

УДК 617.741-004.1-089-72:615.849.19

Факоемульсифікація набухаючої катаракти з використанням фемтосекундного лазера LenSx

С. К. Дмитрієв, д-р мед. наук, професор; Я. А. Гриценко, канд. мед. наук

ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України»;

Одеса (Україна)

Актуальність. У разі факоемульсифікації (ФЕ) зрілої набухаючої катаракти найскладнішим етапом операції є виконання запрограмованого переднього безперервного капсулорексису округлої форми. За даними літератури, частота розриву краю передньої капсули кришталика під час проведення капсулорексису становить 0,8–5,0%. Застосування фемтосекундного лазера під час ФЕ зрілої катаракти, що набухає, дає змогу безпечно виконати етап лазерної капсулотомії та суттєво знизити ризики інтраопераційних ускладнень. Однак цей метод досі широко не застосовується в офтальмології, тому ми вважали за доцільне поділитися власним досвідом застосування фемтосекундного лазера під час факоемульсифікації зрілої набухаючої катаракти

Мета. Вивчити ефективність лікування хворих на зрілу набухаючу катаракту з використанням фемтосекундного лазера.

Матеріал та методи. У дослідження включено 65 хворих (68 очей) зі зрілою набухаючою віковою катарактою, яким було здійснено оперативне втручання – УЗ-факоемульсифікація із застосуванням фемтосекундного лазера (ФЛЕК) з імплантацією ІОЛ

Результати. У 55 очах (80,8%) лазерна капсулотомія виконана заданого діаметра (5,0 мм). У 8 очах (11,7%) зустрічалися «капсульні містки» (зберігалася тканина капсули в місці проведення лазерного розрізу передньої капсули). Крім того, у 3 очах (4,4%) після лазерного етапу операції спостерігався неправильної форми диск передньої капсули, що пов'язано з відсутністю прорізання лазерним променем капсули кришталика в кількох сегментах. У всіх очах ІОЛ була центрована й розташовувалася в капсульному мішку.

Висновки. У разі набухаючої зрілої катаракти доцільним є застосування фемтосекундного лазера для безпечного й точно виконання переднього капсулорексису, що дає змогу запобігти розвитку важких інтраопераційних ускладнень, пов'язаних із розривом задньої капсули та випадінням склоподібного тіла, що зустрічаються під час використання мануальної пінцетної методики.

Ключові слова:

кришталик, стареча бура катаракта, стареча морганієва катаракта, хірургія катаракти, ультразвукова факоемульсифікація, фемтосекундний лазер

Вступ. Факоемульсифікація зрілої набухаючої катаракти є однією з найскладніших операцій у передньому відділі ока. При цьому захворюванні може підвищуватися внутрішньокапсульний тиск через розрідження кори кришталика, зустрічатися дуже тверде коричнево-чорне ядро, що важко піддається розлому (факочопу). У разі факоемульсифікації такої катаракти найскладнішим етапом операції є виконання запрограмованого переднього безперервного капсулорексису, який повинен мати округлу форму. Капсулорексис – основний етап проведення факоемульсифікації, оскільки від його розмірів і форми залежать безпечність наступних етапів операції, можливість імплантації інтраокулярної лінзи запланованої моделі, а також величина післяопераційної рефракції. Тому важливо, щоб капсулорексис був безперервним, центрованим і мав запланований діаметр. Оскільки за щільних ядер кришталика рефлекс з очного дна тьмянний або не викликається зовсім, у всіх хворих під час факоемульсифікації передню капсулу забарвлюють трипановим синім, що покращує візуалізацію капсульного клаптя

й полегшує візуалізацію краю капсулорексису. Установлено, що застосування трипанового синього призводить до значного зниження еластичності та збільшення жорсткості капсули кришталика. Це впливає на техніку проведення капсулорексису

За даними сучасної літератури, частота розриву краю передньої капсули кришталика під час проведення капсулорексису може становити 0,8–5,0% [1–4]. У разі щільних катаракт можливість розриву краю передньої капсули під час виконання капсулорексису збільшується. Викликано це тим, що при щільних катарактах, що набухають, відзначається високий тиск у капсулярному мішку, що сприяє «втїканню капсулорексису на периферію». Під час фарбування капсулярного мішка трипановим синім картина розбіжності краю капсулорексису дуже нагадує аргентинський прапор. Через це таку форму розрізу передньої капсу-

ли кришталика називають «синдром аргентинського прапора» (Argentinian blue flag syndrome) [5, 6].

Щоб запобігти розвитку синдрому аргентинського прапора, у передню камеру вводять віскоеластики з великою молекулярною масою з метою зменшення випинання вперед передньої капсули кришталика [9, 10]. Потім рекомендують зробити мікророзріз передньої капсули в центральній ділянці, через який аспірують і вимивають із капсулярного мішка рідку частину для зниження рівня тиску. З метою підтримання стабільного тиску в передній камері та запобігання витіканню з неї віскоеластиків під час проведення капсулорексису використовують спеціальний цанговий інструмент, для введення якого в око достатньо зробити мікророзріз шириною 1,0 мм.

Етап проведення капсулорексису проводять повільно, стежачи за формою кола вирізу передньої капсули кришталика. У разі «розбігання» краю капсулорексису за допомогою цангових ножиць роблять додатковий мікророзріз центральніше за зону «втікання», а за допомогою цангового пінцета завершують намічене коло розрізу капсули кришталика.

У практиці ми також застосовуємо підхід із формуванням переднього капсулорексису меншого діаметра (близько 4 мм), який простіше утримати від «утікання на периферію». Після імплантації інтраокулярної лінзи до капсулярного мішка діаметр капсулорексису збільшують до потрібного розміру (5–6 мм) із використанням мікроножиць Vannas, створюючи розріз капсули в необхідному напрямку. Разом із тим необхідно пам'ятати, що занадто маленький діаметр капсулорексису викликає технічні складності видалення фрагментів ядра й кришталикових мас із капсульного мішка, а надто великий капсулорексис найчастіше супроводжується «втіканням на периферію» його краю. У разі «розбігання» краю капсулорексису в ділянці екватора капсулярного мішка зростає можливість переходу розриву передньої капсули кришталика на його задню капсулу. Це може суттєво ускладнити перебіг операції з подальшим вивихом ядра кришталика та кришталикових мас у склоподібне тіло й випаданням склоподібного тіла в передню камеру. Зазвичай у такій ситуації рекомендують видалити ядро та маси з передньої камери на протилежному боці від місця розбігання капсули з використанням низького рівня вакууму й аспірації [7].

Застосування фемтосекундного лазера під час факоемультсифікації зрілої катаракти, що набухає, знижує кількість інтраопераційних ускладнень. Однак цей метод досі широко не застосовується в офтальмології, тому ми вважали за доцільне поділитися власним досвідом застосування фемтосекундного лазера під час факоемультсифікації зрілої набухаючої катаракти.

Матеріал та методи

У дослідження включено 65 хворих (68 очей) зі зрілою набухаючою віковою катарактою, яким здійснено оперативне втручання – УЗ-факоемультсифікація із за-

стосуванням фемтосекундного лазера (ФЛЕК) (65 хворих, 68 очей) з імплантацією ІОЛ – у віці від 48 до 76 років, у середньому – 64,6 року. Із загальної кількості хворих чоловіків було 36 (55,4%), жінок – 29 (44,6%). У дослідження не включалися хворі з діаметром зіниці менше за 5,0 мм, щільністю ендотеліальних клітин менше за 2000 кл/мм і супутньою очною патологією. У дослідженні не розглядаємо хворих на глаукому, атрофію зорового нерва та з помутнінням рогівки. Це дослідження схвалено місцевим комітетом з біоетики. Усі хворі дали інформативну згоду на участь у дослідженні, яке проведено згідно з Гельсінською декларацією. До дослідження тварини не включені.

Гострота зору (ГЗ) хворих на катаракту до операції становила таке: світловідчуття з правильною проекцією світла 0,02.

Під час біомікроскопії в усіх хворих діагностовано зрілу набухаючу катаракту білого кольору, внутрішньоочний тиск знаходився в межах норми (17,0–20,0 мм рт. ст.).

Стадію розвитку катаракти й локалізацію помутнінь визначали за загальноприйнятою класифікацією, яка відповідає класифікатору МКХ 10 [8].

Усім хворим виконано комплексне базове обстеження, яке включало в себе таке: авторефрактометрію («Huvitz MRK-3100P»), біомікроскопію (щільніна лампа SL-200), вимірювання внутрішньоочного тиску тонометром «Icare», Маклакова, світлову біометрію («Lenstar LS600») і розрахунок сили інтраокулярної лінзи, за наявності дифузних помутнінь – УЗ-біометрію, кератотопографію, електронну мікроскопію ендотелію рогівки, УЗ-сканування заднього відрізка очного яблука (Quantel Medical «CineScan»). Усі виміри виконував на одному обладнанні один і той самий фахівець.

Під час операції оцінювали ступінь «прикріплення» диска передньої капсули до капсульного мішка після виконання лазерного переднього капсулорексису, розриви передньої капсули, розриви задньої капсули, абсолютний та ефективний час факоемультсифікації.

За 1 день до проведення операції й у день операції всі хворі отримували інстиляції нестероїдних протизапальних препаратів. Для досягнення максимального мідріазу застосовували препарати м-холінолітики (атропіну сульфат), м-холіноблокатори (циклопентолату гідрохлорид 1% «цикломед»).

Техніка операції

Усі операції виконав один хірург за стандартною методикою із заданими параметрами за допомогою операційної системи «Centurion Vision System Alcon», лазерної системи «LenSx Alcon» і мікроскопа «Zeiss Ormi Lumera T». Фрагментацію ядра кришталика завжди виконували за технологією «phacochor».

Алгоритм проведення фемтосекундної лазерної екстракції катаракти включав стандартний протокол. Перший етап передбачав установку вакуумного фіксуєчого кільця, оптичного інтерфейсу, «докінг» (при-

смокування) інтерфейсу лазерного пристрою до рогової оболонки очного яблука, розмітку основних етапів операції на моніторі фемтосекундного лазера (розташування основного й допоміжних рогівкових розрізів, глибину та діаметр лазерних розрізів кришталика). Діаметр капсулотомії в усіх випадках становив 5,0–5,2 мм, потужність лазерного випромінювання для виконання капсулотомії становила 6,0–6,5 мДж. Верхня дельта глибини лазерного випромінювання (Δup) під час розмітки переднього капсулорексису становила 300–400 мкм (рис. 1) «Нахльост» лазерного випромінювання (верхня дельта глибини лазерного випромінювання) був значно більшим, ніж за стандартних налаштувань, що в більшості випадків давало змогу досягти повного кругового розрізу передньої капсули. Розмір лазерної плями (tang spot separation) становив 3

мкм (рис. 2). Відстань між точками лазерного випромінювання (layer separation) під час виконання лазерної фрагментації становила 4 мкм, що трохи збільшувало час виконання цього етапу, проте покращувало формування безперервного лазерного розрізу передньої капсули. Для лазерної фрагментації застосовували патерн «шахової дошки», сертифікований FDA. Потужність лазерного випромінювання в усіх шарах кришталика становила 6 мДж. Тривалість імпульсу – 600–800 фемтосекунд. Робоча довжина хвилі – 1030 нм. Тривалість лазерної факофрагментації залежала від ступеня щільності кришталика.

Після виконання лазерного етапу операції хворого транспортували до операційної кімнати для продовження операції. За допомогою пінцета та шпателя розкривали допоміжні й основний розріз рогової обо-

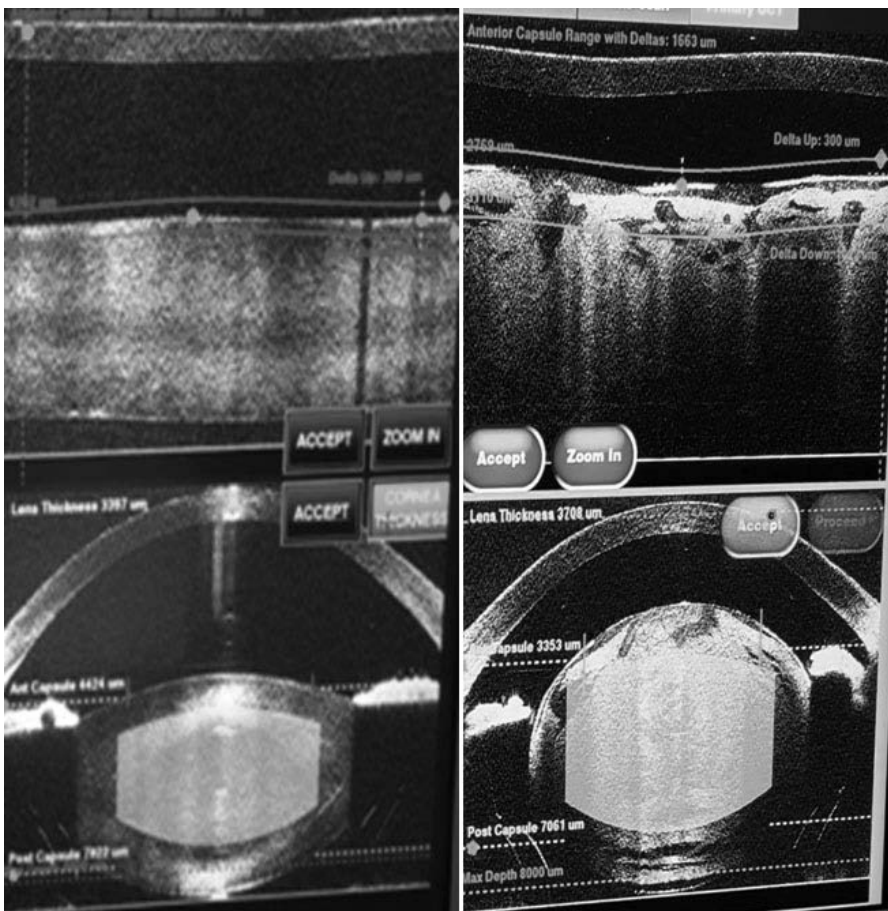


Рис. 1. А – ОКТ картина сагітального розрізу кришталика ока у хворого з початковою віковою катарактою. Верхня картина – розмітка запрограмованої глибини лазерного втручання на передню капсулу кришталика. Нижня картина – запрограмована глибина впливу лазерного випромінювання на речовину кришталика. Б – ОКТ переднього відділу ока, картина сагітального розрізу кришталика ока у хворого зі зрілою набухаючою катарактою. Верхня картина – розмітка запрограмованої глибини лазерного втручання на передню капсулу кришталика. Спостерігається картина розрідження речовини кришталика, передня капсула та субкапсулярний простір неоднорідний. Нижня картина – запрограмована глибина впливу лазерного випромінювання на речовину кришталика. Спостерігається збільшення розміру кришталика та його зміщення у передню камеру внаслідок набухання речовини кришталика.

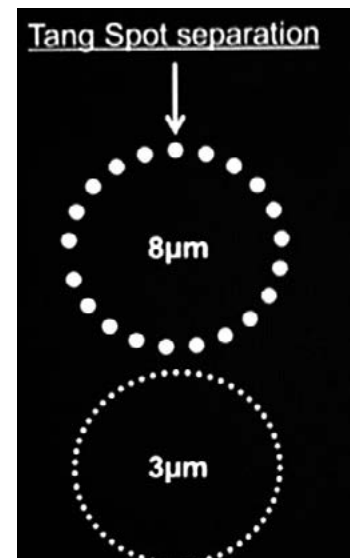


Рис. 2. Розмір плями під час виконання фемтосекундної лазерної капсулотомії. При зменшенні розміру плями, за рахунок збільшення кількості лазерних імпульсів, покращується якість лазерних розрізів передньої капсули, що забезпечує безперервний і рівномірний її розріз, при цьому час виконання лазерної капсулотомії збільшується.

лонки. У передню камеру вводився розчин лідокаїну та мезатону для додаткового мідріазу, розчин трипанового синього для фарбування передньої капсули, розчини віскоеластиків (Viscoat, Provisc). Фрагмент передньої капсули видаляли за допомогою цангового інструменту. Гідродисекцію та гідроделініацію проводили за стандартною методикою. Поділ і видалення фрагментів кришталика здійснювали за допомогою наконечника для факоемульсифікації та чопера. Видалення залишкових кришталикових мас і віскоеластиків проводили за допомогою бімануальної іригаційно-аспіраційної системи. Імплантацію ІОЛ виконували за методикою «wound assist». Операцію закінчували виконанням гідрогерметизації розрізів рогівки.

Результати

У клінічному дослідженні проаналізовано результати факоемульсифікацій у 65 хворих на катаракту – 68 очей. Середній вік 36 чоловіків (55,4%) і 29 жінок (44,6%) становив у середньому 64,6 року.

У 55 очах (80,8%) лазерна капсулотомія виконана заданого діаметра (5,0 мм) у повному обсязі, під час уведення розчину трипанового синього відзначався рівний круглий диск передньої капсули, який був повністю відшарований і знаходився в передній камері ока.

У 8 очах (11,7%) зустрічалися «капсульні містки» (зберігалася тканина капсули в місці проведення лазерного розрізу передньої капсули), невеликі спайки капсули кришталика між зоною лазерного капсулорексису й іншою капсулою можна було візуалізувати за допомогою фарбування трипановим синім до видалення диска. Наявність «капсульних містків» не впливала на запрограмовану форму та діаметр капсулорексису й вимагала незначного зусилля для відшарування диска капсулотомії від передньої капсули кришталика за допомогою пінцета.

Крім того, в 3 очах (4,4%) після лазерного етапу операції спостерігався неправильної форми диск передньої капсули, що зумовлено відсутністю прорізання лазерним променем капсули кришталика в кількох сегментах (до 90°). Після фарбування капсулярного мішка розчином трепанового синього та введення віскоеластиків за допомогою цангового пінцета й ножиць виконано додаткове розрізання передньої капсули для досягнення округлої форми зони капсулорексису. Це дало змогу в усіх випадках домогтися формування капсулорексису округлої форми й імплантувати ІОЛ інтракапсулярно.

У 2 очах (2,9%) під час факоемульсифікації відбувся радіальний розрив краю розрізу (капсулорексису) передньої капсули без розриву задньої капсули та випадання склоподібного тіла. Це ускладнення сталося на етапі виконання УЗ фрагментації ядра кришталика й не пов'язане з виконанням лазерного етапу операції.

Цільовий розмір капсулотомії становив 5,0 мм; однак остаточний діаметр капсулорексису в деяких

випадках був трохи меншим через звуження зіниці й необхідність виконання лазерного розрізу капсули кришталика на невеликій відстані від райдужної оболонки.

У всіх очах ІОЛ була центрована й розташовувалася в капсульному мішку.

Обговорення

Виконання переднього безперервного мануального капсулорексису у випадках зі зрілою набухаючою катарактою утруднено через відсутність візуалізації червоного рефлексу з очного дна й високий внутрішньокапсульний тиск, що сприяє «втканню капсулорексису на периферію» й може призводити до радіального розриву капсул. Тиск на капсулу кришталика під час капсулорексису може спричинити неправильний розрив капсули через збільшення об'єму та розрідження речовини кришталика. Після розриву передньої капсули операція з видалення катаракти може стати надзвичайно важкою через погану конструкцію капсулорексису й можливий розрив задньої капсули [13]. За даними різних авторів, частота розривів передньої капсули у випадках набухаючої катаракти становить 3,85–28,3% [14, 15]. Для формування кругового капсулорексису запланованої форми та діаметра у хворих зі зрілою набухаючою катарактою рекомендують використовувати віскоеластики й барвники капсули кришталика, а також спеціальні методики капсулотомії із застосуванням високочастотної діатермії або 2-етапного капсулорексису, який збільшують після виконання.

Навіть після фарбування капсули трипановим синім для покращення візуалізації та зменшення еластичності передньої капсули [11] прокол капсули може призвести до неконтрольованого розширення отвору, що відомо як знак аргентинського прапора. Структурні причини слабкості в разі розтягування підтверджені за допомогою ультраструктурного аналізу передньої капсули набухаючої катаракти, який виявив не збільшення товщини, а екструзію ниток базальної мембрани на межі базальної мембрани й епітелію [12].

Сьогодні використання фемтосекундного лазера в хірургії катаракти стало значно поширеним, розширившись від звичайних випадків до складних [16, 17]. Існують різні точки зору щодо ролі фемтосекундного лазера в разі з набухаючою зрілою катарактою. Conrad-Hengerer I. та ін. [3] уперше повідомили про використання фемтосекундного лазера у 25 випадках зрілої набухаючої катаракти у 2014 році, продемонструвавши, що це була можлива хірургічна процедура для цієї мети. У деяких наступних звітах [18, 19] обговорювали застосування фемтосекундного лазера у випадках зрілої набухаючої катаракти, але не було порівняння ефективності фемтосекундного лазера і звичайної факоемульсифікації. У 2016 році Titiyal та ін. [20] розпочали проспективне дослідження у 80 хворих. Проте вони визначили, що немає різниці щодо візуальних результатів та інтраопераційних ускладнень

під час використання фемтосекундного лазера та стандартної методики фемтоемулсифікації у хворих на зрілу набухаючу катаракту.

У дослідженні ми оцінили якість і безпеку проведення переднього капсулорексису за допомогою фемтосекундного лазера в очах зі зрілою набухаючою катарактою.

Незважаючи на залишкові «капсульні містки» у 8 (11,7%) із 68 очей і 3 неповних кругових розрізів передньої капсули, у всіх випадках після виконання фемтосекундного капсулорексису отвори після видалення диска передньої капсули мали округлу форму. На 2 очах (2,9%) відзначалися радіальні розриви передньої капсули без переходу на задню капсулу й випадання склоподібного тіла. Протягом шести тижнів спостереження за прооперованими хворими положення ІОЛ в оці було правильним, центрованим.

Необхідно відзначити, що під час виконання фемтосекундного капсулорексису в оці з білою набухаючою катарактою варто враховувати викид у передню камеру розрідженої речовини кришталика безпосередньо після проведення капсулотомії.

У разі набухаючої зрілої катаракти доцільним є застосування фемтосекундного лазера для безпечного й точного виконання переднього капсулорексису, що дає змогу запобігти розвитку важких інтраопераційних ускладнень, пов'язаних із розривом задньої капсули та випадінням склоподібного тіла, що зустрічаються під час використання мануальної пінцетної методики.

Література

1. **Chee, Soon-Phaik, Chan N.** Capsule milking: Modification of capsulorhexis technique for intumescent cataract. *J. Cataract Refract Surg.* 2017;43(5):585-589.
2. **Genç S., Güler E., Çakır H.; Özertürk Y.** Intraoperative complications in intumescent cataract surgery using a phaco capsulotomy technique. *J. Cataract Refract Surg.* 2016;42(8):1141-1145.
3. **Conrad-Hengerer I., Hengerer F., Joachim S., Schultz T., Dick B.** Femtosecond laser-assisted cataract surgery in intumescent white cataracts. *J. Cataract Refract Surg.* 2014;40(1):44-50.
4. **Ifantides C, Sretavan D.** Automated precision pulse capsulotomy vs manual capsulorhexis in white cataracts: reduction in procedural time and resource utilization. *J. Cataract Refract Surg.* 2023;49(4):392-399.
5. **Perrone DM.** Argentinian flag sign is most common complication for intumescent cataracts. *Ocular Surgery News U.S. education.* 2000:15.
6. **Foster G, Allen Q, Ayres B, Devgan U, Hoffman R, Khandelwal S, et al.** Phacoemulsification of the rock-hard dense nuclear cataract: Options and recommendations. *J. Cataract Refract Surg.* 2018;44(7):905 – 916.
7. **Дмитрів СК, Гриценко ЯА.** Фактоемулсифікація вікової катаракти з кришталиками різної щільності: монографія. Одеса: Астропринт; 2022. 200 с.
8. Уніфікований клінічний протокол первинної, вторинної (спеціалізованої), третинної (високоспеціалізованої) ме-

дичної допомоги (катаракта): затв. Наказом Міністерства охорони здоров'я від 28.01.2016 р. № 49. 53 с.

9. **Perrone DM, Perrone LD, Blanco A.** Techniques to avoid Argentinian flag sign. *American Academy of Ophthalmology.* Sept. 15, 2020.
10. **Dhingra D, Balyan M, Malhorta C, Rohilla V, Jakhar V, Jain AK.** A multipronged approach to prevent Argentinian flag sign in intumescent cataracts. *Indian J Ophthalmol.* 2018;66:1304-1306.
11. **Dick H, Aliyeva S, Hengerer F.** Effect of trypan blue on the elasticity of the human anterior lens capsule. *J. Cataract Refract Surg.* 2008;34:1367-1373.
12. **Hawlina M, Stunf S, Hvala A.** Ultrastructure of anterior lens capsule of intumescent white cataract. *Acta. Ophthalmol.* 2011;89:367-370.
13. **Zhu Y, Chen X, Chen P, Xu W.** Lens capsule-related complications of femtosecond laser-assisted capsulotomy versus manual capsulorhexis for white cataracts. *J. Cataract Refract. Surg.* 2019;45(3):337-342.
14. **Kara-Junior N, Kawakami A, Carricondo P.** Mini-rhexis for white intumescent cataracts. *Clinics.* 2009;64:309-312.
15. **Jacob S, Agarwal A, Agarwal S, Bagmar A.** Trypan blue as an adjunct for safe phacoemulsification in eyes with white cataract. *J. Cataract Refract. Surg.* 2002;28:1819-1825.
16. **Chen X, Yu Y, Song X, Zhu Y, Wang W.** Clinical outcomes of femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery for hard nuclear cataracts. *J. Cataract Refract Surg.* 2017;43:486-491.
17. **Chee S, Wong M, Jap A.** Management of severely subluxated cataracts using femtosecond laser-assisted cataract surgery. *Am J Ophthalmol.* 2017;173:7-15.
18. **Schultz T., Dick H.** Laser-assisted mini-capsulotomy: a new technique for intumescent white cataracts. *J. Cataract Refract Surg.* 2014;30:742-745.
19. **Taravella M, Meghpara B, Frank G.** Femtosecond laser-assisted cataract surgery in complex cases. *J. Cataract Refract Surg.* 2016;42:813-816.
20. **Titiyal J, Kaur M, Singh A, Arora T.** Comparative evaluation of femtosecond laser-assisted cataract surgery and conventional phacoemulsification in white cataract. *Clin Ophthalmol.* 2016;10:1357-1364.

Відомості про авторів та розкриття інформації

Автор листування: Гриценко Яків Анатолійович – Awsed2005@ukr.net

Внесок кожного автора в роботу: Усі автори проаналізували результати та схвалили остаточний варіант рукопису.

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

Джерела підтримки: відсутні.

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

Надійшла 22.06.2023