

ВИТРЕКТОМИЯ И ФАКОЕМУЛСИФИКАЦИЯ – ДА КОМБИНИРАМЕ ИЛИ НЕ ПРИ ПАЦИЕНТИ С ДУПКА В МАКУЛАТА

Йоана Вангелова

Медицински университет – Варна

VITRECTOMY AND PHACOEMLSIFICATION— TO COMBINE OR NOT IN PATIENTS WITH A MACULAR HOLE

Yoana Vangelova

Medical University of Varna

Адрес за кореспонденция:

Йоана Вангелова
Медицински университет – Варна
ул. „Марин Дринов“ 55
Варна, 9002
e-mail: dr.yvangelova@gmail.com

Address for correspondence:

Yoana Vangelova
Medical University of Varna
55 Marin Drinov St
9002 Varna
e-mail: dr.yvangelova@gmail.com

РЕЗЮМЕ

Въведение: Макулната дупка и катарактата са патологични състояния, често срещани едновременно при пациенти в напреднала възраст и водещи до прогресивно намаление на зрителната острота и поява на метаморфопсии. Честотата на макулните дупки варира в различните популации, като средно се среща при около 3,3 на 1000 души. Засяга в по-голяма степен женския пол (Ж:М=3:1), обикновено над шестдесет години. Причините за възникване на макулна дупка са много, пациентите с високостепенна миопия са рискова група, травмата е рисков фактор във всяка възраст, както и промените, които настъпват със стъкловидното тяло с възрастта.

Цел: Целта на настоящото изследване е да се оценят зрителните и анатомичните резултати, както и качеството на живот на пациентите, преминали комбинираната хирургия за лечение на макулна дупка и катаракта.

Методи: В настоящото проучване са включени 20 пациенти, диагностицирани с макулна дупка и катаракта, всеки пациент премина пълен офталмологичен преглед с високоспециализирана апаратура. Като златен стандарт за определяне на зрителната острота беше използвана ETDRS таблица, а за диагностиката, определяне на размера на макулната дупка и следоперативното проследяване на анатомичните резултати се използва OCT. На пациентите беше извършена факоемулсификация на катаракта с имплантация на вътреочна леща и парс плана витректомия по повод макулна дупка. На всички очи се инжектира експандиращ вътреочен газ.

Резултати: Качествените и количествените резултати са проследени при 20 на брой пациенти, от които 14 мъже и 6 жени на средна възраст 63,5 г. Анатомично затваряне на макулната дупка при преглед с OCT е установено при 100% от пациентите. Усложнения не са регистрирани в хода на постоперативния период. Всички пациенти се проследяват на първа и втора седмица, първи, втори, трети и шести месец след операцията. Зрителната острота се покачва с до 42% на шести месец след операцията.

Заклучение: Съчетаният оперативен подход за лечение на макулна дупка и катаракта води до по-ранен зрителен резултат и по-малко психоемоционално напрежение за пациента.

Ключови думи: макулна дупка, катаракта, парс плана витректомия, факоемулсификация, комбинирана операция, зрителна острота

ABSTRACT

Introduction: Macular hole and cataract are pathologies that often occur simultaneously in elderly patients and lead to a progressive decrease in visual acuity and worsen metamorphopsia. The incidence of macular holes varies in different populations, with an average of about 3.3 per 1,000 people. It affects to a greater extent the female sex (F:M = 3:1), usually over sixty years. The causes of a macular hole are many, patients with high myopia are a risk group, trauma is a risk factor at any age, as well as the changes that occur with the vitreous body with age.

Aim: The present study aimed to evaluate the visual and anatomical outcomes as well as the quality of life of patients who underwent combined macular hole and cataract surgery.

Methods: In the present study, 20 patients diagnosed with macular hole and cataract were included, each patient underwent a complete ophthalmological examination with highly specialized equipment. The Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) was used as the gold standard for visual acuity determination, and optical coherence tomography (OCT) was used for diagnosis, macular hole size determination, and postoperative follow-up of anatomical results. Patients underwent cataract phacoemulsification with intraocular lens implantation and pars plana vitrectomy for macular hole. All eyes were injected with expanding gas.

Results: Qualitative and quantitative results were followed in 20 patients, of which 14 men and 6 women with a mean age of 63.5 years. Anatomical closure of the macular hole on OCT examination was found in 100% of patients. Complications were not registered during the postoperative period. All patients were followed up at the first and second week, first, second, third, and sixth month after surgery. Visual acuity increased by up to 42% at the time of follow-up.

Conclusion: The combined surgical approach for the treatment of macular hole and lens opacity, leads to an earlier visual outcome and less psychoemotional stress for the patient.

Keywords: macular hole, cataract, pars plana vitrectomy, phacoemulsification, combined surgery, visual acuity

ВЪВЕДЕНИЕ

Макулната дупка е състояние, засягащо задния очен сегмент, при което се образува частичен или пълен дефект в централната част на ретината, ангажиращ фовеята. Сред най-честите симптоми са метаморфопсии и постепенно, но прогресивно намаляване на централната зрителна острота (1).

Проявата на макулна дупка обичайно е едностранна, двустранно се проявява между 2 и 28% от случаите. Според съвременните проучвания честотата на макулните дупки варира в различните популации, като средно се среща при около 3,3 на 1000 души. Засяга в по-голяма степен женския пол (Ж:М=3:1), обикновено над шестдесет години (2).

Причините за възникване на макулна дупка са много, пациентите с високостепенна миопия са рискова група, травматата е рисков фактор във всяка възраст.

С възрастта стъкловидното тяло претърпява промени, загубва своята гелоподобна структура, започва процес на втечняване и свиване, което води и до отделянето му от ретината (3). Промените в структурата на стъкловидното тяло могат да доведат до повишено напрежение върху макулата и последващо развитие на макулна дупка. Витреомакуларният тракционен синдром (Vitreomacular traction VMT) е състояние, при което непълното отлепване на стъкловидното тяло от макулата може да доведе до тракция (дърпане) и да предизвика структурни и функционални нарушения в ретината (4). Ето защо честотата на макулна дупка нараства с възрастта, най-широко разпространена е в шестото и седмото десетилетие от живота.

Gass описва клиничните стадии на макулна дупка, които са широко използвани и до днес (Табл. 1).

Основният метод за лечение на макулна дупка е pars plana vitrectomy (PPV). Документирана е за първи път от Kelly and Wendel след 1989 г. (5).

INTRODUCTION

A macular hole is a condition affecting the posterior segment of the eye, characterized by a partial or full-thickness defect in the central retina involving the fovea. The most common symptoms include metamorphopsia and gradual yet progressive reduction in central visual acuity (1).

Macular holes typically present unilaterally, with bilateral involvement reported in 2% to 28% of cases. According to recent studies, the prevalence of macular holes varies across populations, averaging approximately 3.3 per 1,000 individuals. It is more commonly observed in women (F:M = 3:1), usually over the age of sixty (2).

The etiology of macular holes is multifactorial, with patients with high myopia being at higher risk, while trauma is a contributing factor at any age. With aging, the vitreous body changes, losing its gel-like structure and initiating a process of liquefaction and contraction, which eventually leads to its detachment from the retina (3). These structural changes in the vitreous can exert increased traction on the macula, potentially resulting in the development of a macular hole.

Vitreomacular traction (VMT) syndrome is a condition in which incomplete posterior vitreous detachment from the macula causes traction, leading to structural and functional retinal abnormalities (4). Consequently, the incidence of macular holes increases with age, being most prevalent in the sixth and seventh decades of life.

Gass described the clinical stages of macular holes, which remain widely used today (Table 1).

The primary method for treating a macular hole is pars plana vitrectomy (PPV), first documented by Kelly and Wendel after 1989 (5).

The transparency of the patient's natural lens is crucial for planning and performing the surgical intervention. The most common complication of this surgery in phakic patients is progressive lens opacification (6).

During a vitrectomy, the lens may be affected in several ways: mechanically by vibrations or pulsations of the vitreotome, iatrogenic

Table 1. Modified Gass Classification of Macular Holes (4).

Stage	Description
Stage 1a	Yellow spot with loss of foveal depression, no vitreous separation
Stage 1b	Yellow ring with loss of foveal depression, no vitreous separation
Stage 2	Small full-thickness macular hole < 400 microns
Stage 3	Full-thickness macular hole > 400 microns, no vitreous separation
Stage 4	Full-thickness macular hole > 400 microns, complete vitreous separation

От изключително голямо значение за планиране и провеждане на хирургичната интервенция е прозрачността на собствената леща на пациента.

Най-честото усложнение при тази операция, при факични пациенти, е прогресивно помътняване на лещата (6). По време на витректомия лещата може да бъде засегната по няколко начина: механично от вибрациите/ пулсациите на витреотома, ятрогенна травма – при невнимание, опит за почистване на предна хиалоидея (не се препоръчва при факични пациенти) и/или липса на опит на хирурга. При оглед на периферна ретина инструментите могат да докоснат задната повърхност на лещата, тъй като тя е с елипсовидна, биконвексна структура, с най-изпъкнала част назад към стъкловидното тяло/ ретината (7). Този контакт може да доведе до руптура на задната лещена капсула, настъпва промяна в осмотичното налягане и хидратацията на кортикалните слоеве на лещата, предизвиквайки моментална прогресия до непрозрачна катаракта (8). В тези случаи, със съгласието на пациента, е препоръчително да се извърши и смяната на лещата. Затова подготовката, включваща изчисляване и подбор на вътреочна леща, двустранно, за катарактална хирургия е изключително важна, дори и първоначално интервенцията да не е била планирана.

Патофизиологичните механизми, водещи до постоперативно увреждане на лещата, включват промяната в кислородното налягане и вътреочното налягане. Повишеното кислородно налягане и липсата на стъкловидно тяло, с неговата бариерна функция между ретината и лещата, позволява свободното движение на течности и повишен контакт на лещата с оксидиращи молекули. Повишеното образуване на свободни радикали (ROS) води до увреждане на протеините в лещата и ускорява развитието на нуклеарна катаракта (9). Въпреки че катаракта се счита за отделно заболяване, при комбинираната патология могат да се менажират едновременно или последователно.

Операцията на катаракта е една от най-често извършваните и успешни хирургични процедури в световен мащаб. През последните години, с напредване на технологиите, се смята и за минимално инвазивна, но когато се касае за комбинирана операция, принципите за хирургична подготовка при тези пациенти се променят (10).

Правилният подбор на пациенти и етапната предоперативна подготовка са от ключово значение за качеството на следоперативните резултати.

ЦЕЛ

Целта на настоящото проучване е да се оцени ефективността на комбинирания подход при 20 пациенти, преминали операция за

trauma due to inattention, attempts to clean the anterior hyaloid (not recommended for phakic patients), and/or a lack of surgical expertise. When examining the peripheral retina, instruments may touch the posterior surface of the lens, given its elliptical, biconvex structure, with the most protruding part directed posteriorly toward the vitreous and retina (7). Such contact may result in posterior lens capsule rupture, leading to changes in osmotic pressure and hydration of the cortical lens layers, causing rapid progression to an opaque cataract (8). In these cases, with the patient's consent, simultaneous lens replacement is recommended. Therefore, preoperative preparation, including intraocular lens (IOL) calculation and selection for cataract surgery in both eyes, is essential, even if the initial intervention does not involve cataract management.

The pathophysiological mechanisms leading to postoperative lens damage include changes in oxygen and intraocular pressure. Increased oxygen tension and the absence of the vitreous, which normally acts as a barrier between the retina and lens, allow free fluid movement and heightened exposure of the lens to oxidative molecules. Elevated reactive oxygen species (ROS) formation damages lens proteins, accelerating nuclear cataract development (9). Although cataract is generally considered a separate condition, in cases of combined pathology, both issues can be addressed simultaneously or sequentially.

Cataract surgery is one of the most commonly performed and successful surgical procedures worldwide. In recent years, with advances in technology, it has become minimally invasive. However, in combined procedures, the principles of surgical preparation for these patients differ (10).

Proper patient selection and meticulous preoperative preparation are critical for achieving optimal postoperative outcomes.

AIM

This study aims to evaluate the efficacy of the combined approach in 20 patients who underwent surgery for macular hole along with phacoemulsification and IOL implantation. We prospectively tracked the visual outcomes and anatomical success of the patients postoperatively.

MATERIALS AND METHODS

From January 2023 to October 2024, 20 combined surgeries for macular hole and cataract were performed at the University Specialized Eye Hospital in Varna, Bulgaria. The combined approach was chosen based on preoperative findings and patient consent. This review includes 20 patients (20 eyes) operated on during the period from January 1, 2023 to September 30, 2024.

макулна дупка, в съчетание с факоемулсификация на катаракта и имплантация на IOL. Проследихме проспективно зрителните резултати и анатомичния успех при пациентите следоперативно.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

В периода от началото на януари 2023 г. до октомври 2024 г. в УСБОВАЛ-Варна са осъществени 20 на брой комбинирани операции за макулна дупка и катаракта. Комбинираният подход е избран на база резултатите от предоперативните изследвания и със съгласието на пациента. В настоящия обзор са включени 20 на брой пациенти за периода 01.01.23 – 30.09.24, 20 на брой очи.

Алгоритъмът за преглед на пациент с макулна дупка не се различава значително от подробния офталмологичен преглед, но изисква високоспециализирана апаратура, която не винаги е налична в доболничния кабинет, където пациентът може да потърси съдействие при оплаквания от намалено зрение. Въпреки това оптиците и оптометристите, както и офталмолозите трябва да снемат подробна анамнеза относно характеристиките на зрителните нарушения на пациента.

Персистиране на специфичните оплаквания и намалено зрение след определяне на рефракция и изписване на корекция

The examination algorithm for a patient with a macular hole does not differ significantly from a detailed ophthalmological examination but requires highly specialized equipment, which is not always available in outpatient settings where patients may initially seek help for visual complaints. Nevertheless, opticians, optometrists, and ophthalmologists should take a detailed history of the patient's visual disturbances.

Persistent specific complaints and reduced vision, even after determining refraction and prescribing correction, necessitate ruling out retinal or lens pathology. Autokeratorefractometry, tonometry, and subsequent visual acuity testing with and without correction are essential screening tests preceding an ophthalmological examination.

Additional tools such as the Amsler grid, contrast sensitivity testing, and visual acuity assessment using the ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) chart provide a more precise evaluation of both the quantity and quality of vision compared to the Snellen chart commonly used in clinical practice. The ETDRS chart includes three diagrams with different optotypes designed to test the left eye, right eye, and binocular vision to prevent memorization by the patient. The diagrams use Sloan letters and are considered the gold standard for visual acuity measurement in contemporary clinical research (Fig. 1).



Fig. 1. ETDRS Chart: Diagram 1, Diagram 2, Diagram 3.

налагат изключване на заболяване на ретината и/или лещата. Автокераторефрактометрия, тонометрия с последваща зрителна острота със и без корекция са основни скринингови изследвания за оценка на зрението на пациент, предшестващи лекарския преглед от офталмолог.

Решетка на Амслер, контрастна чувствителност, както и зрение на пациент на ETDRS (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) таблицата дават по-прецизна оценка за количеството и качеството, в сравнение с таблицата на Snellen, която се използва в стандартната клинична практика. ETDRS таблицата съдържа три диаграми с различни опотипи, респективно за изследване на ляво око, дясно око и двучино с цел да не бъдат запаметени от пациента. В диаграмите се използват буквите на Sloan. ETDRS таблицата е златен стандарт за определяне на зрителната острота в съвременните клинични проучвания (Фиг. 1).

Оглед на заден очен сегмент след мидриаза на пациента зависи от практиката на изследващия, както и съгласието на пациента да му бъде поставен мидриатик. Предимство е, че при мидриаза

Examination of the posterior segment of the eye after pupil dilation depends on the clinician's practice and the patient's consent to the use of a mydriatic agent. Pupil dilation offers the advantage of allowing examination of both the lens and the peripheral retina, which is essential when planning surgical treatment for these patients.

The diagnosis of a macular hole can be made through an examination using a 90D or 78D lens; however, the gold standard for confirmation is optical coherence tomography (OCT). Since the pathology is localized in the macula, OCT can be performed without pupil dilation, except in cases where optical media transparency is compromised.

In addition to providing a structural assessment of the macula, OCT enables measurement of the size of the defect (macular hole diameter), which is a key criterion for selecting the appropriate surgical technique (Table 2, Table 3).

It is recommended that the examination be divided into two stages, as not all investigations need to be performed simultaneously. As noted above, optical coherence tomography (OCT) plays a critical role in the accurate diagnosis and management of these patients, further

Table 2. International Classification System for Vitreomacular Adhesion, Traction, and Macular Hole (11).

Classification	Subclassification
Vitreomacular adhesion	Size: focal (<1500 μm) or broad (>1500 μm) Isolated or concurrent
VMT	Size: focal (< 1500 μm) or broad (> 1500 μm) Isolated or concurrent
Full-thickness macular hole	Size: small (< 250 μm), medium (> 250 –< 400 μm), or large (> 400 μm) Status of vitreous: with or without VMT Cause: primary or secondary

може да бъде огледана и лещата, както и периферната ретина, което е задължително при планиране на оперативното лечение на тези пациенти. Поставяне на диагноза макулна дупка може да бъде постигнато след оглед с 90/ 78 D леща, но златен стандарт в утвърждаването ѝ е оптичната кохерентна томография (Optical coherence tomography, OCT). Тъй като патологията е локализирана в макулата, и изследването е приложимо и без мидриаза, освен в случаите, когато липсва прозрачност на оптичните среди.

Оптичната кохерентна томография освен структурна оценка на макулата ни дава възможност и за измерване на големината на дефекта (диаметъра на макулната дупка), което е основен критерий при подбора на оперативната техника (Табл. 2 и Табл. 3).

Препоръчително е прегледът да се раздели на два етапа, като не всички изследвания е необходимо да се извършат едновременно. От посоченото по-горе става ясно, че оптичната кохерентна томография е от изключително значение за правилен подход при тези пациенти, което затвърждава статута ѝ за златен стандарт при поставянето на диагнозата (Табл. 3).

Поставянето на диагнозата по посочения по-горе алгоритъм можем да обобщим като първи етап. Вторият етап следва да обхване другите високоспециализирани изследвания, които са необходими за извършване на пълна предоперативна подготовка, те следва да бъдат извършени в лечебното заведение, където ще се проведе хирургичното лечение. Липсата на част от тях не е ограничение за извършване на оперативната интервенция.

Спекуларната микроскопия ни дава количествена оценка на ендотелните клетки на роговицата, които са от основно значение за регулацията на водния баланс между стромата на роговицата и вътреочната течност в предната камера чрез своята бариерна и помпена функция, при операцията за катаракта (12).

Роговицата също така отича и при PPV, независимо от катаракталната операция, тъй като в очната ябълка се поставя инфузионна линия, през която навлиза BSS (Balanced Salt Solution) под налягане (обикновено около 30 mmHg), което е допълнителен стрес за ендотелните клетки. При норма неоперирани пациенти следва да имат между 3000 – 2500 клетки/ кв. мм (cells/mm²) в зависимост от възрастта (13).

Средният брой на ендотелните клетки намалява с възрастта, но при състояния като дистрофията на Фукс (Fuchs Endothelial Corneal Dystrophy – FECD) загубата на клетки е значително ускорена. При FECD, поради намаления брой на ендотелните клетки, се нарушава регулацията на осмотичното налягане в роговицата, което води до оток и загуба на прозрачност (14).

solidifying its status as the gold standard for diagnosing macular holes (Table 3).

The diagnosis, based on the algorithm mentioned above, can be summarized as the first stage. The second stage should cover other highly specialized tests that are necessary for full preoperative preparation, and these should be conducted at the medical facility where the surgical procedure will be performed. The absence of some of these tests does not necessarily limit the possibility of performing the surgery.

Specular microscopy provides a quantitative assessment of the corneal endothelial cells, which are crucial for regulating the fluid balance between the corneal stroma and the intraocular fluid in the anterior chamber through their barrier and pump functions during cataract surgery (13).

The cornea also swells during PPV, regardless of the cataract surgery, because an infusion line is placed in the eyeball, through which Balanced Salt Solution (BSS) enters under pressure (typically around 30 mmHg), which is an additional stress on the endothelial cells. In normal, non-operated patients, the number of endothelial cells should range between 2500–3000 cells/mm², depending on age (13).

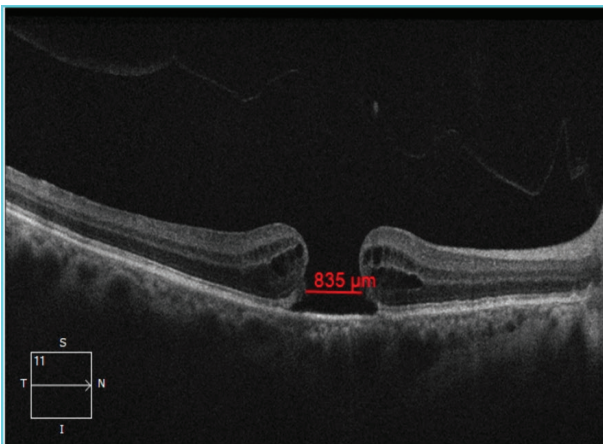
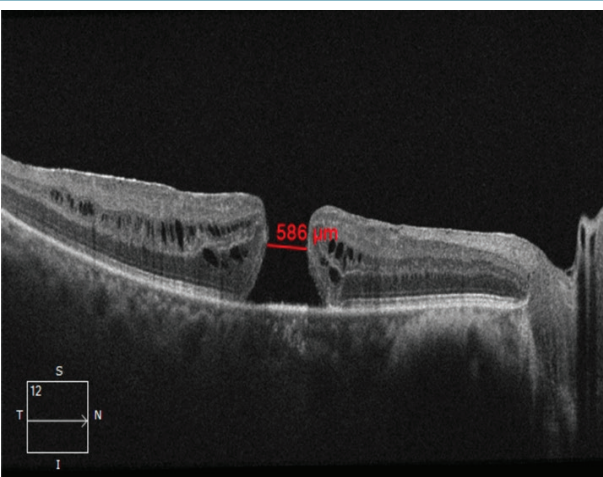
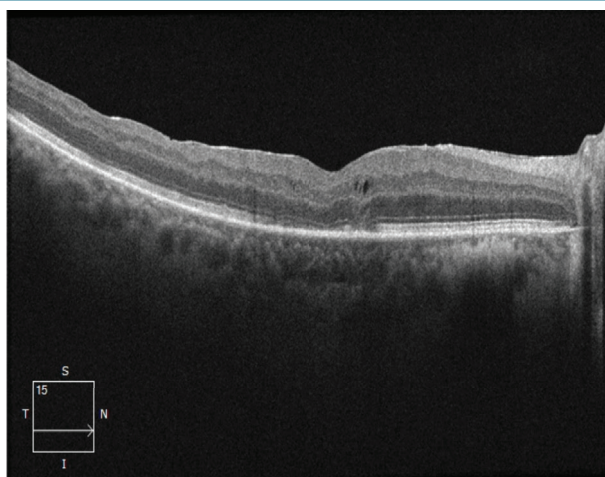
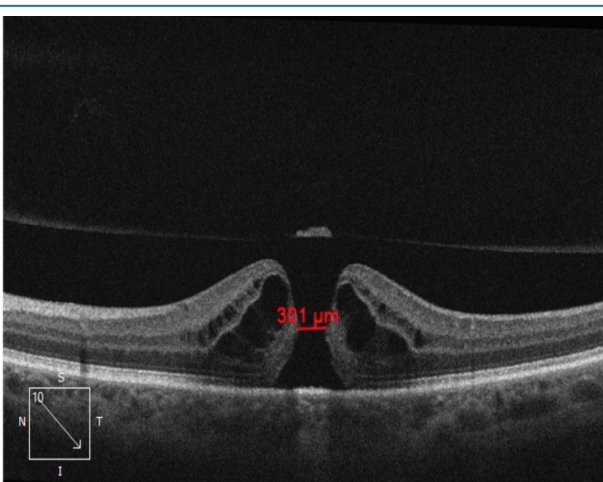
The number of endothelial cells decreases with age, but in conditions such as Fuchs endothelial corneal dystrophy (FECD), cell loss occurs much more rapidly. In FECD, due to the reduced number of endothelial cells, the regulation of osmotic pressure in the cornea is impaired, leading to swelling and loss of transparency (14).

Optical biometry, compared to ultrasound, is the new gold standard for lens selection and calculation. It consists of optical measurements of axial length, anterior chamber depth, lens thickness, white-to-white distance (from limbus to limbus), K1, K2, and ΔK. With specialized software, additional parameters can be obtained, such as anterior and posterior keratometry (TK1, TK2, ΔTK, TK).

After optical biometry, the formula for calculating the intraocular lens is chosen. In this study, the Barrett Universal 2 TK formula was used, which is considered one of the main modern formulas known for its precision and optimization of lens A-constants, surpassing earlier formulas. Trends for 2024 indicate that artificial intelligence will be used in calculating and selecting intraocular lenses. This aspect of biometry will undoubtedly continue to be explored and developed in the coming years (15–17).

Corneal topography is recommended for patients with astigmatism greater than 2 diopters, as these patients tend to have better visual outcomes after the implantation of toric intraocular lenses.

Table 3. OCT Images of Full-Thickness Macular Holes Preoperative and at Three Months Post-Operatively.

OCT OCT Preoperative	OCT Third Month
	
	
	

Оптичната биометрия, в сравнение с ултразвуковата, е новият златен стандарт за оглед, подбор и изчисляване на вътреочна леща. Тя се състои от оптично измерване на: аксиална дължина, дълбочина на предна камера, дебелина на лещата, бяло до бяло (разстоянието от лимб до лимб), К1, К2, дК. При наличие

Ultrasound or B-scan can clarify whether the posterior hyaloid is fully detached from the optic nerve head. This can sometimes be observed on OCT, in optical disc mode. Posterior vitreous detachment (PVD) is a key moment in the surgical procedure. In some patients, there is complete vitreous detachment, while in others, only macular

на специализиран софтуер: ТК1, ТК2, дТК, ТК (предна и задна кератометрия).

След оптичната биометрия се задава формула за изчисляване на вътреочни лещи. В настоящото изследване се използва формулата на Барет „Barrett universal 2 ТК“, която се счита за една от основните съвременни формули, които превъзхождат с прецизност и оптимизация на А константите на лещите, предшестващите ги. Тенденциите от 2024 г. са навлизане на изкуствен интелект в изчисляването и подбора на вътреочни лещи. Този аспект на биометрията несъмнено остава да бъде изучаван и развиван в предстоящите години (15,16,17).

Роговичната топография е препоръчителна при пациенти с астигматизъм над 2 диоптъра. Тези пациенти имат по-добри зрителни резултати след поставянето на торични вътреочни лещи.

Ултразвук или Б-скан може да даде яснота дали задната хиалоидея е напълно отделена от диска на зрителния нерв. Това може да се съблюдава понякога и на OCT, в режим за изследване на оптичния диск. PVD (Posterior Vitreous Detachment) или отделяне на задна хиалоидея от задния полюс на окоото (централната част на ретината) е ключов момент от хирургическата интервенция. При част от пациентите имаме пълно отделяне на стъкловидното тяло, при други имаме отделяне само от макулата, без диска, а при по-малките дупки и/или частичните дупки стъкловидното тяло е все още прикрупено към макулата.

От изключително значение при пациенти за комбинирана хирургия е изследванията да се правят двучно. Това не само дава подробна информация за пълния очен статус на пациента, но и позволява по-добро планиране и менажиране на хирургическата интервенция.

В текста по-долу е представен подробно алгоритъмът за провеждане на комбинирана операция за катаракта и макулна дупка.

Операцията се провежда с локална анестезия (ретробулбарна) в комбинация със седация и топикална анестезия. Пациентът се поставя на операционната маса, като се намества подходящо, тъй като удобството е от изключително значение при хирургически интервенции, при които пациентът е в съзнание за продължителност между 50 и 100 минути. Главата може да бъде фиксирана с лента, това се преценява за всеки конкретен случай. Предоперативно пациентът се почиства с 0,25% повидон-йод, подсушава се и се поставя хирургически дрейп. След прецизен отвор в дрейпа се поставя блефаростат, като предварително имаме поставен 0,5 ml лидокаин в m. orbicularis oculi темпорално, за да намали дискомфорта от блефаростата.

Операцията за катаракта зависи от техниката на хирурга, но при комбинирана операция следва следния алгоритъм: прави се страничен отвор, при необходимост от допълнителна мидриза/аналгезия се поставя вътрекамерен мидриатик в комбинация с аналгетик (мидран). При необходимост се оцветява предната лещена капсула с багрило (Trypan Blue Ophthalmic Solution 0,06% W/V), което се промива след 45 секунди. Въвежда се вискозубстанция, при наличие на синехии между ириса и лещата се отстраняват с вискодисекция или механично. Прави се основен отвор 2,4 mm в три равнини. От изключително значение е да

detachment occurs, with some smaller or partial macular holes still having vitreous attachment to the macula.

All examinations in combined surgery patients must be performed bilaterally. This not only provides detailed information about the patient's overall ocular status but also enables better planning and management of the surgical procedure.

The following is a detailed algorithm for performing combined cataract and macular hole surgery. The surgery is performed with local anesthesia (retrobulbar) combined with sedation and topical anesthesia. The patient is positioned on the operating table, with special attention to comfort, as the procedure lasts between 50 to 100 minutes, during which the patient remains conscious. The head may be fixed with tape, depending on the specific case. The patient is cleaned with 0.25% povidone-iodine, dried, and a surgical drape is applied. A blepharostat is placed through a precise opening in the drape, after administering 0.5 mL of lidocaine to the orbicularis oculi muscle temporarily to reduce discomfort from the blepharostat.

Cataract surgery depends on the surgeon's technique, but in a combined operation, the following algorithm is followed: a side incision is made, and if necessary, additional mydriasis/analgesia is applied with an intracameral mydriatic combined with an analgesic (Midran). If needed, the anterior capsular dye (Trypan Blue Ophthalmic Solution 0.06%) is applied and rinsed after 45 seconds. A viscoelastic substance is introduced, and if anterior synechiae between the iris and lens are present, they are removed with viscodissection or mechanically. A main incision of 2.4 mm is made in three planes. Proper hermetic sealing of the incisions after cataract surgery is essential, and a suitable intraocular lens (IOL) is selected for a 2.2 mm injector, when possible (typically C-loop IOLs). The incisions should ideally be 0.5 mm anterior to the limbus to ensure no fluid enters beneath the conjunctiva, which could complicate trocar placement. If such a complication occurs, drainage is mandatory.

Continued Surgery Description

Capsulorhexis is performed with a diameter of 5.5–5.8 mm, which is 1 mm smaller than the optic of most intraocular lenses, to keep the lens stable after implantation and the injection of expanding gas. If the capsulorhexis is larger, the gas bubble can push the lens into the anterior chamber, especially due to pressure differences between the anterior chamber and vitreous cavity during surgery. In cases of larger or asymmetric capsulorhexis, a three-piece or plate haptic IOL can be used, but many of these implants require a larger main incision.

Hydrodissection with lens rotation precedes the introduction of ophthalmic viscoelastic device (OVD) toward the endothelium (soft shell technique), aiming primarily to protect endothelial cells from damage, as they have limited regenerative capacity (13).

Phacoemulsification can be performed using various techniques depending on lens hardness, with minimal cumulative disruption energy (CDE) being a priority. In most cases, the lens is softer and is directly aspirated. Cortical material is aspirated using a coaxial cannula through the main incision. Polishing the anterior capsule and removing epithelial cells play an important role in a smaller capsulorhexis. The lens is implanted in a viscoelastic substance and positioned in the capsular bag, after which the viscoelastic is aspirated. The final step is ensuring the closure and hydration of the incisions. The main incision

имаме добра херметизация на отворите след завършване на операцията за катаракта, затова се подбира вътреочна леща, подходяща за инжектор 2,2 mm, когато това е възможно (основно работим с s-loop IOLs). Желателно е отворите да бъдат 0,5 mm напред от лимба, за да гарантираме, че няма да влезе течност под конюнктивата, което би усложнило поставянето на троакарите. При настъпване на такова усложнение задължително се прави дренаж.

Извършва се капсулорексис с диаметър 5,5 – 5,8, с 1 mm по-малък от оптиката на повечето вътреочни лещи, което има за цел да държи лещата стабилна след имплантацията и инжектирането на експандиращ газ, тъй като при по-широк рексис газовото мехурче може да избута лещата в предна камера, същото може да се случи и по време на хирургическата интервенция от разликите в налягането между предната камера и витреалната кухина. При капсулорексис с по-голям диаметър или асиметричен може да се постави леща „three piece“ или леща тип „plate haptic IOL“, но голяма част от тези импланти изискват по-голям основен отвор.

Хидродисекция с ротация на лещата предхождат поставянето на ophthalmic viscoelastic device (OVD) в посока към ендотела (soft shell technique), което има основна цел да защитава ендотелните клетки от увреждане, тъй като те имат ограничени регенеративни способности (13).

Факоемулсификацията може да бъде извършена по различни техники в зависимост от твърдостта на лещата, приоритет е да се използва минимално количество CDE (cumulative disruption energy). В повечето случаи при тези пациенти лещата е по-мека и директно се аспирира. Кортикалните маси се аспирират с коаксиален наконечник през основния отвор. Важна роля при малкия капсулорексис има полирането на предната капсула и отстраняването на епителните клетки. Лещата се имплантира във вискоусубстанцията и се позиционира в сака, след което

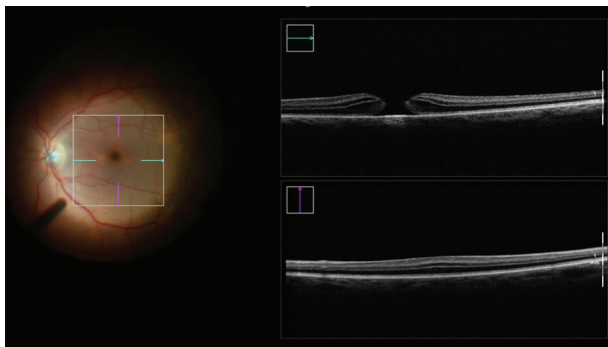


Fig. 2. Intraoperative use of OCT during PPV for macular hole.

вискоусубстанцията се отстранява чрез аспирация. Последна стъпка е херметизация и хидратация на отворите. Проверяваме основния отвор с микрохирургичен спондж за „leakage“, теч, непълна херметизация.

Следва поставянето на 3 броя троакари 25 G на 3,5 mm от лимба, съответно на 10, 14 и 16 часа, които използваме за операция на макулни дупки. При желание на хирурга троакарите могат да бъдат поставени и в началото на операцията, това е удачно

is checked with a microsurgical sponge for leakage or incomplete hermetic sealing.

Following this, three 25 G trocars are placed at 3.5 mm from the limbus, at 10, 14, and 16 o'clock, respectively, used for macular hole surgery. If the surgeon prefers, the trocars can be placed earlier, especially in cases where the integrity of the lens capsule is in doubt or at risk. The infusion line with 30 mmHg pressure is connected to the lower temporal trocar (at 16 o'clock). We continue by clearing the anterior hyaloid from the posterior lens capsule using the surgical microscope in the anterior segment mode. The lighting in the operating room is then turned off, and we switch to posterior segment mode with +90D and +120D indirect lenses, which, through an inverter, provide magnification sufficient for working in the posterior segment.

The +90D lens offers a good image of the periphery and is used for all steps except maculorhexis (macular peeling). For this, we use the +120D lens, which provides the appropriate magnification for detailed work on the central retina. The next step is core vitrectomy, which involves removing the central vitreous body, followed by careful inspection and localization of the posterior hyaloid and inducing PVD. If necessary, uncertainty or lack of visibility can be addressed by using triamcinolone for better structural marking of vitreous fibers or dye for peeling, which serves as a canvas on the undetached vitreous body. After detaching and cleaning the posterior hyaloid, the periphery is examined and additional vitreous cleaning is performed.

Infusion is stopped, and dye is applied to stain the internal limiting membrane (ILM) (Trypan blue 0.15% ophthalmic solution, Brilliant Blue G), left for 120 seconds to ensure good staining. After turning on the infusion, the dye is aspirated. The work mode is switched back to the +120D lens to inspect the macula.

Intraoperative OCT (iOCT) provides detailed visualization of the macula and is an additional tool for fine-tuning the maculorhexis (Fig. 2).

Maculorhexis begins at the temporal part, where the fibers of the neurofibrillary layer (parafoveal) converge (Fig. 3).

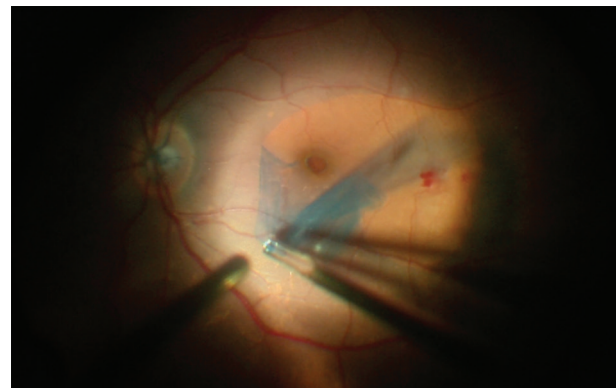


Fig. 3. ILM peeling.

We used a patented highly specialized forceps with serrated tips, the sharkskin IML forceps, which grasps the inner limiting membrane at 85% of its thickness, allowing for atraumatic detachment. If necessary, an additional instrument can be used to elevate the ILM. We follow two main techniques: for holes smaller than 400 microns, the inner limiting membrane is separated. For holes larger than 400 microns, a so-called inverted flap is created, where the ILM is turned

при операции със съмнение за нарушена цялост на лещената капсула или криещи такъв риск. Инфузионната линия с налягане 30 mmHg се включва в долно темпоралния троакар (на 16 часа). Продължаваме с изчистване на предна хиалоидея от задната лещена капсула, все още използвайки хирургичния микроскоп в режим за преден сегмент. След това осветлението в залата се изгася и се минава към режим заден сегмент, чрез платформа с +90 и +120 диоптрови индиректни лещи, които посредством инвертор дават увеличителен образ, достатъчен за работа в заден сегмент.

+90 диоптровата леща дава добър образ и периферия и се използва за всички стъпки без пилинга на макулата, т.нар. макулорексис. За целта използваме +120 D, която дава подходящото увеличение за детайлна работа върху централната област на ретината. Следващата стъпка е „core vitrectomy“, отстраняването на срединната част на стъкловидното тяло, последвано от прецизен оглед и локализация на задна хиалоидея и индуциране на отделянето на стъкловидното тяло

so that it covers the fovea. This can be done either as a full flap or in small strips. It can also be performed under Decaline for better control. In re-operations (when ILM is absent) and giant holes (over 850 microns), we can use human amniotic membrane and mechanical foveal detachment via subretinal air injection, which releases its edges from the underlying tissue and reduces the overall size of the hole. After the surgical technique is completed, the water/air exchange is performed, and the retina is thoroughly dried. A repeat examination of the periphery is done, as a larger visual field is available under air. If necessary, risk areas and peripheral lesions are treated with endolaser. At the end of the procedure, expanding gas is injected, and the patient is carefully informed that flying and ascending to heights above 1500 meters are prohibited while the gas bubble is visible. The most commonly used gases in ophthalmic surgery are air, sulfur hexafluoride (SF6), perfluoropropane (C3F8), and less commonly perfluoroethane (C2F6) and perfluorobutane (C4F8). These gases have expansion capacities, which determine how long the gas remains in the eye (Table 4) (18).

Table 4. Physical characteristics of commonly used intraocular gases.

Gas	Expansion at 100% Concentration	Usually Applied Concentration (%)	Number of Days in Which the Gas Remains in the Eye
Air	0		5–7
SF6	2	20	10–14
C2F6	3.5	16	30–35
C3F8	4	12	55–65

от ретината в задната част на око (PVD). При необходимост, несигурност или липса на визуализация може да се използва триамцинолон за по-добро структурно маркиране на нишките на стъкловидното тяло или багрилото за пилинг, което застава като платно върху неотделеното стъкловидно тяло. След отделяне и изчистване на задна хиалоидея се прави оглед на периферия и там допълнително се почиства стъкловидното тяло. Инфузията се спира и се поставя багрило за оцветяване на вътрешната лимитираща мембрана (Trypan blue 0.15% ophthalmic solution, Brilliant Blue G), остава се за 120 секунди, за да гарантираме добро оцветяване. След включване на инфузията багрилото се аспирира. Минава се на режим на работа с +120 диоптровата леща, за да се огледа макулата.

Интраоперативното OCT (iOCT) дава подробна визуализация на макулата и е един допълнителен инструмент за прецизиране на макулорексиса (Фиг. 2).

Макулорексисът се започва от темпоралната част, там, където се събират влакната на неврофибрилерния слой (парафовеоларно) (Фиг. 3).

Използваме патентован високоспециализиран пинсет с назъбени връхчета „sharkskin ILM forceps“, който захваща вътрешната лимитираща мембрана в 85% от дебелината и позволява атравматичното ѝ отделяне. При необходимост може да се използва и допълнителен инструмент за повдигане на ILM. Следваме 2 основни техники. При дупки, по-малки от 400 микрона, се отделя вътрешната лимитираща мембрана. При

The type and concentration of the gas are determined by the surgeon. In the present study, SF6 and C3F8 were used. In re-operations and for larger holes, silicone oil may be preferred. The surgery ends with the removal of the trocars and lavage with Betadine (povidone-iodine). It is recommended that the patient lie prone for the first 48 hours (19). After 48 hours, the anatomical result can be assessed by OCT in some patients.

RESULTS

The qualitative and quantitative results were followed in 20 patients, 14 males and 6 females, with an average age of 63.5 years. Anatomical closure of the macular hole was observed in 100% of the patients during OCT examination. The refractive results after cataract surgery were excellent, with a minimal refractive error ranging from -0.25 to -0.50 diopters. The functional result can be assessed when the gas bubble has partially resorbed and has crossed the midline. Improvement in visual acuity was observed in all patients, although some still reported subjective complaints even after the surgery. The dynamics recorded during the follow-up visits showed a gradual increase in visual acuity and the resolution of subjective complaints. We can summarize that the anatomical result is detected the earliest.

Patients were followed up on the first and second day after surgery, and signs of inflammation, changes in intraocular pressure, the status of the scleral holes, the position of the implanted intraocular lens, the state of the anterior chamber, and the cornea were monitored. No complications were recorded during the postoperative period.

дупки над 400 микрона се прави т.нар. „обърнат флап“ или ILM се обръща така, че да покрие фовеолата. Това може да стане както цялостно, така и на малки ленти. Възможно е да се извърши под декалин, за по-добър контрол. При реоперации (когато липсва ILM) и гигантски дупки (над 850 микрона) можем да използваме човешка амниотична мембрана и механично отделяне на фовеата чрез субретинална инжекция на въздух, което освобождава нейните краища от подлежащата тъкан и намалява общия

Visual acuity on the first day after surgery was lower, increasing by 10% on the first week, and reaching up to 42% at six months after surgery.

All patients were followed up on the first and second weeks, and at the first, second, third, and sixth months after surgery. Each follow-up visit was accompanied by autorefractometry, tonometry, and visual acuity testing using the ETDRS chart, Snellen chart, Amsler grid, and OCT (Table 5).

Table 5. Average values of results presented in tabular form.

	Visual Acuity (EDTRS Chart)	Visual Acuity (Snellen Chart)	Metamorphopsias (Amsler Grid)	Anatomical Result (OCT)
Preoperative	11.7	0.13	+++	509.6 micrometers *
Week 1	12.87	0.15	++	100%
Week 2	33.12	0.43	++	100%
Month 1	36.8	0.48	+	100%
Month 3	40.48	0.53	-	100%
Month 6	42.32	0.55	-	100%

*Average macular hole size preoperatively

размер на дупката. След завършване на хирургическата техника се прави обмяната вода/ въздух, ретината се подсушава напълно. Прави се повторен оглед на периферията, тъй като под въздух имаме по-голямо зрително поле, при необходимост рисковите зони и периферни лезии се обработват с ендолазер. В края на операцията се инжектира експандиращ газ, като на пациента се обяснява внимателно, че е забранено летенето и изкачването на по-големи височини от 1500 м, докато вижда газовото мехурче. Най-често използваните газове в офталмологичната хирургия са въздух, sulfur hexafluoride (SF6), perfluoropropane (C3F8), по-рядко се използват perfluoroethane (C2F6) и perfluorobutane (C4F8). Споменатите газове имат капацитет за разширяване, според който се определя колко дълго газът остава в окото (Табл. 4) (18).

Видът и концентрацията на газа се преценяват от хирурга. В настоящето проучване са използвани SF6 и C3F8.

При реоперациите и по-големите дупки може да се предпочете силиконово олио. Операцията завършва с отстраняване на троакарите и промивка с бетадин (повидон-йод). Препоръчително е пациентът да лежи по корем първите 48 часа (19).

След 48 часа при част от пациентите може да се изследва анатомичният резултат чрез OCT.

РЕЗУЛТАТИ

Качествените и количествени резултати са проследени при 20 на брой пациенти, от които 14 мъже и 6 жени на средна възраст 63,5 г. Анатолично затваряне на макулната дупка при преглед с OCT е установено при 100% от пациентите. Рефрактивните резултати вследствие на катаракталната хирургия са отлични, постигната е минимална рефрактивна грешка от -0,25 до -0,50 дсф. Функционалният резултат можем да установим, когато газовият

DISCUSSION

The presented results show noticeable improvement in both the anatomical and visual outcomes for the patients. The combined approach is a good choice for a large number of patients, as the recovery period is shortened. It significantly reduces surgical risk as well as the risk of additional complications (20). From an economic perspective, the advantages also favor the combined surgery, as the overall costs related to hospitalization, operating room, medical staff, and consumables are reduced (21).

The psychoemotional aspect is also of crucial importance, as undergoing surgical treatment is already sufficiently stressful for the patient.

According to the literature, both combined and two-stage surgeries are safe and effective methods for treating macular holes and cataracts (17). However, single-stage surgery surpasses two-stage surgery due to significantly shorter procedure time and long-term maintenance of high visual results.

For this type of surgical approach, the ophthalmic surgeon must specialize in both cataract and vitreoretinal surgery to feel comfortable and confident performing the entire surgical process in one stage. In cases where this is not possible, the best solution is for the surgical approach to be coordinated with a team of specialists.

According to Fowad Daud et al., there is no significant difference in visual and refractive outcomes, or complications, between one-stage and two-stage surgeries (22).

A challenge in applying the combined surgical approach in Bulgaria is the lack of funding from the National Health Insurance Fund. This may lead to reluctance among surgeons to choose the combined approach, delays in treatment, or subjecting the patient to two separate

мехур има частична резорбция и е преминал срединната линия. Подобрене в зрителната острота има при всички пациенти, при част от тях субективните оплаквания персistirат и след операцията. Динамиката, която се регистрира в хода на контролните прегледи, е постепенно повишаване на зрителната острота и отпадане на субективните оплаквания. Можем да обобщим, че най-рано се констатира анатомичният резултат.

Пациентите се проследяват на първи и втори ден след операцията, следим за признаци на възпаление, промени в налягането, състоянието на склерните отвори, положението на имплантираната вътреочна леща, състоянието на предната камера и роговицата. Усложнения не са регистрирани в хода на постоперативния период.

Зрителната острота в първия ден след операцията е по-ниска и се покачва с 10% на първа седмица от операцията, с до 42% на шести месец след операцията.

Всички пациенти се проследяват на първа и втора седмица, първи, втори, трети и шести месец след операцията. Всеки контролен преглед е съпътстван от авторефрактометрия, тонометрия, изследване на зрителна острота чрез ETDRS таблица, Snellen, решетка на Amsler и OCT (Табл. 5).

ДИСКУСИЯ

От представените резултати е видимо подобрене в анатомичния и зрителен резултат на пациентите. Комбинираният подход е добър избор за голяма част от пациентите, възстановителният период се съкращава. Значително намалява хирургичният риск, както и рискът от допълнителни усложнения (20). От икономическа гледна точка предимствата също са в полза на комбинираната операция, намаляват се общите разходи, свързани с хоспитализация, оперативна зала, медицински персонал и използваните консумативи (21).

От ключово значение е и психоемоционалният момент, подлагането на оперативно лечение е достатъчно стресиращо за пациента.

Ако се позволим на литературата, както комбинираните, така и двуетапните операции са безопасни и ефективни методи за лечение на макулна дупка и катаракта (17). Но едноетапната операция превъзхожда двуетапната със значително по-краткото време и дългосрочното задържане на високия зрителен резултат.

При този тип оперативен подход е необходимо офталмохирургът да е специализиран както в катаракталната, така и във витреоретиналната хирургия, за да се чувства комфортно и сигурно, извършвайки сам оперативния процес едноетапно. В случаите, когато това не е възможно, най-доброто решение е оперативният подход да бъде съгласуван с екип от специалисти.

Според Fowad Daud et al. няма значима разлика в зрителните и рефрактивни резултати и усложнения при едно- или двуетапните операции (22).

Предизвикателство при прилагането на комбинирания оперативен подход в България е липсата на финансиране от Здравната каса. Това може да доведе до нежелание от страна на хирурзите да избират комбинирания подход, до забавяне на лечението или подлагане на пациента на две отделни интервенции, което увеличава риска от усложнения и допълнителни разходи.

interventions, which increases the risk of complications and additional costs. The issue of developing future strategies to address the financial aspect remains open, which could lead to greater interest in the combined approach and optimization of visual outcomes for patients.

CONCLUSION

The results confirm the effectiveness of the combined surgery, which offers advantages compared to two-stage surgery in terms of visual outcome, anatomical recovery, as well as patient comfort and quality of life. Despite the positive results, for combined surgery to be practically applicable in Bulgaria, a change in healthcare policy is needed. The lack of adequate funding limits patients' access to treatment and disadvantages healthcare institutions performing this unique surgery, which is recognized in Europe and worldwide.

REFERENCES

1. Mann DF. Idiopathic macular hole. *Optom Clin*. 1996;5(1):95-110.
2. Majumdar S, Tripathy K. Macular Hole. [Updated 2023 Aug 25]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan
3. Sebag J. Age-related changes in human vitreous structure. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 1987;25(2):89-93. doi: 10.1007/BF02160337.
4. Huang LL, Levinson DH, Levine JP, et al. Optical coherence tomography findings in idiopathic macular holes. *J Ophthalmol*. 2011;2011:928205. doi: 10.1155/2011/928205.
5. Kelly NE, Wendel RT. Vitreous surgery for idiopathic macular holes. Results of a pilot study. *Arch Ophthalmol*. 1991 May;109(5):654-9. doi: 10.1001/archophth.1991.01080050068031.
6. Ho AC, Guyer DR, Fine SL. Macular hole. *Surv Ophthalmol*. 1998 Mar-Apr;42(5):393-416. doi: 10.1016/s0039-6257(97)00132-x.
7. Khan A, Pope JM, Verkicharla PK, et al. Change in human lens dimensions, lens refractive index distribution and ciliary body ring diameter with accommodation. *Biomed Opt Express*. 2018;9(3):1272-1282. Published 2018 Feb 21. doi:10.1364/BOE.9.001272
8. Markatia Z, Hudson J, Leung EH, et al. The Postvitrectomy Cataract. *Int Ophthalmol Clin*. 2022 Jul 1;62(3):79-91. doi: 10.1097/IIO.0000000000000440.
9. Holekamp NM. The vitreous gel: more than meets the eye. *Am J Ophthalmol*. 2010 Jan;149(1):32-6. doi: 10.1016/j.ajo.2009.07.036. Epub 2009 Oct 28.
10. Davis G. The Evolution of Cataract Surgery. *Mo Med*. 2016 Jan-Feb;113(1):58-62.
11. Duker JS, Kaiser PK, Binder S, et al. The International Vitreomacular Traction Study Group classification of vitreomacular adhesion, traction, and macular hole. *Ophthalmology*. 2013;120(12):2611-2619. doi:10.1016/j.ophtha.2013.07.042.
12. Gupta PK, Berdahl JP, Chan CC, et al. The corneal endothelium: clinical review of endothelial cell health and function. *J Cataract Refract Surg*. 2021;47(9):1218-26. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000000650.
13. Vaiciulienė R, Rylskytė N, Baguzytė G, et al. Risk factors for fluctuations in corneal endothelial cell density (Review). *Exp Ther Med*. 2022 Feb;23(2):129. doi: 10.3892/etm.2021.11052.
14. Elhalis H, Azizi B, Jurkunas UV. Fuchs endothelial corneal dystrophy. *Ocul Surf*. 2010;8(4):173-184. doi:10.1016/s1542-0124(12)70232-x.

Остава отворен въпросът за разработването на бъдещи стратегии за решаването на финансов аспект, което би могло да доведе до по-голям интерес към комбинирания подход и оптимизиране на зрителните резултати при пациентите.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резултатите потвърждават ефективността на комбинираната операция, която предлага предимства в сравнение с двуетапната хирургия, както по отношение на зрителния резултат, анатомичното възстановяване, но и комфорта и качеството на живот на пациента. Въпреки позитивните резултати, за да бъде комбинираната операция практически приложима в България, е необходима промяна в здравната политика. Липсата на адекватно финансиране ограничава достъпа на пациентите до лечение и ощетява лечебните заведения, осъществяващи тази уникална в европейски и световен мащаб хирургия.

15. Solomon R, Tamilarasi S, Sachdev G, et al. Accuracy of Barrett versus third-generation intraocular lens formula across all axial lengths. *Oman J Ophthalmol*. 2022 Nov 2;15(3):290-294. doi: 10.4103/ojo.ojo_188_21.
16. Stopyra W, Langenbucher A, Grzybowski A. Intraocular Lens Power Calculation Formulas-A Systematic Review. *Ophthalmol Ther*. 2023;12(6):2881-902. doi:10.1007/s40123-023-00799-6.
17. Xia T, Martinez CE, Tsai LM. Update on Intraocular Lens Formulas and Calculations. *Asia Pac J Ophthalmol (Phila)*. 2020 May-Jun;9(3):186-93. doi: 10.1097/APO.0000000000000293.
18. Silvanus MT, Moldzio P, Bornfeld N, et al. Visual loss following intraocular gas injection. *Dtsch Arztebl Int*. 2008 Feb;105(6):108-12. doi: 10.3238/arztebl.2008.0108.
19. Guillaubey A, Malvitte L, Lafontaine PO, et al. Comparison of face-down and seated position after idiopathic macular hole surgery: a randomized clinical trial. *Am J Ophthalmol*. 2008;146(1):128-34. doi:10.1016/j.ajo.2008.02.029
20. Theocharis IP, Alexandridou A, Gili NJ, Tomic Z. Combined phacoemulsification and pars plana vitrectomy for macular hole treatment. *Acta Ophthalmol Scand*. 2005;83(2):172-5. doi:10.1111/j.1600-0420.2005.00417.x.
21. Port AD, Nolan JG, Siegel NH, et al. Combined phaco-vitrectomy provides lower costs and greater area under the curve vision gains than sequential vitrectomy and phacoemulsification. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2021;259(1):45-52. doi:10.1007/s00417-020-04877-4.
22. Daud F, Daud K, Popovic MM, et al. Combined versus Sequential Pars Plana Vitrectomy and Phacoemulsification for Macular Hole and Epiretinal Membrane: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Ophthalmol Retina*. 2023;7(8):721-31. doi:10.1016/j.oret.2023.03.017.