

Трансклеральна циклофотокоагуляція: порівняння гістопатологічних ефектів неодимового та діодного лазерів (експериментальне дослідження)

Гузун О. В., канд. мед. наук; Задорожний О. С., д-р мед. наук; Чечин П. П., канд. мед. наук; Артьомов О. В., канд. мед. наук; Ваель Шаргі, аспірант, Король А. Р., д-р мед. наук

ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України»
Одеса (Україна)

Мета. Визначити в експерименті гістопатологічні зміни структур ока кролика після трансклерального селективного впливу на дистальну частину цилиарного тіла лазерного випромінювання з довжиною хвилі 810 нм та 1064 нм та порівняти отримані гістопатологічні ефекти діодного та неодимового лазерів.

Матеріал та методи. Експеримент було проведено на чотирьох кроликах (вісім очей) породи шиншила. На чотирьох очах трансклеральна коагуляція цилиарного тіла проводилася за допомогою Nd:YAG лазера з $\lambda=1064$ нм з адаптованим моноволоконним кварцевим зондом діаметром 600 мкм. Енергія в імпульсі становила 1,0 Дж, тривалість імпульсу 3 мс. Та на чотирьох очах виконувалася діодна трансклеральна коагуляція цилиарного тіла з $\lambda=810$ нм (Vitra 810 Quantel Medical, Франція), з потужністю 1 Вт та експозицією 1,5 с (енергія 1,5 Дж).

Результати. Експериментальне гістопатологічне дослідження очей кроликів показало, що використання лазерного випромінювання з довжиною хвилі 810 нм з енергією 1,5 Дж при контактній трансклеральній циклодеструкції та лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1064 нм з енергією 1,0 Дж при контактнo-компресійній трансклеральній циклодеструкції не мають статистичних відмінностей в виникненні фокального некроза безпігментного шару цилиарного епітелію та набряку стромы цилиарного тіла.

Висновки. Використання лазерного випромінювання з довжиною хвилі 810 нм з енергією 1,5 Дж при контактній трансклеральній циклодеструкції або лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1064 нм з енергією 1,0 Дж при контактнo-компресійній трансклеральній циклодеструкції в експерименті на кроликах однаково забезпечує селективний термічний вплив на епітелій цилиарного тіла з обмеженим ушкодженням сусідніх структур.

Ключові слова:

циліарне тіло, діодний лазер; Nd:YAG лазер; трансклеральна циклофотокоагуляція; гістопатологія

Актуальність. На сьогоднішній день серед існуючих методів циклодеструкції все більш широке застосування в лікуванні вторинної неоваскулярної глаукоми знаходять різні варіанти трансклеральної (ТСК) циклофотокоагуляції (ЦФК) [1]. Однак значні показники ускладнень внаслідок недостатньо селективного впливу лазерного випромінювання на структури цилиарного тіла обмежують використання цього методу у пацієнтів зі збереженими зоровими функціями. Відомо, що при застосуванні високих енергій лазера для проведення ТСК ЦФК ризик надмірного ушкодження цилиарного тіла та оточуючих його тканин суттєво зростає [2; 3]. Так, деякі автори пропонували виконувати ТСК ЦФК з потужністю лазерного випромінювання 1,5 Вт та експозицією 1,5 с, з поступовим збільшенням енергії [4], а інші автори використовували більш високу енергію діодного лазера (потужність 1,5–2 Вт, експозиція 2 с,) [5], що може супроводжуватись додатковим пошкодженням тканин ока.

Більшість авторів роблять акцент на використанні ТСК ЦФК діодного ($\lambda=810$ нм) лазера, а інші віддають перевагу Nd:YAG ($\lambda=1064$ нм) лазера [6; 7]. Таким чи-

ном, на сьогодні відсутній консенсус стосовно переваг різних типів лазера при виконанні ТСК ЦФК, ефективності методів трансклерального лазерного впливу, а також робочих значень лазерної енергії, що використовуються для трансклеральної циклодеструкції.

Як відомо, лазерне інфрачервоне випромінювання ближнього діапазону спектра, як з довжиною хвилі 1064 нм, так і 810 нм, поглинається гранулами меланіну пігментного цилиарного епітелію, причому випромінювання з $\lambda=810$ нм поглинається краще [8-10]. Даний факт робить більш привабливим для застосування при ТСК ЦФК саме випромінювання діодного лазера з довжиною хвилі 810 нм з метою використання меншої енергії порівняно з неодимовим лазером. В той же час відомо про кращу пропускну здатність склери (приблизно 75%) та більш слабе зворотне розсіювання випромінювання Nd:YAG лазера, порівняно з випромінюванням діодного лазера (приблизно 35%). До того ж дозвана компресія склери при ТСК ЦФК з викорис-

танням випромінювання з довжиною хвилі 1064 нм додатково підвищує склеральне пропускання та дозволяє зменшити енергію лазерного впливу [11; 12].

Раніше в експерименті нами було показано, що енергія (1,2 Дж) неодимового лазера (1064 нм) при транссклеральній контактній-компресійній (ТСКК) ЦФК ушкоджувала субкон'юнктивальну тканину і склеру, приводила до розволокнення колагенової стромы по ходу лазерного випромінювання з формуванням каналу, що супроводжувалось відшаровуванням епітелію циліарного тіла на значній площі [13]. Подальші наші експериментальні дослідження ТСК ЦФК з використанням випромінювання діодного лазера (810 нм) показали, що збільшення енергетичних параметрів до 3 Дж викликає не тільки вогнища за типом коагуляційного некрозу, що включають детрит клітин пігментного епітелію та деструктовані безпігментні клітинні елементи циліарного тіла, а також ушкодження стромы циліарного тіла та склери [3].

Враховуючи результати проведених досліджень, ми припустили, що зниження енергетичних параметрів лазерного втручання при проведенні ТСК ЦФК з використанням як діодного (810 нм), так і неодимового (1064 нм) лазера призведе до селективних та контрольованих термічних пошкоджень циліарного тіла на рівні пігментного та безпігментного циліарного епітелію, що зменшить ризик ушкоджень оточуючих тканин в процесі лазерної циклодеструкції при збереженні її терапевтичного ефекту [14].

Тому **метою** нашої роботи було визначити в експерименті гістопатологічні зміни структур ока кролика після транссклерального селективного впливу на дистальну частину циліарного тіла лазерного випромінювання з довжиною хвилі 810 нм та 1064 нм та порівняти отримані гістопатологічні ефекти діодного та неодимового лазерів.

Матеріал і методи

Експериментальне дослідження було схвалено біоетичною комісією ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» (протокол № 4 від 09.07.2024 року). Експеримент проводився відповідно до заходів по забезпеченню безпеки, етичного ставлення та дотримання правил роботи з експериментальними тваринами згідно з «Європейською конвенцією про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986 р.), та Законом України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження».

Експеримент було проведено на чотирьох кроликах (8 очей) породи шиншила. На чотирьох очах транссклеральна коагуляція циліарного тіла проводилася за допомогою Nd:YAG лазера з $\lambda=1064$ нм з адаптованим моноволоконним кварцевим зондом діаметром 600 мкм. Енергія в імпульсі становила 1,0 Дж, тривалість імпульсу 3 мс. Так, на чотирьох очах виконувалася діодна транссклеральна коагуляція циліарного тіла з $\lambda=810$ нм (Vitra 810 Quantel Medical, Франція), з по-

тужністю 1 Вт та експозицією 1,5 с (енергія 1,5 Дж). Для місцевої анестезії використовували епібульбарно оксидпрокаїн 0,4% троекратно та ретробульбарно вводили 1 мл 2% розчину лідокаїну гідрохлориду. Методика обох лазерних втручань включала розміщення зонду в 1,5–2 мм від лімба паралельно зорової осі. Наносилися в середньому 20 коагулянтів на півкола (180°). Процедура ТСКК ЦФК з $\lambda=1064$ нм виконувалася з компресією склери торцем світловода.

Гістопатологічні дослідження проводились у лабораторії патоморфологічних та електронно-мікроскопічних досліджень ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України». Було проведено аналіз результатів вивчення 273 гістопатологічних препаратів, виготовлених у термін 10 днів після ТСК ЦФК, забарвлених гематоксилін-еозинном, зі збільшенням $70\times 100\times$, $180\times$, $200\times$ і $400\times$. Гістопатологічні зміни, які зазвичай не спостерігаються в нормальних очних яблуках кроликів, оцінювались як присутні або відсутні в кожному препараті, також розраховувався відсоток загальної кількості залучених зрізів (частота). Препарати, в яких був відсутній циліарний епітелій, виключалися з аналізу. Найбільш часті гістопатологічні особливості були включені до аналізу і порівняні в двох групах лазерного втручання.

Статистичний аналіз був проведений за допомогою програмного забезпечення Statistica (версії 10,0, StatSoft Inc., США). Кількісні дані перевіряли на розподіл нормальності за допомогою тесту Шапіро-Вілка. Дані підраховані та представлені графічно у відсотках. Значущість взаємозв'язку між використаними двома лазерами $\lambda=1064$ нм або $\lambda=810$ нм у факторній таблиці розмірності 2×2 (таблиці сполученості ознак) досліджували за допомогою точного тесту Фішера. В усіх випадках $p<0,05$ вважалося статистично значущим. Для проведення аналізу виявлення сили зв'язку між ЦФК з $\lambda=1064$ нм і $\lambda=810$ нм та гістологічними змінами в циліарному тілі визначався критерій Крамера V.

Результати

Усього було проаналізовано 125 препаратів при використанні $\lambda=1064$ нм та 148 – при $\lambda=810$ нм, отриманих з тканин очей кроликів, що містять циліарний епітелій, через 10 днів після ТСК ЦФК.

Найбільш часті зміни, які ми відмічали та аналізували в гістологічних зрізах після ТСК ЦФК обох лазерів, були:

- 1) набряк стромы циліарного тіла;
- 2) фокальний некроз безпігментного шару циліарного епітелію;
- 3) деструкція та фокальний некроз безпігментного та пігментного епітелію циліарного тіла;
- 4) відділення пігментного циліарного епітелію від стромы.

При впливі лазерної енергії неодимового лазера $\lambda=1064$ нм потужністю 1,0 Дж (рис. 1) в більшості препаратів відзначалося відшарування та деструкція безпігментного шару епітелію циліарного тіла, гомогеніза-

ція строми, руйнування частини циліарних відростків. Прикоренева зона райдужної оболонки була набрякла, а частина клітин піддавалася некрозу, стромальні елементи були розпушені. Спостерігалася деструкція пігментного епітелію райдужної оболонки (рис. 1-А – див. 2 стор. обкладинки). Місцями відзначалося, крім набряку строми циліарного тіла, відшарування безпігментного епітелію з утворенням вакуолеподібних утворень, скупчення гомогенних включень, що містять білок, між циліарними відростками в куту передньої камери (рис. 1-В – див. 2 стор. обкладинки).

При впливі лазерної енергії діодного лазера $\lambda=810$ нм з використанням енергії 1,5 Дж в проекції циліарного тіла також в значній кількості препаратів було виявлено набряк строми циліарного тіла, але переважали ділянки деструкції безпігментного і пігментного епітелію циліарного тіла, набряк та грудки пігменту в стромі циліарного тіла (рис. 2-А – див. 2 стор. обкладинки). Деструкція та фокальний некроз безпігментного та пігментного епітелію циліарного тіла, а також відділення пігментного циліарного епітелію від строми (рис. 2-В – див. 2 стор. обкладинки). Але явищ коагуляції колагену, руйнування строми циліарного тіла та склери в зоні лазерного впливу та навколишніх тканинах, як правило, не відмічалось, як ми попередньо спостерігали після впливу лазерного випромінювання з більшою енергією [3].

При використанні обох лазерів в гістологічних препаратах відзначалися зміни в стромі циліарного тіла, в основному реактивного характеру (набряк, вакуолізація та порушення мікроциркуляції), які не мали зв'язку з використанням лазерного випромінювання будь-якої довжини хвилі.

В поодиноких препаратах при використанні як $\lambda=1064$ нм, так і $\lambda=810$ нм, ми визначили коагуляцію колагену та руйнування строми циліарного тіла, але це, скоріше за все, виникало при повторному лазерному впливі в те саме місце. Повної деструкції циліарного епітелію відмічено не було, як зазначали автори при стандартних енергетичних умовах використання діодного лазера [15-17].

На рис. 3 наведена частота гістологічних змін, а в таблиці 1 порівняна їх кількість в гістологічних препаратах між групами лазерного втручання $\lambda=1064$ нм та $\lambda=810$ нм.

Точний тест Фішера продемонстрував, що між групами лазерного втручання $\lambda=1064$ нм та $\lambda=810$ нм не спостерігалось значних відмінностей щодо виникнення набряку строми циліарного тіла ($p=0,425$) та фокального некрозу безпігментного шару циліарного епітелію ($p=0,764$). Однак після ТСК ЦФК з $\lambda=810$ нм в гістологічних препаратах деструкція та фокальний некроз безпігментного та пігментного епітелію циліарного тіла ($p=0,026$) та відділення пігментного цилі-

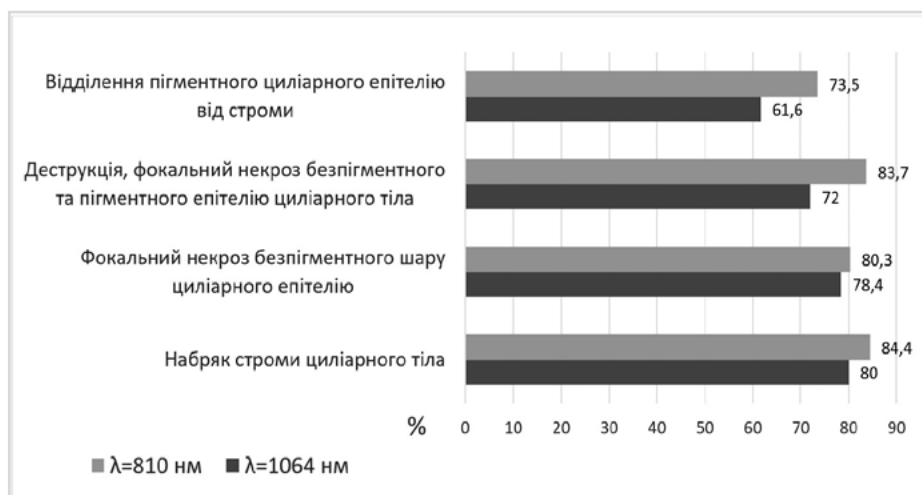


Рис. 3. Відсоток гістологічних змін в циліарному тілі в досліджуваних препаратах в залежності від лазерного втручання $\lambda=1064$ нм або $\lambda=810$ нм.

Таблиця 1. Гістологічні зміни в циліарному тілі після лазерного втручання $\lambda=1064$ нм або $\lambda=810$ нм

Гістологічні зміни в циліарному тілі після лазерного втручання	Точний критерій Фішера (двосторонній)
Набряк строми циліарного тіла	$p=0,425$
Фокальний некроз безпігментного шару циліарного епітелію	$p=0,764$
Деструкція та фокальний некроз безпігментного та пігментного епітелію циліарного тіла	$p=0,026^*$
Відділення пігментного циліарного епітелію від строми	$p=0,038^*$

Примітка: ця таблиця є чотирипольною таблицею 2×2 , що порівнює результати в кожній гістологічній зміні після лазерного втручання $\lambda=1064$ нм або $\lambda=810$ нм; * –результати статистично значущі.

арного епітелію від строми ($p=0,038$) склали більший відсоток, порівняно з ТСК ЦФК з $\lambda=1064$ нм (83,7% проти 72%, 73,5% проти 61,6%, відповідно при $\lambda=810$ нм та $\lambda=1064$ нм).

За допомогою критерія Крамера V у випадках значущості результатів були виявлені сили зв'язку між довжиною хвилі лазерного випромінювання, використаного для циклодеструкції, та гістопатологічними змінами в цилиарному тілі. При обох гістопатологічних ознаках, які показали статистичні відмінності між двома типами лазерів (1 – деструкція, фокальний некроз безпигментного та пигментного епітелію цилиарного тіла та 2 – відділення пигментного цилиарного епітелію від строми), був визначений слабкий зв'язок (критерій Крамера V дорівнював 0,141 та 0,127 відповідно).

Обговорення

Важливим питанням в лазерному лікуванні рефрактерної глаукоми способом транссклеральної циклодеструкції є не тільки вибір довжини хвилі лазерного випромінювання, але й оптимальні індивідуальні налаштування потужності та експозиції лазерного впливу. В даний час вважається, що чутні «сплески» в процесі лазерного втручання вказують на надмірну потужність лазера і їх наявність можна використовувати в якості маркерів порогового рівня енергії для подальшого титрування параметрів лазера, а робочий рівень енергії під час проведення процедури циклодеструкції повинен бути трохи нижче визначеного порога [18].

Обмежена селективність лазерного впливу на структури цилиарного тіла в процесі ТСК ЦФК може призводити до потенційного пошкодження оточуючих тканин та до виникнення ускладнень. ТСК ЦФК має ризик розвитку таких ускладнень, як біль, опік кон'юнктиви, витончення склери, довготривале запалення, гіфема [14; 19–23], а також рідких, але серйозних ускладнень: хронічна гіпотонія, відшарування хоріоїдеї, хоріоїдит, відшарування сітківки, перфорація склери та фтизіс очного яблука [24–27]. Так, за даними Agarwal з колегами [28], опіки кон'юнктиви виникають у 80% пацієнтів після ТСК ЦФК. Релевантна література свідчить про те, що з ускладнень ТСК ЦФК також має місце деформація зіниці, порушення акомодатції та кістозний набряк макули, що негативно впливають на результат лікування в очах зі збереженими зоровими функціями [29].

Чинники, що впливають на вибір довжини хвилі лазерного випромінювання для ТСК ЦФК, включають тип глаукоми, проведене попереднє лікування, потенціал зорових функцій, уподобання лазерного хірурга та пацієнта, а також ймовірність успіху. Нажаль, досліджень, присвячених порівняльному аналізу гістологічних даних після циклофотокоагуляції з використанням неодимового та діодного лазерів, в літературі недостатньо.

Сьогодні все більше досліджень присвячується використанню діодного лазера для ТСК ЦФК. Діодне лазерне випромінювання з довжиною хвилі 810 нм має

відносно низьке склеральне пропускання, але більше поглинається пігментом меланіном, порівняно з неодимовим лазерним випромінюванням (1064 нм) [11]. В експериментальному дослідженні Vrancato з колегами було визначено порогові параметри енергії неодимового лазера з довжиною хвилі 1064 нм на рівні 1 Дж, а для діодного випромінювання (810 нм) – 0,8 Дж при транссклеральному застосуванні. Гістопатологічні дані визначили більш значні пошкодження цилиарних пігментованих структур, глибокий коагуляційний некроз пигментованого епітелію, широку дезорганізацію колагену в стромі цилиарного тіла та явища внутрішньосудинної коагуляції в цилиарних судинах при використанні діодного лазера [30]. У раніше проведеному нами дослідженні [14] у пацієнтів з болючою неоваскулярною глаукомою (НВГ) при проліферативній діабетичній ретинопатії з використанням Nd-YAG (1064 нм; 1,0 Дж) та діодного (810 нм; 1,5 Дж) лазера ТСК ЦФК була однаково ефективна протягом 12-місячного спостереження. Обидва методи лікування дозволили знизити внутрішньоочний тиск у хворих з НВГ через 12 місяців ($\leq 21,0$ мм рт. ст.) в 75% випадків під час використання Nd-YAG лазера та в 77% випадків при використанні діодного лазера. Після діодної ТСК ЦФК в 71% очей були відзначені ускладнення проти 33% очей, яким виконували неодимову ТСК ЦФК. Запалення було найпоширенішим ускладненням в обох групах, але виникало зі значно меншою частотою в групі з неодимовою коагуляцією (20% проти 46%) [14]. Отримані в ході дослідження результати узгоджуються з даними Vrancato зі співавторами.

В поточному гістопатологічному дослідженні на 10-й день після ТСК ЦФК не було виявлено значних відмінностей в кількості препаратів з наявністю набряку строми цилиарного тіла ($p=0,425$) та фокального некрозу безпигментного шару цилиарного епітелію ($p=0,764$) при використанні як діодного (1,5 Дж), так і неодимового лазера (1,0 Дж). Після діодної ТСК ЦФК частіше зустрічались гістопатологічні препарати з наявністю явищ деструкції та фокального некрозу безпигментного та пигментного епітелію цилиарного тіла ($p=0,026$), а також препарати з ознаками відділення пигментного цилиарного епітелію від строми ($p=0,038$), що можливо було б пояснити кращим поглинанням випромінювання діодного лазера пигментованими структурами цилиарного тіла. Однак в подальшому була виявлена слабка сила зв'язку (критерій Крамера V) між довжиною хвилі лазерного випромінювання та гістопатологічними змінами в цилиарному тілі при використанні обох типів лазера, що вказує на практично схожі пошкодження в структурах цилиарного тіла при використаних характеристиках лазерного випромінювання в обох групах. Так, і в роботі Assia EI з колегами при використанні неодимового та діодного лазерів на трупних очах були відмічені схожі гістологічні зміни в цилиарному тілі – такі, як коагуляційний некроз із фрагментацією та відшаруванням епітелію цилиарного тіла. Крім того, ці автори зазначили невеликі зміни

кришталіка або інтраокулярної лінзи при дозуванні 4 Дж та 1,2 Дж неодимового та діодного лазерів відповідно [31].

Інших грубих змін структур ока, які було зареєстровано в дослідженнях деяких авторів [16] при використанні звичайних підходів до дозування лазерної енергії, таких, як коагуляція колагену, руйнування стромы циліарного тіла, повна деструкція циліарного епітелію, ми в нашій роботі не спостерігали. Це також підтверджує нашу гіпотезу про те, що з метою зменшення можливих ускладнень трансклеральної лазерної циклодеструкції доцільно переглянути загальноприйняті підходи до підбору робочих енергій лазерного випромінювання діодного лазера на користь використання нижчих енергій лазерного втручання, які дозволяють селективно впливати на циліарний епітелій.

Заключення. Експериментальне гістопатологічне дослідження очей кроликів показало, що використання лазерного випромінювання з довжиною хвилі 810 нм і енергією 1,5 Дж при контактній трансклеральній циклодеструкції та лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1064 нм і енергією 1,0 Дж при контактній-компресійній трансклеральній циклодеструкції не мають статистичних відмінностей в виникненні фокального некрозу безпігментного шару циліарного епітелію та набряку стромы циліарного тіла.

Використання лазерного випромінювання з довжиною хвилі 810 нм з енергією 1,5 Дж при контактній трансклеральній циклодеструкції або лазерного випромінювання з довжиною хвилі 1064 нм з енергією 1,0 Дж при контактній-компресійній трансклеральній циклодеструкції в експерименті на кроликах однаково забезпечує селективний термічний вплив на епітелій циліарного тіла з обмеженим ушкодженням сусідніх структур.

Література

- Guzun O, Zadorozhnyy O, Wael Sh. Current Strategy of Treatment for Neovascular Glaucoma Secondary to Retinal Ischemic Lesions. *J Ophthalmol (Ukraine)*. 2024;2:32–39.
- Nemoto H, Honjo M, Okamoto M, Sugimoto K, Aihara M. Potential Mechanisms of Intraocular Pressure Reduction by Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation in Rabbit Eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2022 Jun 1;63(6):3.
- Guzun OV, Zadorozhnyy OS, Chechyn PP, Artemov AV, Shargui Wael, Korol AR. Histopathological changes in the eyes of rabbits after transscleral diode cyclophotocoagulation. *Odesa Medical Journal*. 2024. № 3. Ahead of print.
- Alabduljabbar K, Bamefleh DA, Alzaben KA, Al Owaifeer AM, Malik R. Cyclophotocoagulation versus Ahmed Glaucoma Implant in Neovascular Glaucoma with Poor Vision at Presentation. *Clin Ophthalmol*. 2024 Jan 16;18:163–171.
- Aquino MC, Barton K, Tan AM, Sng C, Li X, Loon SC, Chew PT. Micropulse versus continuous wave transscleral diode cyclophotocoagulation in refractory glaucoma: A randomized exploratory study. *Clin Exp Ophthalmol*. 2015;43:40–46.
- Kelada M, Normando EM, Cordeiro FM, Crawley L, Ahmed F, Ameen S, et al. Cyclodiode vs micropulse transscleral laser treatment. *Eye (Lond)*. 2024 Jun;38(8):1477–1484.
- Dastiridou AI, Katsanos A, Denis P, Francis BA, Mikropoulos DG, Teus MA, Konstas AG. Cyclodestructive Procedures in Glaucoma: A Review of Current and Emerging Options. *Adv Ther*. 2018 Dec;35(12):2103–2127.
- Pastor SA, Singh K, Lee DA, et al. Cyclophotocoagulation: a report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology*. 2001;108:2130–8.
- Youn J, Cox TA, Herndon LW, Allingham RR, Shields MB. A clinical comparison of transscleral cyclophotocoagulation with neodymium: YAG and semiconductor diode lasers. *Am J Ophthalmol*. 1998;126(5):640–647.
- Chen TC, Pasquale LR, Walton DS, Grosskreutz CL. Diode laser transscleral cyclophotocoagulation. *Int Ophthalmol Clin*. 1999;39:169–76.
- Vogel A, Dlugos C, Nuffer R, et al. Optical properties of human sclera and their significance for trans-scleral laser use. *Fortschr Ophthalmol*. 1991;88(6):754–761.
- Linnik LA, Privalov AP, Chechin PP, Zheltov GI, Tverskoï IuL. Lazernaia kontaktno-kompressionnaia transskleral'naia koaguliatsiia tkanei glaznogo dna [Laser transscleral contact-compression coagulation of the fundus oculi tissues]. *Oftalmol Zh*. 1989;(6):362–364.
- Chechin P, Guzun O, Khramenko N, Peretyagin O. Efficacy of transscleral Nd:YAG laser cyclophotocoagulation and changes in blood circulation in the eye of patients with absolute glaucoma. *J Ophthalmol (Ukraine)*. 2018;2:34–39.
- Guzun O, Zadorozhnyy O, Nasinnyk I.O., Chargui W., Oueslati Y., Korol A.R., Efficacy of Nd: YAG and diode laser transscleral cyclophotocoagulation in the management of neovascular glaucoma associated with proliferative diabetic retinopathy. *J Ophthalmol (Ukraine)*. 2024;3:8–15.
- Maslin JS, Chen PP, Sinard J, Nguyen AT, Noecker R. Histopathologic changes in cadaver eyes after MicroPulse and continuous wave transscleral cyclophotocoagulation. *Can J Ophthalmol*. 2020 Aug;55(4):330–335.
- Moussa K, Feinstein M, Pekmezci M, Lee JH, Bloomer M, Oldenburg C, et al. Histologic Changes Following Continuous Wave and Micropulse Transscleral Cyclophotocoagulation: A Randomized Comparative Study. *Transl Vis Sci Technol*. 2020 Apr 28;9(5):22.
- Pantcheva MB, Kahook MY, Schuman JS, Rubin MW, Noecker RJ. Comparison of acute structural and histopathological changes of the porcine ciliary processes after endoscopic cyclophotocoagulation and transscleral cyclophotocoagulation. *Clin Exp Ophthalmol*. 2007 Apr;35(3):270–4.
- Duerr ER, Sayed MS, Moster S, Holley T, Peiyao J, Vanner EA, et al. Transscleral Diode Laser Cyclophotocoagulation: A Comparison of Slow Coagulation and Standard Coagulation Techniques. *Ophthalmol Glaucoma*. 2018 Sep-Oct;1(2):115–122.
- Frezzotti P., Mittica V., Martone G., Motolese I., Lomurno L., Peruzzi S., et al. Longterm follow-up of diode laser transscleral cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. *Acta Ophthalmol*. 2010;88:150–155.
- Pucci V., Tappainer F., Borin S., Bellucci R. Long-Term Follow-Up after Transscleral Diode Laser Photocoagulation in Refractory Glaucoma. *Ophthalmologica*. 2003;217:279–283.
- Vernon S.A., Koppens J.M., Menon G.J., Negi A.K. Diode laser cycloablation in adult glaucoma: Long-term results of a standard protocol and review of current literature. *Clin. Exp. Ophthalmol*. 2006;34:411–420.

22. Walland M.J. Diode laser cyclophotocoagulation: Longer term follow up of a standardized treatment protocol. Clin. Exp. Ophthalmol. 2000;28:263–267.
23. Guzun OV, Zadorozhnyy OS, Velychko LM, Bogdanova OV, Dumbrăveanu LG, Cuşnir VV, Korol AR. The effect of the intercellular adhesion molecule-1 and glycated haemoglobin on the management of diabetic neovascular glaucoma. Rom J Ophthalmol. 2024 Apr-Jun;68(2):135-142.
24. Tan A.M., Chockalingam M., Aquino M.C., Lim Z.I., See J.L., Chew P.T. Micropulse transscleral diode laser cyclophotocoagulation in the treatment of refractory glaucoma. Clin. Exp. Ophthalmol. 2010;38:266–272.
25. Billings B, Fletcher DB, Weaver AC, Alkaelani MT, Fallgatter K, Daneshvar R. Scleral burn and perforation following transscleral cyclophotocoagulation. Am J Ophthalmol Case Rep. 2023 Jul 9;32:101893.
26. Sari C, Alagoz N, Omeroglu A, Cakir I, Pasaoglu I, Altan C, Yasar T. Long-Term Results of Transscleral Diode Laser Cyclophotocoagulation in Glaucoma: A Real-Life Study. J Glaucoma. 2024 Jun 1;33(6):437-443.
27. Zadorozhnyy O, Guzun O, Kustryn T, Nasinnyk I, Chechin P, Korol A. Targeted transscleral laser photocoagulation of the ciliary body in patients with neovascular glaucoma. J Ophthalmol (Ukraine). 2019;4:3–7.
28. Agarwal HC, Gupta V, Sihota R. Evaluation of contact versus non-contact diode laser cyclophotocoagulation for refractory glaucomas using similar energy settings. Clin Exp Ophthalmol. 2004; 32 (1):33–38.
29. Ndulue JK, Rahmatnejad K, Sanvicente C, Wizov SS, Mosler MR. Evolution of Cyclophotocoagulation. J Ophthalmic Vis Res. 2018 Jan-Mar;13(1):55-61.
30. Brancato R, Leoni G, Trabucchi G, Cappellini A. Histopathology of continuous wave neodymium: yttrium aluminum garnet and diode laser contact transscleral lesions in rabbit ciliary body. A comparative study. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1991 Apr;32(5):1586-92.
31. Assia EI, Hennis HL, Stewart WC, Legler UF, Carlson AN, Apple DJ. A comparison of neodymium: yttrium aluminum garnet and diode laser transscleral cyclophotocoagulation and cyclocryotherapy. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1991 Sep;32(10):2774-8.

Відомості про авторів та розкриття інформації

Внесок кожного автора в роботу. Автори підтверджують такий внесок у роботу: концепція та дизайн дослідження – Гузун О. В., Задорожний О. С., Король А. Р.; збір даних та аналіз – Гузун О. В., Шаргі Ваель, Чечин П. П., Задорожний О. С., Артьомов О. В., Король А. Р.; гістопатологічне дослідження – Артьомов О. В.; підготовка рукопису – Гузун О. В., Задорожний О. С. Усі автори проаналізували результати та схвалили остаточний варіант рукопису.

Заява про етичні норми. Робота з експериментальними тваринами та виведення їх з експерименту здійснювались згідно з правилами «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986 р.) та за Законом України № 3447-IV «Про захист тварин від жорстокого поводження». Проведення дослідження було схвалено біоетичним комітетом ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України», протокол № 2 від 11.10.21 р.

Відмови від відповідальності: висловлені у поданій статті думки є власними думками авторів, а не офіційними позиціями установи.

Джерела підтримки: Дослідження виконано в рамках науково-дослідної роботи ДУ «Інститут очних хвороб та тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» (держреєстрація № 0122U001490).

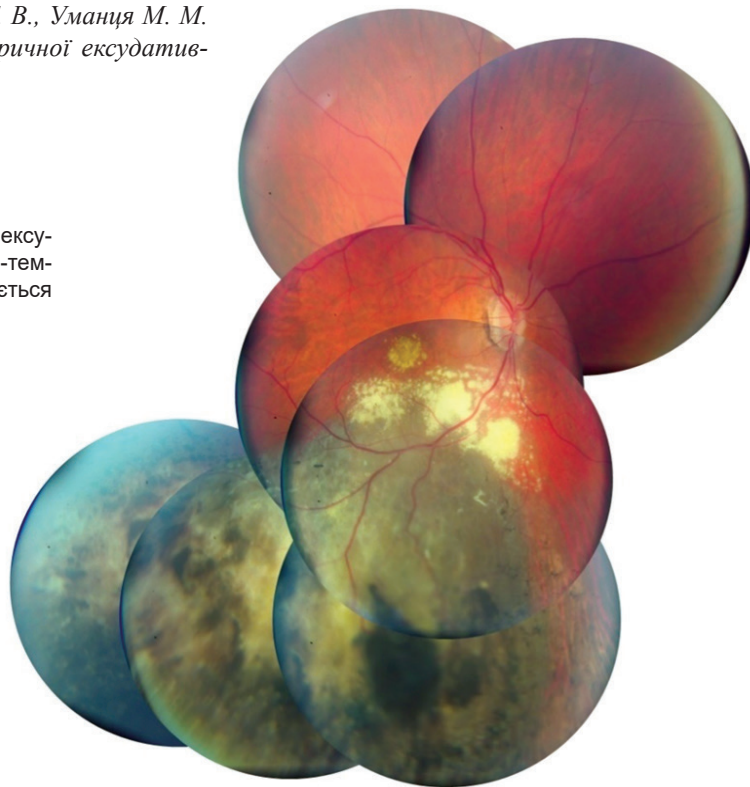
Конфлікт інтересів. Автори свідчать про відсутність конфліктів інтересів, які б могли вплинути на їх думку стосовно предмету чи матеріалів, описаних та обговорених в даному рукописі.

Список скорочень. ВОТ – внутрішньоочний тиск; ТСК – трансклеральна; ТСКК – трансклеральна контактна-компресійна; ЦФК – циклофотокоагуляція; Nd:YAG – неодимовий ітрій-алюмінієвий гранат

Надійшла 06.07.2024

Рисунок до статті Насінника І. О., Левицької Г. В., Уманця М. М.
«Наш досвід діагностики та лікування периферичної ексудативно-геморагічної хоріоретинопатії»

Рис. 1. Фото очного дна пацієнта з периферичною ексудативно-геморагічною хоріоретинопатією. В нижньо-темпоральній зоні субретинальний крововилив, визначається ліпідна ексудація, а також субретинальна рідина.



Рисунки до статті Гузун О.В. з співав. «Трансклеральна циклофотокоагуляція: порівняння гістопатологічних ефектів неодимового та діодного лазерів (експериментальне дослідження)»

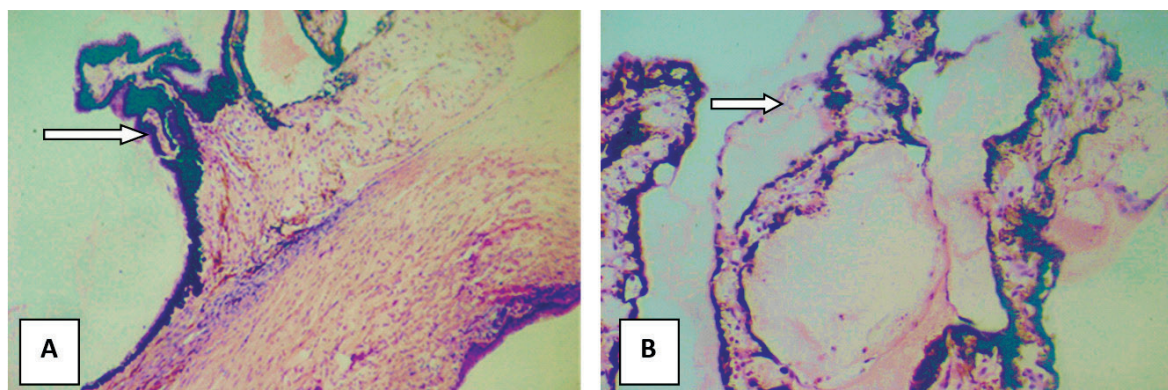


Рис. 1. Мікроскопічні зображення зрізів тканин ока кролика. Вплив лазерної енергії $\lambda=1064$ нм з потужністю 1,0 Дж. А – набряк строми циліарного тіла та фокальний некроз безпігментного шару циліарного епітелію (стрілка). Забарвлення гематоксилін-еозин; збільшення 70 \times . В – деструкція та відшарування безпігментного епітелію циліарного тіла з формуванням кістоподібних утворень (стрілка). Забарвлення гематоксилін-еозин; збільшення 180 \times .

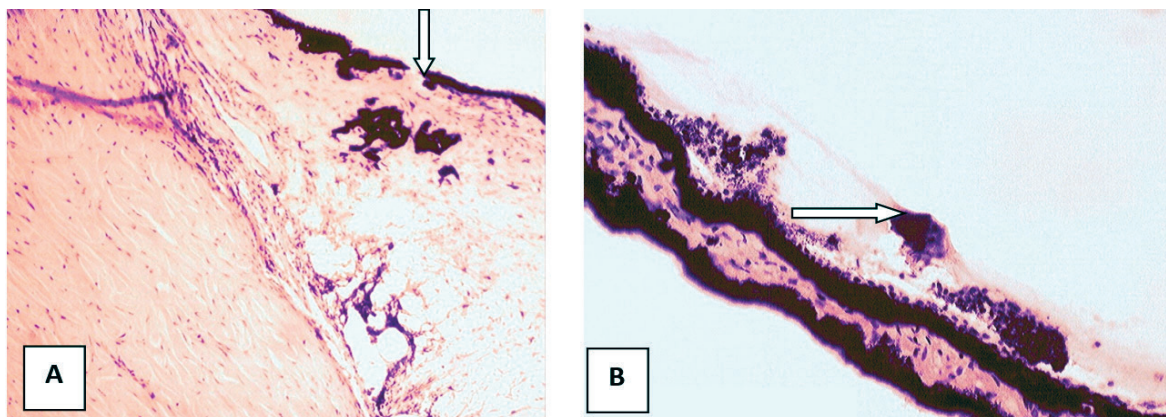


Рис. 2. Мікроскопічні зображення зрізів тканин ока. Вплив лазерної енергії $\lambda=810$ нм потужністю 1,5 Дж (1000 мВт/1,5 с) у верхній частині проєкції циліарного тіла. А – осередок деструкції пігментного і безпігментного епітелію циліарного тіла (стрілка). Численні грудки деструктованого пігменту, виражена дисперсія пігментних грудок в строми циліарних відростків (ефект вибивання пігменту – стрілка), набряк циліарного тіла. Забарвлення гематоксилін-еозин; збільшення 100 \times . В – помірна деструкція циліарного епітелію у відростку з дисперсією пігмента на її поверхні (стрілка), безпігментний епітелій місцями збережений. Забарвлення гематоксилін-еозин; збільшення 100 \times .