріоїдеї більше, ніж у дорослих і складає в субфовеолярній зоні в середньому від $314,22 \pm 55,48$ мкм до $348,4 \pm 82,5$ мкм, що необхідно враховувати при оцінці її патологічних змін. Товщина судинної оболонки не залежить від статі дитини і прямо корелює зі зростанням і масою тіла [8, 9].

Встановлено, що для гострої фази хвороби Фогта-Коянагі-Харада, активного увеїту при хворобі Бехчета, саркоїдозі і токсоплазмозі характерне значне збільшення товщини хоріоїдеї і, в подальшому на тлі лікування її нормалізація, а в ряді випадків – зменшення. Зменшення товщини судинної оболонки спостерігалось також на стадії клінічної ремісії хоріоретинопатії, увеїту при синдромі Фукса, задніх неінфекційних та ідіопатичних панувейтах, що, ймовірно, обумовлено атрофією судинної оболонки в результаті запального та ішемічного процесів [8, 9].

Важливо дуже уважно ставитися до пацієнтів, у яких товщина хоріоїдеї менше середніх значень відносно нормальних показників товщини судинної оболонки. Таких пацієнтів треба спостерігати не рідше 1 разу на рік, адже припускається, що при зниженні товщини хоріоїдеї збільшується ризик дегенеративних уражень хоріоретинального комплексу заднього відділу ока, що в подальшому може призводити до формування субретинальної неоваскулярної мембрани. Потоншення хоріоїдеї супроводжується порушенням кровообігу очного дна, що є одним з факторів ризику розвитку новоутворених судин [10].

III. ВИБІР ЛАЗЕРНОГО ДЖЕРЕЛА ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ДІАГНОСТИКИ ТА ЛІКУВАННЯ СУДИННОЇ ОБОЛОНКИ ОКА

Оскільки лазерний вплив на сітківку і судинну оболонку супроводжується рядом

серйозних побічних ефектів, весь час тривають пошуки як альтернативних, менш «агресивних» способів лікування, так і спроби вдосконалити існуючі методики виконання лазерних процедур [11]. Актуальним є підбір оптимального лазерного джерела для здійснення тих чи інших маніпуляцій, а також характеру впливу лазерним випромінюванням на структури ока, адже недооцінка факторів ризику на фоні лікувальних заходів може призвести до зниження їх терапевтичної ефективності [12]. Продовжують розвиватися різні технології лазерних впливів на пігментний епітелій сітківки та хоріоїдею при різних захворюваннях центральної області очного дна. Вибір і вибірковість дії довжини хвилі лазера, труднощі дозування лазерної енергії на змінні тканини сітківки ока до сьогодні є предметом дискусії серед вчених [13].

На рис. 1 [14] зображено ступінь проникнення різних довжин хвиль лазерного випромінювання в око людини.

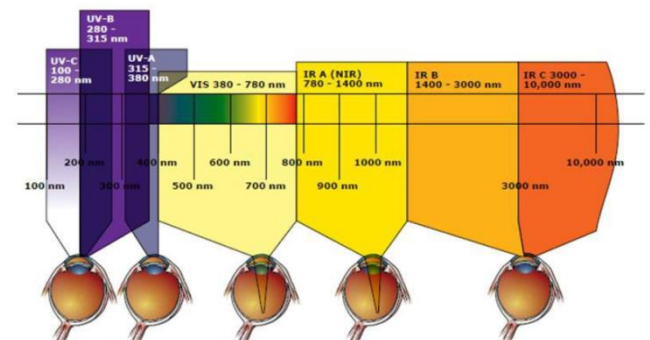


Рис. 1. Проникнення випромінювання з різними довжинами хвиль в око людини.

Стандартні методики лазерних втручань на очному дні виконуються за допомогою твердотілого Nd-YAG с подвоєною частотою (з довжиною хвилі випромінювання 532 нм, зеленої частини спектра), аргонного (з довжиною хвилі випромінювання 488 нм або 514 нм, зеленої або синьо-зеленої частини спектра) або діодного (з довжиною хвилі випромінювання 810 нм, інфрачервоної частини спектра) лазерів.

Ряд робіт різних авторів присвячений вивченню субпорогових впливів в мілі- та мікроімпульсному режимах з використанням лазерів з довжиною хвилі 532 нм, 577 нм, 810 нм. Існують різні точки зору щодо особливостей застосування цієї технології, а

також різноманітні підходи до підбору індивідуальних параметрів потужності лазерного випроміння [13].

Згідно дослідженню [15] лазерний вплив на пігментний епітелій сітківки довжиною хвилі 577 нм з підбором потужності випромінювання в мікроімпульсному режимі з використанням 50% від порогової потужності є більш щадним для досліджуваних структур хоріоретинального комплексу в порівнянні з класичною і селективною лазерною коагуляцією (532 нм і 577 нм) та може бути застосований в клініці для лікування захворювань очного дна як найменш інвазивний лазерний вплив на хоріоретинальний комплекс.

В роботі [12] досліджено можливість застосування ІАГ-лазерного фотодеструктора, що дозволяє здійснювати перфорації, розрізи і резекції різних оболонок і тканин ока, в тому числі судинної і ретинальної тканин. Представлений метод являє собою комбінацію прямої лазеркоагуляції кровоносної судини з подальшим ІАГ-лазерним перетином для попередження гемофтальму. Такий підхід був застосований для судин «висячого» типу. На першому етапі здійснювався коагулюючий вплив на судину з метою її спазму і припинення кровотечі. Для проведення процедури використовувалося випромінювання Nd:YVO₄-лазера з довжиною хвилі 532 нм, потужністю 800-1000 мВт, діаметром плями 50-100 мкм, тривалістю імпульсу 0,15-0,2 сек. На другому етапі в межах 1-3 хвилин після коагуляції виконувався ІАГ-лазерний перетин судини в середині відкоагульованого відрізка із наступними параметрами: довжина хвилі – 1064 нм, діаметр плями в фокусі – 8 мкм, тривалість імпульсу – 4 нс, енергія в імпульсі – 5-8 мДж. Параметри лазерного випромінювання залежать від типу судини (артеріальна чи венозна), її діаметру, прозорості оптичних середовищ ока, тому в кожному випадку підбираються індивідуально [12].

В роботі [16] для лазерного лікування хоріоретинальних судинних новоутворень використовувалося випромінювання на довжині хвилі 577 і 810 нм в залежності від зони ураження і глибини проникнення випромінювання. З огляду на те, що лазерне випромінювання в жовтому спектрі (577 нм)

добре підходить для коагуляції хоріоретинальних судинних новоутворень, включаючи навколишні структури і при наявності набряку сітківки. При лікуванні гемангіоми хоріоїдеї з залученням центральної зони сітківки проводилася транспупілярна термотерапія з використанням лазерного випромінювання 810 нм ІЧ-спектру, який не поглинається макулярним пігментом ксантофілом і не пошкоджує нейроепітеліальний шар сітківки, але проникає глибше до структур хоріоїдеї. Для різних пацієнтів варіювалася кількість сеансів лазерного лікування та час експозиції. Отримані авторами дані вказують на ефективність даного методу при впливі на судинні новоутворення, розташовані поза центральною зоною очного дна [16].

Згідно результатів досліджень описаних в роботі [11], встановлено, що для проведення лазерної дистанційної анемізації зони планованого розрізу оптимальним є режим роботи Nd-YAG-лазера з довжиною хвилі 1,44 мкм із частотою 5 Гц і енергією 100 мДж. Для досягнення дистанційного гемостазу можна рекомендувати кілька варіантів параметрів енергії:

- при частоті імпульсів 5 Гц - енергія в імпульсі від 150 до 200 мДж;
- при частоті імпульсів 10 і 15 Гц - енергія від 100 до 150 мДж;
- при частоті імпульсів 25 Гц - енергія не більше 100 мДж.

Перевагою застосування такого лазерного джерела для зупинки кровотечі епісклеральних і кон'юнктивальних судин ока є те, що не залишається рубця, а також можлива реканалізація окремих судин [11].

ІV. УНІВЕРСАЛЬНИЙ ДІАГНОСТИЧНО-ЛІКУВАЛЬНИЙ ПРИСТРІЙ

Дія приладу для діагностики та лікування судин сітківки ока базується на поєднанні сукупної дії декількох лазерних джерел. Nd:YAG-лазер з подвоєнням частоти, що випромінює на довжині хвилі 532 нм («зелений» лазер) і є в даний час «золотим стандартом» для лазерної хірургії сітківки, працюючи як в імпульсному, так і в постійному режимах [17].

Криптоновий лазер (Kr) випромінює

світло в жовтому і червоному діапазонах (568 нм і 647 нм), які максимально поглинаються пігментним епітелієм і судинною оболонкою, не викликаючи пошкоджень нервового шару сітківки, що особливо важливо при коагуляції центральних відділів сітківки [17]. Таке випромінювання успішно використовується для лікування глибокої хоріоїдальної патології, завдяки істотно більшому поглинанню ендотеліальними клітинами, які вистилають стінки кровоносних судин [4].

Додатково лазерний блок оснащений гелій-неоновим (He-Ne) ЛГН-207А: працює на довжині хвилі 632.8 нм, яка проникає до кровоносних судин, та іонним аргоновим лазером з довжиною хвилі 488 або 514 нм (випромінює світло в синьому і зеленому діапазонах, що співпадає зі спектром поглинання гемоглобіну та меланіну і дозволяє використовувати аргонний лазер при лікуванні судинної патології). Потужність застосованого He-Ne лазера не перевищує 2 мВт, що ідеально підходить для використання в діагностиці судин.

Поєднання чотирьох джерел лазерного випромінювання застосоване для одночасної реалізації методик діагностики та лікування. Крім того, такий випромінювач дозволяє одночасно впливати на різні морфологічні структури органу зору. Вибір джерел лазерного випромінювання для роботи з судинами ока базується на характерному спектрі поглинання, відбивання, розсіювання, якими володіють біохімічні та клітинні компоненти біотканин.

Узагальнена структурна схема офтальмологічного пристрою зображена на рис. 2. Пристрій містить такі компоненти: базовий блок 1, блок керування 2, блок живлення 3, оптичний блок 4, лазерні випромінювачі 5-8, волоконно-оптичний перетворювач 9, схема узгодження джерел випромінювання та світловода 10, оптичний роз'єм 11, мікролінза 12, оптоволокну (світловод) 13, формуюча система 14, бінокляр 15, щілинна лампа 16, екран 17, сенсор вимірювача доз лазерного випромінювання 18, вимірювач доз лазерного випромінювання 19, пристрій порівняння 20, задавач потужності лазерного випромінювання 21, скануюча система 22, освітлювач 23, лампа 24, лінза 25, вхідна щілина 26, об'єктив 27, регулятор інтенсивності 28, оптичний фільтр

29, вихідна щілина 30, око 31, мікропроцесор 32.

Базовий блок, в якому знаходяться мікропроцесор і блок керування, підключені до блоку живлення, служить для контролю роботи апарату, задання режимів і параметрів випромінювання та індикації налаштувань, містить мікропроцесор. Блок керування забезпечений можливістю дистанційного управління. Завдяки застосуванню мультисхвильового лазерного джерела випромінювання отримано можливість застосування лазерних випромінювачів окремо один від одного, з незалежною установкою параметрів: частоти, потужності випромінювання, часу впливу, діаметра плями, так і одночасної роботи декількох довжин хвиль. Оптичний блок 2 включає чотири лазерні випромінювачі, пов'язані з блоком живлення через блок керування. Виходи випромінювачів зведені в волоконно-оптичному перетворювачі і через його оптичний роз'єм пов'язані зі світловодом за допомогою схеми узгодження. Формуюча система передає лазерне випромінювання від вихідної апертури гнучкого волоконного світловоду до внутрішньоочних середовищ, а також для плавного регулювання діаметрів плям робочих лазерів. Для контролю задання оптимальної дози випромінювання вмонтовано сенсор вимірювача потужності доз лазерного випромінювання, який з'єднаний з пристроєм порівняння, а він в свою чергу з задатчиком потужності лазерного випромінювання та мікропроцесором.

Для отримання зображення ока пацієнта слугує система візуалізації, в якості якої використано щілинну лампу, яка також містить бінокляр із стереомікроскопом.

Для отримання якіснішого зображення вмонтовано додатковий освітлювач.

Випромінювання оптичного джерела (вольфрамова лампа), інтенсивність випромінювання якої змінюється від довжини робочої хвилі, розповсюджується через лінзу, вхідну щілину і об'єктив, направляється на регулятор інтенсивності і оптичний фільтр, розташовані перед вихідною щілиною, після якої світло направляється на око.

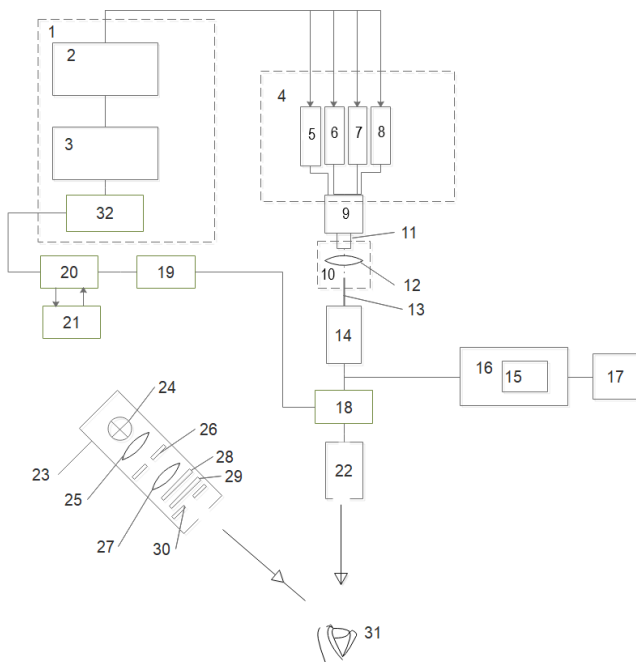


Рис. 2. Узагальнена структурна схема офтальмологічного пристрою: 1 – базовий блок, 2 – блок керування, 3 – блок живлення, 4 – оптичний блок, 5-8 – лазерні випромінювачі, 9 – волоконно-оптичний перетворювач, 10 – схема узгодження джерел випромінювання та світловода, 11 – оптичний роз’єм, 12 – мікролінза, 13 – світловід, 14 – формуюча система, 15 – бінокляр, 16 – щілинна лампа, 17 – екран, 18 – сенсор вимірювача доз лазерного випромінювання, 19 – вимірювач доз лазерного випромінювання, 20 – пристрій порівняння, 21 – задавач потужності лазерного випромінювання, 22 – скануюча система, 23 – освітлювач, 24 – лампа, 25 – лінза, 26 – вхідна щілина, 27 – об’єктив, 28 – регулятор інтенсивності, 29 – оптичний фільтр, 30 – вихідна щілина, 31 – око, 32 – мікропроцесор

У даному пристрої запропонований широкий діапазон частот випромінювання, в залежності від розмірів судин очного дна та структурних елементів біотканини. Вибір потрібної частоти здійснює лікар.

Після проходження через блок візуалізації, зображення виводиться на екран. Так як робота із даним пристроєм передбачає використання монітору ПК та подальшу обробку даних, необхідно правильно організувати робоче місце з дотриманням усіх ергономічних норм.

V. ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день оцінці стану хоріоїдеї при різноманітних увеїтах присвячено небагато робіт, обмежених як етіопатогенетичним спектром захворювань, так і кількістю обстежених пацієнтів.

Дослідження хоріоїдеї відкриває нові можливості для вивчення патогенезу, ранньої діагностики та лікування пацієнтів з очними захворюваннями.

На основі порівняльного аналізу мультихвильових лазерних комплексів здійснюється розробка універсального діагностично-лікувального пристрою широкого спектру дії, який дозволить розширити функціональні можливості лазерної діагностики і терапії та, як наслідок, підвищити ефективність процедур. В роботі представлено узагальнену структурну схему та описано особливості роботи пристрою в цілому.

Мультихвильовий пристрій із щільною лампою з високою роздільною здатністю, дозволить не тільки здійснювати обстеження пацієнтів, а і, при необхідності, проводити операції або терапевтичні процедури для широкої області патологій судинної оболонки очного дна. Для підвищення продуктивності та ефективності впливу лазерного випромінювання у приладі пропонується застосування мікроконтролера у блоці керування та забезпечення дистанційного управління, що дає змогу розширити функціональні можливості оброблення даних шляхом візуалізації зображення структури біотканини ока.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

- [1] Захворювання сітківки. Невідкладні стани в офтальмології [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://www.umsa.edu.ua/storage/kf_ofthalm_mz/files/K1Ku98qkU_dwhg80NIN6D3OCBhOBb2bNhVbQE42HJ.pdf.
- [2] Кочергин С.А., Слонимский С.Ю., Овсянко А.А., Гупало О.Д. Некоторые аспекты применения сканирующей лазерной офтальмоскопии в диагностике офтальмопатологии. Офтальмология. 2017;14(3):227-232. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2017-3-227-232>
- [3] Баранов В. Н. Лазерные и светодиодные медицинские приборы и системы: учебное пособие / В. Н. Баранов, О. Н. Кузяков, М. С. Бочков. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2012. – 176 с.
- [4] Мультиволновой лазерный офтальмокоагулятор / [Л. Н. Пантелеев, Ю. С. Астахов, А. А. Иванов та ін.] // Оптический журнал / [Л. Н. Пантелеев, Ю. С. Астахов, А. А. Иванов та ін.]. – Санкт-Петербург, 2014. – (2). – С. 55–61.
- [5] Мультиволновые/комбинированные лазерные системы [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://intelmed.ru/oft/ofthalmokhirurgiya/ofthalmologicheskie-lazery/multivolnovye-kombinirovannye-lazernye-sistemy/>.
- [6] Офтальмологический лазер ZEISS VISULAS Trion [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://zeiss-solutions.ru/equipment/ofthalmologiya/ofthalmologicheskie-lazery/zeiss-visulas-trion/>.

- [7] Применение лазеров в офтальмологии: учебное пособие для врачей-интернов специальности "Офтальмология" / Н. Г.Завгородня, Б. С. Безуглый, М. Б. Безуглый, Л. Э. Саржевская. – Запорожье: ЗГМУ, 2015. – 79 с.
- [8] Катаргина Л.А., Денисова Е.В., Новикова О.В. Состояние сосудистой оболочки глаза при увеитах различной этиологии по данным оптической когерентной томографии. Российская педиатрическая офтальмология. 2017; 12(1): 27-34. DOI: <http://dx.doi.org/10.18821/1993-1859-2017-12-1-27-34>.
- [9] Романова Т. А. Ультроструктурні зміни хоріоїдеї та пігментного епітелію сітківки кроликів після субпорогового лазерного впливу лазерами, які генерують випромінювання з довжиною хвилі 532 нм, 577 нм та 810 нм з використанням міліімпульсного та мікроімпульсного режимів / Т. А. Романова // Харківська хірургічна школа / Т. А. Романова. – Харків: Видавництво Харківської хірургічної школи, 2014. – С. 74–79.
- [10] Шадричев Федор Евгеньевич, Краснощекова Екатерина Евгеньевна Pascal - новая полуавтоматическая патерн-сканирующая лазерная установка // Офтальмол. ведомости. 2010. №2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pascal-novaya-poluavtomaticheskaya-patern-skaniroyuschaya-lazernaya-ustanovka> (дата обращения: 04.12.2020).
- [11] Ильясова Н. Ю., Устинов А. В., Баранов В. Г. Экспертная компьютерная система диагностики глазных заболеваний по изображениям глазного дна // КО. 1999. №19. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekspertnaya-kompyuternaya-sistema-dagnostiki-glaznyh-zabolevaniy-po-izobrazheniyam-glaznogo-dna>.
- [12] Магарамов Д. А. Оптимизация методов диагностики и лазерных методов лечения хориоретинальных новообразований / Д. А. Магарамов, А. А. Яровой, В. А. Соломин // Современные технологии в офтальмологии / Д. А. Магарамов, А. А. Яровой, В. А. Соломин. – Москва: Национальный медицинский исследовательский центр "МНТК "Микрохирургия глаза" им. акад. С.Н. Федорова", 2016. – С. 111–115.
- [13] Федченко С.А., Задорожный О.С., Молчанюк Н.И., Король А.Р. Сравнительная оценка ультраструктурных изменений хориоретинального комплекса глаз кроликов после воздействия лазерного излучения с длиной волны 577 нм и 532 нм. Офтальмологический журнал. 2017. № 6 (479): 617.723+617.735:616-076.4-085.814.19-092.9
- [14] Алюмо-иттриевый лазер с легированием неодимом [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://habr.com/ru/post/234103/>.
- [15] Янилкина Ю. Е. Комбинированное лазерное лечение осложненных клапанных разрывов сетчатки на основе современных методов визуализации периферического витреоретинального интерфейса : дис. канд. мед. наук : 14.01.07 – Глаз / Янилкина Ю. Е. – Москва, 2018. – 124 с.
- [16] Дога А.В., Магарамов Д.А., Соломин В.А. Диагностическая ценность измерения толщины хориоидеи у пациентов с субмакулярной неоваскулярной мембраной. *Офтальмохирургия*. 2014;(2): 617.723-002-073. <https://doi.org/10.25276/0235-4160-2019-4-37-41>
- [17] Применение лазеров в офтальмологии: учебное пособие для врачей-интернов специальности "Офтальмология" / Н. Г.Завгородня, Б. С. Безуглый, М. Б. Безуглый, Л. Э. Саржевская. – Запорожье: ЗГМУ, 2015. – 79 с.

УДК 535.338; 621.35; 541.13

МУЛЬТИВОЛНОВОЕ ДИАГНОСТИЧНО-ЛЕЧЕБНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОФТАЛЬМОЛОГИИ

Богомолов М.Ф., доц, к.т.н.

nbogom@yahoo.com

Данилец М.О., студентка

maryadanyleth@gmail.com

Кафедра биомедицинской инженерии

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Киев, Украина

Реферат – Сосудистая патология является основной причиной снижения и потери зрения, общие или местные нарушения кровообращения часто приводят к слепоте. Диагностическая ценность осмотра глазного дна и важность своевременных лечебных действий заключается в том, что глазное дно является единственным в организме участком, где сосудистая система в полном объеме доступна прямому неинвазивному исследованию, а ее состояние является важным прогностическим фактором различных заболеваний организма. Так как лазерное воздействие на сетчатку и сосудистую оболочку может сопровождаться рядом серьезных побочных эффектов, все время продолжаются поиски как альтернативных, менее «агрессивных» способов лечения, так и попытки усовершенствовать существующие методики выполнения лазерных процедур. В данной статье предложена разработка многофункционального диагностического и терапевтического устройства для лечения глазных заболеваний. Использование мультиволнового лазерного источника с возможностью работы на нескольких длинах волн отдельно или одновременно с настройкой интенсивности каждой длины волны расширяет круг возможных применений. Проведены исследования с гелий-неоновым и аргоновым лазерами, характеристики которых соответствуют требованиям для диагностики и лечения сосудов сетчатки. В работе представлена общая структурная схема офтальмологического устройства.

Ключевые слова – лазер, лазерная диагностика, лазерная терапия, мультиволновое излучение, сосуды, глаз.

UDC 535.338; 621.35; 541.13

MULTIWAVE DIAGNOSTIC AND TREATMENT DEVICE FOR OPHTHALMOLOGY

Bogomolov M. F., Associate Professor, Ph.D..

nbogom@yahoo.com

Danylets M.O., student

maryadanyleth@gmail.com

Department of Biomedical Engineering

National Technical University of Ukraine

“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

Kiev, Ukraine

Abstract – Vascular pathology is the main cause of decreased and lost vision, general or local circulatory disorders often lead to blindness. The diagnostic value of fundus examination and the importance of timely treatment is that the fundus is the only area in the body where the vascular system is fully accessible to direct non-invasive examination, and its condition is an important prognostic factor for various diseases. Due to the fact that laser exposure to the retina and choroid can be accompanied by a number of serious side effects, the search for both alternative, less "aggressive" treatments and attempts to improve existing methods of laser procedures is ongoing. This article proposes the development of a multifunctional diagnostic and therapeutic device for the treatment of eye diseases. The use of a multi-wave laser source with the ability to work on multiple wavelengths separately or simultaneously with the adjustment of the intensity of each wavelength expands the range of possible applications. Studies with helium-neon and argon lasers, the characteristics of which meet the requirements for the diagnosis and treatment of retinal vessels. The general structural scheme of the ophthalmic device is presented in the work.

Keywords – laser, laser diagnostics, laser therapy, multiwave radiation, vessels, eye.