

ДЕРЖАВНА УСТАНОВА
«ІНСТИТУТ ОЧНИХ ХВОРОБ І ТКАНИННОЇ ТЕРАПІЇ
ім. В. П. ФІЛАТОВА НАМН УКРАЇНИ»

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

КОГАН МИХАЙЛО БОРИСОВИЧ

УДК 617.7-001-0072.1/-073:535-15

**ДИСЕРТАЦІЯ
ДІАГНОСТИЧНА ЗНАЧИМІСТЬ СПОСОБУ ДІАФАНОСКОПІЇ З
ВИКОРИСТАННЯМ ТРАНСПАЛЬПЕБРАЛЬНОГО
ІНФРАЧЕРВОНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ
У ХВОРИХ З ТРАВМОЮ ОКА**

в галузі знань 22 Охорона здоров'я за спеціальністю
222 Медицина (спеціалізація «Офтальмологія»)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Коган

М. Б. Коган

Науковий керівник: Задорожний Олег Сергійович, кандидат медичних наук

Одеса – 2021

АНОТАЦІЯ

Коган М. Б. Діагностична значимість способу діафаноскопії з використанням транспальпебрального інфрачервоного випромінювання у хворих з травмою ока – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 22 «Охорона здоров'я» за спеціальністю 222 – «Медицина» (14.01.18 – «Офтальмологія»). – ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України», Одеса, 2021.

Дисертація присвячена актуальній проблемі клінічної офтальмології – підвищенню ефективності діагностики посттравматичних змін очного яблука (при забої та проникаючому пораненні з або без наявності внутрішньоочних сторонніх тіл очного яблука) способом діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра.

Для вирішення поставлених завдань в експерименті *ex vivo* на 10 трупних енуклеюваних очах пацієнтів з меланомою хоріоїдеї було доведено можливість візуалізації важкодоступних внутрішньоочних структур, а саме відростчатої і плоскої частини війчастого тіла, обмеженої зубчастою лінією, способом діафаноскопії в інфрачервоному діапазоні спектра. Оптимальна візуалізація структур плоскої та відростчатої частин війчастого тіла, обмеженої зубчастою лінією, може бути досягнута при використанні світлодіодного некогерентного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм, тобто в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра. В експерименті *ex vivo* при моделюванні травматичних ушкоджень ока було встановлено, що шляхом діафаноскопії в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра існує можливість візуалізації дефектів райдужної оболонки, склери, а також визначення наявності внутрішньоочних сторонніх тіл (ВОСТ) різної природи походження в передньому відділі ока. Було встановлено, що спосіб діафаноскопії в інфрачервоному діапазоні спектра дозволяє не тільки

візуалізувати ВОСТ, але і визначити розташування його тіні відносно проекції структур війчастого тіла на склері.

На першому етапі клінічного фрагменту роботи для визначення особливостей візуалізації структур війчастого тіла при різній довжині ока було досліджено 49 осіб (98 очей) без травматичного ураження ока віком $42 \pm 10,5$ років з аметропією (гіперметропією, міопією) і еметропією та різною довжиною передньо-заднього відділу ока. У всіх випадках проводили наступні обстеження: візометрію, біомікроскопію, офтальмоскопію, інфрачервону (940 нм) діафаноскопію з транспальпебральним освітленням, ультразвукову біометрію. В результаті проведених досліджень було підтверджено, що спосіб інфрачервоної діафаноскопії дозволяє візуалізувати структури війчастого тіла при використанні як трансклерального, так і транспальпебрального шляху освітлення очного яблука. Було підтверджено, що спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням простий і безпечний за рахунок відсутності контакту освітлювача з рогівкою і склерою та відсутності компресії очного яблука. Вперше було встановлено можливість візуалізації важкодоступних структур плоскої та відростчастої частини війчастого тіла способом діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра. Було доповнено наукові дані про пряму залежність розмірів структур війчастого тіла від довжини передньо-заднього відрізка очного яблука у осіб з еметропією, гіперметропією та міопією. Так, при довжині очей 20-22,9 мм ширина плоскої частини війчастого тіла склала в середньому $3,1 \pm 0,7$ мм, при довжині очей 23-24,9 мм – $4,1 \pm 0,3$ мм ($p < 0,05$), з довжиною очей 25-35 мм – $5,0 \pm 0,8$ мм ($p < 0,05$).

На наступному етапі роботи було досліджено хворих з забоєм очного яблука (25 пацієнтів, 25 очей) в ранньому періоді (до 15 днів) після травматичного ураження (середнього та важкого ступеня тяжкості по класифікації Петропавловської А.Г., 1975 р.). Парне око було інтактним. Всім хворим проводили наступні обстеження: візометрію, біомікроскопію,

офтальмоскопію, кольорове фотографування переднього відділу очного яблука, інфрачервону діафаноскопію з транспальпебральним освітленням, рентгенографію, ультразвукове сканування та біометрію. Застосування способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням у пацієнтів з забоєм очного яблука дозволило за рахунок зміни особливостей поглинання і пропускання інфрачервоного випромінювання внутрішньоочними структурами та склерою виявити пошкодження райдужної оболонки і кришталика, а саме: прикореневі іридодіалізи, надриви зіничного краю райдужної оболонки, сублюксацію кришталика. Використання способу інфрачервоної діафаноскопії з забоєм очного яблука дозволило неінвазивно виявити субкон'юнктивальні розриви склери у вигляді ділянки підвищеного пропускання інфрачервоного світла в проекції розриву, що було підтверджено в операційній в процесі ревізії склери. Способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням було визначено особливості змін розмірів структур війчастого тіла травмованих очей з постзабійними змінами відносно парних інтактних очей. Вперше було встановлено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла у пацієнтів після забою очного яблука середнього та важкого ступеня в порівнянні з парними інтактними очима, що може свідчити про наявність посттравматичного набряку структур війчастого тіла в ранньому періоді (до 15 днів) після травматичного ураження. Так, у пацієнтів з забоєм очного яблука було визначено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла ураженого ока в середньому до $2,5 \pm 0,1$ мм порівняно з парними інтактними очима – $2,0 \pm 0,1$ мм ($p = 0,01$).

На наступному етапі роботи було досліджено можливість використання способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням у пацієнтів з проникаючим пораненням очного яблука для виявлення ВОСТ, розташованих в важкодоступній для діагностики зоні переднього відділу ока. Критерієм виключення були випадки проникаючого поранення з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла в задньому відділі ока. Під

спостереженням знаходилось 50 хворих (50 очей), з яких у 30 осіб (30 очей) було підтверджено наявність внутрішньоочного стороннього тіла в передньому відділі ока (кон'юнктива, рогівка, лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталік). Парне око було інтактним. У 20 осіб (20 очей) з проникаючим пораненням очного яблука внутрішньоочне стороннє тіло не було підтверджено. Всім хворим проводили наступні обстеження: візометрію, біомікроскопію, офтальмоскопію, кольорове фотографування переднього відділу очного яблука, інфрачервону діафаноскопію з транспальпебральним освітленням, рентгенографію з або без протеза Комберга-Балтіна, ультразвукове дослідження заднього відділу ока та, по можливості, переднього відділу ока, ультразвукову біометрію. Вперше було встановлено, що особливості поглинання, відбиття і заломлення випромінювання ближнього інфрачервоного (довжина хвилі 940 нм) діапазону спектра обумовлюють можливість візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл незалежно від природи походження (метал, камінь, дерево), розташованих в передньому відділі ока, при транспальпебральному освітленні, в тому числі при порушенні прозорості оптичних середовищ ока. На підставі проведених експериментальних та клінічних досліджень було розроблено спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра (патент України №134645).

Аналіз застосування розробленого способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням дозволив оптимізувати діагностику пацієнтів з проникаючим пораненням очного яблука шляхом: 1) візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в важкодоступних для діагностики зонах переднього відділу ока; 2) виявлення як рентген-позитивних, так і рентген-негативних уламків; 3) реєстрації сторонніх тіл малих розмірів (від 0,5x1x1мм); 4) візуалізації ВОСТ при помутніннях оптичних середовищ (помутніння рогівки, набухаюча катаракта). Спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням дозволив визначити проекцію війчастого тіла у всіх хворих, а також розташування

ВОСТ відносно його структур, що дозволило вибрати оптимальну тактику хірургічного лікування.

Було також визначено, що наявність масивних субкон'юнктивальних крововиливів може обмежувати можливість візуалізації ВОСТ в проекції вільчастого тіла через екрануючий ефект крові по відношенню до інфрачервоного випромінювання. Крім того, інтенсивне поглинання інфрачервоного випромінювання локальними скупченнями крові в ряді випадків призвело до помилкової оцінки отриманих діафаноскопічних картин та хибнопозитивних результатів.

Застосування розробленого неінвазивного способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням спільно з рентгенографічним та ультразвуковим способами візуалізації підвищило ефективність виявлення ВОСТ в передньому відділі очного яблука загалом на 10% як за рахунок підвищення додатково зареєстрованих рентген-негативних ВОСТ, так і за рахунок візуалізації сторонніх тіл малих розмірів (менше 1 мм).

Ключові слова: проникаюче поранення очного яблука, забій очного яблука, внутрішньоочне стороннє тіло, інфрачервоне випромінювання, діафаноскопія.

ANNOTATION

Kogan M.B. The diagnostic value of near-infrared transpalpebral transillumination in patients with eye injury - qualifying scientific work as a manuscript.

Thesis for a PhD Degree in 22 “Health Care” with a specialization of 222 “Medicine” (14.01.18 – Ophthalmology). – SI “The Filatov Institute of Eye Diseases and Tissue Therapy of the NAMS of Ukraine”, Odesa, 2021.

The dissertation is focused on improving the efficacy of diagnosis for trauma-related changes in the eye globe (blunt trauma, penetrating injury with/without intraocular foreign bodies) by using near-infrared transpalpebral transillumination (NIR TPT).

For this purpose, an ex vivo experiment was performed in 10 enucleated cadaveric human eyes with choroidal melanoma, which showed that NIR TPT enabled to visualize hard-to-reach intraocular structures, in particular, the ciliary body pars plicata and pars plana bounded by the ora serrata. Optimal visualization of the ciliary body pars plicata and pars plana limited by the ora serrata can be reached by using an incoherent light-emitting-diode light source with a dominant wavelength of 940 nm, i.e. in infra-red light. The ex vivo experiment on a traumatic eye injury model demonstrated that NIR TPT enabled visualization of damage to the iris and sclera as well as visualization of various types of intraocular foreign bodies (IOFBs) in the anterior segment. NIR TPT was found not only to visualize IOFBs but also to determine the localization of scleral shadows of IOFBs in relation to ciliary body structures.

The first stage of the clinical study involved 98 eyes (49 people), aged 42 ± 10.5 , without traumatic eye injury and with ametropia (hyperopia, myopia) and emmetropia and different axial lengths in order to investigate the dimensions of the ciliary body structures in various axial eye lengths. All patients underwent visual acuity assessment, biomicroscopy, ophthalmoscopy, NIR TPT (940 nm), ultrasound biometry. The conducted studies demonstrated that infrared

transillumination enabled visualization of the ciliary body structures by using both transscleral and transpalpebral illumination of the globe. NIR TPT was found to be a simple and safe method due to the absence of physical contact between the light source and the cornea and sclera and the absence of the globe compression. For the first time, NIR TPT was found to enable visualization of hard-to-reach structures of the ciliary body pars plicata and pars plana. Scientific data on the direct relationship between the dimensions of the ciliary body structures and axial length in people with emmetropia, hyperopia, and myopia was upgraded.

Thus, in patients with axial length ranging from 20 mm to 22.9 mm, 23 mm to 24.9 mm, and from 25 mm to 35 mm, pars plana width was 3.1 ± 0.7 mm, 4.1 ± 0.3 mm ($p < 0.05$) mm, and 5.0 ± 0.8 mm ($p < 0.05$) mm, respectively.

At the next stage, the study involved 25 eyes (25 patients) with contusions of the globe presented 2 to 15 days after the traumatic event (moderate and severe contusions by Petropavlovskaya A.G.'s classification, 1975). The fellow eye was intact. All patients underwent visual acuity assessment, biomicroscopy, ophthalmoscopy, ultrasound scanning of the anterior eye and posterior eye, NIR TPT, X-ray examination, ultrasound scanning, and biometry. NIR TPT for the patients with contusion of the globe enabled visualizing the damage to the iris and the lens, in particular, iridodialysis in the iris root area, tears of the pupillary margin, subluxated lens, due to variations in absorption and transmission of the near-infrared light by the intraocular structures and sclera. NIR TPT for contusion of the globe allowed non-invasive identifying subconjunctival scleral ruptures in the form of increased infrared light transmission in the projection of the rupture, which was confirmed during surgical revision of the sclera. NIR TPT was used to identify the characteristic changes in the dimensions of the ciliary body structures in post-contusion eyes as compared to fellow intact eyes. It was found for the first time that the ciliary body pars plicata width was wider in patients with moderate and severe contusion of the eye as compared to fellow intact eyes, which may evidence the presence of early (up to 15 days) post-traumatic ciliary body edema.

Thus, the ciliary body pars plicata width in patients with contusion of the globe was 2.5 ± 0.1 mm vs. 2.0 ± 0.1 mm ($p = 0.01$) in fellow intact eyes.

At the next stage, we assessed the potential of NIR TPT for visualization of IOFBs in the anterior segment in patients with penetrating injuries. 50 eyes (50 patients) were under observation; of them, 30 patients were with the proved presence of IOFB in the anterior segment (conjunctiva, cornea, limbal and paralimbal parts, iris, ciliary body, lens). The fellow eye was intact. In 20 patients, the presence of IOFB was not confirmed. Exclusion criteria were occasions of penetrating injuries with IOFBs in the posterior segment of the eye. All patients underwent visual acuity assessment, biomicroscopy, ophthalmoscopy, color imaging of the anterior eye, NIR TPT, X-ray examination with and without using the Komberg-Baltin prosthesis, ultrasound scanning of the anterior eye, if possible, and posterior eye, ultrasound biometry. It was found for the first time that, due to the absorption reflection and refraction features of the near-infrared light (940 nm wavelength), NIR TPT made it possible to visualize IOFBs, independently on their nature (metal, stone, wood), localized in the anterior segment of the eye, also in the presence of opaque media. Based on the experimental and clinical studies, a method of IOFB visualization in infrared light was developed (Patent of Ukraine No134645).

Analysis of the developed method of NIR TPT made it possible to optimize the diagnosis for patients with penetrating injuries by: 1) visualizing IOFBs in the anterior eye, which are hard to detect; 2) detecting both X-ray positive and X-ray-negative foreign bodies; 3) identifying small (from 0.5x1x1mm) IOFBs; 4) visualizing IOFBs in the presence of opaque media (corneal haze, swelling cataract). NIR TPT enabled detecting the projection of the ciliary body in all patients as well as detecting IOFBs in the projection of the ciliary body, which made it possible to choose the optimal surgical tactics.

In addition, it was found that the presence of subconjunctival hemorrhage can hamper the visualization of IOFB in the projection of the ciliary body due to a shielding effect of blood with respect to the near-infrared light. Besides, intensive

absorption of near-infrared light by subconjunctival blood in some cases led to incorrect assessment of NIR TPT pictures and false positive results.

Using a developed noninvasive method of NIR TPT together with radiographic and ultrasonic methods of visualization increased the efficacy of IOFB detection in the anterior segment of the eye, in general, by 10% due to both increased detection of X-ray-negative IOFBs and identification of small (less than 1 mm) IOFBs.

Keywords: penetrating globe injury, contusion of the globe, intraocular foreign body, infrared radiation, near-infrared transpalpebral transillumination

ПЕРЕЛІК НАУКОВИХ ПРАЦЬ ОПУБЛІКОВАНИХ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Коган М. Б. Визуализация внутриглазных инородных тел, расположенных в проекции цилиарного тела, способом инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецькая, Т. А. Красновид, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Офтальмол. журн. – 2019. – №4. – С. 23-27. (особистий внесок здобувача - аналізував наукову літературу стосовно проблеми виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл, виконував інфрачервону транспальпебральну діафаноскопію очей пацієнтів з проникаючим пораненням з підозрою на внутрішньоочне стороннє тіло, описав можливість застосування діагностичного способу при проникаючих пораненнях очного яблука та перші результати використання транспальпебральної інфрачервоної діафаноскопії при травматичному ураженні очного яблука).

2. Коган М. Б. Размеры структур цилиарного тела здоровых лиц с различной длиной глаза / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Офтальмология. Восточная Европа. – 2020. – № 1. – С. 37–43. (особистий внесок здобувача - аналізував наукову літературу стосовно проблеми дослідження, виконував інфрачервону транспальпебральну діафаноскопію очей осіб з різним розміром передньо-заднього відрізка ока, описав результати досліджень, отриманих завдяки транспальпебральній інфрачервоній діафаноскопії при різному розмірі передньо-заднього відрізка очей).

3. Коган М. Б. Особенности визуализации структур переднего отдела глаза способом инфракрасной диафаноскопии у пациентов с контузиями глазного яблока / М. Б. Коган // Офтальмол. журн. – 2020. – № 2. – С.46-50. (особистий внесок здобувача - аналізував наукову літературу стосовно проблеми дослідження, виконував інфрачервону транспальпебральну

діафаноскопію очей пацієнтів з забоєм очного яблука, описав результати досліджень, виконав порівняльний аналіз отриманих даних).

4. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im Ziliarkörperbereich mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, A. Korol, O. Petretskaya, T. Krasnovid, N. Pasyechnikova // Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. – 2020. – № 237(07) – P. 889-893. (особистий внесок здобувача – аналізував наукову літературу стосовно проблеми дослідження, виконував інфрачервону транспальпебральну діафаноскопію очей пацієнтів з проникаючим пораненням з підозрою на внутрішньоочне стороннє тіло, описав результати досліджень, переклад статті).

5. Коган М. Б. Обнаружение внутриглазных инородных тел хрусталика неинвазивным способом инфракрасной транспальпебральной диафаноскопии / М. Б. Коган // Офтальмология. Восточная Европа. – 2020. – № 4. – С. 461-468. (особистий внесок здобувача - описав результати досліджень, виконав порівняльний аналіз отриманих даних).

6. Коган М. Б. Сравнительная эффективность выявления внутриглазных инородных тел, расположенных в переднем отделе глазного яблока, способами инфракрасной диафаноскопии, ультразвукографии и рентгенографии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецькая, Т. А. Красновид, А. Р. Король // Офтальмол. журн. – 2020. – №6. – С. 19-24. (особистий внесок здобувача - частково написання статті, аналіз та узагальнення даних, описав результати досліджень та провів статистичну обробку отриманих результатів).

7. Пат. 134645 Україна, МПК H05B 35/00 (2019.01), A61B 3/00 (2019.01) Спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра / Пасечнікова Н. В., Задорожный О. С., Коган М. Б., Король А. Р., Петрецька О. С., Красновид Т. А. – № u 201900010 опубл. 27.05.2019, бюл. № 10/2019.

8. Коган М. Б. Визуализация внутриглазных инородных тел в проекции цилиарного тела способом транспальпебральной инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, Т. А. Красновид, О. С. Петрецкая, Н. В. Пасечникова // XIV з'їзд офтальмологів України, 23-25 травня 2018 р. : матеріали. – Одеса, 2018. – С. 105-106.

9. Коган М.Б. Внутриглазные и внутриорбитальные фрагменты древесины / М. Б. Коган, Т. А. Красновид, О. С. Сидак-Петрецкая, Н. П. Тычина, А. В. Пономарчук, М. Б. Коган // XIV з'їзд офтальмологів України, 23-25 травня 2018 р. : матеріали. – Одеса, 2018. – С. 109-110.

10. Kogan M. Visualization of intraocular foreign bodies in the projection of the ciliary body by the transpalpebral infrared transillumination / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 116 DOG-Congress, 27-30 September 2018. : e-poster, program. – Bonn, 2018 – P. 139.

11. Коган М. Б. Визуализация структур переднего отдела глаза при контузиях средней и тяжелой степени способом инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецкая, Т. А. Красновид, Н. П. Тычина, Н. В. Пасечникова // Філатовські читання : наук.-практ. конф. офтальмологів з міжнародною участю, 23-24 травня 2019 р. : матеріали. – Одеса, 2019. – С. 84-85.

12. Коган М.Б. Размеры структур цилиарного тела в зависимости от длины глазного яблока / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Філатовські читання – 2019 : наук.-практ. конф. з міжнародною участю, 23-24 травня 2019 р. : матеріали. – Одеса, 2019. – С. 228-229.

13. Kogan M. Infrared transpalpebral transillumination of the anterior eye segment with blunt ocular trauma / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 117 DOG-Congress, 27-30 September 2019. : e-poster, program. – Berlin, 2019 – P. 25–218.

14. Коган М. Б. Применение инфракрасной диафаноскопии с транспальпебральным освещением для визуализации внутриглазных

иностраных тел, расположенных в переднем отделе глазного яблока / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, Т. А. Красновид, О. С. Петрецькая, Н. В. Пасечникова // Актуальні питання офтальмології : всеукраїнська наук.-практ. конференція, 9-10 жовтня 2019 р. : матеріали. – м. Івано-Франківськ, 2019. – С. 43-45.

15. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im vorderen Augenabschnitt mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 118 DOG-Congress online, 9-11 October 2020. : e-poster, program. – Berlin, 2020 – P. 159.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ	17
ВСТУП.....	18
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ЕТІОЛОГІЮ, ПАТОГЕНЕЗ, КЛІНІКУ ТА ДІАГНОСТИКУ ПРОНИКАЮЧОГО ПОРАНЕННЯ ОЧНОГО ЯБЛУКА ТА ЗАБОЮ ОЧНОГО ЯБЛУКА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ).....	27
1.1 Актуальні проблеми офтальмотравматології.....	27
1.2 Проникаюче поранення очного яблука з ВОСТ.....	28
1.3 Забій очного яблука.....	30
1.4 Діагностика наслідків травматичних уражень ока.....	32
1.5 Застосування інфрачервоної діафаноскопії в офтальмології.....	40
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	47
2.1 Матеріал дослідження.....	47
2.2 Методи дослідження	49
2.3 Статистичний аналіз.....	59
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	61
3.1. Розробка способу візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра світла.....	61
3.2. Особливості візуалізації структур війчастого тіла здорових осіб з різним розміром передньо-заднього відділу ока в інфрачервоному діапазоні спектра світла	67
3.3. Особливості візуалізації структур переднього відділу ока способом інфрачервоної діафаноскопії у пацієнтів з забоями очного яблука.....	73
3.4. Візуалізація внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в проекції війчастого тіла, способом інфрачервоної діафаноскопії	79

3.5. Ефективність застосування інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії при проникаючому пораненні очного яблука з наявністю внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі очного яблука	99
--	----

РОЗДІЛ 4. АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

ДОСЛІДЖЕННЯ	112
ВИСНОВКИ	124
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	126
ДОДАТОК 1	140
ДОДАТОК 2	143
ДОДАТОК 3	144

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

ВОСТ – внутрішньоочне стороннє тіло

ІЧВ – інфрачервоне випромінювання

ІЧТД –діафаноскопія з транспальпебральним освітленням в інфрачервоному діапазоні спектра

КТ – комп'ютерна томографія

МРТ – магнітно-резонансна томографія

ПЗВ – передньо-задній відділ

ППОЯ – проникаюче поранення очного яблука

УБМ – метод ультразвукової біомікроскопії

УЗД – ультразвукове дослідження

ЗОЯ – забій очного яблука

ЦХВ – циліохоріоїдальне відшарування

ВСТУП

Обґрунтування вибору теми дослідження

Проникаюче поранення очного яблука є однією з головних причин інвалідизації осіб працездатного віку. У 18-41% випадків проникаюче поранення очного яблука супроводжується наявністю внутрішньоочного стороннього тіла. Прогноз зорових функцій пацієнтів з проникаючим пораненням очного яблука (ППОЯ) з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла (ВОСТ) залежить від розміру і форми стороннього тіла, природи його походження, зони його проникнення і розташування, тривалості перебування ВОСТ інтраокулярно [42, 51, 72].

Важким ускладненням проникаючого поранення очного яблука є енд офтальміт. Посттравматичний енд офтальміт становить приблизно від 10 % до 30 % всіх інфекційних енд офтальмітів. Основними факторами ризику його розвитку є відсутність проведення первинної хірургічної обробки поранення очного яблука протягом 24 годин після травми, а також наявність ВОСТ [54, 110]. Частота розвитку енд офтальміту при проникаючих пораненнях очного яблука з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла вища, ніж при їх відсутності [29, 38, 101].

Ускладненням проникаючих поранень очного яблука з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла металевої природи також є металоз, при якому виникає токсична реакція, яка клінічно проявляється рецидивуючими спалахами запалення судинної оболонки очного яблука. Описано рідкісні випадки виникнення клінічних проявів з перших тижнів після поранення, а також випадки безреактивного перебування сторонніх тіл в оці протягом десятиліть [52, 89, 100, 109].

В даний час для виявлення і локалізації ВОСТ використовуються такі методи, як комп'ютерна томографія, рентгенографія з протезом Комберга-Балтіна, ультразвукове дослідження і магнітно-резонансна томографія. Рентгенографічний спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл є

ефективним діагностичним тестом, який дозволяє виявити стороннє тіло і визначити його локалізацію. Проте для рентгенографічної діагностики представляє складність виявлення рентген-негативних ВОСТ. Крім того, рентгенографію з протезом Комберга-Балтіна, задля локалізації ВОСТ, не завжди вдається виконати, наприклад, через наявність неадаптованої рани очного яблука і високого ризику ятрогенних ушкоджень [91, 94].

Переваги комп'ютерної томографії (КТ) перед звичайним рентгенологічним дослідженням полягають в більш високій інформативності, відсутності контакту з оком, можливості одночасно візуалізувати очне яблуко, зоровий нерв, екстраокулярні м'язи, кісткові структури орбіти, локалізацію та глибину залягання сторонніх тіл. Однак обговорюється питання про ефективність КТ в діагностиці неметалевих ВОСТ при пораненнях очного яблука [31, 93].

Магнітно-резонансна томографія є одним з методів дослідження, за допомогою якого визначається наявність і локалізація неметалевих уламків. Поряд з чисельними перевагами, магнітно-резонансна томографія має значний перелік протипоказань, нехтуючи якими можна поставити під загрозою не тільки здоров'я, а й життя пацієнта [87].

Ультрасонографічний спосіб візуалізації ВОСТ також зарекомендував себе ефективним діагностичним тестом, що дозволяє виявити стороннє тіло різної природи походження, розмірів і локалізації, в тому числі розташоване в передньому відділі ока. Однак в ряді випадків проведення ультразвукового дослідження може бути недоцільним, оскільки пов'язане з ризиком розвитку ятрогенних ускладнень, наприклад, у хворих з наявністю неадаптованих дефектів рогівки або склери [94].

Таким чином, своєчасне виявлення ВОСТ дуже важливо для вибору оптимальної тактики хірургічного втручання і впливає на прогноз проведеного лікування. Однак, незважаючи на постійне вдосконалення діагностичних технологій, проблема раннього виявлення ВОСТ залишається одним з актуальних завдань офтальмотравматології [41]. Особливі труднощі

становить візуалізація внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в проекції війчастого тіла або поблизу нього. ВОСТ даної локалізації складають близько 5% [80].

Забій очного яблука (ЗОЯ) по тяжкості займають друге місце після проникаючих поранень очного яблука. ЗОЯ також зустрічається переважно у чоловіків працездатного віку [1, 9]. Різноманіття пошкоджень органу зору внаслідок ЗОЯ обумовлено силою і напрямком удару, а також особливостями анатомічної структури ока. Тупа травма ока часто супроводжується пошкодженням кришталика, наявністю крововиливів і запалення в передньому відділі ока, а також бувають випадки порушення цілісності структур ока (судинна оболонка, сітківка, склера) [5]. Варто зазначити, що у хворих з забоями очного яблука проведення контактних діагностичних досліджень, таких як ультразвукове сканування, несе певні ризики, оскільки при наявності субкон'юнктивального розриву склери є ризик виникнення експульсивної ятрогенної геморагії в процесі діагностики [94]. Таким чином, незважаючи на вдосконалення діагностичних технологій, проблема виявлення пошкоджень структур переднього відділу очного яблука внаслідок забою також залишається актуальною [88].

Простий та безконтактний для ока спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням дозволяє візуалізувати і оцінити стан структур переднього відділу ока (склери, райдужної оболонки, війчастого тіла, кришталика) [120]. Застосування інфрачервоної діафаноскопії для візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл та посттравматичних ушкоджень очного яблука в комплексі з класичними технологіями візуалізації виглядає перспективно і, вочевидь, дозволить розширити можливості передопераційної діагностики хворих з травмою ока та спрямує подальшу тактику лікування.

Мета дослідження: підвищити ефективність діагностики посттравматичних змін очного яблука (при забої та проникаючому пораненні з або без наявності внутрішньоочних сторонніх тіл очного яблука)

способом діафаноскопії з транспальпебральним освітленням в інфрачервоному діапазоні спектра.

Завдання дослідження:

1. Розробити способи фото- і відеореєстрації структур переднього відділу ока людини (кон'юнктива, рогівка, лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталик) при їх візуалізації за допомогою інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення.

2. Вивчити особливості візуалізації плоскої та відростчастої частини війчастого тіла у осіб з еметропією, гіперметропією та міопією способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення та оцінити її інформативність в порівнянні з даними діафаноскопії у видимому діапазоні освітлення та ультразвукової біомікроскопії.

3. Вивчити особливості візуалізації посттравматичних змін райдужної оболонки, кришталика, лімбальної та паралімбальної частини, склери в проекції війчастого тіла способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення при забої очного яблука.

4. Вивчити особливості виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі (лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталик) при проникаючому пораненні очного яблука, способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення та провести порівняльний аналіз інформативності з даними ультразвукової біомікроскопії та рентгендіагностики.

5. На підставі отриманих результатів визначити діагностичну значимість способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення та розробити рекомендації для застосування цього способу у хворих з проникаючим пораненням та забоєм очного яблука, а також їх наслідками.

Об'єкт дослідження: проникаюче поранення та забій очного яблука.

Предмет дослідження: структурні зміни переднього відділу очного яблука: склери, рогівки, райдужки, війчастого тіла, кришталика.

Для виконання поставлених завдань застосовувалися такі *методи дослідження*: офтальмологічні (візометрія, біомікроскопія, офтальмоскопія, кольорове фотографування переднього відділу ока, контактна діафаноскопія у видимому діапазоні освітлення, інфрачервона транспальпебральна діафаноскопія, рентгендіагностика, ультразвукова діагностика), статистичні методи.

Наукова новизна одержаних результатів

1. Доповнено наукові дані про пряму залежність розмірів структур війчастого тіла від довжини передньо-заднього відрізка очного яблука у осіб з еметропією, гіперметропією та міопією. Так, при довжині очей 20-22,9 мм ширина плоскої частини війчастого тіла склала в середньому $3,1 \pm 0,7$ мм, при довжині очей 23-24,9 мм – $4,1 \pm 0,3$ мм, з довжиною очей 25-35 мм – $5,0 \pm 0,8$ мм.

2. Вперше встановлено, що особливості поглинання, відбиття і заломлення випромінювання ближнього інфрачервоного (довжина хвилі 940 нм) діапазону спектра обумовлюють можливість візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл незалежно від природи походження, розташованих в передньому відділі ока (кон'юнктива, рогівка, лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталик), при транспальпебральному освітленні, в тому числі при порушенні прозорості оптичних середовищ ока.

3. Вперше встановлено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла у пацієнтів після забою очного яблука середнього та важкого ступеня в порівнянні з парними інтактними очима, що може свідчити про наявність посттравматичного набряку структур війчастого тіла. Так, у пацієнтів з забоем очного яблука визначено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла ураженого ока ($2,5 \pm 0,1$ мм) порівняно з парними інтактними очима ($2,0 \pm 0,1$ мм).

Відмінності одержаних результатів від відомих раніше

У деяких роботах було продемонстровано зв'язок ширини структур війчастого тіла з довжиною передньо-заднього відрізка ока за даними гістологічного дослідження [56, 114]. Так, Sudhalkar A. на основі проведеного дослідження 450 енуклеюваних очей пацієнтів продемонстрував, що ширина плоскої частини війчастого тіла залежить від довжини очного яблука [107]. В проведеному нами дослідженні з використанням прижиттєвої візуалізації структур переднього відділу ока способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням було доповнено наукові дані про пряму залежність розмірів структур війчастого тіла від довжини передньо-заднього відрізка очного яблука у осіб з еметропією, гіперметропією та міопією.

У доступній нам літературі не було виявлено результатів прижиттєвого вимірювання розмірів структур війчастого тіла при забої очного яблука порівняно з парними інтактними очима. В нашому дослідженні було вперше встановлено збільшення ширини відтростчатої частини війчастого тіла у пацієнтів після забою очного яблука середнього та тяжкого ступеня в порівнянні з парними інтактними очима, що може свідчити про наявність посттравматичного набряку структур війчастого тіла.

У літературі є дані щодо спроб використання діафаноскопії в інфрачервоних променях для візуалізації ушкоджень структур ока при травматичних ураженнях [5, 25]. Даних про можливості діагностики ВОСТ різної природи походження при проникаючому пораненні очного яблука способом діафаноскопії з транспальпебральним освітленням ока в літературі не виявлено. В проведеному нами дослідженні було вперше вивчено особливості візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл різної природи походження, розташованих в передньому відділі ока, шляхом транспальпебральної діафаноскопії ока з використанням некогерентного випромінювання ближнього інфрачервоного (довжина хвилі 940 нм) діапазону спектра. На основі отриманих даних запропоновано новий неінвазивний спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в

інфрачервоному діапазоні спектра для діагностики хворих з проникаючим пораненням.

Особистий внесок здобувача

Вибір теми дисертації та напрямку дослідження проведено спільно з член-кореспондентом НАМН України, д.мед.н., професором Н. В. Пасечніковою. Методологічна побудова роботи виконана разом із науковим керівником, к.мед.н. О. С. Задорожним. Особисто автор провів аналіз вітчизняної та зарубіжної літератури з проблеми дослідження, що дало можливість розробити план виконання дисертаційної роботи. Проведено аналіз отриманих даних, наукове обґрунтування та інтерпретація результатів, підготовка їх до публікації. Самостійно автор проводив відбір пацієнтів, формував групи дослідження і проаналізував результати дослідження. Рентгенографію проводив к.мед.н. В. В. Шамбра. Ультразвукове дослідження очей виконували к.мед.н. О. Г. Ковальчук та А. В. Дроженко. Спільно з к.мед.н. О. С. Задорожним виконувалась інфрачервона транспальпебральна діафаноскопія очей здорових осіб з різним розміром передньо-заднього відділу ока та очей пацієнтів з проникаючим пораненням і підозрою на внутрішньоочне стороннє тіло, а також очей пацієнтів з забоем очного яблука. Автор провів статистичну обробку отриманих результатів за консультативної підтримки к.мед.н. В. Г. Гур'янова.

Апробація результатів дисертації

Основні положення дисертації було повідомлено, розглянуто і обговорено на: XIV з'їзді офтальмологів України (м. Одеса, 2018); 116 з'їзді німецького офтальмологічного товариства (м. Бонн, 2018); науково-практичній конференції з міжнародною участю «Філатовські читання - 2019» (м. Одеса, 2019); всеукраїнській науково-практичній конференції «Актуальні питання офтальмології» (м. Івано-Франківськ, 2019), 117 з'їзді німецького офтальмологічного товариства (м. Берлін 2019); а також на 118 віртуальному з'їзді німецького офтальмологічного товариства (DOG ONLINE 2020) в 2020 році.

Структура та обсяг дисертації

Матеріали дисертації викладено послідовно у формально-логічний спосіб з дотриманням наукового стилю викладання.

Дисертаційна робота написана українською мовою на 146 сторінках друкованого тексту. Робота містить анотацію, зміст, перелік умовних позначень, вступ, основну частину, що складається з викладу матеріалів та методів дослідження, глави власних досліджень, висновків і списку використаних джерел, який включає 123 літературних джерел, в тому числі 99 зарубіжних авторів. Дисертація ілюстрована 37 рисунками та 7 таблицями, що розташовані по тексту.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дослідження, представлені в дисертаційній роботі, проведені в ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» та були фрагментом науково-дослідної роботи: № 203-А/2019-21 «Вивчити особливості змін структур переднього відділу ока, його кровообігу і теплообміну при неоваскулярній глаукомі і травмі», № держ. реєстрації - 0119U101215 (2019-2021 рр), де автор є співвиконавцем.

Практичне значення отриманих результатів

1. Діафаноскопія в інфрачервоному діапазоні спектра з транспальпебральним освітленням дозволяє візуалізувати важкодоступні структури плоскої та відростчастої частини війчастого тіла за рахунок особливостей поглинання і пропускання цими структурами інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм.

2. Розроблено новий спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра, який дозволяє неінвазивно отримати зображення структур переднього відрізка ока (кон'юнктива, рогівка, лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталик) та внутрішньоочних сторонніх тіл відносно структур війчастого тіла (патент України № 134645).

3. Використання нового способу діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра в візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл підвищує вірогідність виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в передньому відділі ока, на 10% в порівнянні з ультразвуковим та рентгенологічним дослідженням за рахунок виявлення як рентген-позитивних внутрішньоочних сторонніх тіл, так і рентген-негативних, в тому числі малих розмірів (від 0,5 до 1 мм).

4. Діафаноскопія з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра у хворих з забоєм очного яблука дозволяє неінвазивно візуалізувати посттравматичні дефекти райдужки та склери (прикореневі іридодіалізи, надриви зіничного краю райдужної оболонки, субкон'юнктивальні розриви склери в передньому відрізку ока) за рахунок зміни особливостей поглинання і пропускання інфрачервоного випромінювання цими структурами.

Впровадження в практику

Результати роботи впроваджено в клінічну практику відділу посттравматичної патології ока ДУ «Інституту очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України»; очного підрозділу хірургічного відділення № 2 КУ «Старобільське районне територіальне медичне об'єднання», м. Старобільськ, Луганська область; клінічного високоспеціалізованого центру мікрохірургії ока з блоком очної травми та гострої патології органів зору Комунального некомерційного підприємства «Вінницька обласна клінічна лікарня ім. М. І. Пирогова Вінницької обласної Ради», м. Вінниця.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНІ УЯВЛЕННЯ ПРО ЕТІОЛОГІЮ, ПАТОГЕНЕЗ, КЛІНІКУ ТА ДІАГНОСТИКУ ПРОНИКАЮЧОГО ПОРАНЕННЯ ОЧНОГО ЯБЛУКА ТА ЗАБОЮ ОЧНОГО ЯБЛУКА (ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)

1.1 Актуальні проблеми офтальмотравматології

Травматичне ураження очного яблука є однією з найбільш поширених причин монокулярної сліпоти. Проблема попередження сліпоти та значного зниження гостроти зору є однією із пріоритетних програм ВООЗ. Згідно щорічної статистики, в усьому світі в осіб з посттравматичними ушкодженнями органу зору повна сліпота виникає приблизно в 1,6 мільйонів випадків та двостороннє зниження гостроти зору в 2,3 мільйонів випадків, монокулярна сліпота у 19 мільйонів хворих [101]. Травматичне пошкодження очного яблука зустрічається переважно у чоловіків працездатного віку (18 - 45 років). Варіабельність клінічних проявів є невід'ємною характеристикою пацієнтів з травмою очей [32].

Причини травми варіюють від недотримання правил техніки безпеки при роботі на виробничих підприємствах (відсутність захисних засобів для очей) до випадкових нещасних випадків, кримінальних травм і т.д [6].

Проникаючі поранення характеризуються особливою тяжкістю, складаючи від 52 до 70 % серед усіх пошкоджень органу зору. Проникаючі поранення ока є найбільш розповсюдженими та важкими за наслідками пошкодженнями, що призводять до інвалідності. В Україні серед травм ока, наслідками якої є інвалідність, проникаючі поранення ока становлять 24,1 %, а серед працездатного віку 30,1 %, що зумовлює високу медико-соціальну значимість даної патології. Проникаюче поранення переднього відділу очного яблука складає 75% - 92.6 % від загальної кількості проникаючих

травм ока (Боброва Н.Ф. 2013, Гундорова Р. А., 2009, Pandey A., 2017, F. Kuhn, 2004) [2-4, 8, 44, 71, 96].

1.2. Проникаюче поранення очного яблука з ВОСТ

Провідною патологією, що призводить до втрати зору після травми, є проникаюче поранення очного яблука, яке вимагає швидкої оцінки тяжкості пошкоджених структур і надання високоспеціалізованої медичної допомоги. Наявність внутрішньоочного стороннього тіла (ВОСТ) при проникаючих пораненнях очного яблука становить до 41% [26, 90]. Прогноз зорових функцій залежить від багатьох факторів: розміру і природи походження стороннього тіла, зони його проникнення і розташування, ступеня пошкодження внутрішньоочних структур [51, 61]. Форма стороннього тіла також може бути предиктором тяжкості внутрішньоочного пошкодження. Загострені ВОСТ завдають менше пошкоджень, ніж тупі однакового розміру, що пов'язано з підвищеною передачею енергії під час удару тупими ВОСТ, на відміну від загострених [30, 79, 99]. Рання діагностика і видалення ВОСТ дуже важливі для визначення тактики і можливого прогнозу кінцевого результату лікування.

Одним з основних ускладнень при проникаючих пораненнях очного яблука є ендодальміт. Ендодальміт є серйозним і часто руйнівним наслідком проникаючого поранення очного яблука. Посттравматичний ендодальміт становить приблизно від 10 до 30% всіх інфекційних ендодальмітів. Основними факторами ризику його розвитку є відсутність проведення первинної хірургічної обробки поранення очного яблука протягом 24 годин після травми і наявність ВОСТ (незалежно від природи виникнення) [54]. Обставини та механізм травми впливає на частоту виникнення та тяжкість перебігу інфекційного процесу [45, 116]. Так, серед проникаючих поранень, отриманих в сільській місцевості, посттравматичний ендодальміт виникає в 30% випадків, у порівнянні з 11% в міському

середовищі. Варто зазначити, що у випадках з проникаючими пораненнями очного яблука і наявністю ВОСТ ендоефтальміт розвивається частіше, ніж в проникаючих пораненнях без наявності сторонніх тіл [27, 28, 34, 40, 55, 108, 118, 122].

Ще одним ускладненням перебування ВОСТ металевієї природи є виникнення металозу (сидерозу, халькозу), який супроводжується появою рецидивуючих спалахів запалення судинної оболонки очного яблука. Металоз може охоплювати практично всі тканини ока. Найхарактерніші його прояви - гетерохромія, розвиток катаракти, помутніння скловидного тіла, дегенерація сітківки, а також підвищення внутрішньоочного тиску. У рогівці виявляють явища місцевого сидерозу, що виражаються в пігментації коричневого кольору навколо уламку або відкладення пігменту коричневого кольору у вигляді пилу на ендотелії рогівки з боку передньої камери, що створює її коричневу опалесценцію. Передня камера очного яблука може бути нормальної глибини або стає глибокою при порушенні цинових зв'язок і підвивиху кришталика при пізній стадії процесу. Райдужна оболонка має більш темне, часто коричневе забарвлення, що пов'язано з відкладенням великої кількості зерен жовто-бурого пігменту, які зустрічаються на поверхні (в криптах) і в стромі райдужної оболонки. На пізніх стадіях патологічного процесу спостерігається мідріаз, причому зіниця не завжди реагує на світло [123].

У райдужно-рогівковому куті при гоніоскопії виявляють відкладання пігменту у вигляді екзогенної і ендогенної пігментації шлемового каналу (венозна пазуха склери). У деяких хворих відзначається повне блокування райдужно-рогівкового кута пігментом. При офтальмоскопії виявляють виражену деструкцію або помутніння скловидного тіла.

Клінічна картина, як правило, виявляється через кілька місяців після поранення. Варто відзначити, що описуються поодинокі випадки виникнення клінічних проявів з перших тижнів після поранення, а також випадки

безреактивного перебування уламків в оці протягом десятиліть [36, 58, 76, 86, 100, 109].

1.3. Забій очного яблука

Забій очного яблука (ЗОЯ) виникає внаслідок удару тупим предметом. Розмаїття постзабійних станів ока обумовлено силою і напрямком удару, а також залежить від особливостей анатомічної структури ока. Клінічна картина ЗОЯ безпосередньо залежить від біомеханізму, що призводить до пошкодження внутрішньоочних структур. Більшість забоїв, за даними різних джерел, виникають в результаті впливу предметів, що мають високу кінетичну швидкість і велику площу удару. Важливу роль відіграє вік пацієнта, наявність в анамнезі попередньої офтальмопатології і оперативних втручань [1, 7, 33, 84, 106].

ЗОЯ часто супроводжується пошкодженням кришталика, наявністю крововиливів і запалення в передньому та задньому відділі ока, а також бувають випадки порушення цілісності внутрішньоочних структур (судинна оболонка, склера) [39, 53, 85, 98, 111]. Одна з найпоширеніших класифікацій визначення ступеня тяжкості постзабійних змін очного яблука є класифікація А.Г. Петропавлівської (1975), по якій існує градація в 3 ступені тяжкості. До першого ступеня відносяться забої, які не викликають зниження зору при одужанні. Вони характеризуються тимчасовими зворотними змінами (набряк і ерозії рогівки, берлінівське помутніння сітківки, кільце Фоссіуса, спазм акомодатії). Друга ступінь - забої, що викликають стійке зниження зору (глибокі ерозії рогівки, локальні забійні катаракти, розриви сфінктера зіниці, ретролентарні крововиливи. Третя ступінь - забої, для яких характерні вкрай важкі зміни (розрив склери, стійка офтальмогіпертензія або гіпотонія) [8].

У зарубіжній класифікації Birmingham Eye Trauma Terminology (BETT), 1997 р. розрізняють 5 ступенів тяжкості травми, які визначаються за максимально коригуючою гостротою зору. Крім того, в цій класифікації

виділяють наявність або відсутність відносного аферентного зіничного дефекту в травмованому оці, а також три зони ураження ока: I - зовнішня, обмежена бульбарною кон'юнктивою, склерою, рогівкою; II - включає передній відрізок - структури переднього сегмента досередини від рогівки до задньої капсули кришталика і *pars plicata*; III - структури, розташовані позаду задньої капсули кришталика [70, 71].

В результаті ЗОЯ можлива поява двох видів патологічних змін в оці: одні є безпосереднім результатом механічного пошкодження в момент травми і виникаючої при цьому гідродинамічної хвилі, інші носять вторинний характер і розвиваються як наслідок порушень кровообігу і метаболічних процесів в структурах ока. Так, забійні ушкодження викликають деформацію очного яблука, короткочасне різке підвищення внутрішньоочного тиску в момент травми, порушення гемодинаміки ока, розвиток загального та місцевого адаптаційного синдрому і активацію компенсаторних механізмів, спрямованих на підтримку гомеостазу тканин ока. Розвивається в подальшому запальна реакція, яка призводить до ішемії і пошкодження волокон зорового нерва і сітківки, обумовленого цілим рядом причин: інтраневральним набряком, токсичним ушкодженням гангліозних клітин продуктами перекисного окислення ліпідів, впливом простагландинів, посттравматичним підвищенням температури тканин ока [5, 98].

Субкон'юнктивальний розрив склери є однією з найтяжчих постзабійних патологій очного яблука, а також важко діагностується в клініці. Основними проявами субкон'юнктивального розриву склери є низький внутрішньоочний тиск, хемоз кон'юнктиви, глибока передня камера і гемофтальм, які в ранній період після травми можуть і не проявлятися [9, 111, 113]. При наявності підозри на субкон'юнктивальне пошкодження склери рекомендується проводити ревізію склери з метою можливого виявлення розриву [110]. Пошкодження склери при тупому ударі йдуть зсередини назовні, внутрішні шари склери розриваються раніше зовнішніх, при цьому виникають як повні розриви, так і надриви склери. Розташування

розривів і надривів очного яблука обумовлено анатомо-топографічними особливостями будови зорового аналізатора: зміною середовищ і оболонок різної щільності, скороченням війчастого м'яза у відповідь на удар, щільним прикріпленням скловидного тіла біля диска зорового нерва (ДЗН) і зубчастої лінії. Більш еластичні оболонки, наприклад сітківка, розтягуються, а менш розтяжні - судинна і десцеметова оболонки - рвуться [8, 117]. Клінічно останні зазвичай невидимі через кон'юнктиву і виявляються після відсепарування кон'юнктиви. Найчастіше розриви склери розташовуються над рівнем шлемового каналу, де циркулярні волокна склери майже в 4 рази тонші, ніж поздовжні. Також розриви склери виникають в області прикріплення прямих м'язів, а також в області задньої стафіломи. Варто зазначити, що у хворих з підозрою на субкон'юнктивальний розрив склери проведення контактних діагностичних досліджень, таких як ультразвукове сканування, не бажано, оскільки існує ризик виникнення експульсивної ятрогенної геморагії під час проведення дослідження [94].

1.4 Діагностика наслідків травматичних уражень ока.

Відомо, що основними причинами невдалого або несвоєчасного виявлення ВОСТ є недостатньо ефективна їх візуалізація. Візуалізація ВОСТ в передньому відділі очного яблука може бути ускладнена через їх форму, особливості розташування ВОСТ в куті передньої камери, під райдужною оболонкою, в ділянці війчастого тіла. Крім того, особливі складності для діагностики ВОСТ представляють рентген-негативні уламки, а також ВОСТ невеликого розміру (менше 1,0 мм) [43, 67, 75, 82, 121].

Особливі труднощі становить діагностика сторонніх тіл, розташованих в області війчастого тіла або поблизу нього. ВОСТ даної локалізації складають близько 5% [82, 96].

На даний час для виявлення і локалізації ВОСТ використовується комп'ютерна томографія, рентгенологічне дослідження, ультразвукове

дослідження (УЗД), а також магнітно - резонансна томографія (МРТ). Незважаючи на вдосконалення діагностичних технологій, проблема виявлення ВОСТ при проникаючих пораненнях очного яблука і виявлення патології при забої очного яблука залишається однією з актуальних завдань офтальмотравматології [91].

Рентгенологічне дослідження – традиційний діагностичний метод, який в більшості випадків дозволяє визначити наявність і, в подальшому, локалізацію внутрішньоочного стороннього тіла [91]. Вперше виявлення внутрішньоочного стороннього тіла за допомогою рентгенівського випромінювання виконав І. І. Гінзбург в 1898 р, після чого почав розвиватися напрямок модифікування рентгенологічних методик виявлення та локалізації сторонніх тіл в офтальмології. Засновником одного з найпоширеніших способів є В. Комберг. Він застосував скляну склеральну контактну лінзу, забезпечену 4 контрастними свинцевими мітками для розрахунку по системі полярних координат. У 1938 р М. М. Балтін модифікував лінзу Комберга, виконавши її з алюмінію з відкритою передньою (рогівковою) частиною і впресованими в отвори, розташованими в 0,5 мм від краю, 4 свинцевими мітками, що знаходяться на рівній відстані один від одного. В даний час використовують протез-індикатор, який представляє собою алюмінієве кільце, в центрі якого є отвір для рогівки діаметром 11 мм. Для індивідуального підбору випускають набір протезів Комберга-Балтіна. Вони складаються з трьох протезів різних радіусів кривизни (11, 13, 15 мм). Після місцевого знеболювання на око накладають протез-індикатор, щоб рентгеноконтрасні мітки розташовувалися на лімбі відповідно меридіанам 3, 6, 9 і 12 годин [7, 9].

Виконують два рентгенівські знімки, в прямій і бічній проекціях. М. М. Балтін запропонував схему-вимірник на прозорій плівці з врахованим в ній проекційним збільшенням, удосконаливши при цьому схему Комберга. В подальшому схема була вдосконалена Б. Л. Поляком. При її поєднанні з рентгенологічними знімками визначають, в якому меридіані знаходиться

ВОСТ, на якій відстані від сагітальній осі, площини лімба і як глибоко воно залягає. Слід відзначити, що обчислення локалізації ВОСТ за допомогою протеза Комберга-Балтіна є найпоширенішим на території країн СНД. Однак застосування цього методу при наявності проникаючого поранення очного яблука пов'язане з високим ризиком ятрогенних ушкоджень при контакті протеза з очним яблуком.

На даний час золотим стандартом діагностики ВОСТ вважається комп'ютерна томографія (КТ). Переваги КТ перед звичайним рентгенологічним дослідженням полягає в більш високій інформативності, неінвазивності, дозволяє одночасно візуалізувати очне яблуко, зоровий нерв, екстраокулярні м'язи, кісткові і м'якотканинні структури орбіти, локалізацію і глибину залягання сторонніх тіл [73].

КТ діагностика ВОСТ ґрунтується на виявленні в оці гіперденсних (щільних) утворень. Р. Гутхофт і співавтори показали, що мінімальний розмір уламка металу, який виявляється за допомогою КТ, становить $0,2 \times 0,3$ мм. В літературі також описується, що більшість уламків величиною до 3 мм на комп'ютерних томограмах мають правильно округлу форму, хоча реально їх форма може відрізнятися від такої. Зі збільшенням розмірів ВОСТ до 5-7 мм форма його наближається до неправильно-округлої і овальної. Великі за величиною уламки (понад 7 мм) дають уже їхню справжню форму. Відзначається перевага КТ в діагностиці комбінованих пошкоджень очей і структур орбіти [73, 83].

L. Zhu et al. порівняли на прикладі 103 хворих ефективність основних методів діагностики внутрішньоочних уламків. КТ була ефективна в 100% випадків і давала уявлення про місцезнаходження внутрішньоочного стороннього тіла. Однак точної локалізації ВОСТ, як металевих, так і неметалевих, по відношенню до структур очного яблука за допомогою КТ отримати досить проблематично [123].

У літературі обговорюються питання про ефективність КТ в діагностиці неметалевих ВОСТ при пораненнях очного яблука, оскільки існує досить повідомлень про пропущені ВОСТ [75, 86, 31, 100].

Магнітно-резонансна томографія є одним з методів дослідження, за допомогою якого визначається наявність і локалізація неметалевих уламків [81, 87, 92, 93]. Перевага цього виду дослідження полягає в можливості побачити орган в кількох проекціях і за допомогою спеціального програмного забезпечення сформувати тривимірне зображення досліджуваної зони. Раніше жоден із способів обстеження не дозволяв в такому обсязі і з такою високою якістю візуалізації виявляти різні захворювання, в тому числі найскладніші патології. МРТ орбіт дозволяє провести діагностику наступних складових: очного яблука, зорових нервів, слізних залоз, очних м'язів, жирової клітковини, ретробульбарної зони. Поряд з численними перевагами, магнітно-резонансна томографія має значний список протипоказань, нехтуючи яким можна поставити під загрозу не тільки здоров'я, а й життя пацієнта. Протипоказання до проведення МРТ поділяються на дві групи. Абсолютні протипоказання до МРТ: наявність у пацієнта електронних імплантатів середнього вуха, великі металеві імплантати, встановлений кардіостимулятор (є ризик, що магнітне випромінювання апарату МРТ зіб'є ритм стимулятора серця), кровозупинні кліпси в судинах головного мозку (існує ризик того, що апарат МРТ спровокує внутрішньомозкову кровотечу), перевищення маси тіла пацієнта (обмеження навантаження на стіл томографа), несумісність окружності талії пацієнта з діаметром апарату МРТ. Відносні протипоказання до МРТ: клаустрофобія (страх замкнутого простору), неадекватний стан пацієнта (психомоторне збудження або панічна атака, а також алкогольне або наркотичне сп'яніння), наявність у пацієнта декомпенсованої серцевої недостатності, неможливість зберігати нерухоме положення (як наслідок сильних болів), важкий або дуже важкий стан пацієнта.

З огляду на стан людини і його родичів в ранньому посттравматичному періоді, ризик упущення наявності протипоказань до проведення МРТ досить високий. Дуже важливим фактом також вважається, що відсоток наявності металевих ВОСТ в рази вище, ніж неметалевих.

При проникаючих пораненнях з рентген-негативними ВОСТ виникають особливі труднощі їх візуалізації і точної локалізації. Одним з найбільш ефективних способів візуалізації ВОСТ у таких хворих є ультразвукове дослідження. Ультразвукова діагностика (УЗД) на сучасному етапі є одним з лідерів візуалізації органів. Головними перевагами даного виду дослідження є неінвазивність і висока інформативність. В офтальмології вперше використав ультразвук з діагностичною метою G. Mundt, W. Hughes в 1956 році. Основна увага тоді приділялася оцінці стану скловидного тіла, виявленню відшарування сітківки і внутрішньоочних новоутворень. Розвиток цифрових ультразвукових систем і створення спеціального програмного забезпечення, призначеного для оцінки структури тканин, значно поліпшили можливості аналізу структур очей. УЗД при травматичних ушкодженнях очного яблука грає важливу роль у визначенні подальшої тактики лікування.[60, 74].

Вітчизняними вченими Скрипниченко З. М., Мармур Р. К., Шитова І. Я. та ін. в 70 - 80 рр. XX ст. вивчались особливості діагностики та локалізації рентген-негативних сторонніх тіл на межі плоскої частини війчастого тіла та хоріоїдеї, а також у всьому передньому відділі ока за допомогою ультразвукової та рентгендіагностики. Проводились дослідження щодо оцінки стану переднього відділу ока у хворих з травматичними катарактами. Варто відзначити, що при прогресі функціоналу апаратури роздільна здатність дозволила виявити патологію внутрішньоочних структур, таких як відшарування сітківки, циліохоріоїдальне відшарування та ін., а також визначити і локалізувати дрібні ($\leq 0,5$ мм) металеві та неметалеві ВОСТ [24, 26].

Локалізація стороннього тіла в проекції війчастого тіла ускладнює його виявлення з використанням датчика як для переднього, так і для заднього відділів ока. Ехосеміотика пристінкових уламків є більш важкою в зв'язку з тим, що зображення уламка часто зливається із зображенням оболонок ока [118]. Варто зазначити, що проведення ультразвукового дослідження при свіжому проникаючому пораненні очного яблука є абсолютним протипоказанням, тому що пов'язане з високим ризиком ятрогенних ушкоджень, наприклад, випадіння внутрішньоочних оболонок або ятрогенна експульсивна геморагія при контакті датчика і компресії очного яблука, а також можливий ризик додаткового інфікування [86].

Внаслідок змін оптичних середовищ і недоступності для досліджень «німих зон» (війчастого тіла, структур задньої камери), нерідко без належної уваги після закритих очей, особливо мікротравм, залишаються зміни, які спричиняють багато в чому прогноз і ризик потенційних ускладнень. Тому в складних клінічних ситуаціях значення набувають ті дослідження, які дозволяють виявити найменшу ступінь залучення анатомічних структур в патологічний процес, а саме метод ультразвукової біомікроскопії (УБМ). Аналіз УБМ-візуалізації переднього сегмента ока внаслідок травми показує, що топографо-анатомічні порушення не тільки поліморфні, носять поєднаний характер, але і дуже індивідуальні [10, 50]. Найчастіше виникають різні зміни структур іридоциліарної зони, кришталика, волокон циннових зв'язок.

УБМ дозволяє виявити індивідуальні особливості, різноманітні зміни війчастого тіла, які варіюють від набряку (збільшення товщини, відсутність простору між відростками на тангенціальних сканограмах) до атрофії, порушення цілісності його структури. При забої очного яблука УБМ дозволяє візуалізувати рецесію кута передньої камери, ціліохоріоїдальне відшарування. Метод має недоліки: для отримання зображення необхідний контакт датчика з очним яблуком, глибина проникнення сигналу становить 5 мм, просторова роздільна здатність - до 20 мкм, візуалізація дозволяє оцінити

розподіл ехогенної щільності в структурах переднього відрізка очного яблука, обмежуючись органним рівнем. Окремі шари деяких структур переднього відрізка очного яблука не завжди диференціюються ультразвуком, тому що мають ехографічно невловиму різницю по щільності між шарами [24, 47, 48].

Ще одним методом ультразвукової діагностики ока є ультразвукова біометрія (ультразвукове одномірне сканування), яка дозволяє виміряти розміри очного яблука, його структурних елементів і отримати одновимірне графічне зображення. Сигнали структур зображуються у вигляді піків, а відстань між піками залежить від часу проходження звукової хвилі до поверхні внутрішньоочних структур і назад до випромінювача. Висота піка характеризує амплітуду відбитої хвилі і пропорційна звуковій щільності тканини. При посттравматичних змінах очного яблука, найчастіше, застосовується контактний тип сканування, тому що за допомогою безконтактною світлової біометрії важко виміряти передньо-задній розмір очей або його структур. Для дослідження використовується мікроконвексні датчики з частотою від 6,5 до 13-15 МГц. Ультразвуковий зонд розміщують на рогівці, орієнтуючи його під прямим кутом. Розмір очного яблука враховується при локалізації внутрішньоочного стороннього тіла методом рентгенографії за допомогою протеза Комберга-Балтіна. Існує схемавимірювач на прозорій плівці з врахуванням в ній проекційним збільшенням в залежності від передньо-заднього розміру очного яблука, при її поєднанні з рентгенологічними знімками визначають, в якому меридіані знаходиться ВОСТ, на якій відстані від сагітальної осі, площини лімба і як глибоко воно залягає.

Є ще один метод візуалізації внутрішньоочних структур – діафаноскопія очного яблука. Діафаноскопія у видимому світлі застосовується для візуалізації тіней плоскої і відростчатої частин війчастого тіла та внутрішньоочних пухлин, які розташовані в передньому відрізку ока.

Також ця техніка використовується в процесі хірургії у хворих з внутрішньоочними новоутвореннями для точного розташування радіоактивного аплікатора при проведенні епісклеральної брахітерапії. На відміну від УЗД, діафаноскопія дає можливість зареєструвати внутрішньоочні структури і визначити чіткі орієнтири на склері, що допомагає при проведенні хірургічних втручань [6, 117].

У літературі зустрічаються багато повідомлень про застосування методу діафаноскопії для візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл. Вперше цей метод було застосовано в 1959 році з використанням транскорнеального шляху освітлення. При цьому спостерігалась добре просвічувана склеральна зона, на тлі якої було видно затемнену ділянку стороннього тіла [62].

А. І. Михайлов пропонує виділяти два способи просвічування: транскорнеальний та трансклеральний спосіб освітлення; і три способи діафаноскопії: іридолімбокорнеальну, склеральну і діафаноофтальмоскопічну. А. І. Михайлов (1970, 1972) вважає, що вибір способу дослідження визначає наступні фактори: відношення уламка до оболонок, ділянка його локалізації та ступінь прозорості оптичних середовищ. Якщо уламок знаходиться в оболонках або щільно прилежить до них, найбільш ефективним є транскорнеальне просвічування. У порівнянні з трансклеральним воно викликає більше просвічення очного яблука і при наявності в оболонках стороннього тіла контраст тіні уламка з фоном підвищується [8].

Для уламків, які перебувають в скловидному тілі, більш правильним є застосування контралатерального просвічування, для уламків в передекваторіальній та екваторіальній зоні – трансклерального просвічування, при розташуванні за екватором – транскорнеальне просвічування. Це визначається тим, що, по-перше, проектувати на склеру віддалений від оболонок уламок по найкоротшій відстані можна, переміщаючи трансліюмінатор на точку очного яблука, діаметрально

протилежний від місця знаходження уламка; по-друге, при розташуванні уламка в передекваторіальній і екваторіальній зонах транскорнеальне просвічування виявляється менш ефективним, ніж трансклеральне, хоча і викликає велике світіння очного яблука [8].

Однак просвічування ока має ряд особливостей. Першою з них є вузькість діагностичного поля. Іншою обставиною, що ускладнює виявлення тіні уламка, є наявність в зоні його розташування вортикозних вен, запальної інфільтрації, рубцевих змін. За рахунок цих утворень можуть з'являтися незалежні від стороннього тіла додаткові тіні на склері, серед яких втрачається тінь самого уламка. Важче виділити тінь немагнітного або міцно фіксованого стороннього тіла. При цьому в силу наближення склери до уламку його тінь на склері стає більш контрастна, а інтенсивність тіні від інфільтрату або від рубця не змінюється.

А. І. Михайлов для того, щоб уникнути помилки у визначенні місця розрізу оболонок по тіні на склері, рекомендує також використовувати зміщення трансільюмінатора на поверхні очного яблука. При цьому потрібно стежити за тінню: переміщення її вказує на те, що вона належить уламку, фіксованому в скловидному тілі недалеко від оболонок [8].

Даний метод діагностики є контактним і існує ризик виникнення ускладнення під час проведення діагностики, наприклад, ятрогенних ерозій рогівки, випадіння внутрішньоочних оболонок або експульсивна геморагія внаслідок компресії очного яблука освітлювачем. Ще один негативний аспект – це використання яскравого освітлення видимого діапазону спектра, яке має виражену осліплюючу дію і викликає вкрай дискомфортне відчуття у пацієнтів. Клінічний досвід показує, що діафаноскоп дає непевний результат при тотальному гемофтальмі та субкон'юнктивальних крововиливах.

1.5 Застосування інфрачервоної діафаноскопії в офтальмології

Інфрачервоне випромінювання вважається електромагнітним випромінюванням, що займає спектральну ділянку між червоним видимого спектру (довжина хвилі $\lambda = 780$ нм) і мікрохвильовим випромінюванням ($\lambda = 1$ мм). Як і всі види електромагнітного випромінювання (гама випромінювання (5 нм - 100 нм), ультрафіолетове (100 нм - 400 нм), видиме світло (400 нм - 780 нм) і радіохвилі (1 мм - 10 км)), ІЧВ поряд з хвильовими властивостями проявляє і квантові. Відомо, що енергія кванта обернено пропорційна довжині хвилі. Оскільки довжина хвилі ІЧВ більша, ніж довжина хвилі видимого світла, то кванти ІЧВ мають меншу енергію, ніж кванти видимого світла. Виходячи з цього, ІЧВ чинить меншу фотохімічну дію, ніж видиме випромінювання [22].

Всі тіла, тверді і рідкі, нагріті до певної температури, тобто молекули які рухаються інтенсивно, випромінюють енергію в інфрачервоному спектрі. Розпечені речовини, порушені гази є джерелами ІЧВ. Фотографування (зображення) в інфрачервоному світлі дозволяє виявити особливості зйомки, які не помітні у видимому діапазоні. Це обумовлено тим, що в інфрачервоному світлі предмети мають інші коефіцієнти поглинання, заломлення і відображення, в порівнянні з видимим діапазоном спектра [77].

Оптичні властивості речовин і тканин організму людини в інфрачервоній ділянці спектра, як правило, значно відрізняються від оптичних властивостей у видимих і ультрафіолетових ділянках. Багато речовин, прозорих у видимому діапазоні спектра, частково або повністю поглинають інфрачервоне випромінювання. Наприклад, шар води товщиною в кілька сантиметрів непрозорий для інфрачервоних променів з довжиною хвилі $> 1,5$ мкм. Тканини організму людини, наприклад шкірні покриви, добре поглинають ІЧВ з довжиною хвилі більше 1,6 мкм. Це пояснюється переважним поглинанням, що містяться в тканинах води. У той же час випромінювання червоного та ближнього інфрачервоного спектрального

діапазону в значній мірі проникають в підшкірну клітковину і глибше розташовані тканини. Речовини, прозорі для інфрачервоного випромінювання і непрозорі у видимій ділянці, використовуються як світлофільтри для виділення ІЧВ. Дуже важливою властивістю ІЧВ є те, що воно розсіюється в меншій мірі, ніж видиме світло [22, 46, 57].

Раніше робилися спроби діагностики внутрішньоочних сторонніх тіл із застосуванням випромінювання інфрачервоного діапазону спектра. Рославцевим А.В. і Урмахером Л.С. в 1962 році був розроблений метод дослідження за допомогою щілинної лампи з інфрачервоним освітлювачем. [7]. Автори зробили висновок про перспективу застосування даного методу при наявності вираженої світлобоязні у пацієнта.

Відомо, що вперше транспупілярний інфрачервоний діафаноскоп на основі лампи розжарювання, фільтра, що пропускає інфрачервоне випромінювання, і електронно-оптичного перетворювача сконструював В. Г. Шиляєв в 1963 році. За допомогою цього пристрою інфрачервоні промені прямували через зіницю усередину ока, що дозволило спостерігати за світінням переднього відрізка [25].

В. В. Волков і В. Г. Шиляєв (1970-1976) продовжили використовувати для діагностики внутрішньоочних сторонніх тіл методи транслюмінації і діафаноскопії в інфрачервоних променях. Перевага цього методу полягає в тому, що рубці, коагуляти і крововиливи не утворюють тіні на склері, в той час як тіні від сторонніх предметів чітко позначаються при просвічуванні в інфрачервоних променях [5, 25].

Відомо, що ближнє інфрачервоне світло краще проникає крізь тканини людського організму, ніж видиме світло. Використовуючи невидимий інфрачервоний спектр випромінювання, просвічування очного яблука можна проводити не тільки через рогівку і склеру, але навіть через повіку пацієнта, що має цілий ряд переваг. Удосконалення технологій прийому інфрачервоного сигналу і джерел інфрачервоного випромінювання створює

нові можливості неінвазивної цифрової візуалізації внутрішньоочних структур [112].

І. М. Saari з співавторами в 2005 році для дослідження методом інфрачервоної діафаноскопії райдужної оболонки і війчастого тіла використовували як джерело інфрачервоного сигналу лампу розжарювання і фільтр Kodak, що пропускає широку смугу випромінювання, відповідну ближньому інфрачервоному діапазону спектра. Використовуючи оптоволокно в якості освітлювача, інфрачервоне випромінювання через темпоральний квадрант очного яблука трансклерально направляли всередину ока. При цьому зонд-освітлювач контактував зі склерою після попередньої анестезії [102-105].

І. Krohn з співавторами в 2013 році для фотографування в інфрачервоному спектрі внутрішньоочних новоутворень в передньому відділі ока також використовували метод інфрачервоної діафаноскопії. Для реєстрації інфрачервоного сигналу використовувалася камера Canon EOS 30D, в якій блокуючий інфрачервоний сигнал був замінений на фільтр, що пропускає інфрачервоне випромінювання аж до 1100 нм. Після попередньої анестезії оптоволоконний зонд-освітлювач встановлювався на рогівку або склеру. Світло фотоспалахів, синхронізованих з затвором фотокамери, через оптоволокно транскорнеально або трансклерально проникало всередину ока, висвітлюючи внутрішньоочні структури [68, 69].

Інфрачервона діафаноскопія з транспальпебральним світлодіодним освітленням є більш безпечним способом щодо традиційної діафаноскопії і дозволяє без контакту з очним яблуком отримати і зафіксувати зображення його структур в передньому відділі. Методика трансклеральної інфрачервоної діафаноскопії була розроблена в результаті роботи між Інститутом металофізики ім. Г. В. Курдюмова НАН України (Київ, Україна) та ДУ «Інститут очних хвороб и тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» (Пасєчнікова Н.В., Науменко В.О., Король А.Р., Задорожний О.С., Одеса, Україна) [22, 97]. В основі даного методу дослідження лежить велика

здатність червоного (довжина хвилі 660 нм) та інфрачервоного (довжина хвилі 940 нм) світлових спектрів проникати через оптично щільні середовища. На відміну від класичної схеми роботи діафаноскопа, освітлення здійснюється не через зіницю чи склеру, а через повіку. Відбувається дифузно коаксіальне освітлення структур переднього відділу ока, після чого виконується фото- або відеофіксація структур переднього відділу ока, а саме війчастого тіла, райдужної оболонки, кришталика [11, 120].

Випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону, трансклерально потрапивши всередину ока, дифузно висвітлює внутрішньоочні структури, частково поглинаючись в райдужній оболонці, війчастому тілі, кровоносних судинах. Хороша візуалізація структур війчастого тіла в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра обумовлена, в першу чергу, особливостями поглинання світлового випромінювання хромофорами, що містяться в судинній оболонці ока (меланін, гемоглобін). Оптичні середовища ока слабо поглинають випромінювання ближнього інфрачервоного спектра і переважно пропускають його. Склера відображає до 40% інфрачервоного випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра і пропускає його залишок, практично не поглинаючи в цьому спектральному діапазоні [22, 35, 37, 68, 69].

Оскільки в дослідженні застосовується просвічування очного яблука через повіку, немає необхідності використання місцевої анестезії. На відміну від класичної діафаноскопії у видимому діапазоні спектра, застосування ІЧТД виключає осліплюючу, подразнюючу дію світла, оскільки ближній інфрачервоний спектр випромінювання є невидимим для людського ока, що, безумовно, є одним з переваг використання даного освітлення в діагностиці пацієнтів з посттравматичною патологією. Відсутність контакту освітлювача зі склерою і рогівкою, на відміну від класичної діафаноскопії, дозволяє виключити інфекційні ускладнення і травматизацію цих очних структур внаслідок компресії, що особливо важливо при травматичних ушкодженнях ока [11].

В даний час інфрачервоне випромінювання досить широко застосовується в медицині, зокрема в офтальмології. Відомо, що в відображених інфрачервоних променях структури переднього відділу очного яблука мають деякі особливості, наприклад, райдужна оболонка внаслідок сильного відображення інфрачервоних променів візуалізується у вигляді сірого округлого утворення з чітко вираженою структурою. Чим більше пігментована райдужка, тим світліше вона виглядає в відображених ІЧ променях. На її тлі контурується чорна зіниця, тому чітко визначається її форма, розміри, реакція на світло, дефекти зіничного краю або колобоми райдужки, прикореневі іридодіалізи, кісти райдужної оболонки, наявність передніх і задніх синехій [104].

Візуалізація структур переднього відділу ока і визначення їх розмірів необхідно для безпечного і ефективного лікування ряду офтальмологічних захворювань. Визначення проекції відростчастої частини війчастого тіла на склері при абсолютній глаукомі дає можливість точно встановити лазерний зонд при проведенні трансклеральної лазерної коагуляції війчастого тіла [11]. Візуалізація і визначення розмірів структур війчастого тіла також необхідна при проведенні вітреоретинальних хірургічних втручань, оскільки хірургічний доступ формується в проекції плоскої частини війчастого тіла [119]. Безпека і простота дослідження дозволяють проводити реєстрацію діафаноскопічних картин при кожному повторному візиті хворих. Це, в свою чергу, дає можливість спостереження за динамікою процесу, що має важливе диференційно діагностичне і прогностичне значення, а також дозволяє оцінювати результати проведеного лікування.

Резюме. Проникаюче поранення очного яблука є однією з головних причин інвалідизації осіб працездатного віку. У 18 - 41% випадків проникаюче поранення очного яблука супроводжується наявністю внутрішньоочного стороннього тіла.

Незважаючи на постійне удосконалення методів діагностики пацієнтів з посттравматичними змінами ока, проблема своєчасної та прицільної візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл різної природи походження, розташованих в важкодоступних місцях переднього відділу ока (в проекції структур війчастого тіла), залишається одним з актуальних завдань офтальмотравматології. Згідно з постійними публікаціями в закордонних та вітчизняних журналах про випадки невиявлених внутрішньоочних сторонніх тіл [36, 58, 76, 86, 100, 109] необхідний подальший пошук нових, більш ефективних діагностичних методів, орієнтованих на оптимізацію їх виявлення.

Інфрачервона діафаноскопія з транспальпебральним шляхом освітлення – це сучасний метод діагностики, при якому відсутні такі негативні аспекти: осліплююча, подразнююча дія світла, застосування місцевої анестезії, ризик травматизації й інфікування очного яблука. Варто відзначити, що при проникаючих пораненнях з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла в вітреальній порожнині існує спосіб його видалення через плоску частину війчастого тіла, відступивши 4 мм від площини лімба [96]. Визначення проекції війчастого тіла, тіні внутрішньоочного стороннього тіла в передньому відділі очного яблука і співвідношення до його структур допомагає обрати оптимальний вид оперативного втручання.

Все вище зазначене стало основою для вивчення можливості застосування діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра в діагностиці внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі очного яблука, а також виявленні змін структур переднього відділу очного яблука при забої очного яблука.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Матеріал дослідження.

Експериментальні дослідження було проведено *ex vivo* на 10 енуклеюваних очах пацієнтів з меланомою хоріоїдеї.

На першому етапі в експерименті проводились дослідження можливості трансклерального застосування світлодіодного некогерентного випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра для візуалізації структур війчастого тіла, райдужної оболонки, склери і кришталика. Слід зазначити, що відбиралися очі, де було відсутнє розповсюдження процесу новоутворення на структури війчастого тіла.

На другому етапі в експерименті моделювалось проникаюче поранення очного яблука з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла різної природи походження для оцінки можливості його візуалізації способом інфрачервоної діафаноскопії з використанням світлодіодних некогерентних джерел випромінювання з різною довжиною хвилі світлового випромінювання. Стороннє тіло в експерименті вводили внутрішньоочно в зону проекції війчастого тіла.

При виконанні клінічного фрагменту досліджень під нашим спостереженням знаходилося 124 пацієнти.

Для визначення особливостей візуалізації структур війчастого тіла та оцінки їх розмірів було досліджено 49 осіб без травматичного ураження очей (98 очей) віком $42 \pm 10,5$ років, що добровільно надали згоду на проведення дослідження. Так, група складалася з людей з різною довжиною ПЗВ ока, аметропією (гіперметопією, міопією) та еметропією. Такий склад набирался задля виявлення особливостей візуалізації змін війчастого тіла при різній довжині ока.

Всі пацієнти були розділені на 3 групи в залежності від розміру ПЗВ ока. В першу групу увійшло 11 пацієнтів (22 ока) з довжиною ПЗВ 20-22,9 мм. Другу групу складали пацієнти з довжиною ока 23-24,9 мм (15 пацієнтів (30 очей)). В третю групу увійшли пацієнти з довжиною ПЗВ 25-35 мм (23 пацієнта (46 очей)). У третій групі окремо аналізувалася підгрупа пацієнтів з довжиною ПЗВ більше 30 мм (5 пацієнтів (10 очей)).

Для визначення посттравматичних змін внутрішньоочних структур, а також для оцінки можливостей візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл різної природи походження. Критерієм виключення були випадки проникаючого поранення з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла в задньому відділі ока. Було досліджено 50 хворих з проникаючим пораненням, з яких у 30 осіб (30 очей) проникаюче поранення очного яблука супроводжувалось наявністю внутрішньоочного стороннього тіла в передньому відділі ока (передня камера, кришталик, війчасте тіло). Парне око інтактне. У 20 осіб (20 очей) з проникаючим пораненням очного яблука внутрішньоочне стороннє тіло не виявилось. Встановлювалась можливість використання транспальпебрального шляху освітлення під час проведення діафаноскопії для діагностування ВОСТ в проекції війчастого тіла, кришталика, райдужної оболонки та порівняльна характеристика з існуючими методами діагностики (рентгенографічне та ультразвукове дослідження ока).

Для визначення посттравматичних змін внутрішньоочних структур було також досліджено 25 пацієнтів (25 очей) з забоєм очного яблука в ранньому періоді (до 15 днів) після травматичного ураження – середньої та тяжкої ступені тяжкості по класифікації Петропавловської А.Г. (1975). Парне око було інтактним. Діагностувалися зміни структур ураженого очного яблука при забоях та порівнювали з показниками інтактного, парного ока. Всі пацієнти були чоловічої статі у віці від 20 до 65 років.

Основне завдання дослідження полягало в оцінці діагностування внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі ока при проникаючому

пораненні очного яблука в передньому відділі ока. Поряд з цим виконувалась локалізація внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі ока з метою вибору оптимального методу видалення ВОСТ в кожному окремому випадку.

Дослідження являє собою проспективне відкрите вивчення можливості діагностування внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі ока при проникаючому пораненні очного яблука та посткотузійних змін в передньому відділі ока за допомогою застосування транспальпебральної діафаноскопії з випромінюванням в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра.

Робота проводилася на базі відділу по вивченню біологічної дії і використання лазерів в офтальмології ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України».

Проведення дослідження було ухвалено біотичним комітетом ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України». Всі досліджувані підписували інформовану згоду.

2.2. Методи дослідження.

На експериментальному етапі роботи *ex vivo* візуалізація структур переднього відділу ока проводилася шляхом послідовного застосування світлодіодних джерел випромінювання різних спектральних діапазонів (від 660 до 1000 нм). На наступному етапі експерименту моделювалося проникаюче поранення очного яблука з травматичними ушкодженням внутрішньоочних структур і склери без наявності стороннього тіла. За допомогою ножа «Clearcut» розміром 1,2 мм виконувався парацентез рогівки довжиною 1,2 мм з виконанням дефекта райдужної оболонки. При моделюванні проникаючого поранення з ВОСТ виконувався розріз кон'юнктиви та склери відступивши 4 мм від лімба за допомогою ножа «Clearcut» розміром 1,2 мм, після чого використовували цанговий пінцет за допомогою якого внутрішньоочно імплантували сторонні тіла металевої та

дерев'яної природи походження розміром від $2 \times 2 \times 1$ мм до $4 \times 2 \times 1$ мм (довжина, ширина, товщина) навпроти від місця розрізу тканин, але в проекції війчастого тіла.

При виконанні клінічного фрагменту досліджень після з'ясування скарг і збору анамнезу всім хворим проводили наступні обстеження: візометрію, біомікроскопію, офтальмоскопію, кольорове фотографування переднього відділу очного яблука, транспальпебральну інфрачервону діафаноскопію, рентгенографію з або без протеза Комберга-Балтіна, ультразвукове дослідження заднього відділу ока та, по можливості, переднього відділу ока, ультразвукову біометрію.

Гострота зору визначалася за таблицями Головіна-Сивцева.

Для проведення біомікроскопії застосовувалась щілинна лампа Keeler 40Z з можливістю збільшення - $6\times$, $10\times$, $16\times$, $25\times$, $40\times$, країна виробник Великобританія. Біомікроскопія ока є детальним оглядом структур органу зору безконтактним способом. Дослідження проводиться за допомогою щілинної лампи, яка дає спрямований пучок світла і дозволяє в збільшеному вимірі розглядати анатомічні особливості будови ока. Біомікроскопія проводиться в затемненому приміщенні, обстежуваний сідає на стілець і ставить підборіддя на спеціальну підставку, а лоб максимально щільно притискається до опори. Це дозволяє зберегти йому повну нерухомість під час процедури. Лікар направляє промінь світла в око, регулює його кут і інтенсивність. Після цього починається дослідження очного яблука, використовуючи різні види променів: дифузний, темне поле (непряме освітлення), пряме фокальне світло і ковзний промінь. При обстеженні особливо добре видно передню і задню камеру ока, оптичні зрізи кришталика, передній відділ скловидного тіла вітреальної порожнини. Офтальмоскопічне дослідження проводилось з використанням щілинної лампи за допомогою фундус-лінзи (+ 90D).

Кольорове фотографування переднього відділу ока проводилося за допомогою камери «Canon 5D» (Японія), адаптованої до щілинної лампи.

Інфрачервона діафаноскопія з транспальпебральним освітленням.

Для неінвазивної візуалізації структур війчастого тіла (відростчата (corona ciliaris) та плоска частини (pars plana) війчастого тіла) та визначення їх розмірів (вимірювання ширини тіней структур війчастого тіла), для візуалізації посттравматичних змін структур ока (склери, райдужки, кришталика, війчастого тіла), для візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл різної природи походження в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра, для локалізації внутрішньоочних сторонніх тіл по відношенню до лімба застосовувався пристрій для інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням, розроблений в ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України» (рис. 2.1.) [23].



Рис. 2.1. Зовнішній вигляд монохромної відеокамери з можливістю реєстрації ближнього інфрачервоного сигналу для проведення інфрачервоної діафаноскопії, адаптованої на рухомій частині щілинної лампи (чорною стрілкою вказаний об'єктив, білою – відеокамера).

Пристрій складається з бездротового компактного світлодіодного інфрачервоного освітлювача, об'єктиву (Evetar M13VM358, Xiamen Leading Optics Co., Ltd., China), монохромної відеокамери (Blackfly®, FLIR Integrated Imaging Solutions Inc., Canada) з можливістю фокусування, фото- і відеореєстрації ближнього інфрачервоного сигналу, а також комп'ютера з програмним забезпеченням для обробки отриманого сигналу і демонстрації на екрані монітора (рис. 2.2.).



Рис. 2.2. Зовнішній вигляд пристрою для інфрачервоної діафаноскопії адаптованого до кріплення щілинної лампи.

В експерименті дослідження методом інфрачервоної діафаноскопії проводилося в темному приміщенні. Включався пристрій і встановлювалася відповідна світлочутливість матриці для кожного спектра, тому що по мірі збільшення довжини хвилі сприйнятливості матриці до світла слабшає.

Об'єктив приладу підводився до ока, а світлодіод відповідної довжини хвилі розташовувався контактуючи з повікою в декількох міліметрах від діагностованої зони. Фінальне налаштування освітленості проводилося діафрагмою об'єктива. Послідовно проводилася фото- і відеозйомка очного яблука в різних спектрах освітлення. Зображення виводилося на екран комп'ютера з подальшим збереженням на цифрових носіях.

При виконанні клінічного фрагменту дослідження методом інфрачервоної діафаноскопії проводилося в темному приміщенні. В якості освітлювача використовується компактний бездротовий контактний чи безконтактний світлодіодний зонд (рис. 2.3, 2.4).



Рис. 2.3. Розташування світлодіодного інфрачервоного освітлювача в процесі дослідження. Освітлювач (вказано стрілкою) контактує з нижньою повікою пацієнта.

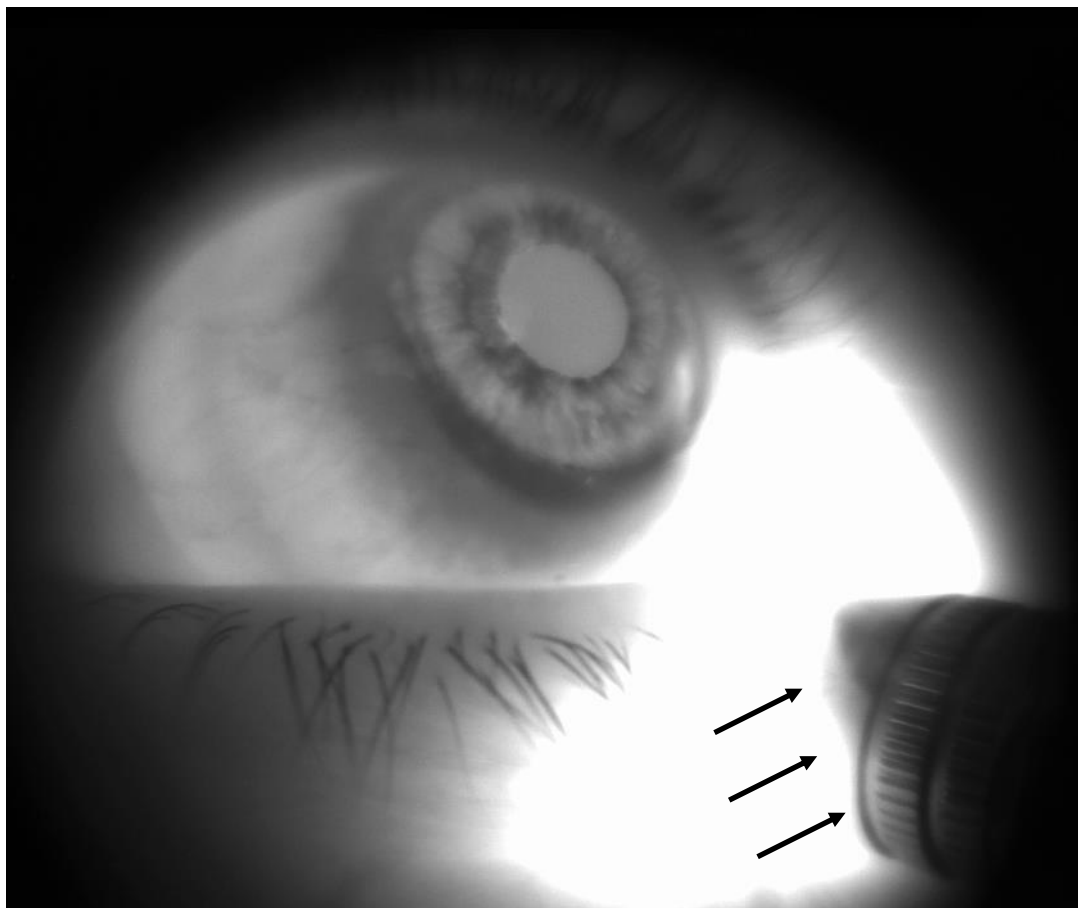


Рис. 2.4. Зображення очного яблука під час проведення діафаноскопії з транспальпебральним освітленням в інфрачервоному діапазоні спектра. Стрілки вказують на інфрачервоний світлодіодний освітлювач.

Під час дослідження світло направляється в око транспальпебрально без компресії очного яблука. Око пацієнта при проведенні дослідження повинне бути відкрите. Пацієнт фіксує свій погляд на фіксаційній мітці, переміщуючи яку одержують зображення необхідної ділянки переднього відрізка ока. Об'єктив відеокамери наближався до досліджуваного ока, при цьому око через шкіру повіки освітлювалося за допомогою зонда з світлодіодом. Обсяг світлового потоку, що поступав до об'єктива камери, регулювався діафрагмою. Послідовно проводиться зйомка в різних діапазонах довжин хвиль (від 660 нм до 1000 нм). Зображення виводиться на монітор комп'ютера і зберігається в базі даних. Під час дослідження пацієнт

не відчуває дії осліплюючим світлом. Дослідження проводилося без використання локальних знеболюючих засобів, оскільки застосовувався транспальпебральний шлях освітлення. Проводилась фотореєстрація тіні на склері в проекції відтростчастої частини війчастого тіла (*corona ciliaris*) та плоскої частини війчастого тіла (*pars plana*), обмеженої зубчатою лінією. Під час дослідження пацієнт знаходився в положенні сидячи.

Для визначення ширини тіней структур війчастого тіла, а також для локалізації ВОСТ по відношенню до лімбу використовувався хірургічний циркуль (рис. 2.5). Ширина структур війчастого тіла та відстань від лімбу до ВОСТ визначались за результатами обробки отриманих цифрових зображень в комп'ютерній програмі PhotoM 1.31., використовуючи відстань між браншами хірургічного циркуля в якості еталонного розміру.

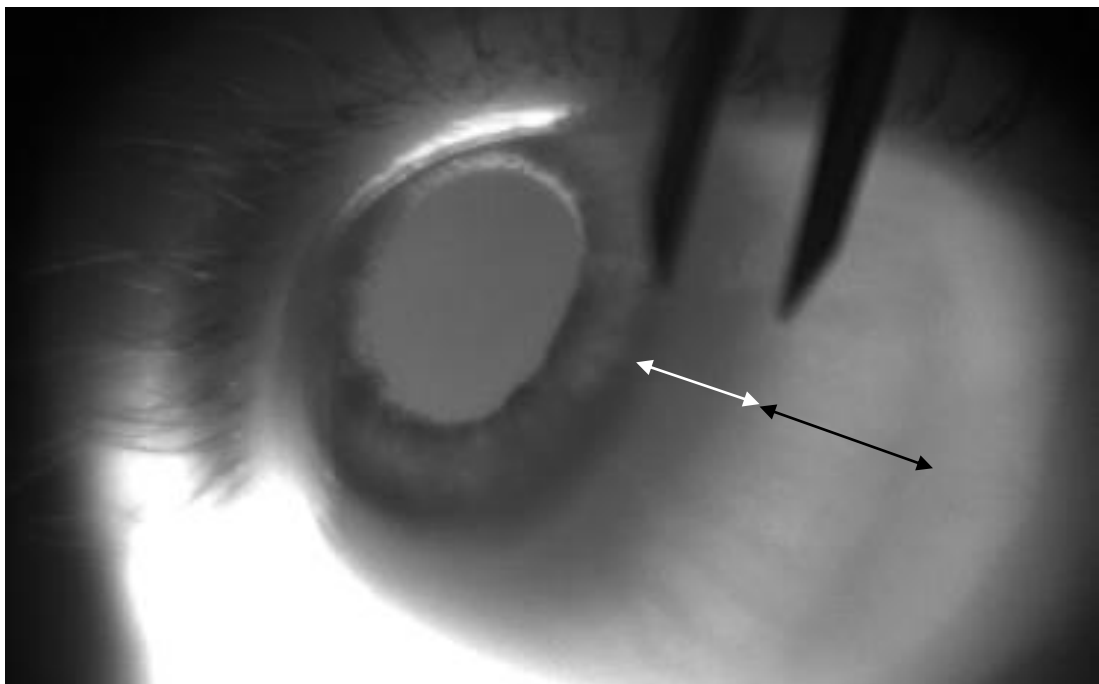


Рис. 2.5. Фотозображення ока, отримане способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням. Стрілки вказують на тіні, які відповідають *corona ciliaris* війчастого тіла (біла стрілка), *pars plana* війчастого тіла (чорна стрілка). Відстань між браншами хірургічного циркуля відповідає 2 мм.

Вимірювання ширини структур війчастого тіла виконувалося в чотирьох зонах: на 12 і 6 годинах, а також на 3 та 9 годинах. Під час дослідження пацієнт знаходився в положенні сидячи за щілинною лампою.

Перед проведенням фотографування зіницю пацієнтів розширювали мідріатиком короткої дії (1% розчин циклопентолату). Фотографування проводилося в звичайному кольоровому режимі. Отримані зображення зберігалися в пам'яті комп'ютера.

Рентгенологічне дослідження. Прицільна рентгенографія проводилася за допомогою рентгендіагностичного комплексу General Electric, Proteus XR/a, USA (рис. 2.6).



Рис. 2.6. Зображення моделі апарату, що використовувався для проведення оглядової та прицільної рентгендіагностики з протезом Комберга-Балтіна.

Прицільна рентгенографія проводилась в прямій та бічній проекції з протезом Комберга-Балтіна. Протез-індикатор являє собою алюмінієве кільце, в центрі якого є отвір для рогівки, а також 4 рентгеноконтрастні свинцеві мітки, які розташовані в 0,5 мм від краю, що знаходяться на рівній відстані один від одного. Використовувався протез Комберга-Балтіна з радіусом кривизни (12 мм). Після місцевого знеболювання на око накладають протез-індикатор, щоб мітки розташовувалися на лімбі відповідно меридіанам 3, 6, 9 і 12 год. Виконується два рентгенівські знімки, в прямій та бічній проекціях. За допомогою схеми-вимірювача на прозорій плівці з врахованим в ній проекційним збільшенням поєднується з рентгенологічними знімками та визначається, в якому меридіані знаходяться ВОСТ, на якій відстані від сагітальній осі, площини лімба і як глибоко воно залягає.

Ультразвукове дослідження. Ультразвукова біометрія (ультразвукове одномірне сканування) дозволяє виміряти розміри очного яблука, його структурних елементів і отримати одновимірне графічне зображення. У нашому дослідженні застосовувався контактний тип сканування з використанням мікроконвексного датчика з частотою 10 МГц. Ультразвуковий зонд розміщували на рогівці, орієнтуючи його під прямим кутом. Перед дослідженням для локальної анестезії застосовувалися інстиляції проксиметакаїну гідрохлориду (ALCAINE®, SA Alcon-Couvreur NV, Puurs, Belgium). Розмір очного яблука враховується при локалізації внутрішньоочного стороннього тіла при рентгенографії за допомогою протеза Комберга-Балтіна, обирається схема-вимірювач під певний розмір ока на прозорій плівці з врахованим в ній проекційним збільшенням. При її поєднанні з рентгенологічними знімками визначається, в якому меридіані знаходиться ВОСТ, на якій відстані від сагітальній осі, площини лімба.

Для проведення ультразвукової біомікроскопії використовувався ультразвуковий апарат Aviso (Quantel Medical, Cournon d'Auvergne, France) з лінійно скануючим зондом (50 МГц) з осьовим дозволом 35 мкм і

латеральним - 60 мкм. Під час дослідження пацієнт знаходився в горизонтальному положенні, лежачи на спині з піднятим головним кінцем. При проведенні дослідження переднього відділу ока для локальної анестезії застосовувалися інстиляції проксиметакаїну гідрохлориду (ALCAINE®, SA Alcon-Couvreur NV, Puurs, Belgium) з подальшим використанням карбомеру в якості контактного гелю (Vidisic®, Dr. GERHARD MANN Chem.-Pharm. Fabrik, Berlin, Germany).

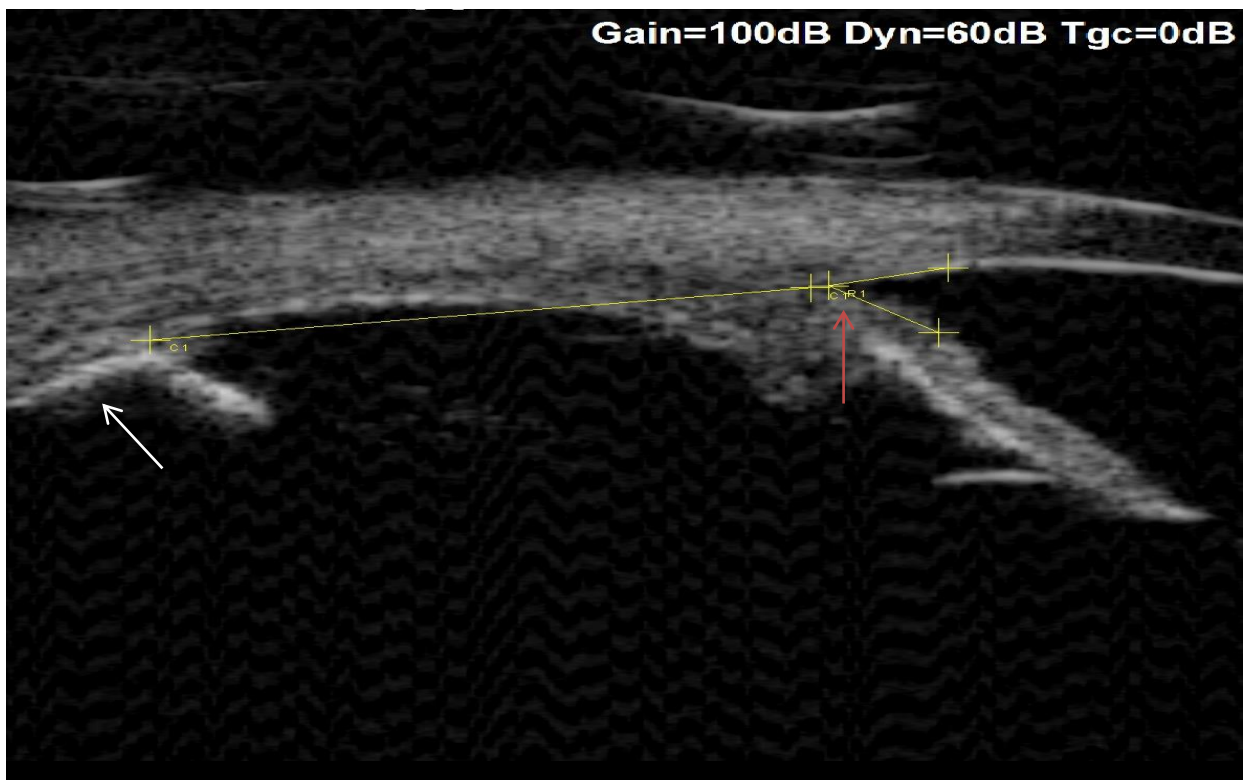


Рис. 2.7. Зображення даних, отриманих за допомогою ультразвукової біомікроскопії; білою стрілкою вказана наявність ВОСТ в пограничній зоні сітківки та війчастого тіла, червоною стрілкою вказаний кут передньої камери.

При проведенні ультразвукової діагностики заднього відділу використовувався ультразвуковий апарат Aviso (Quantel Medical, Cournon d'Auvergne, France) з лінійно скануючим зондом (20 МГц). Під час

дослідження пацієнт із закритими очима знаходився в горизонтальному положенні лежачи на спині з піднятим узголів'ям.

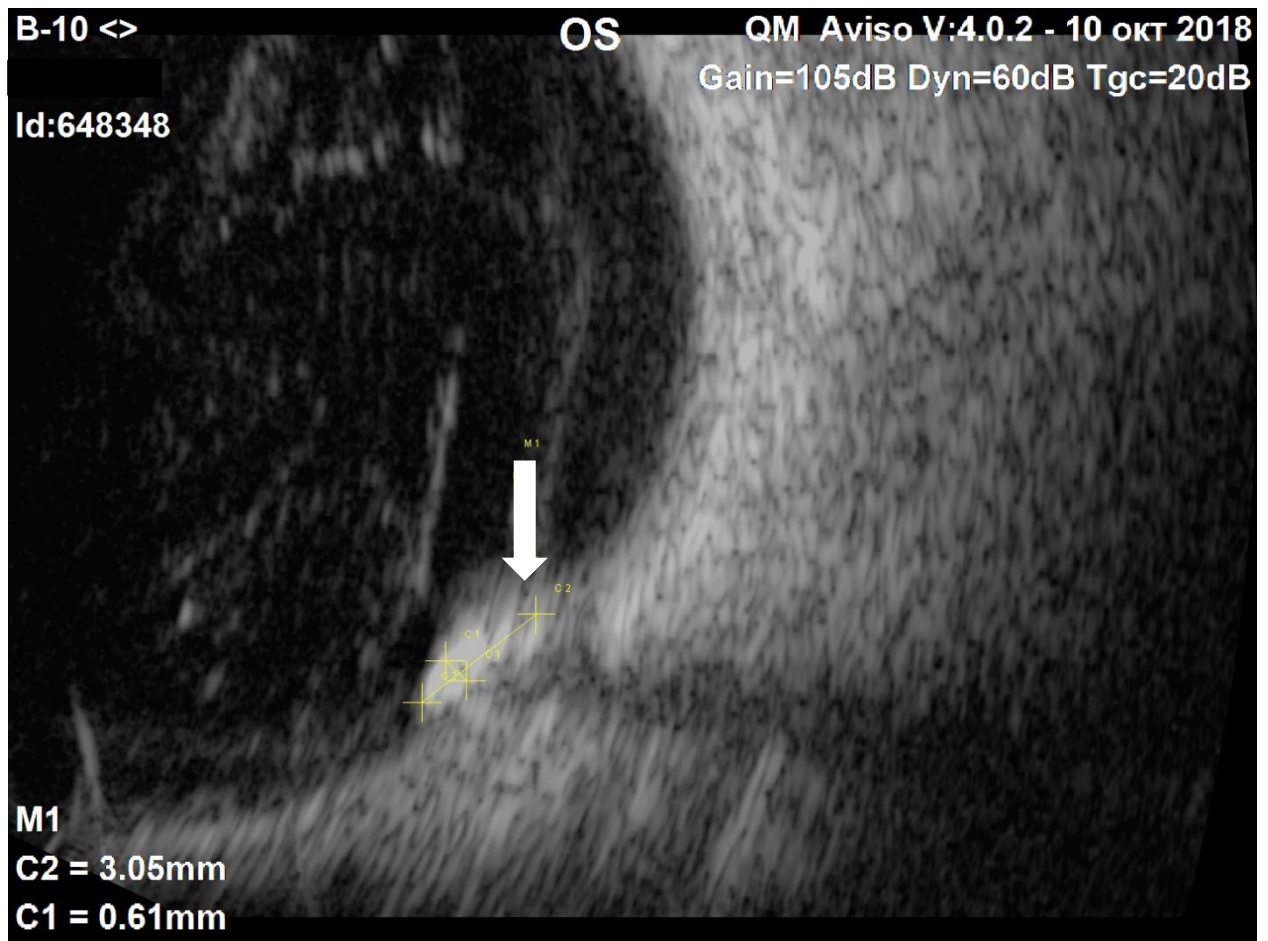


Рис. 2.8. Зображення даних, отриманих за допомогою ультразвукового сканування ока з проникаючим пораненням та наявністю ВОСТ в задньому полюсі, білою стрілкою вказане ВОСТ.

2.3. Статистичний аналіз

Для всіх пацієнтів була створена база даних, в яку після проведення досліджень вносились вся інформація. Дані, що містилися в базі даних, були підставою як для практичної роботи, так і для науково-дослідницької. Для порівняння ефективності виявлення ВОСТ і графічного представлення чутливості і специфічності різних способів візуалізації структур переднього

відділу ока був використаний метод побудови і порівняння ROC-кривих (ROC - receiver operating characteristic). Прогностичні характеристики аналізованих діагностичних тестів представлені з 95% довірчим інтервалом.

Для оцінки статистичної значущості визначалися нормальність розподілу груп, рівень статистичної значущості (p-рівень). Різницю порівнювальних середніх значень вибірок вважали значущою при величині $p < 0,05$. Для оцінки кількісних показників розраховували середнє значення (M) і його стандартне відхилення (SD). Статистичний аналіз проводився з використанням пакету StatSoft © Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, OK) [59].

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ВЛАСНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Розробка способу візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра світла

Візуалізація структур переднього відділу ока в експерименті *ex vivo* проводилася шляхом послідовного застосування світлодіодних джерел випромінювання різних спектральних діапазонів (від 660 до 1000 нм). В результаті було встановлено, що оптимальна візуалізація структур переднього відділу ока (кон'юнктива, рогівка, лімбалярна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталик) може бути досягнута при використанні світлодіодного некогерентного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм, тобто в ближній інфрачервоній ділянці спектра.

На експериментальному етапі роботи *ex vivo* моделювалося проникаюче поранення очного яблука з травматичними ушкодженням внутрішньоочних структур і склери без наявності стороннього тіла. За допомогою ножа «Clearcut» розміром 1,2 мм виконувався парацентез рогівки з виконанням дефекта райдужної оболонки. При моделюванні проникаючого поранення з ВОСТ виконувався розріз кон'юнктиви та склери за допомогою ножа «Clearcut» розміром 1,2 мм відступивши 4 мм від лімба довжиною 1,2 мм. Після розрізів структур очного яблука ушивання пошкоджених тканин не проводилось задля прояву мінімальних змін тканин при моделюванні проникаючого поранення. Було встановлено, що при використанні трансклерального світлодіодного освітлення в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра існує можливість візуалізації дефектів райдужної оболонки і склери. Візуалізація ушкоджень райдужної оболонки (іридодіаліз, дефект зіничного краю, отвір у райдужній оболонці) відбувається за рахунок відсутності хромофорів і зниження поглинання інфрачервоного сигналу в

ділянці дефекту і, відповідно, підвищеного пропускання світлового випромінювання. Реєстрація дефектів склери (розрізи, розриви) стає можливою в інфрачервоному діапазоні спектра, також через підвищене пропускання інфрачервоного сигналу та зменшення відбиваючих властивостей тканин в ділянці пошкодження.

На наступному етапі роботи, крім можливостей візуалізації дефектів внутрішньоочних структур і склери із застосуванням трансклерального освітлення в ближньому інфрачервоному спектрі випромінювання, в експерименті *ex vivo* моделювалося проникаюче поранення очного яблука з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла. За допомогою 15° ножа виконувався розріз кон'юнктиви та склери. Використовуючи цанговий пінцет, внутрішньоочно імпантували сторонні тіла металевої та дерев'яної природи походження розміром від 2×2×1 мм до 4×2×1 мм (довжина, ширина, товщина) навпроти від місця розрізу тканин, але в проекції війчастого тіла (рис. 3.1). Після розрізів структур очного яблука ушивання пошкоджених тканин не проводилось задля прояву мінімальних змін тканин при моделюванні проникаючого поранення. В експерименті *ex vivo* вдалося візуалізувати ВОСТ різної природи (метал, дерево) і розмірів, розташованих в проекції війчастого тіла. Візуалізація внутрішньоочних сторонніх тіл стає можливою внаслідок відбиття або поглинання ними інфрачервоних променів і, відповідно, зміною пропускання інфрачервоного випромінювання внутрішньоочними середовищами. Внаслідок цього в проекції розташування внутрішньоочного стороннього тіла на склері визначається тінь різної інтенсивності.

Використовуючи хірургічний циркуль, у всіх випадках в експерименті вдалось провести вимірювання ширини структур війчастого тіла (відростчата (*corona ciliaris*) та плоска частини (*pars plana*) війчастого тіла), а також локалізувати ВОСТ по відношенню до лімба, визначивши відстань між тінню в проекції розташування внутрішньоочного стороннього тіла і лімбом та

іншими поверхневими орієнтирами на склері в визначеному квадранті очного яблука.

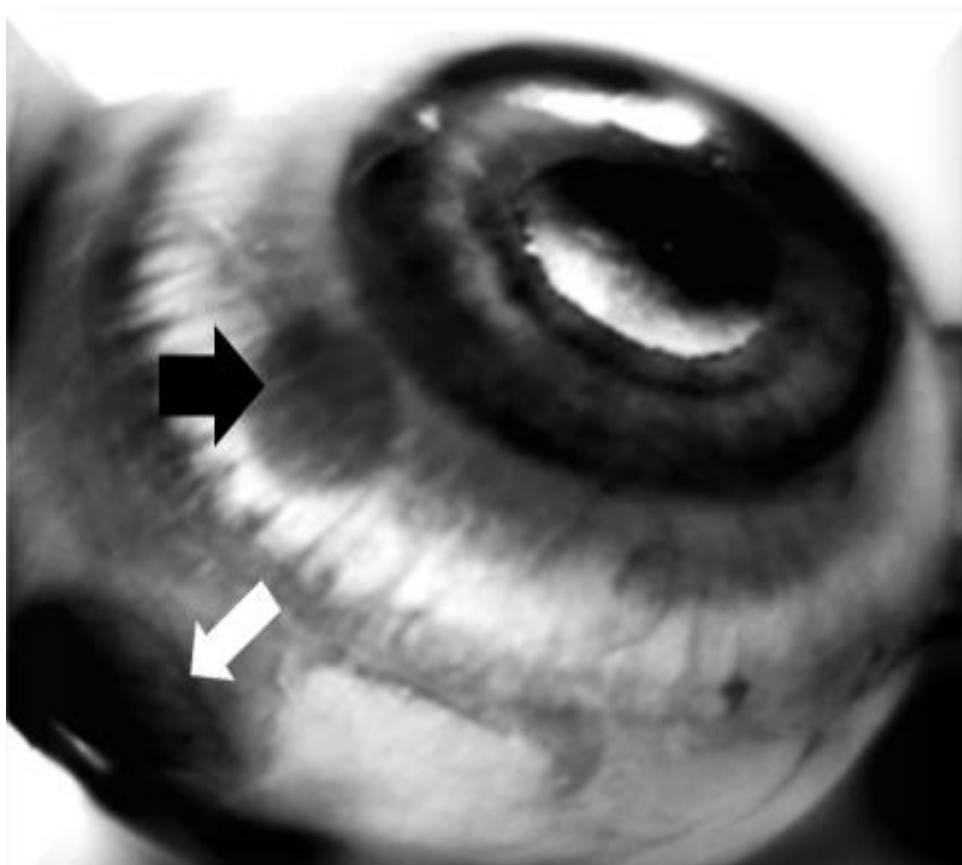


Рис. 3.1. Енуклейоване очне яблуко пацієнта з приводу меланоми хоріоїдеї, сфотографоване з застосуванням трансклерального освітлення в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра (940 нм). Візуалізуються тіні сфінктера зіниці, відростчастої та плоскої частини війчастого тіла і зубчастої лінії, яка є межею плоскої частини війчастого тіла. Чорною стрілкою вказана проекція ВОСТ на склері, а білою стрілкою місце прикріплення внутрішнього прямого м'яза.

Схема поширення інфрачервоного випромінювання всередині ока при наявності інтраокулярного уламка зображена на рис 3.2.

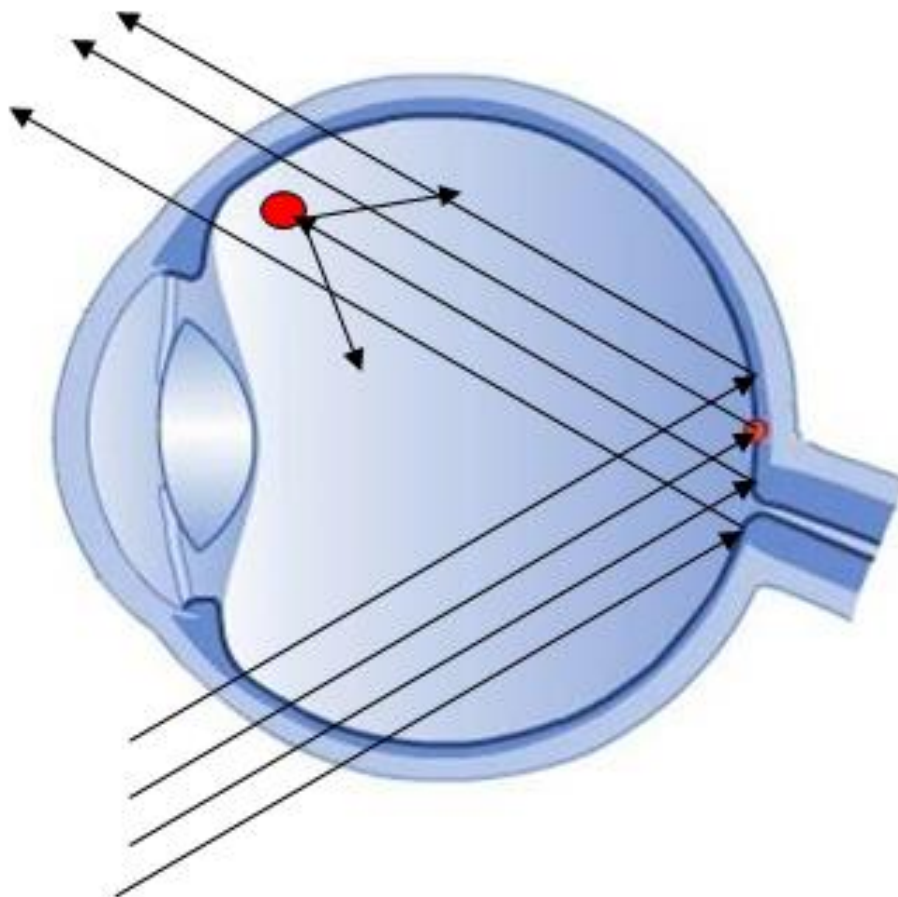


Рис. 3.2. Схематичне зображення поширення інфрачервоних променів при трансклеральному освітленні ока і зміна їх напрямлення за наявності внутрішньоочного стороннього тіла, що відображає інфрачервоне випромінювання.

Попередні результати експерименту *ex vivo* показали, що, використовуючи світлодіодні джерела некогерентного випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра з довжиною хвилі 940 нм, можна домогтися оптимальної візуалізації як структур війчастого тіла (відтростчастої та плоскою його частин), так і тіні внутрішньоочного уламка на склері. На основі проведених експериментальних досліджень був розроблений спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра (патент України №134645) [23].

Переваги розробленого способу діагностики полягають в досягненні візуалізації тіні ВОСТ, розташованого в передньому сегменті ока (в проекції війчастого тіла, райдужної оболонки, кришталика) та визначенні локалізації ВОСТ відносно структур війчастого тіла безконтактним для ока шляхом з виключенням ускладнень, властивих традиційним методикам (алергічні реакції, механічні пошкодження). Використання інфрачервоного світла дозволяє уникнути осліплюючої дії випромінювання видимого діапазону спектра. Застосування розфокусованого дифузного світлодіодного освітлення є безпечним для ока. Використання джерел освітлення з різноманітними спектральними властивостями дозволяє візуалізувати тіні ВОСТ різної природи (металевого та неметалевого походження), на відміну від рентгенологічного дослідження. Реєстрація тіні ВОСТ на склері, на відміну від ультразвукового дослідження, дозволяє визначити чіткі склеральні орієнтири, які можуть бути використані під час хірургічного видалення стороннього тіла. На відміну від рентгенологічного та ультразвукового дослідження розроблений спосіб не потребує використання складних пристроїв та значних матеріальних витрат для організації діагностичного процесу.

Таким чином, як видно з проведеного аналізу, кінцева мета винаходу забезпечується сукупністю істотних відмітних ознак. Методика полягає у візуалізації при проникаючому пораненні очного яблука внутрішньоочних сторонніх тіл, що розташовані в передньому відділі ока (в проекції війчастого тіла, райдужної оболонки) в інфрачервоному спектральному діапазоні, що відрізняється від відомих тим, що дана методика забезпечує атравматичну, безконтактну для ока візуалізацію ВОСТ; візуалізацію ВОСТ різної природи (металевого та неметалевого походження); визначення відношення тіні ВОСТ до структур переднього відрізка ока (війчастого тіла, райдужної оболонки); реєстрацію чітких склеральних орієнтирів, які можуть бути використані під час хірургічного видалення стороннього тіла; проведення

дослідження без використання складних пристроїв, що зменшує економічні витрати при організації процесу діагностики [23].

Таким чином, експериментальні дослідження *ex vivo* продемонстрували можливість візуалізації в інфрачервоному діапазоні спектра способом діафаноскопії важкодоступних структур плоскої та відростчастої частини війчастого тіла за рахунок особливостей поглинання і пропускання цими структурами інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм, тобто в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра.

Діафаноскопічно в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра виявилось можливим візуалізувати модельовані в експерименті *ex vivo* посттравматичні дефекти райдужки та склери за рахунок зміни особливостей поглинання і пропускання інфрачервоного випромінювання цими структурами.

Було також встановлено в експерименті *ex vivo*, що особливості поглинання, відбиття і заломлення випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра з довжиною хвилі 940 нм обумовлюють можливість візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл різної природи походження, розташованих в передньому відділі ока (проекція війчастого тіла). Використання джерел освітлення з різними спектральними властивостями дозволило візуалізувати тіні ВОСТ різної природи (металевого і неметалевого походження), на відміну від рентгенологічного дослідження.

В експерименті було визначено, що оптимальною довжиною хвилі некогерентного випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра для трансклерального освітлення є 940 нм, що дозволяє візуалізувати як структури війчастого тіла (відростчата та плоска його частин), так і тіні внутрішньоочного уламка на склері.

Інфрачервона діафаноскопія дозволила не тільки візуалізувати тіні ВОСТ, які розташовані в передньому відділі ока (в проекції війчастого тіла), але і визначити локалізацію ВОСТ щодо структур війчастого тіла або лімбу

безконтактним для ока шляхом з виключенням ускладнень, властивих інвазивним методикам (алергічні реакції, механічні пошкодження).

Реєстрація тіні ВОСТ на склері, на відміну від ультразвукового дослідження, дозволила визначити чіткі склеральні орієнтири, які можуть бути використані під час хірургічного видалення стороннього тіла.

Використання невидимого інфрачервоного діапазону випромінювання дозволило уникнути осліплюючої дії видимого діапазону спектра. Дифузне інфрачервоне світлодіодне освітлення є безпечним для ока.

На основі проведених експериментальних досліджень було розроблено новий спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра, який дозволяє неінвазивно отримати зображення структур переднього відрізка ока (кон'юнктива, рогівка, лімбалярна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталик) та внутрішньоочних сторонніх тіл відносно структур війчастого тіла [21, 23].

3.2. Особливості візуалізації структур війчастого тіла здорових осіб з різною довжиною передньо-заднього відділу ока в інфрачервоному діапазоні спектра

Під спостереженням знаходилося 49 осіб (98 очей) без травматичного ураження очей (98 очей), що добровільно надали згоду на проведення дослідження. Всі пацієнти були поділені на три групи в залежності від передньо-заднього розміру очей та рефракції (гіперметропи, еметропи та міопи). В першу групу увійшло 11 пацієнтів (22 ока) з довжиною ПЗВ 20-22,9 мм. Другу групу склали пацієнти з довжиною ПЗВ 23-24,9 мм (15 пацієнтів (30 очей)). До третьої групи увійшли пацієнти з довжиною ПЗВ більше 25 мм (23 пацієнта (46 очей)). У третій групі окремо аналізувалася підгрупа пацієнтів з довжиною ПЗВ більше 30 мм (5 пацієнтів (10 очей)) [13, 20]. Пацієнтам вимірювалась ширина відростчастої та плоскої частин війчастого тіла за допомогою циркуля під час проведення інфрачервоної

діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення. Відстань між браншами циркуля відповідає 2 мм (рис. 3.3).

У першій групі пацієнтів довжина ПЗВ в середньому склала $22,1 \pm 0,7$ мм. У другій групі довжина ПЗВ була значимо вищою в порівнянні з 1 групою і склала $23,9 \pm 0,4$ мм ($p < 0,01$). У третій групі передньо-задній розмір ока в середньому склав $28,5 \pm 3,1$ мм, що значимо вище в порівнянні з першою групою ($p < 0,01$) і з другою групою ($p < 0,01$).

Ширина структур війчастого тіла в різних секторах очного яблука, які були зареєстровані способом інфрачервоної діафаноскопії, в трьох досліджуваних групах представлена в таблиці 3.1. та 3.2.

Таблиця 3.1

Ширина плоскої частини війчастого тіла в залежності від довжини очного яблука, мм

група	9 год	6 год	3 год	12 год	рівень значущості
1	$3,1 \pm 0,7$	$3,1 \pm 0,7$	$3,1 \pm 0,8$	$3,1 \pm 0,8$	$p > 0,05$
2	$4,2 \pm 0,4^*$	$4,1 \pm 0,3^*$	$4,0 \pm 0,3^*$	$4,0 \pm 0,2^*$	$p > 0,05$
3	$5,1 \pm 0,8^\#$	$5,1 \pm 0,8^\#$	$5,0 \pm 0,7^\#$	$5,0 \pm 0,8^\#$	$p > 0,05$

Примітка. В таблиці представлені середні значення та їх стандартні відхилення ($M \pm SD$). * - достовірні відмінності ($p < 0,05$) в порівнянні з даними в 1 групі, # - достовірні відмінності ($p < 0,05$) в порівнянні з 1 та 2 групами.

З огляду на відсутність статистично значущої різниці в ширині структур війчастого тіла, виміряної в чотирьох основних меридіанах, далі значення ширини війчастого тіла ми оцінювали на основі загальних середніх значень. Ширина плоскої частини війчастого тіла в першій групі в середньому склала $3,1 \pm 0,7$ мм, в другій групі - $4,1 \pm 0,3$ мм, що значимо вище в порівнянні з першою групою ($p < 0,01$), а в третій групі – $5,0 \pm 0,8$ мм, що значимо вище в порівнянні з першою ($p < 0,01$) і з другою групою ($p < 0,01$). У пацієнтів з довжиною ПЗВ більше 30 мм ширина плоскої частини війчастого тіла склала $5,8 \pm 0,8$ мм і виявилася вищою в порівнянні з першою і другою групами ($p < 0,01$).

Таблиця 3.2

Ширина відростчастої частини війчастого тіла в залежності від довжини очного яблука, мм

група	9 год	6 год	3 год	12 год	рівень значущості
1	$1,9 \pm 0,2$	$1,9 \pm 0,3$	$1,9 \pm 0,3$	$1,8 \pm 0,1$	$p > 0,05$
2	$2,0 \pm 0,1^*$	$2,0 \pm 0,1$	$1,9 \pm 0,1$	$1,9 \pm 0,1^*$	$p > 0,05$
3	$2,0 \pm 0,2$	$2,1 \pm 0,1^*$	$2,0 \pm 0,1^*$	$2,0 \pm 0,1^\#$	$p > 0,05$

Примітка. В таблиці представлені середні значення та їх стандартні відхилення ($M \pm SD$). * - достовірні відмінності ($p < 0,05$) в порівнянні з даними в 1 групі, # - достовірні відмінності ($p < 0,05$) в порівнянні з 1 та 2 групами.

Ширина відростчатої частини війчастого тіла в першій групі в середньому склала $1,9 \pm 0,2$ мм, в другій групі – $2,0 \pm 0,1$ мм, що незначимо вище в порівнянні з першою групою ($p > 0,05$), і в третій групі – $2,0 \pm 0,1$ мм, що незначимо вище в порівнянні з другою групою ($p > 0,05$). У пацієнтів з довжиною ПЗВ більше 30 мм ширина відростчатої частини війчастого тіла склала $2,0 \pm 0,1$ мм і незначимо відрізнялася від другої групи ($p > 0,05$). Значущих відмінностей в ширині структур війчастого тіла парних очей виявлено не було ні в одній з досліджуваних груп [13, 20].

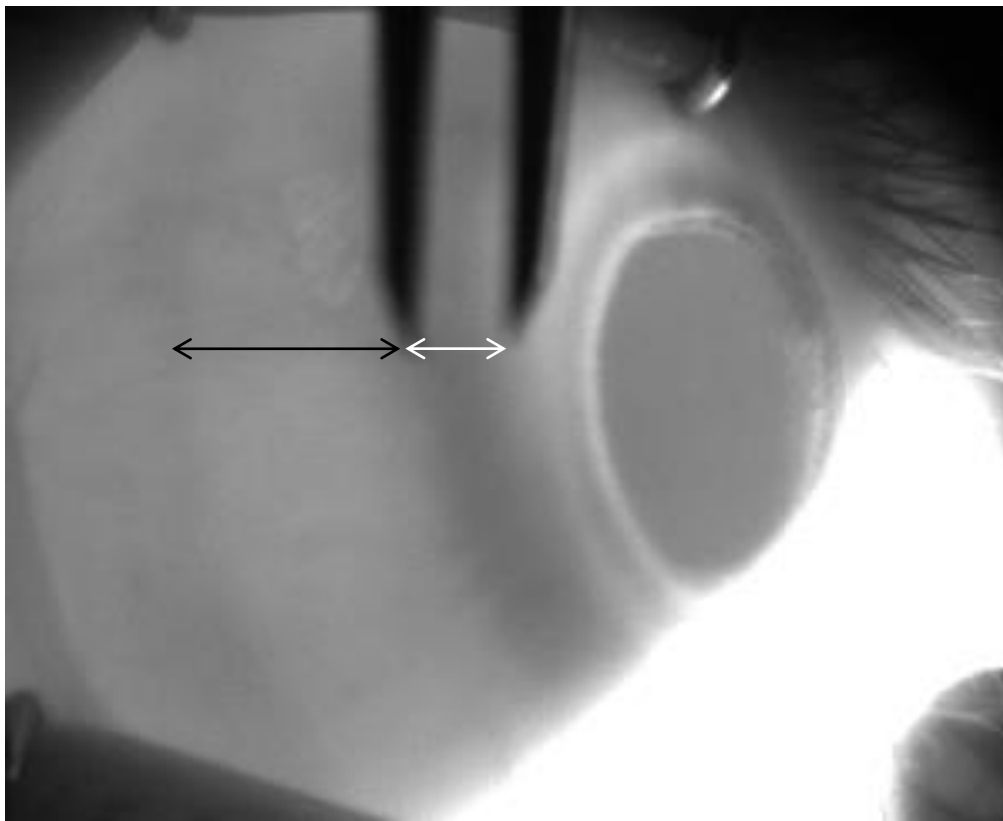


Рис. 3.3. Фотозображення ока, отримане способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням. Стрілки вказують на тіні, які відповідають відростчатій частині війчастого тіла (біла стрілка), плоскій частині війчастого тіла (чорна стрілка). Відстань між браншами циркуля відповідає 2 мм.

Товщина відростчатої частини війчастого тіла, яка була зареєстрована під час ультразвукового дослідження (рис. 3.4.), в трьох досліджуваних групах представлена в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Товщина відростчатої частини війчастого тіла в залежності від довжини очного яблука по даним ультразвукового дослідження

	Товщина відростчатої частини війчастого тіла, мм				
група	9 год	6 год	3 год	12 год	рівень значущості
1	0,69±0,1	0,7±0,1	0,67±0,1	0,68±0,1	p>0,05
2	0,71±0,2	0,66±0,1	0,67±0,1	0,64±0,1	p>0,05
3	0,67±0,1	0,66±0,1	0,67±0,1	0,68±0,1	p>0,05

Примітка. У таблиці представлені середні значення та їх стандартні відхилення ($M \pm SD$). Достовірність відмінностей ($p > 0,05$).

Статистично значуща різниця в товщині відростчатої частини війчастого тіла, що була виміряна в чотирьох основних меридіанах, не визначалась. Тому далі значення товщини відростчатої частини війчастого тіла ми оцінювали на основі загальних середніх значень. Товщина відростчатої частини війчастого тіла в першій групі в середньому склала $0,69 \pm 0,1$ мм, в другій групі – $0,68 \pm 0,1$ мм, що незначимо менше в порівнянні з першою групою ($p = 0,7$), а в третій групі – $0,67 \pm 0,1$ мм, що також

незначимо менше в порівнянні з першою ($p = 0,5$) і з другою групою ($p = 0,7$). У пацієнтів з довжиною ПЗВ більшою 30 мм товщина відростчатої частини війчастого тіла склала $0,74 \pm 0,1$ мм і виявилася трохи вищою в порівнянні з першою ($p = 0,3$) і другою ($p = 0,2$) групами. Значущих відмінностей в товщині відростчатої частини війчастого тіла парних очей виявлено не було ні в одній з досліджуваних груп.

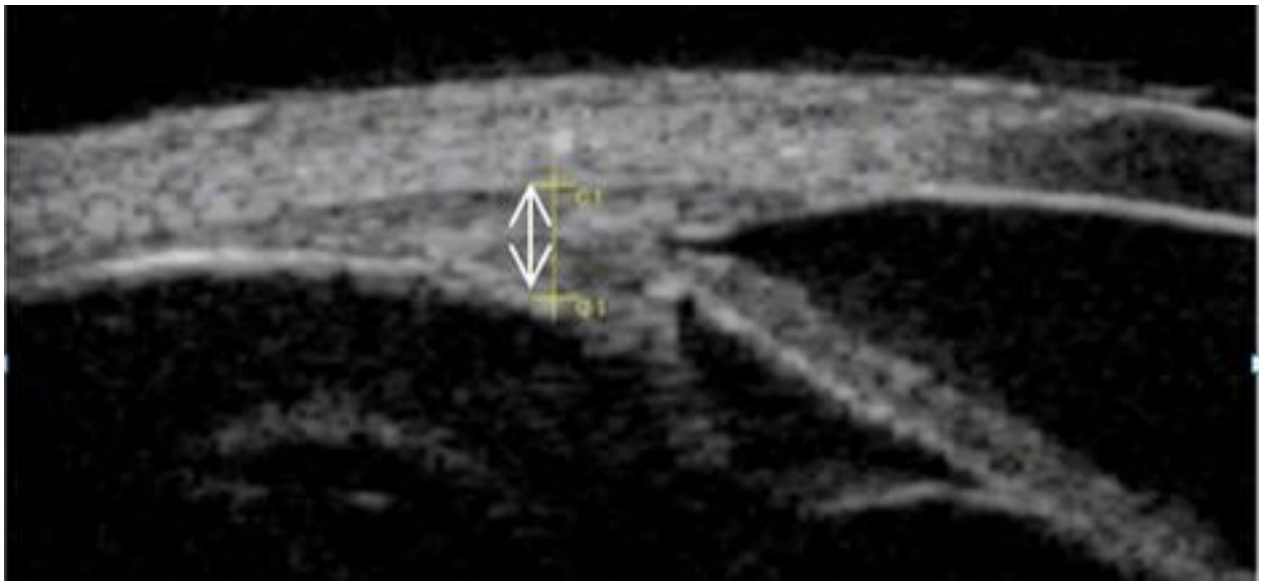


Рис. 3.4. Зображення переднього відділу ока (ПЗВ = 32 мм), отримане за допомогою ультразвукової біомікроскопії. Стрілки вказують на межі відростчатої частини війчастого тіла та між якими виконувалось вимірювання його товщини. Товщина відростчатої частини війчастого тіла склала 0,74 мм.

Наші дані, які були отримані за допомогою неінвазивного методу інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії співвідносяться з результатами описаними в літературі досліджень, щодо співвідношення товщини війчастого тіла та довжини очей [95]. Було виявлено, що ширина плоскої частини війчастого тіла значимо зростає при збільшенні передньо-заднього розміру очей. У той же час спостерігалася тенденція до збільшення

ширини відростчатої частини війчастого тіла у досліджуваних осіб з більшим ПЗВ очей. Отримані дані про розміри структур війчастого тіла і їх зв'язок з довжиною очей можуть бути використані в діагностиці патологічних процесів з наявністю запалення в судинній оболонці ока, проникаючих пораненнях з наявністю ВОСТ в передньому відділі очного яблука або внутрішньоочних новоутворень війчастого тіла.

Таким чином, розроблений спосіб діафаноскопії в інфрачервоному діапазоні спектра з транспальпезальним освітленням дозволив візуалізувати важкодоступні структури плоскої та відростчатої частини війчастого тіла за рахунок особливостей поглинання і пропускання цими структурами ближнього інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм.

Було доповнено наукові дані про пряму залежність розмірів (ширини) структур війчастого тіла та довжини передньо-заднього відрізка очного яблука у осіб з еметропією, гіперметропією та міопією без травматичного ушкодження ока. Так, при довжині передньо-заднього відрізка очного яблука 20-22,9 мм ширина плоскої частини війчастого тіла склала в середньому $3,1 \pm 0,7$ мм, при довжині передньо-заднього відрізка очей 23-24,9 мм – $4,1 \pm 0,3$ мм, з довжиною передньо-заднього відрізка очей 25-35 мм – $5,0 \pm 0,8$ мм.

Було також відзначено тенденцію до збільшення розмірів відростчатої частини війчастого тіла у здорових осіб при збільшенні передньо-заднього відрізка очного яблука.

Значущих відмінностей в товщині відростчатої частини війчастого тіла парних очей виявлено не було ні в одній з досліджуваних груп.

3.3. Особливості візуалізації структур переднього відділу ока способом інфрачервоної діафаноскопії у пацієнтів з забоями очного яблука

При проведенні діагностичних тестів були виявлені наступні ушкодження очного яблука: гіфема, надриви зіничного краю,

посттравматичний мідріаз, іридодіаліз в 1-2 квадрантах у 7 пацієнтів (28%); сублюксація кришталика у 11 пацієнтів (44%); люксація кришталика в складовидне тіло у 5 пацієнтів (20%), субкон'юнктивальні розриви склери в передньому відділі у 2 пацієнтів (8%) [19, 63].

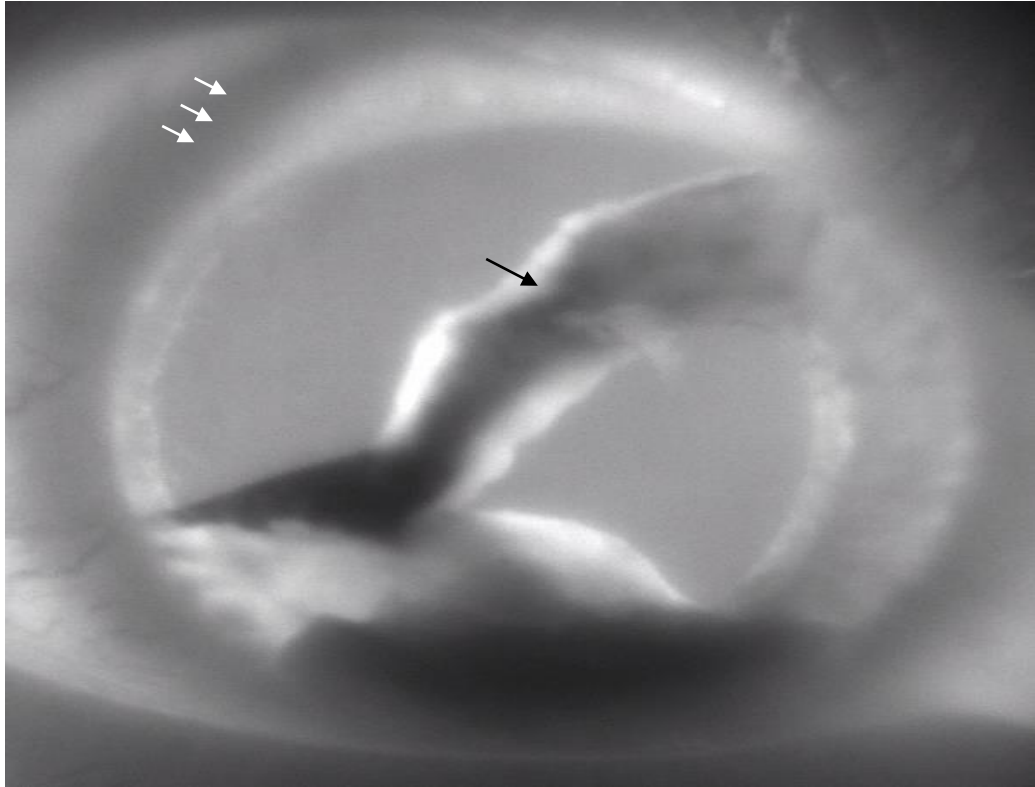


Рис. 3.5. Фотозображення (пряма проекція), отримане способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням у хворого М. віком 49 років з забоєм очного яблука, відривом райдужної оболонки, гіфемою. Чорна стрілка вказує на відірвану райдужну оболонку, а білі - на тінь відростчастої частини війчастого тіла.

Застосування інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням у пацієнтів з забоєм очного яблука також дозволило виявити вищевказані ушкодження райдужної оболонки і кришталика. Дослідження вдалося провести безконтактно для ока і швидко у всіх пацієнтів. Наприклад, добре візуалізувалися прикореневі та субтотальні іридодіалізи, надриви

зіничного краю, помутніння і сублюксація кришталика, а також його екваторіальна частина (рис. 3.5, 3.6).

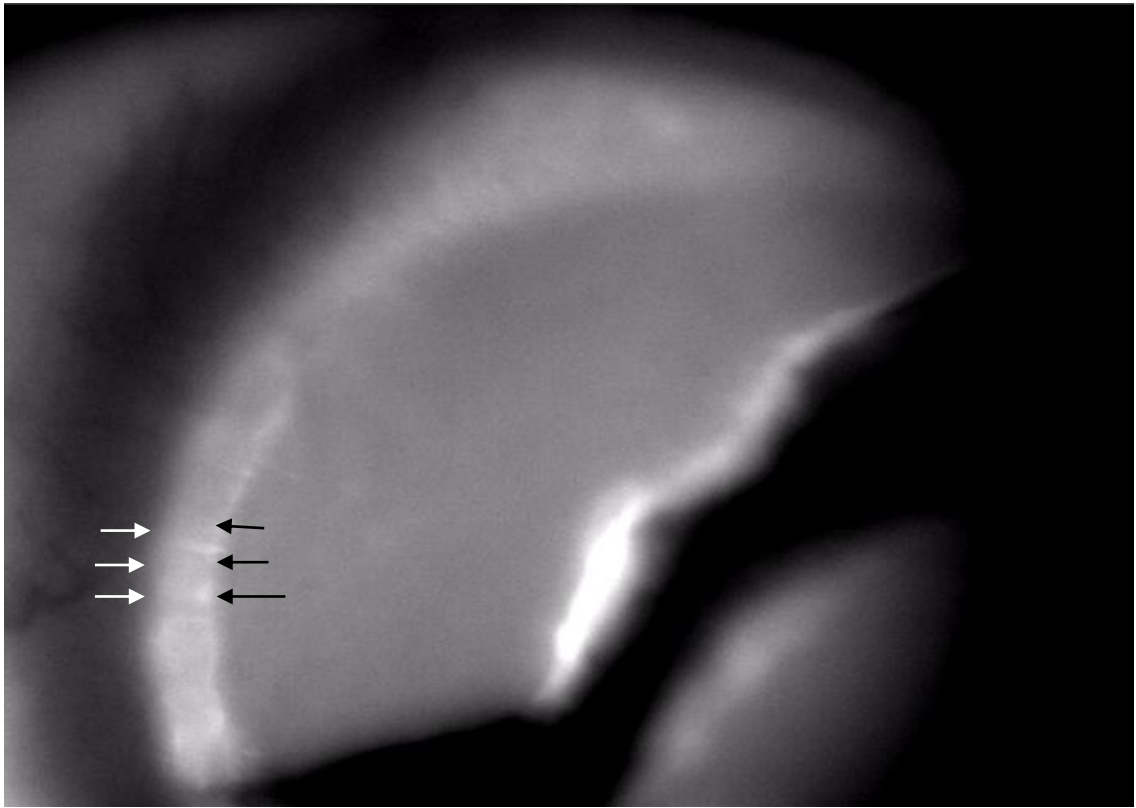


Рис. 3.6. Фотозображення структур переднього відділу ока (пряма проекція), отримане способом ІЧТД у хворого М. віком 49 років з забоем очного яблука, відривом райдужної оболонки, гіфемою. Білі стрілки вказують на циннові зв'язки, а чорні – на екваторіальний край кришталика. Сублюксація кришталика не визначається.

Передньо-задній розмір травмованих очей склав від 23 до 24,7 мм. Ширина відростчастої частини війчастого тіла пошкоджених очей в середньому склала $2,5 \pm 0,1$ мм. При цьому ширина відростчастої частини війчастого тіла парних інтактних очей була значимо меншою і склала в середньому $2,0 \pm 0,1$ мм ($p = 0,01$). Середні показники розмірів структур війчастого тіла в різних зонах війчастого тіла значимо не відрізнялися.

Ширина структур війчастого тіла в різних досліджуваних зонах пошкоджених очей представлена в таблиці 3.4 та таблиці 3.5.

Таблиця 3.4

Ширина структур війчастого тіла очей з забоєм очного яблука, мм

	9 год	6 год	3 год	12 год	рівень значущості
Ширина плоскої частини війчастого тіла, мм	4,0±0,7	4,0±0,7	4,0±0,6	4,0±0,7	p>0,05
Ширина відростчатої частини війчастого тіла, мм	2,5±0,1	2,5±0,1	2,5±0,1	2,5±0,1	p>0,05

Примітка. У таблиці представлені середні значення та їх стандартні відхилення ($M \pm SD$). Значимість відмінностей між досліджуваними секторами ($p > 0,05$).

Таблиця 3.5

Ширина структур війчастого тіла парного очного яблука, мм

	9 год	6 год	3 год	12 год	рівень значущості
Ширина плоскої частини війчастого тіла, мм	4,1±0,7	4,1±0,7	4,0±0,6	4,0±0,7	p>0,05
Ширина відростчатої частини війчастого тіла, мм	2,0±0,1	2,0±0,1	1,9±0,1	1,9±0,1	p>0,05

Примітка. У таблиці представлені середні значення та їх стандартні відхилення ($M \pm SD$). Значимість відмінностей між досліджуваними секторами ($p > 0,05$).

ІЧТД у пацієнтів з забоєм очного яблука дозволило у 2 випадках виявити субкон'юнктивальні розриви склери у вигляді ділянки підвищеного пропускання інфрачервоного світла в проекції розриву (рис. 3.7, 3.8).

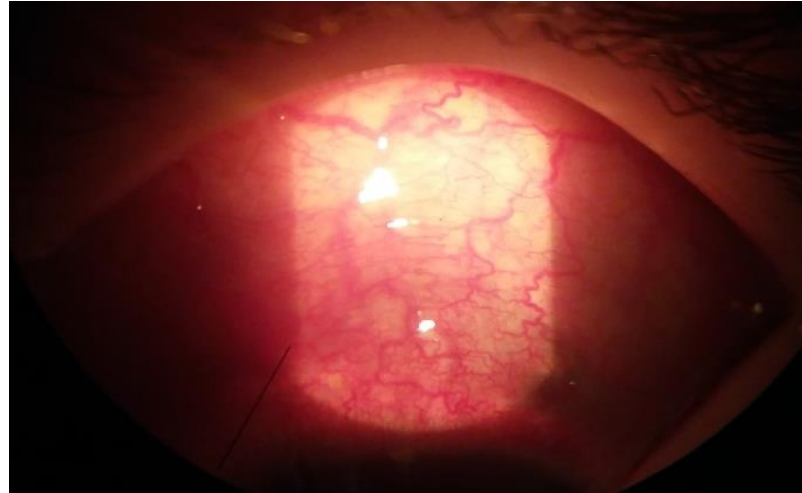


Рис. 3.7. Пацієнт Б. 19 р., ліве око, діагноз забій очного яблука, субкон'юнктивальний розрив склери, фото переднього відділу ока, візуалізується субкон'юнктивальний крововилив і випадіння внутрішньоочних оболонок під кон'юнктиву.

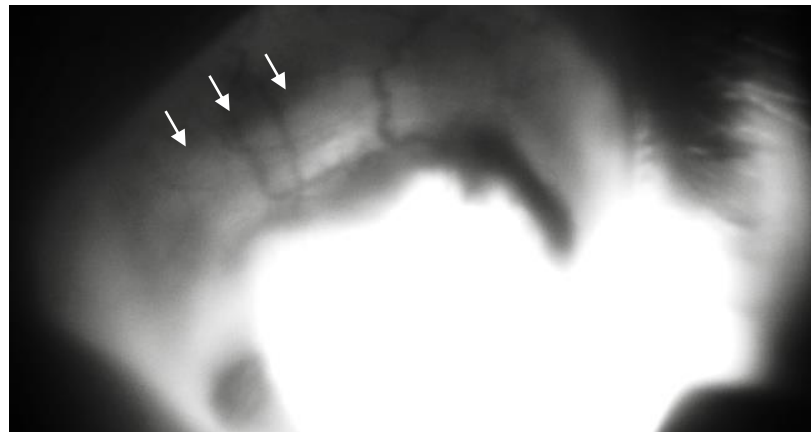


Рис. 3.8. Пацієнт Б. 19 р., ліве око, діагноз забій очного яблука, субкон'юнктивальний розрив склери, на фотографії отриманої способом ІЧТД в проекції субкон'юнктивального розриву склери визначається світла зона підвищеного пропускання інфрачервоного випромінювання (вказана стрілками). Тінь війчастого тіла не візуалізується внаслідок масивного субкон'юнктивального крововиливу.

Слід зазначити, що при проведенні класичних діагностичних тестів були виявлені непрямі ознаки розриву в передньому відділі склери (гіпотонія, хемоз кон'юнктиви, глибока передня камера, гемофтальм), після чого була проведена ревзія склери в операційній з подальшим виявленням і усуненням розриву склери.

Таким чином, у нашому дослідженні у всіх хворих з забоєм очного яблука вдалося простим та неінвазивним способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення зареєструвати різні посттравматичні пошкодження структур переднього відділу ока, зокрема субкон'юнктивальні розриви склери, через підвищене пропускання інфрачервоного випромінювання в проекції розриву. На фотозображеннях субкон'юнктивальні розриви склери візуалізувались у вигляді світлих полос на більш темному фоні неущожденної склери. Були візуалізовані важко діагностовані пошкодження райдужної оболонки і кришталика, а також і ті, які не складало труднощів визначити при обстеженні способом біомікроскопії.

За допомогою інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення вдалося візуалізувати пошкодження структур переднього відділа ока при порушенні прозорості оптичних середовищ, наприклад при помутніннях рогівки. Це можна пояснити підвищеною проникною здатністю випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра в порівнянні з більш короткохвильовим випромінюванням видимого спектрального діапазону.

Варто відзначити, що тонкий шар крові у пацієнтів з субкон'юнктивальним крововиливом не був перешкодою для візуалізації внутрішньоочних структур в інфрачервоному світлі. Однак наявність потужних субкон'юнктивальних крововиливів може обмежувати можливість візуалізації. Так, в нашому дослідженні не вдалося візуалізувати тінь плоскої і відростчастої частини війчастого тіла в усіх квадрантах у 2 пацієнтів через екрануючий ефект крові по відношенню до інфрачервоного випромінювання.

Було встановлено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла у пацієнтів після забою очного яблука середнього та важкого ступеня в порівнянні з парними інтактними очима, що може свідчити про наявність посттравматичного набряку структур війчастого тіла. Так, у пацієнтів з забоєм очного яблука визначено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла ураженого ока ($2,5 \pm 0,1$ мм) порівняно з парними інтактними очима ($2,0 \pm 0,1$ мм, $p = 0,01$) [14].

3.4. Візуалізація внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в передньому відділі очного яблука, способом інфрачервоної діафаноскопії

На даному етапі дослідження під спостереженням знаходилися пацієнти з проникаючим пораненням очного яблука і наявністю внутрішньоочного стороннього тіла в передньому відділі ока (передня камера, райдужна оболонка, кришталик, плоска чи відростчата частина війчастого тіла). Пацієнти звертались як до проведення первинної чи вторинної хірургічної обробки рани очного яблука, так і після. Всі пацієнти були чоловічої статі у віці від 20 до 65 років.

У 28 з 30 (93%) випадків з проникаючим пораненням очного яблука і наявністю внутрішньоочного стороннього тіла способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення на склері були візуалізовані тіні структур війчастого тіла (плоскої та відростчастої його частин), а також тіні внутрішньоочного стороннього тіла, які були локалізовані та видалені хірургічним шляхом [16, 65].

Діафаноскопія з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра дозволила візуалізувати тінь стороннього тіла на склері в проекції війчастого тіла і визначити співвідношення ВОСТ до його структур в випадках металевої чи дерев'яної природи виникнення ВОСТ. При наявності ВОСТ в кришталику нам також вдалося їх діагностувати.

В нашому дослідженні способом діафаноскопії з транспальпебральним освітленням в інфрачервоному діапазоні спектра були виявлені випадки ВОСТ металевої природи виникнення розміром від $0,5 \times 1 \times 0,5$ мм до $2 \times 1 \times 1$ мм (довжина, ширина, товщина), а також ВОСТ твердої гірської породи (каміння) розміром від $1 \times 2 \times 4$ мм до $5,5 \times 4 \times 2$ мм (рис. 3.12., рис. 3.22).

Використовуючи хірургічний циркуль, вдалось локалізувати внутрішньоочний уламок по відношенню до лімба, визначивши відстань між тінню в проекції внутрішньоочного стороннього тіла і лімбом та іншими поверхневими орієнтирами на склері в визначеному квадранті очного яблука.

Слід зазначити, що наявність помутнінь, або набряку рогівки, або набухаючого кришталика не заважало візуалізації ВОСТ [12, 17, 18].

Клінічний приклад 1. Пацієнт отримав травматичне пошкодження правого ока (рис 3.9, 3.10, 3.11, 3.12) уламком, що відлетів після удару молотком по металу.

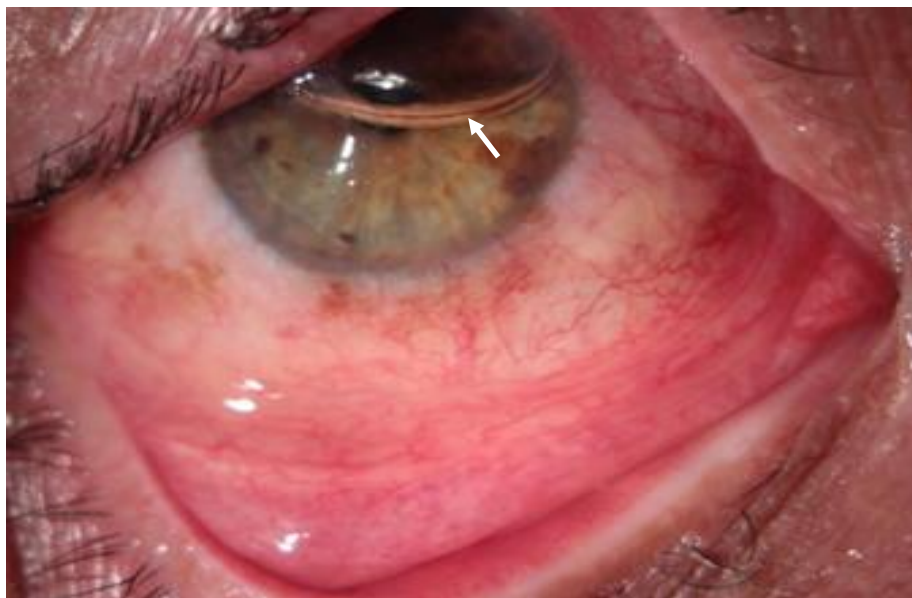


Рис. 3.9. Пацієнт Х. 55 р., праве око, кольорова фотографія переднього відділу ока пацієнта з проникаючим пораненням рогівки після проведенної первинної хірургічної обробки.

За місцем проживання було виконано первинну хірургічну обробку проникаючого поранення рогівки, після чого хворий був направлений в ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України» для подальшого лікування.

Рентгенологічне дослідження з протезом Комберга-Балтіна і інфрачервона діафаноскопія з транспальпебральним шляхом освітлення дозволили візуалізувати внутрішньоочне стороннє тіло і визначити місце його розташування щодо структур війчастого тіла.

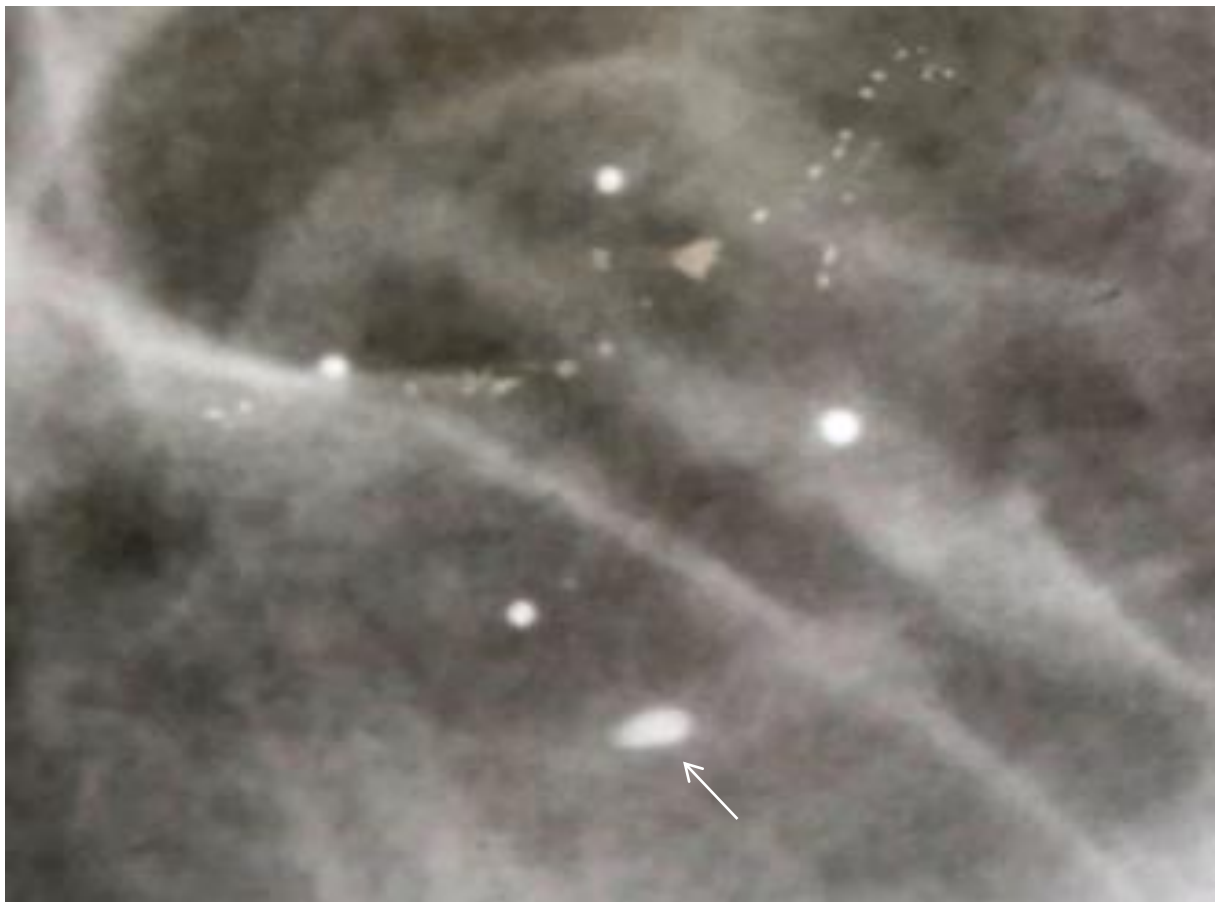


Рис. 3.10. Пацієнт Х. 55 р., праве око, рентгенограма в прямій проекції з протезом Комберга-Балтіна. Визначається тінь ВОСТ на 5 годинах розмірами 1,5×2 мм в передньому відділі ока (внутрішньоочне стороннє тіло вказано стрілкою).

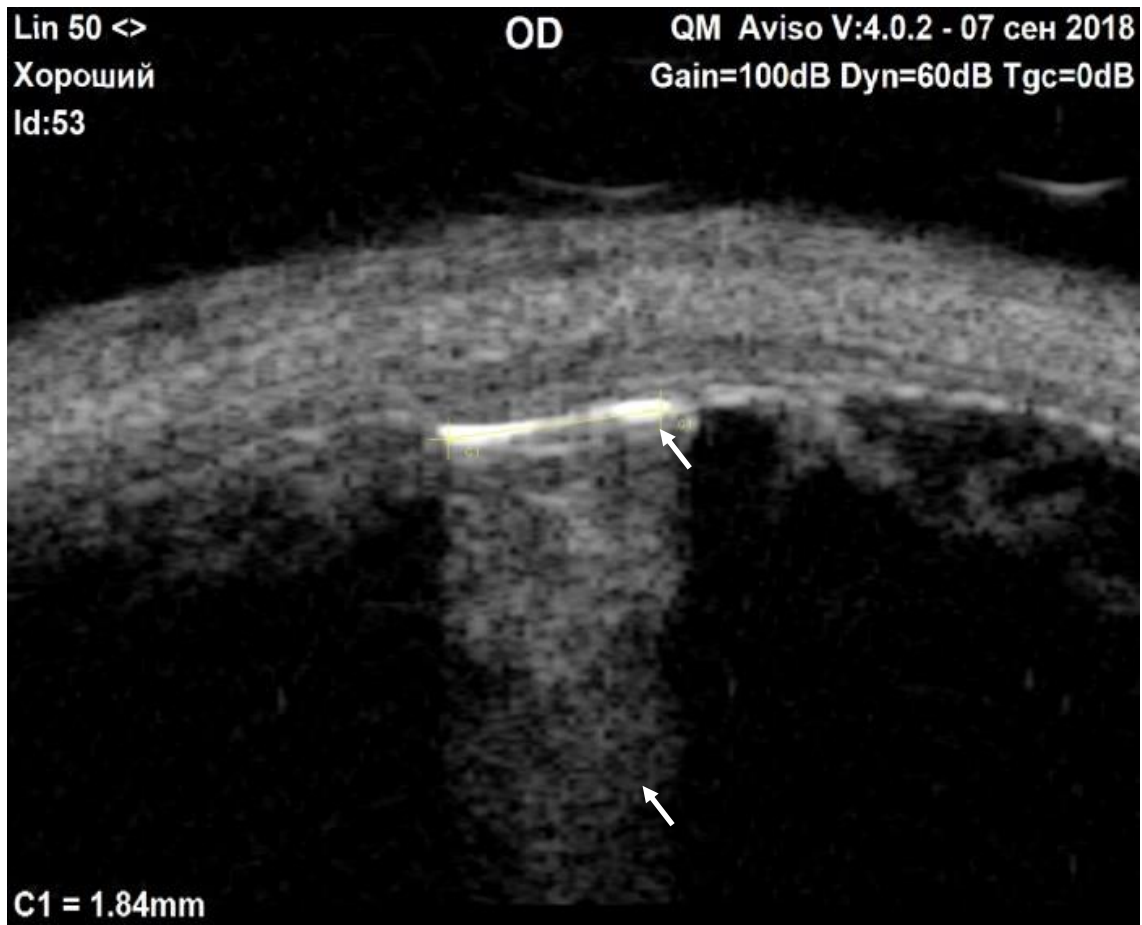


Рис. 3.11. Пацієнт Х. 55 р., праве око, визначається ВОСТ (1,8 мм × 1,8 мм) з "доріжкою" ехо-імпульсів реверберації. Проведене УЗД вказує на наявність ВОСТ, проте його локалізації по відношенню до зубчастої лінії визначити не вдалося.

За допомогою ультразвукової біомікроскопії теж визначили розташування ВОСТ, але через малий розмір уламка були труднощі в діагностиці. Внаслідок плоскої форми ВОСТ та малого розміру зображення ВОСТ зливалось з зображенням оболонок ока.

Враховуючи дані рентгенографії по Комбергу-Балтіну та ІЧТД, була проведена прицільна діагностика в місці його залягання. Після екстракції ВОСТ було виявлено, що його товщина склала менше 0,5 мм, ширина і довжина - 1,8 на 1,8 мм, крім того ВОСТ щільно прилягало до внутрішньої поверхні війчастого тіла.



Рис. 3.12. Пацієнт Х. 55 р., праве око, фотозображення, отримане способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення. Стрілки вказують на тіні, які відповідають проекції внутрішньоочного стороннього тіла (біла стрілка) і зубчастої лінії (чорна стрілка). ВОСТ розташовано в 5 мм від лімбу на 5 годинах та має розміри 2×2 мм.

Використовуючи дані ІЧТД, ми візуалізували відношення ВОСТ до зубчастої лінії, а саме в проекції плоскої частини війчастого тіла, що дозволило виконати діасклеральне видалення ВОСТ. До операції гострота зору дорівнювала правильній проекції світла. Після операції і проведення активного курсу протизапальної і розсмоктуючої терапії гострота зору підвищилася до 0,5.

При аналізі отриманих даних анамнезу і результатів клінічного обстеження пацієнтів з проникаючим пораненням очного яблука і наявністю ВОСТ в кришталіку малих розмірів ВОСТ від 0,5 до 1,0 мм було виявлено, що у всіх випадках хворі безпосередньо після травми за медичною допомогою не зверталися. Відповідно, ургентного хірургічного втручання у даних хворих не проводилось, оскільки скарги на зниження гостроти зору і біль в ранній період після травми були відсутні. Пацієнти відзначали незначне зниження гостроти зору через 3-5 місяців після травми. При біомікроскопії спостерігалися самоадаптовані лінійні рани рогівки розміром 0,5 - 1,5 мм, ВОСТ, а також помутніння задніх кортикальних шарів кришталіка.

За нашими даними у хворих з проникаючим пораненням очного яблука і наявністю ВОСТ розмірами від 2,1 мм до 5,5 мм в кришталіку приводили до різкого зниження гостроти зору внаслідок наявності дезадаптованої рани рогівки і значних пошкоджень кришталіка. Первинна хірургічна обробка рани рогівки у даної групи хворих була проведена в клініках за місцем проживання.

При біомікроскопії в умовах медикаментозного мідріазу у всіх випадках були виявлені внутрішньокришталікові металеві ВОСТ (розміром 0,5 - 1,0 мм), а також у одного пацієнта - ВОСТ розміром 2,1 мм. В інших випадках візуалізувати ВОСТ не представлялося можливим внаслідок наявності пошкоджень рогівки і набухаючого мутного кришталіка. При проведенні прицільної рентгенографії в прямій і бічній проекціях металеві сторонні тіла малих розмірів (0,5 - 1,0 мм) виявлено не було. В інших випадках вдалося діагностувати ВОСТ.

У всіх хворих способом інфрачервоної діафаноскопії були візуалізовані тіні структур війчастого тіла (плоскої і відростчастої його частин), дефекти райдужної оболонки, а також тінь внутрішньоочного стороннього тіла в кришталіку. За допомогою інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії також вдалося візуалізувати сторонні предмети, розташовані в

кришталіку (рис. 3.13, 3.14), навіть при наявності травматичної катаракти і помутнінь рогівки [15].

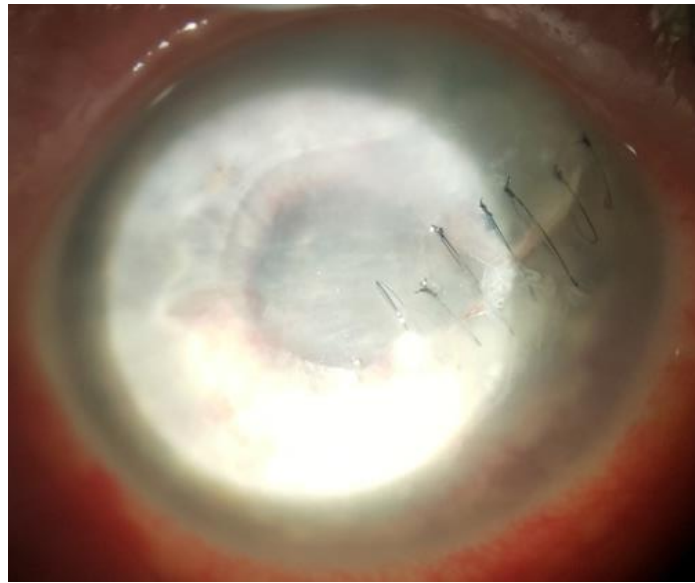


Рис. 3.13. Пацієнт Л. 43 р., праве око, кольорова фотографія переднього відділу ока з проникаючим пораненням рогівки після первинної хірургічної обробки. Набряк рогівки. Набухаюча катаракта.

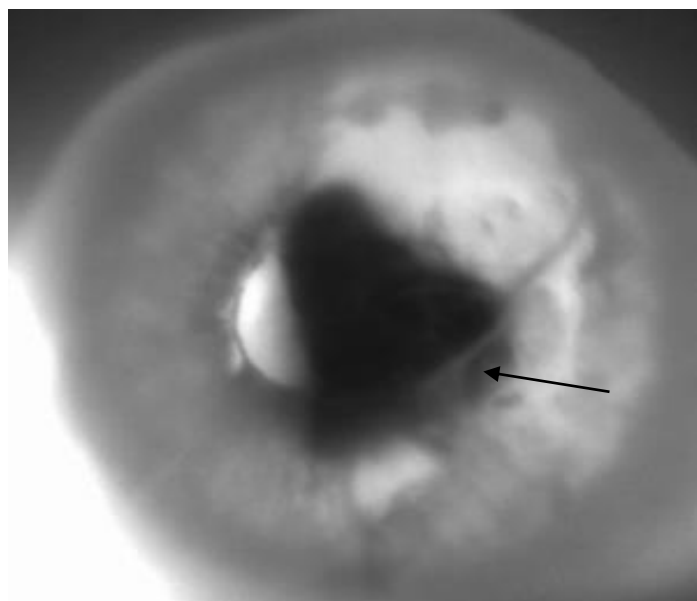


Рис. 3.14. Пацієнт Л. 43 р., праве око, фотозображення, отримане способом ІЧТД. Стрілка вказує на чітку тінь ВОСТ (камінь), розташованого в товщі кришталікових мас. Визначаються дефекти райдужної оболонки.

В нашому дослідженні виявилось можливим визначити розміри і локалізацію внутрішньоочного стороннього тіла.

При використанні способу діафаноскопії з транспальпебральним освітленням ока в інфрачервоному діапазоні спектра з довжиною хвилі 940 нм добре візуалізувалися дефекти райдужної оболонки і склери.

При аналізі випадків з проникаючими пораненнями очного яблука малих розмірів (до 1,5 мм) та відсутності значного погіршення гостроти зору наявність внутрішньоочного стороннього тіла не завжди було зареєстровано. Були випадки, коли поза оптичною зоною кришталика внаслідок утворення задніх сінехій не візуалізувалось внутрішньоочне стороннє тіло в кришталику при біомікроскопії. При проведенні рентгенографії з протезом Комберга-Балтіна теж не виявлялися сторонні тіла в зв'язку з малим розміром (до 1,5 мм). Візуалізувати внутрішньоочне стороннє тіло такого розміру вдалося за допомогою ультразвукової біомікроскопії та інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням ока в інфрачервоному діапазоні спектра з довжиною хвилі 940 нм.

Клінічний приклад 2 (рис. 3.15, 3.16) демонструє, що при виконаній ПХО рани рогівки та високій гостроті зору в післяопераційному періоді стороннє тіло в кришталику не було діагностовано.

Клінічний приклад 2.

Пацієнт Б. 35 р., ліве око, отримав травматичне пошкодження лівого ока (рис. 3.15, 3.16) уламком, що відлетів після удару молотком по металу. За місцем проживання було виконано первинну хірургічну обробку проникаючого поранення рогівки.

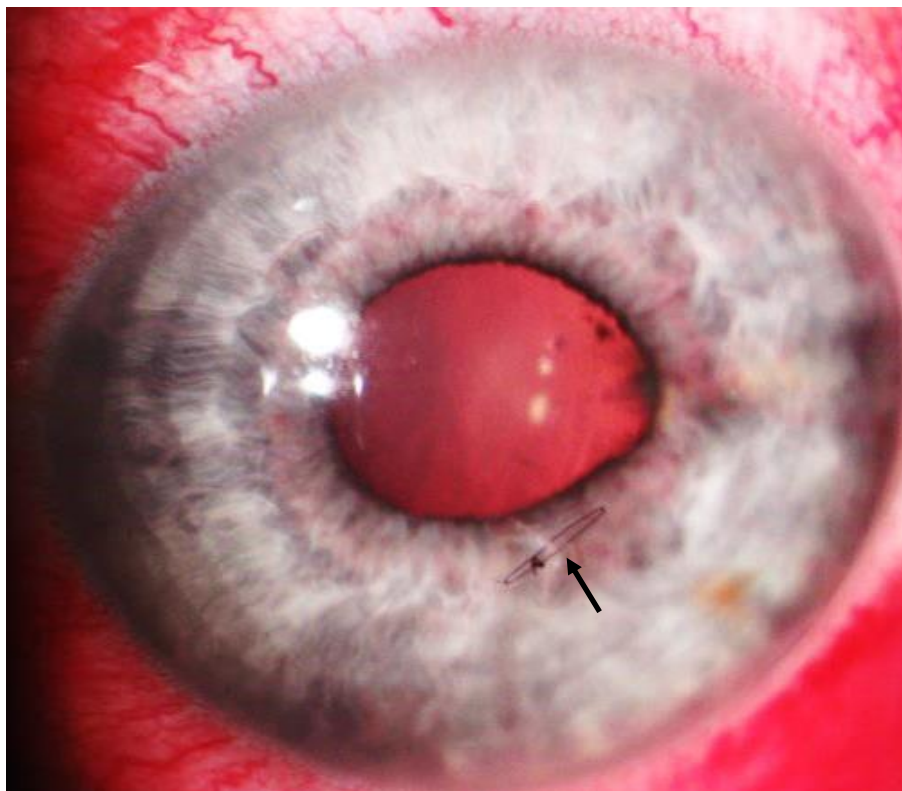


Рис. 3.15. Пацієнт Б. 35 р., ліве око, кольорова фотографія (пряма проекція) переднього відділу ока з проникаючим пораненням рогівки після первинної хірургічної обробки. Чорною стрілкою вказане місце ушивання поранення рогівки.

Офтальмоскопічно стороннє тіло не виявилось. Гострота зору покращилася. Через місяць пацієнт звернувся знову до лікарні за місцем проживання внаслідок погіршення гостроти зору. Біомікроскопічно спостерігалась задня сінехія на 3 год та один шов на рогівці на 5 год парацентрально. При медикаментозному мідріазі спостерігалось часткове помутніння кришталика. Пацієнт звернувся на консультацію в ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України». Використовуючи спосіб ІЧТД, ми візуалізували ВОСТ в кришталику та його відношення до структур переднього відділу ока. Рентгенологічне дослідження з протезом Комберга-Балтіна підтвердило наявність ВОСТ. За

допомогою ультразвукової біомікроскопії теж визначили розташування ВОСТ.

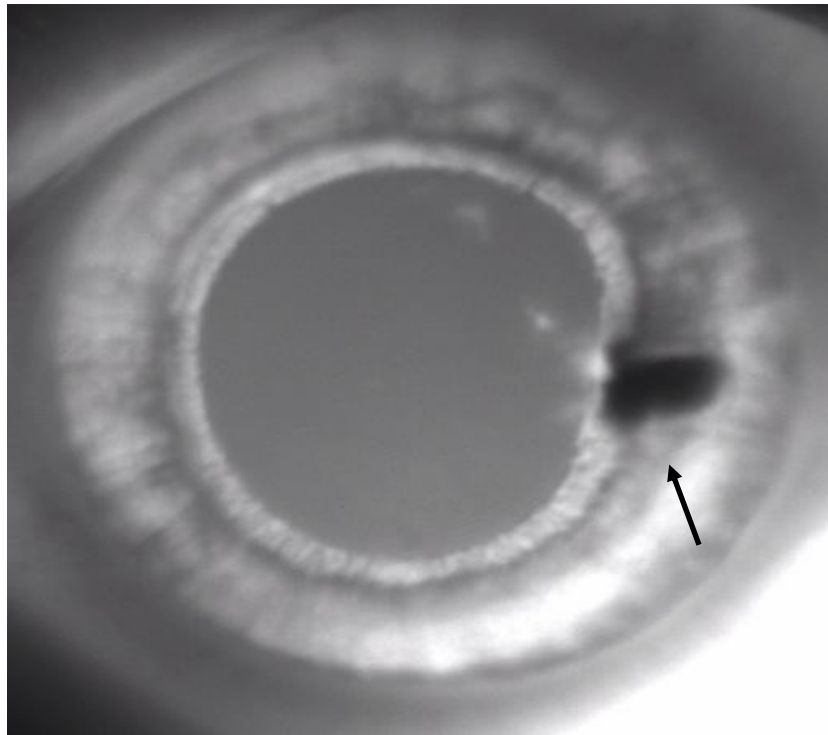


Рис. 3.16. Пацієнт Б. 35 р., ліве око, фотозображення (пряма проекція), отримане способом інфрачервоної діафаноскопії. Стрілка вказує на тінь, яка відповідає внутрішньоочному сторонньому тілі (чорна стрілка), в зоні наявності задніх сінехій на 3 години.

Клінічний приклад 3.

Пацієнт Р. 41 р., травматичне пошкодження лівого ока (рис. 3.17 - 3.20) було отримано металевим уламком, який відлетів при розрізанні турбіною металевої труби.

За місцем проживання було виконана первинна хірургічна обробка проникаючого поранення склери, після чого хворий був направлений в ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В. П. Філатова НАМН України» для подальшого лікування.

За допомогою ультразвукового дослідження, рентгенографічного дослідження з протезом Комберга-Балтіна в прямій і бічній проекції та

інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням виявилось можливим діагностувати внутрішньоочне стороннє тіло.

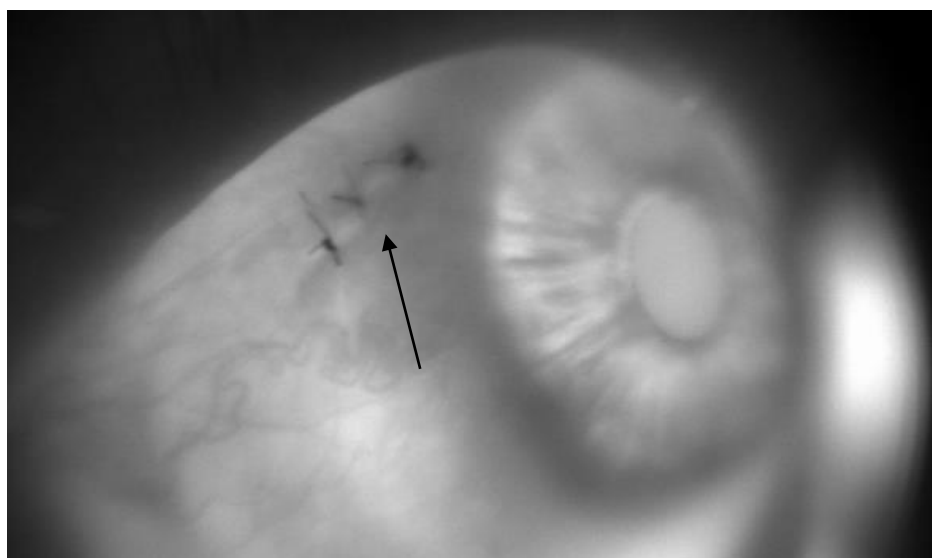


Рис 3.17. Пацієнт Р. 41 р., ліве око, фото зроблене за допомогою ІЧТД. С назальної сторони стрілкою вказується на місце після проведенної первинної хірургічної обробки рани склери на 9 годинах.

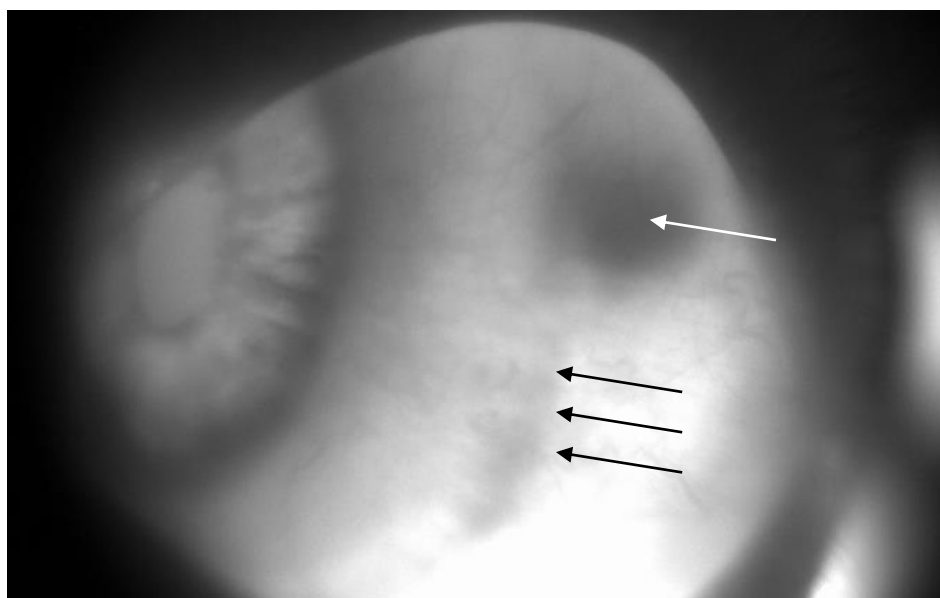


Рис. 3.18. Пацієнт Р. 41 р., ліве око, фото зроблене за допомогою ІЧТД. Стрілки показують на тіні, які відповідають проекції ВОСТ (біла стрілка) на 3 годинах і ora serrata (чорна стрілка).

За допомогою транспальпебральної інфрачервоної діафаноскопії вдалося чітко зафіксувати, що ВОСТ розташовувалося за межами війчастого тіла, після чого був обраний транскітреальний шлях його видалення.

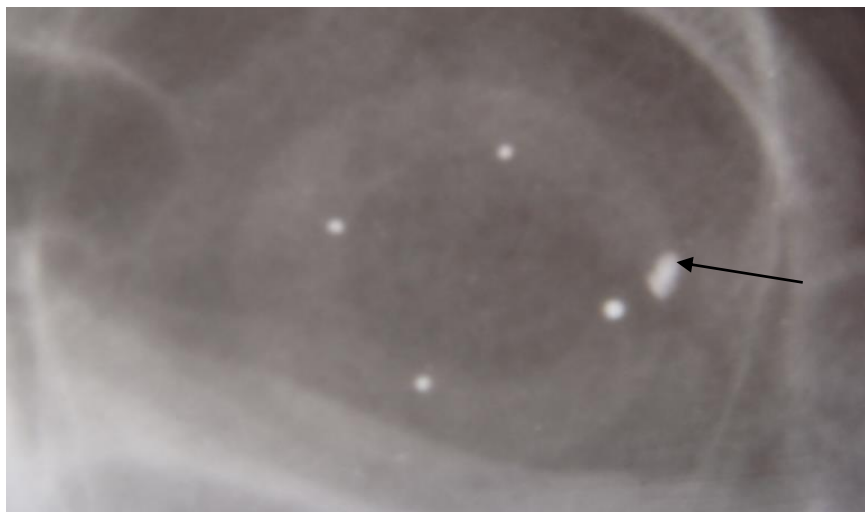


Рис 3.19. Пацієнт Р. 41 р., ліве око, рентгенограма в прямій проекції з протезом Комберга-Балтіна. Визначається тінь ВОСТ в передньому сегменті ока (ВОСТ вказано стрілкою).

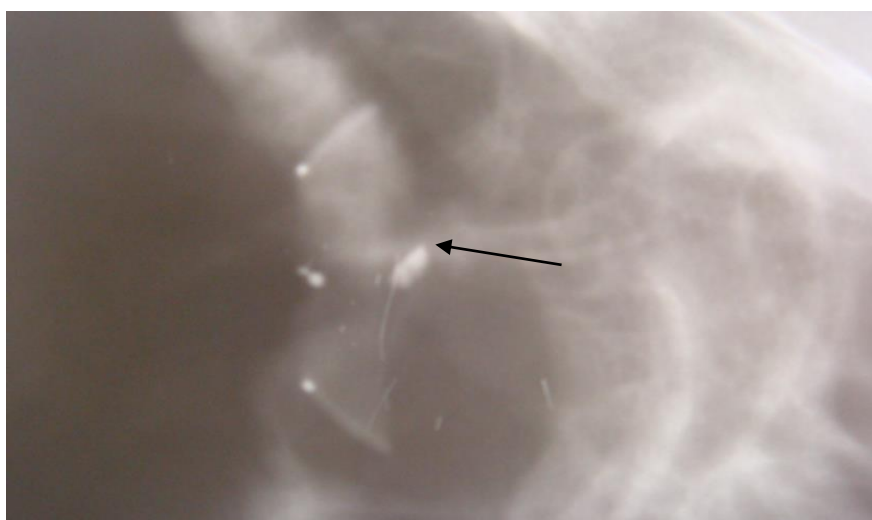


Рис. 3.20. Пацієнт Р. 41 р., ліве око, рентгенограма в бічній проекції з протезом Комберга-Балтіна. Визначається тінь ВОСТ в передньому сегменті ока (ВОСТ вказано стрілкою).

Дані УЗД виявили локалізацію ВОСТ на периферії, на 3 годинах в сітківці. Але локалізації по відношенню до структур війчастого тіла визначено не було.

Клінічний приклад 4.

Пацієнт Н. 28 р., праве око з проникаючим поранення рогівки отримав травматичне пошкодження (рис. 3. 21, 3. 22) уламком, що відлетів після удару молотком по металу. За медичною допомогою не звертався. Через 6 місяців після травми відзначив значне зниження гостроти зору, зміну кольору райдужної оболонки в порівнянні з лівим оком, а також почервоніння і сльозотечу. Після звернення до офтальмолога за місцем проживання був направлений в ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України» на консультацію.

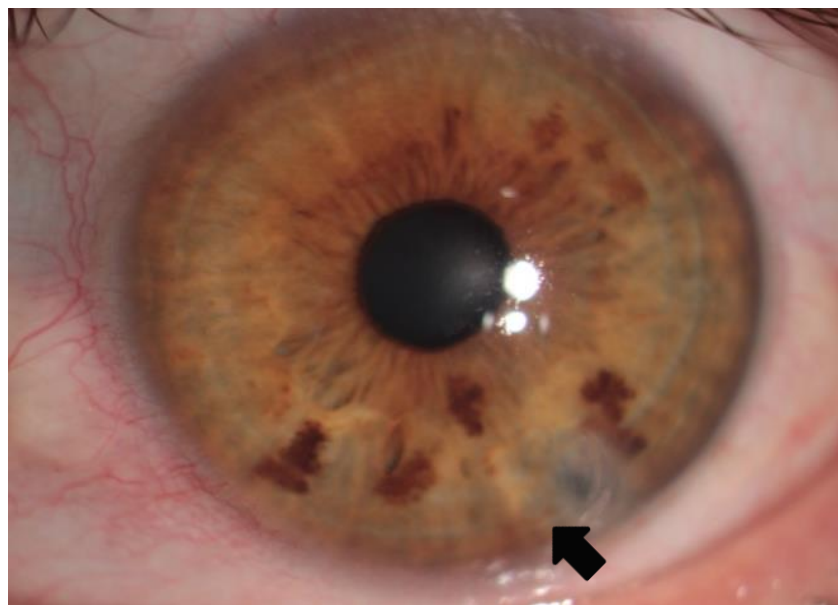


Рис. 3.21. Пацієнт Н. 28 р., праве око, кольорове фото переднього відділу ока з післятравматичним рубцем рогівки (стара травма). Чорною стрілкою вказане місце помутніння рогівки та колобами райдужки.

Під час огляду біомікроскопічно був виявлений самоадаптований рубець рогівки на 5 годинах, зміна кольору райдужної оболонки (явища

сидеротичних змін), а також прилягаючого до райдужної оболонки і промінюючий в простір передньої камери пігментований субстрат.

При проведенні інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням візуалізувалася інтенсивна тінь ВОСТ в проекції зони рубця рогівки. За допомогою УЗ біомікроскопії підтвердилися дані інфрачервоної діафаноскопії, після чого було виконано видалення ВОСТ.

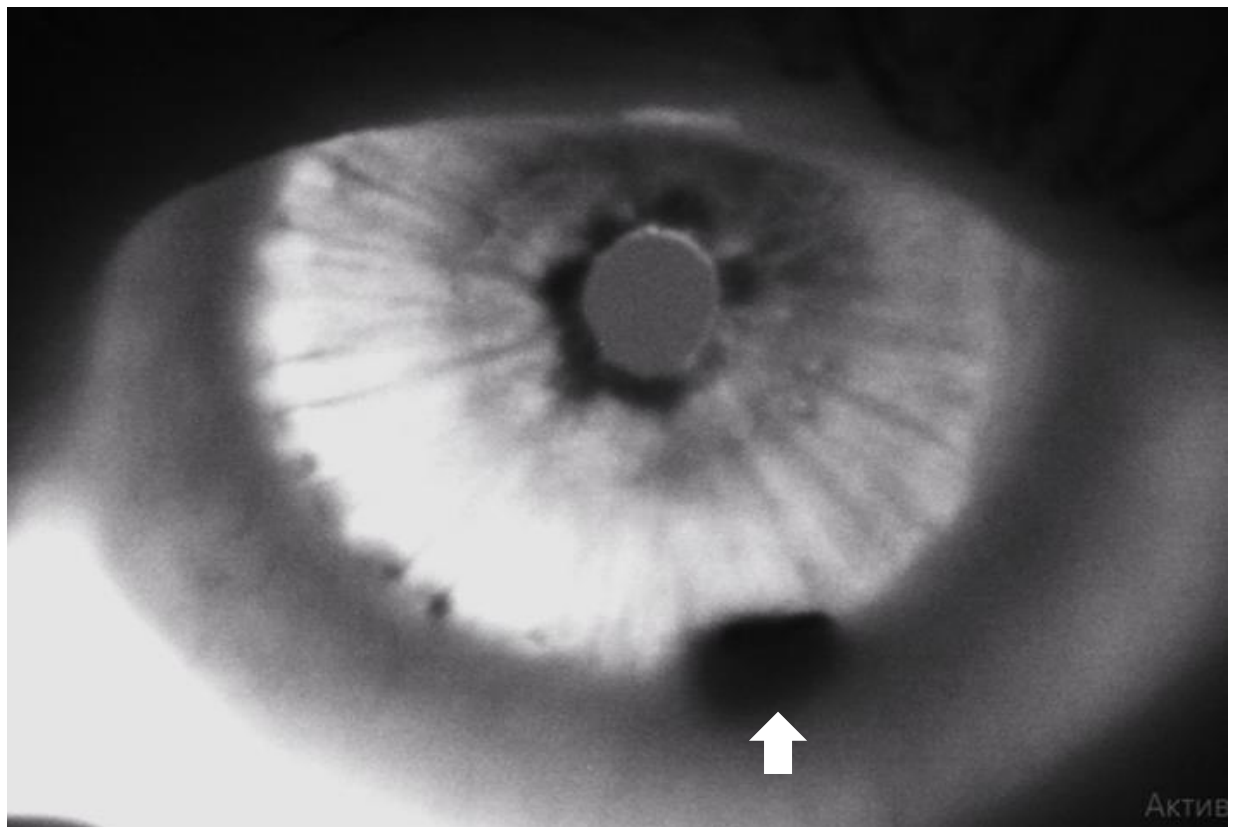


Рис. 3.22. Пацієнт Н. 28 р., праве око, фотозображення, отримане способом інфрачервоної діафаноскопії. Стрілка вказує на тінь, яка відповідає проекції внутрішньоочного стороннього тіла (біла стрілка).

Клінічний приклад 5. Пацієнт М. 28 р., праве око, пацієнт отримав травматичне пошкодження каменем (рис. 3.23, 3.24), який відлетів від гусениці трактора в полі. За місцем проживання була виконана первинна хірургічна обробка проникаючого поранення рогівки, після чого хворий був

направлений в ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України» для подальшого лікування.

Проведення ультразвукової біомікроскопії не було можливим внаслідок високого внутрішньоочного тиску та наявності вираженої болючості травмованого ока. Також використання УЗ біомікроскопії було ризиковано внаслідок можливого додаткового інфікування ранової поверхні рогівки чи дезадаптації рани за рахунок контакту з датчиком для дослідження. Варто додати, що при ультразвуковому дослідженні заднього відділу ока ВОСТ не було виявлено.



Рис. 3.23. Пацієнт М. 28 р., праве око, кольорова фотографія переднього відділу ока з проникаючим пораненням рогівки після первинної хірургічної обробки. Набряк рогівки. Набухаюча катаракта.

При проведенні рентгенографічного дослідження даних за наявність внутрішньоочного стороннього тіла виявлено не було. Комп'ютерна та магнітно-резонансна томографія у даного пацієнта не проводилась.

Завдяки використанню способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням нам вдалося діагностувати рентгеннегативне ВОСТ в товщі кришталика.

При проведенні оперативного лікування – видалення травмованого кришталика наявність ВОСТ підтвердилась та уламок каміння в товщі кришталика було видалено за допомогою пінцета.

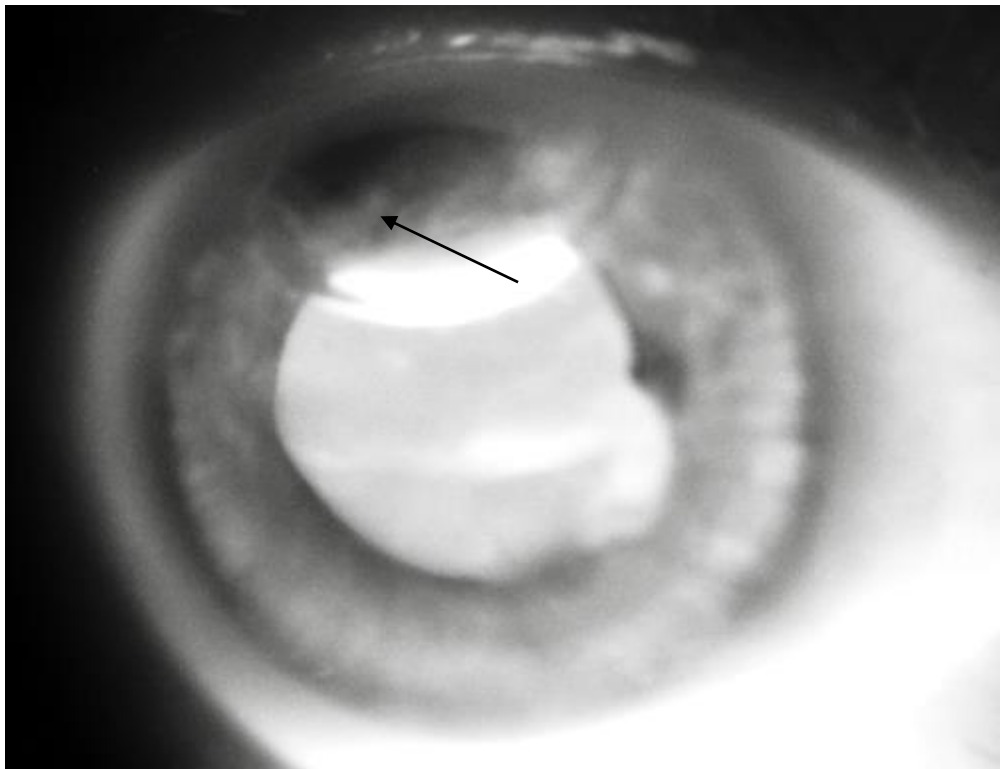


Рис. 3.24. Пацієнт М. 28 р., праве око, фотозображення, отримане способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням. Стрілка вказує на тінь внутрішньоочного стороннього тіла, розташованого в товщі кришталикових мас. Міхур повітря в передній камері, розрив зіничного краю на 4, 5 годинах.

Способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням були виявлені не тільки рентген-позитивні, а й рентген-негативні об'єкти (не тільки уламки каміння, але і дерев'яні ВОСТ) [64-66].

Клінічний приклад 6.

Пацієнт К. 59 р., ліве око, в даній клінічній ситуації анамнестично було виявлено, що пацієнтка рубала дрова за допомогою сокири, під час чого стороннє тіло потрапило в око. При зверненні пацієнта в офтальмологічний стаціонар по місцю проживання було проведена ревiзiя склери з ушиванням кон'юнктиви (рис. 3.25 - 3.28). Після операції запальний процес ускладнився появою виражених помутнінь в вітреальній порожнині, після чого пацієнтка була направлена в ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П.Філатова НАМН України».

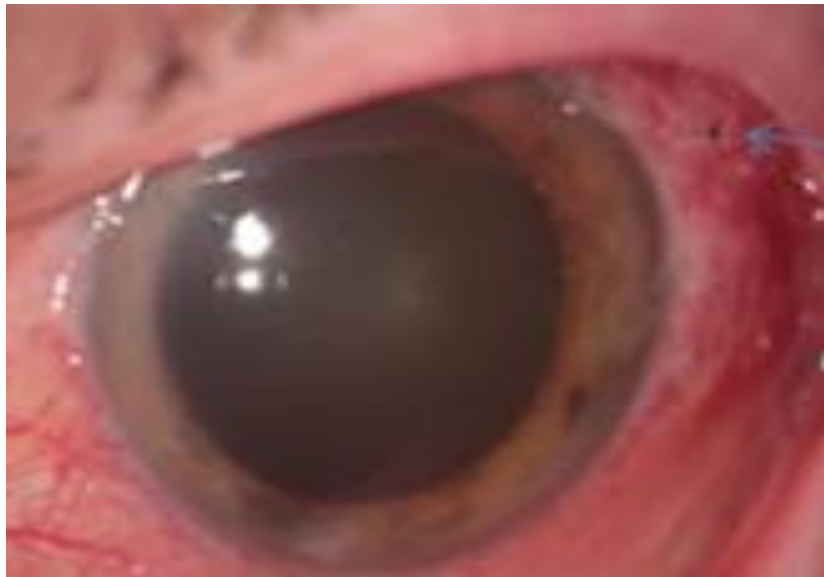


Рис. 3.25. Кольорова фотографія переднього відділу ока з проникаючим пораненням склери і наявністю внутрішньоочного стороннього тіла (амагнітне, дерево) після первинної хірургічної обробки (пацієнт К. 59 років, ліве око). Вхідний отвір дерев'яного стороннього тіла вказаний стрілкою.

При проведенні рентгенографії даних про наявність ВОСТ не було. Магнітно-резонансна томографія не проводилась внаслідок відсутності впевненості про наявність металевих сторонніх тіл.

При проведенні ультразвукової біомікроскопії з урахуванням даних анамнезу вдалося визначити наявність внутрішньоочного стороннього тіла.

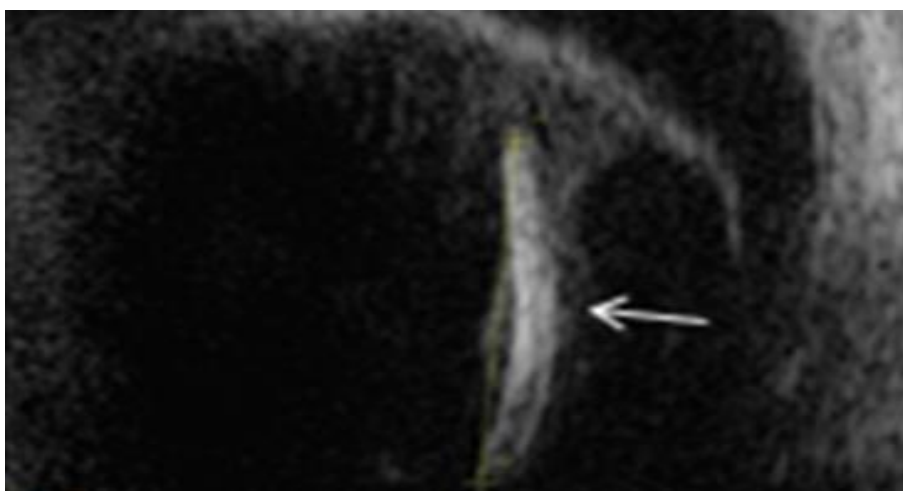


Рис. 3.26. Пацієнт К. 59 р., ліве око, ультразвукове сканування. Внутрішньоочне стороннє тіло довжиною 10 мм вказано стрілкою.

При виконанні дослідження способом ІЧТД також вдалось візуалізувати тінь ВОСТ на склері в проекції війчастого тіла та визначити співвідношення ВОСТ до структур війчастого тіла.

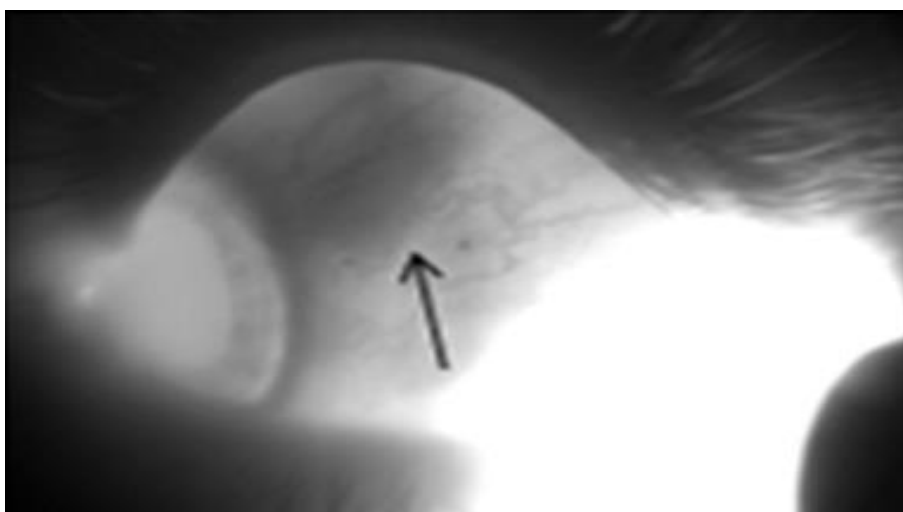


Рис. 3.27. Пацієнт К. 59 р., ліве око, фотозображення, отримане способом інфрачервоної діафаноскопії. Стрілка вказує на тінь, яка відповідає проекції внутрішньоочного стороннього тіла (чорна стрілка).

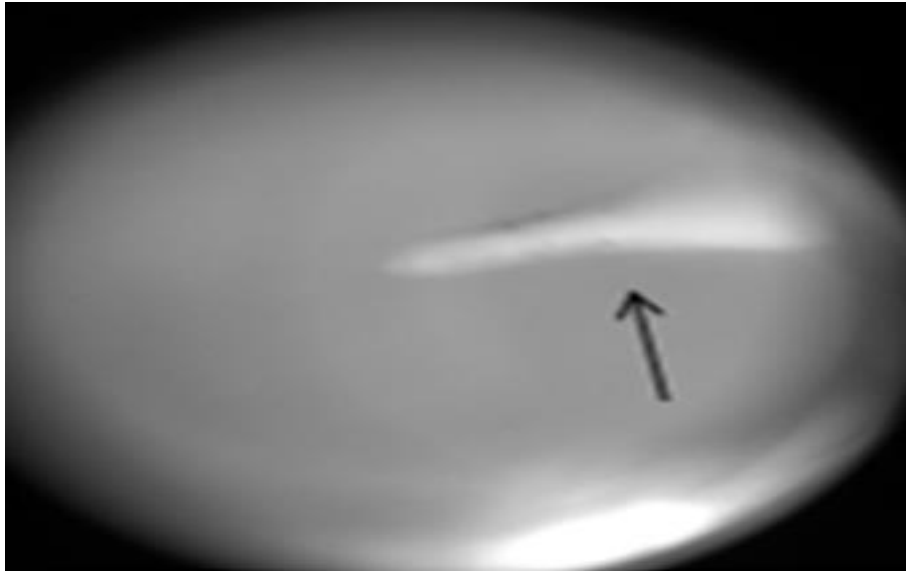


Рис. 3.28. Фотозображення, отримане способом інфрачервоної діафаноскопії (транспупілярно, пряма проекція). Пацієнт К. 59 років, ліве око. Стрілка вказує на внутрішньоочне стороннє тіло (чорна стрілка), розташоване в скловидному тілі в верхньо-зовнішньому секторі на 2 годинах.

При проведенні рентгенографії даних про наявність ВОСТ не було. Магнітно-резонансна томографія не проводилась внаслідок відсутності впевненості про наявність металевих сторонніх тіл.

Таким чином, в нашому дослідженні було встановлено, що особливості поглинання, відбиття і заломлення випромінювання ближнього інфрачервоного (довжина хвилі 940 нм) діапазону спектра обумовлюють можливість візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл незалежно від природи походження, розташованих в передньому відділі ока (кон'юнктива, рогівка, лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталік), при транспальпебральному освітленні, в тому числі при порушенні прозорості оптичних середовищ ока.

Розроблений новий спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра дозволив неінвазивно отримати

зображення структур переднього відрізка ока (кон'юнктива, рогівка, лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталік) та внутрішньоочних сторонніх тіл відносно структур війчастого тіла [23].

У всіх досліджуваних хворих вдалося неінвазивним способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням зареєструвати наявність ВОСТ, розташовані в передній камері, кришталіку, передньому відділі вітреальної порожнини. В тому числі при набухаючих, мутних кришталікових масах і помутніннях рогівки. Також при інфрачервоній діафаноскопії очей добре візуалізувалися дефекти райдужної оболонки. Були візуалізовані не тільки рентген-позитивні, а й рентген-негативні ВОСТ різного характеру (каміння, дерево).

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням у хворих з проникаючим пораненням очного яблука дозволив неінвазивно візуалізувати внутрішньоочні сторонні тіла, розташовані в проекції війчастого тіла, і визначити їх локалізацію по відношенню до його структур, що дозволило вибрати оптимальний спосіб видалення ВОСТ.

Відомо, що при локалізації ВОСТ в проекції війчастого тіла і при відсутності явних ознак ендофтальміту, гемофтальму, відшарування сітківки і судинної оболонки, набуханні кришталіка внаслідок його пошкодження можливий діасклеральний шлях видалення, що, безсумнівно, є більш простим, дбайливим і фінансово менш витратним, ніж вітреоретинальне втручання.

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням у хворих з проникаючим пораненням очного яблука дозволив безконтактно для ока візуалізувати не тільки рентген-позитивні, а й рентген-негативні ВОСТ, в тому числі уламки малих розмірів (від 0,5 до 1 мм).

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення дозволяє візуалізувати внутрішньоочні сторонні предмети в

передньому відділі ока при наявності непрозорих оптичних середовищ (при помутнінні рогівки і набухаючій катаракті).

3.5. Ефективність застосування інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії при проникаючому пораненні очного яблука з наявністю внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі очного яблука.

В результаті проведених досліджень із застосуванням всіх діагностичних тестів у 30 хворих (30 очей з 50 хворих (50 очей)) було виявлено внутрішньоочне стороннє тіло в передньому відділі очного яблука (в передній камері, кришталіку, в проекції війчастого тіла). У 20 осіб (20 очей) з проникаючим пораненням очного яблука ВОСТ не виявилось. Критерієм виключення з групи були випадки проникаючого поранення з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла в задньому відділі ока [16].

При детальному аналізі отриманих даних було виявлено, що в усіх випадках з підозрою на наявність ВОСТ (50 очей) при проведенні рентгенографії ВОСТ були виявлені і локалізовані в 42% випадків (21 око). Варто зазначити, що з них у 6 пацієнтів (12%) було діагностовано ВОСТ за допомогою рентгенографії, однак локалізацію ВОСТ з протезом Комберга-Балтіна провести було неможливо через наявність неадаптованої рани очного яблука і високим ризиком ятрогенних ушкоджень. В інших 18% випадках (9 очей) через наявність ВОСТ органічного походження (камінь, дерево), а також ВОСТ металевої природи малих розмірів (до 1,0 мм) діагностувати ВОСТ не виявилось можливим. При цьому хибнопозитивних випадків виявлення ВОСТ при рентгенографічних досліджень зареєстровано не було.

Результати візуалізації ВОСТ за допомогою ультразвукової діагностики, рентгенографії і інфрачервоної діафаноскопії представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл різними діагностичними способами

		УЗД	Рентген	ІЧТД
Наявність ВОСТ	ВОСТ виявлено	24 очей (48%)	21 око (42%)	28 очей (56%)
	ВОСТ не виявлено	6 очей (12%)	9 очей (18%)	2 ока (4%)
Відсутність ВОСТ	Підтверджено відсутність ВОСТ	20 очей (40%)	20 очей (40%)	18 очей (36%)
	Помилково підтверджено наявність ВОСТ	0 очей	0 очей	2 ока (4%)
Всього		50 очей (100%)	50 очей (100%)	50 очей (100%)

Використовуючи ультразвуковий метод дослідження в усіх 50 хворих з підозрою на наявність ВОСТ (50 очей), нам вдалося виявити ВОСТ в 48% випадків (24 ока). У 6 пацієнтів (12%) була відсутня можливість проведення дослідження переднього відрізка ока через наявність неадаптованої рани очного яблука. Ці пацієнти були віднесені до псевдонегативних випадків діагностики. Хибнопозитивних випадків виявлення ВОСТ сонографічно зареєстровано не було.

Було встановлено, що з усіх 50 хворих з підозрою на наявність ВОСТ (50 очей) вдалося за допомогою способу інфрачервоної діафаноскопії у 56%

(28 очей) неінвазивно зареєструвати ВОСТ, розташованих в передньому відділі очного яблука. У тому числі ВОСТ були виявлені при набухаючих, мутних кришталикових масах і помутніннях рогівки. Були візуалізовані не тільки рентген-позитивні, а й рентген-негативні ВОСТ. У нашому дослідженні способом інфрачервоної діафаноскопії не вдалося візуалізувати ВОСТ у 2 (4%) пацієнтів. В одному випадку ВОСТ не було виявлено діафаноскопічно через екрануючий ефект масивного субкон'юнктивального крововиливу. При цьому рентгенографічно і сонографічно ВОСТ було виявлено. В іншому випадку ВОСТ не було виявлено ні одним із способів візуалізації через малий розмір, але було виявлено в процесі хірургії. Крім того, у 2 (4%) пацієнтів діафаноскопічно в передньому відділі вітреальної порожнини було помилково припущено наявність ВОСТ (хибнопозитивні випадки), що згодом не підтвердилося ні рентгенографічно, ні під час проведення ультразвукового дослідження. У цих пацієнтів були субкон'юнктивальні крововиливи і гемофтальм.

Для оцінки ефективності виявлення ВОСТ проведено аналіз випадків з підтвердженою наявністю ВОСТ 30 хворих (30 очей). У 3 випадках (10%) способом інфрачервоної діафаноскопії вдалося візуалізувати ВОСТ при негативному результаті рентгенографічного та сонографічного дослідження або неможливості проведення ультразвукової діагностики.

На наступному етапі роботи проводився ROC-аналіз для всіх 50 випадків, серед яких у 30 пацієнтів дійсно було підтверджено наявність ВОСТ і у 20 пацієнтів було підтверджено відсутність ВОСТ. На рис. 3.29 представлені ROC-криві трьох діагностичних тестів.

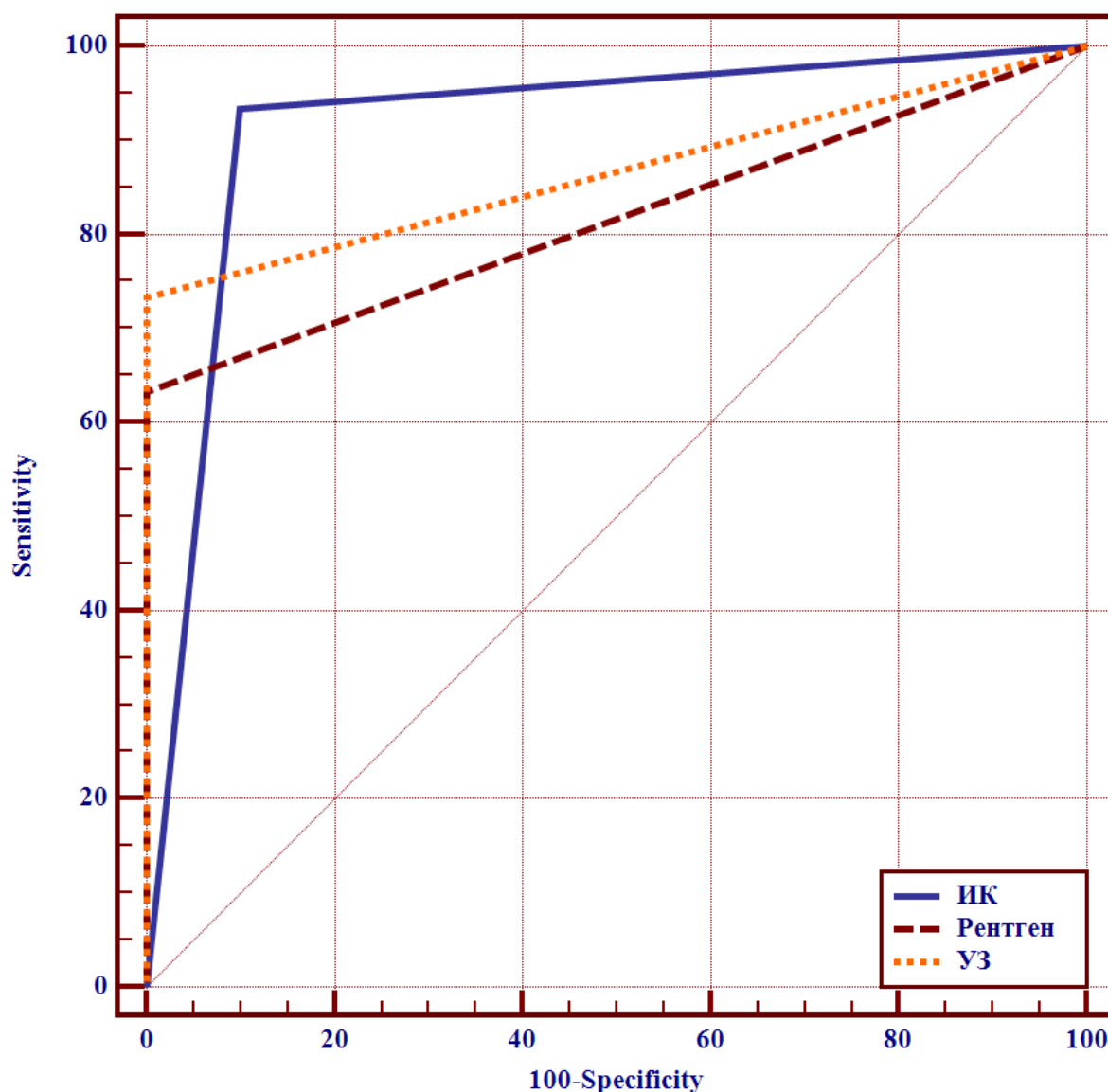


Рис. 3.29. ROC-криві трьох способів виявлення ВОСТ у пацієнтів з проникаючим пораненням очного яблука.

Площа під кривою (AUC - area under ROC curve) для різних тестів виявлення ВОСТ, відповідно, склала: AUC ІКТД = 0,92 (95% ДІ 0,80-0,98); AUC Рентген = 0,82 (95% ДІ 0,68-0,91); AUC УЗД = 0,87 (95% ДІ 0,74-0,95), що свідчить про хорошу ефективність всіх трьох способів візуалізації. При проведенні порівняння не було виявлено статистично значущої відмінності AUC для зазначених методів між собою ($p > 0,05$ у всіх випадках). У таблиці 3.7 наведені прогностичні характеристики аналізованих діагностичних тестів.

Таблиця 3.7

Прогностичні характеристики трьох способів виявлення ВОСТ

Характеристика теста	Значення, % (95% ДІ)		
	УЗД	Рентген	ІЧТД
Чутливість	73,3 (54,1 - 87,7)	63,3 (43,9 - 80,1)	93,3 (77,9 - 99,2)
Специфічність	100 (83,2 - 100)	100 (83,2 - 100)	90 (68,3 - 98,8)
Прогностичність позитивного значення	100 (87,3-100)	100 (85,4-100)	93,3 (78,9 - 98,1)
Прогностичність негативного значення	71,4 (58,0 - 81,9)	64,5 (53,2 - 74,4)	90 (70,1 - 97,2)

У 48 хворих (96%) способом інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії на склері були візуалізовані тіні структур війчастого тіла (пласкої та відростчастої його частин), в разі наявності ВОСТ візуалізувалася також його тінь. При статистичному аналізі діагностування ВОСТ в передньому відділі ока виявилось, що чутливість методу ультразвукової діагностики склала 73,3%, а рентгенографії 63,3%. Найбільш чутливим методом діагностики визначилась ІЧТД, що складає 93,3%. Але специфічність методу ІЧТД виявилась на 10% нижчою, ніж у рентгенографії та УЗД за рахунок хибнопозитивних та хибнонегативних випадків [16].

Прогностичність позитивного значення ІЧТД на 6,7% нижча, ніж у рентгенографії та УЗД за рахунок того, що у пацієнтів діафаноскопічно в передньому відділі вітреальної порожнини було помилково припущено наявність ВОСТ, що згодом не підтвердилося ні рентгенографічно, ні під час проведення ультразвукового дослідження. У цих пацієнтів були субкон'юнктивальні крововиливи і гемофтальм.

Прогностичність негативного значення при рентгенографії склала 64,5% через наявність ВОСТ органічного походження (камінь, дерево), а також ВОСТ металевої природи малих розмірів (до 1,0 мм), які діагностувати не виявилося можливим. В одному випадку ВОСТ не було виявлено діафаноскопічно через екрануючий ефект масивного субкон'юнктивального крововиливу. При цьому рентгенографічно і сонографічно ВОСТ було виявлено. В іншому випадку ВОСТ не було виявлено ні одним із способів візуалізації через малий розмір, але було виявлено в процесі хірургії. Прогностичність негативного значення при УЗД склала 71,4% внаслідок того, що була відсутня можливість проведення дослідження переднього відрізка ока через наявність неадаптованої рани очного яблука. У всіх хворих внутрішньоочні сторонні тіла були діагностовані, локалізовані по відношенню до структур війчастого тіла та видалені хірургічним шляхом.

Таким чином, застосування безконтактного для ока способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням спільно з класичними способами візуалізації (рентгенографічний і ультразвуковий) підвищує ефективність виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі очного яблука, в цілому, на 10% як за рахунок підвищення числа додатково зареєстрованих рентген-негативних ВОСТ, так і за рахунок візуалізації сторонніх тіл малих розмірів (менше 1 мм).

Було також визначено, що масивні субкон'юнктивальні крововиливи ускладнюють візуалізацію внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в проекції війчастого тіла, способом інфрачервоної діафаноскопії з

транспальпобральним освітленням за рахунок інтенсивного поглинання інфрачервоного випромінювання ближнього діапазону спектра.

Резюме.

Проведені на першому етапі роботи експериментальні дослідження *ex vivo*, представлені в розділі 3, продемонстрували можливість візуалізації в інфрачервоному діапазоні спектра способом діафаноскопії важкодоступних структур плоскої та відростчастої частини війчастого тіла за рахунок особливостей поглинання і пропускання цими структурами інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм, тобто в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра.

Діафаноскопічно в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра виявилось можливим візуалізувати модельовані в експерименті *ex vivo* посттравматичні дефекти райдужки та склери за рахунок зміни особливостей поглинання і пропускання інфрачервоного випромінювання цими структурами.

Було також встановлено в експерименті *ex vivo*, що особливості поглинання, відбиття і заломлення випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра з довжиною хвилі 940 нм обумовлюють можливість візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл різної природи походження (металевого і неметалевого), розташованих в передньому відділі ока (проекція війчастого тіла).

В експерименті також було визначено, що оптимальною довжиною хвилі некогерентного випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра для трансклерального освітлення є 940 нм, що дозволяє візуалізувати як структури війчастого тіла (відростчата та плоска його частин), так і тіні внутрішньоочного уламка на склері.

Інфрачервона діафаноскопія дозволила не тільки візуалізувати тіні ВОСТ, які розташовані в передньому відділі ока (в проекції війчастого тіла), але і визначити локалізацію ВОСТ щодо структур війчастого тіла або лімба безконтактним для ока шляхом з виключенням ускладнень, властивих

інвазивним методикам (алергічні реакції, механічні пошкодження). Реєстрація тіні ВОСТ на склері, на відміну від ультразвукового дослідження, дозволило визначити чіткі склеральні орієнтири, які можуть бути використані під час хірургічного видалення стороннього тіла. Використання невидимого інфрачервоного діапазону випромінювання дозволило уникнути засліплюючої дії видимого діапазону спектра. Дифузне інфрачервоне світлодіодне освітлення є безпечним для ока.

На основі проведених експериментальних досліджень було розроблено новий спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра, який дозволяє неінвазивно отримати зображення структур переднього відрізка ока (кон'юнктива, рогівка, лімбалярна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталик) та внутрішньоочних сторонніх тіл відносно структур війчастого тіла (патент України № 134645).

Клінічний фрагмент дослідження підтвердив попередні експериментальні дані в тому, що спосіб діафаноскопії в інфрачервоному діапазоні спектра з транспальпебральним освітленням дозволяє візуалізувати важкодоступні структури плоскої та відростчастої частини війчастого тіла за рахунок особливостей поглинання і пропускання цими структурами ближнього інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм.

Було доповнено наукові дані про пряму залежність розмірів структур війчастого тіла та довжини передньо-заднього відрізка очного яблука у осіб з еметропією, гіперметропією та міопією без травматичного ушкодження ока. Так, при довжині передньо-заднього відрізка очного яблука 20-22,9 мм ширина плоскої частини війчастого тіла склала в середньому $3,1 \pm 0,7$ мм, при довжині очей 23-24,9 мм – $4,1 \pm 0,3$ мм ($p < 0,05$), з довжиною очей 25-35 мм – $5,0 \pm 0,8$ мм ($p < 0,05$). Було також відзначено тенденцію до збільшення розмірів відростчастої частини війчастого тіла у здорових осіб при збільшенні передньо-заднього відрізка очного яблука.

На наступному етапі клінічного фрагменту дослідження у всіх хворих з забоєм очного яблука вдалося простим та неінвазивним способом

інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення зареєструвати різні посттравматичні пошкодження структур переднього відділу ока, зокрема субкон'юнктивальні розриви склери, через підвищене пропускання інфрачервоного випромінювання в проекції розриву. Були візуалізовані пошкодження райдужної оболонки і кришталика.

За допомогою інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення вдалося візуалізувати пошкодження структур переднього відділу ока при порушенні прозорості оптичних середовищ, наприклад при помутніннях рогівки. Це можна пояснити підвищеною проникною здатністю випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра в порівнянні з більш короткохвильовим випромінюванням видимого спектрального діапазону.

Було встановлено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла у пацієнтів після забою очного яблука середнього та важкого ступеня в порівнянні з парними інтактними очима, що може свідчити про наявність посттравматичного набряку структур війчастого тіла. Так, у пацієнтів з забоем очного яблука визначено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла ураженого ока ($2,5 \pm 0,1$ мм) порівняно з парними інтактними очима ($2,0 \pm 0,1$ мм, $p = 0,01$).

На наступному етапі клінічного фрагменту дослідження було підтверджено попередні результати експерименту та встановлено, що особливості поглинання, відбиття і заломлення випромінювання ближнього інфрачервоного (довжина хвилі 940 нм) діапазону спектра обумовлюють можливість візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл незалежно від природи походження, розташованих в передньому відділі ока (кон'юнктива, рогівка, лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталик), при транспальпебральному освітленні, в тому числі при порушенні прозорості оптичних середовищ ока.

Розроблений новий спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра дозволив неінвазивно отримати

зображення структур переднього відрізка ока (кон'юнктива, рогівка, лімбальна та паралімбальна частина, райдужна оболонка, війчасте тіло, кришталік) та внутрішньоочних сторонніх тіл відносно структур війчастого тіла у хворих з травмою ока.

У всіх досліджуваних хворих вдалося неінвазивним способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням зареєструвати ВОСТ, розташовані в передній камері, кришталіку, передньому відділі вітреальної порожнини.

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням у хворих з проникаючим пораненням очного яблука дозволив: 1) неінвазивно візуалізувати внутрішньоочні сторонні тіла, розташовані в проекції війчастого тіла, і визначити їх локалізацію по відношенню до його структур, що дозволило вибрати оптимальний спосіб видалення ВОСТ; 2) безконтактно для ока візуалізувати не тільки рентген-позитивні, а й рентген-негативні ВОСТ, в тому числі уламки малих розмірів (від 0,5 до 1 мм); 3) візуалізувати внутрішньоочні сторонні предмети в передньому відділі ока при наявності непрозорих оптичних середовищ (при помутнінні рогівки і набухаючій катаракті). Було визначено, що масивні субкон'юнктивальні крововиливи ускладнюють візуалізацію внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в проекції війчастого тіла, способом інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням за рахунок інтенсивного поглинання інфрачервоного випромінювання ближнього діапазону спектра.

Застосування безконтактного для ока способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням спільно з класичними способами візуалізації (рентгенографічний і ультразвуковий) підвищило ефективність виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі очного яблука, в цілому, на 10% як за рахунок підвищення числа додатково зареєстрованих рентген-негативних ВОСТ, так і за рахунок візуалізації сторонніх тіл малих розмірів (менше 1 мм).

Представлені в цьому розділі матеріали надруковані в наступних публікаціях:

1. Коган М. Б. Визуализация внутриглазных инородных тел, расположенных в проекции цилиарного тела, способом инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецькая, Т. А. Красновид, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Офтальмол. журн. – 2019. – №4. – С. 23-27.
2. Коган М. Б. Размеры структур цилиарного тела здоровых лиц с различной длиной глаза / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Офтальмология. Восточная Европа. – 2020. – № 1. – С. 37–43.
3. Коган М. Б. Особенности визуализации структур переднего отдела глаза способом инфракрасной диафаноскопии у пациентов с контузиями глазного яблока / М. Б. Коган // Офтальмол. журн. – 2020. – № 2. – С.46-50.
4. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im Ziliarkörperbereich mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, A. Korol, O. Petretskaya, T. Krasnovid, N. Pasychnikova // Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. – 2020. – № 237(07) – P. 889-893.
5. Коган М. Б. Обнаружение внутриглазных инородных тел хрусталика неинвазивным способом инфракрасной транспальпебральной диафаноскопии / М. Б. Коган // Офтальмология. Восточная Европа. – 2020. – № 4. – С. 461-468.
6. Коган М. Б. Сравнительная эффективность выявления внутриглазных инородных тел, расположенных в переднем отделе глазного яблока, способами инфракрасной диафаноскопии, ультрасонографии и рентгенографии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецькая, Т. А. Красновид, А. Р. Король // Офтальмол. журн. – 2020. – №6. – С. 19-24.
7. Пат. 134645 Україна, МПК H05B 35/00 (2019.01), A61B 3/00 (2019.01) Спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра / Пасечнікова Н. В., Задорожный О. С.,

Коган М. Б., Король А. Р., Петрецька О. С., Красновид Т. А. – № и 201900010
опубл. 27.05.2019, бюл. № 10/2019.

8. Коган М. Б. Визуализация внутриглазных инородных тел в проекции цилиарного тела способом транспальпебрально инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, Т. А. Красновид, О. С. Петрецькая, Н. В. Пасечникова // XIV з'їзд офтальмологів України, 23-25 травня 2018 р. : матеріали. – Одеса, 2018. – С. 105-106.

9. Коган М. Б. Внутриглазные и внутриорбитальные фрагменты древесины / М. Б. Коган, Т. А. Красновид, О. С. Сидак-Петрецькая, Н. П. Тычина, А. В. Пономарчук, М. Б. Коган // XIV з'їзд офтальмологів України, 23-25 травня 2018 р. : матеріали. – Одеса, 2018. – С. 109-110.

10. Kogan M. Visualization of intraocular foreign bodies in the projection of the ciliary body by the transpalpebral infrared transillumination / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 116 DOG-Congress, 27-30 September 2018. : e-poster, program. – Bonn, 2018 – P. 139.

11. Коган М. Б. Визуализация структур переднего отдела глаза при контузиях средней и тяжелой степени способом инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецькая, Т. А. Красновид, Н. П. Тычина, Н. В. Пасечникова // Філатовські читання : наук.-практ. конф. офтальмологів з міжнародною участю, 23-24 травня 2019 р. : матеріали. – Одеса, 2019. – С. 84-85.

12. Коган М.Б. Размеры структур цилиарного тела в зависимости от длины глазного яблока / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Філатовські читання – 2019 : наук.-практ. конф. з міжнародною участю, 23-24 травня 2019 р. : матеріали. – Одеса, 2019. – С. 228-229.

13. Kogan M. Infrared transpalpebral transillumination of the anterior eye segment with blunt ocular trauma / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 117 DOG-Congress, 27-30 September 2019. : e-poster, program. – Berlin, 2019 – P. 25–218.

14. Коган М. Б. Применение инфракрасной диафаноскопии с транспальпебральным освещением для визуализации внутриглазных инородных тел., расположенных в переднем отделе глазного яблока / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, Т. А. Красновид, О. С. Петрецькая, Н. В. Пасечникова // Актуальні питання офтальмології : всеукраїнська наук.-практ. конференція, 9-10 жовтня 2019 р. : матеріали. – м. Івано-Франківськ, 2019. – С. 43-45.

15. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im vorderen Augenabschnitt mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasyechnikova // 118 DOG-Congress online, 9-11 October 2020. : e-poster, program. – Berlin, 2020 – P. 159.

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ І УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Посттравматична патологія органа зору є однією з найбільш розповсюджених причин сліпоти. Згідно світової статистики, в усьому світі у осіб з посттравматичними ушкодженнями очного яблука повна сліпота виникає приблизно в 1,6 мільйонів випадків, двостороннє зниження гостроти зору в 2,3 мільйонів випадків і монокулярна сліпота у 19 мільйонів хворих [101].

Проникаюче поранення очного яблука є однією з головних причин інвалідизації осіб працездатного віку. У 18 - 41% випадків проникаюче поранення очного яблука супроводжується наявністю внутрішньоочного стороннього тіла [90]. Внутрішньоочні сторонні тіла, розташовані в області війчастого тіла або поблизу нього, складають близько 5% [82, 96].

Варіабельність клінічних проявів є невід'ємною характеристикою пацієнтів з посттравматичною патологією ока. Проблема своєчасного виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл різної природи походження, розташованих в важкодоступних місцях переднього відділу ока (в проекції війчастого тіла), залишається однією з актуальних завдань офтальмотравматології [49, 76].

В даний час для візуалізації та локалізації внутрішньоочних сторонніх тіл використовуються такі методи, як комп'ютерна томографія, рентгенографія з протезом Комберга-Балтіна, ультразвукове дослідження і магнітно-резонансна томографія [87, 118]. Всі перелічені методи діагностики хворих з посттравматичними ушкодженнями очного яблука мають певні переваги та недоліки [91].

Як відомо, простий та неінвазивний спосіб інфрачервоної діафаноскопії дозволяє візуалізувати і оцінити стан структур переднього

відділу ока (склери, райдужної оболонки, війчастого тіла, кришталика) навіть при використанні транспальпебрального шляху освітлення [11, 22]. Застосування інфрачервоної діафаноскопії для візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл та посттравматичних ушкоджень очного яблука в комплексі з класичними способами діагностики виглядає перспективно. Тому метою нашого дослідження було підвищити ефективність діагностики посттравматичних змін очного яблука (при забої та проникаючому пораненні з або без наявності внутрішньоочних сторонніх тіл очного яблука) способом діафаноскопії з транспальпебральним освітленням в інфрачервоному діапазоні спектра.

Проведені на першому етапі роботи експериментальні дослідження *ex vivo* продемонстрували можливість візуалізації в інфрачервоному діапазоні спектра способом діафаноскопії важкодоступних структур плоскої та відростчастої частини війчастого тіла за рахунок особливостей поглинання і пропускання цими структурами інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм, тобто в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра [12].

В результаті експериментальних досліджень *ex vivo* було встановлено, що оптимальна візуалізація структур переднього відділу ока, а саме відростчастої частини війчастого тіла і межі плоскої частини війчастого тіла, обмеженою зубчатою лінією, може бути досягнута при використанні світлодіодного некогерентного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм, тобто в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра.

В експерименті *ex vivo* при моделюванні проникаючого поранення очного яблука з травматичними ушкодженнями внутрішньоочних структур і склери без наявності стороннього тіла було встановлено, що при використанні трансклерального світлодіодного освітлення в ближньому інфрачервоному діапазоні спектра існує можливість візуалізації дефектів райдужної оболонки і склери. Візуалізація ушкоджень райдужної оболонки (іридодіаліз, дефект зіничного краю, отвір у райдужній оболонці)

відбувається за рахунок відсутності хромофорів і зниження поглинання інфрачервоного сигналу в ділянці дефекту і, відповідно, підвищеного пропускання світлового випромінювання. Реєстрація дефектів склери (розрізи, розриви) стає можливою в інфрачервоному діапазоні спектра також через підвищення пропускання інфрачервоного сигналу через зменшення відображаючих властивостей тканин в ділянці пошкодження.

Крім можливостей візуалізації дефектів внутрішньоочних структур і склери із застосуванням трансклерального освітлення в ближньому інфрачервоному спектрі випромінювання (940 нм), в експерименті *ex vivo* моделювалося проникаюче поранення очного яблука з наявністю внутрішньоочного стороннього тіла. В експерименті *ex vivo* вдалося візуалізувати ВОСТ різної природи (метал, камінь, дерево) і розмірів, розташованих в проекції війчастого тіла. Візуалізація внутрішньоочних сторонніх тіл стає можливою внаслідок відображення або поглинання ними інфрачервоних променів і, відповідно, зміною пропускання інфрачервоного випромінювання внутрішньоочними середовищами. З цієї причини в проекції розташування внутрішньоочного стороннього тіла на склері визначається тінь різної інтенсивності. Результати експерименту показали, що, використовуючи світлодіодні джерела некогерентного випромінювання ближнього інфрачервоного діапазону спектра з довжиною хвилі 940 нм, можна домогтися оптимальної візуалізації як структур війчастого тіла (відростчатої та плоскої його частин), так і тіні внутрішньоочного уламка на склері [63, 66].

Інфрачервона діафаноскопія дозволила не тільки візуалізувати тіні ВОСТ, які розташовані в передньому відділі ока (в проекції війчастого тіла), але і визначити локалізацію ВОСТ щодо структур війчастого тіла або лімба безконтактним для ока шляхом з виключенням ускладнень, властивих інвазивним методикам (алергічні реакції, механічні пошкодження). Реєстрація тіні ВОСТ на склері, на відміну від ультразвукового дослідження,

дозволила визначити чіткі склеральні орієнтири, які можуть бути використані під час хірургічного видалення стороннього тіла [64].

На основі проведених експериментальних досліджень був розроблений спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра [23].

Переваги розробленого способу діагностики полягають в досягненні візуалізації тіні ВОСТ, розташованого в передньому сегменті ока (в проекції війчастого тіла, райдужної оболонки, кришталика) та визначенні локалізації ВОСТ відносно структур війчастого тіла неінвазивним шляхом з виключенням ускладнень, властивих інвазивним методикам (алергічні реакції, механічні пошкодження). Використання інфрачервоного світла дозволяє уникнути засліплюючої дії випромінювання видимого діапазону спектра. Застосування розфокусованого дифузного світлодіодного освітлення є безпечним для ока. Використання джерел освітлення з різноманітними спектральними властивостями дозволяє візуалізувати тіні ВОСТ різної природи (металевого та неметалевого походження), на відміну від рентгенологічного дослідження. Реєстрація тіні ВОСТ на склері, на відміну від ультразвукового дослідження, дозволяє визначити чіткі склеральні орієнтири, які можуть бути використані під час хірургічного видалення стороннього тіла. На відміну від рентгенологічного та ультразвукового дослідження розроблений спосіб не потребує використання складних пристроїв та значних матеріальних витрат для організації діагностичного процесу [12].

Клінічний фрагмент дослідження підтвердив попередні експериментальні дані в тому, що спосіб діафаноскопії в інфрачервоному діапазоні спектра дозволяє візуалізувати важкодоступні структури плоскої та відростчастої частини війчастого тіла за рахунок особливостей поглинання і пропускання цими структурами ближнього інфрачервоного випромінювання з довжиною хвилі 940 нм.

Було доповнено наукові дані про пряму залежність розмірів структур війчастого тіла та довжини передньо-заднього відрізка очного яблука у осіб з еметропією, гіперметропією та міопією без травматичного ушкодження ока. Так, при довжині передньо-заднього відрізка очного яблука 20-22,9 мм ширина плоскої частини війчастого тіла склала в середньому $3,1 \pm 0,7$ мм, при довжині очей 23-24,9 мм - $4,1 \pm 0,3$ мм ($p < 0,05$), з довжиною очей 25-35 мм – $5,0 \pm 0,8$ мм ($p < 0,05$). Було також відзначено тенденцію до збільшення розмірів відростчастої частини війчастого тіла у здорових осіб при збільшенні передньо-заднього відрізка очного яблука [13, 20].

Завдяки застосуванню інфрачервоного світлодіодного освітлення просвічування очного яблука можливо не тільки через склеру, але навіть через повіку пацієнта, що має ряд переваг. Дослідження стає більш комфортним і безпечним для хворого. Оскільки в дослідженні застосовується транспальпебральний спосіб просвічування очного яблука, запропонований спосіб не вимагає місцевої анестезії. Таким чином, виключається можливість розвитку алергічних реакцій на місцеві анестетики. Відсутність контакту освітлювача зі склерою і рогівкою дозволяє виключити інфекційні ускладнення і травматизацію цих очних структур, що особливо важливо при проникаючих пораненнях очей. У нашому дослідженні діагностику вдалося виконати швидко, комфортно і безпечно у всіх хворих. Застосування в якості джерела інфрачервоного сигналу світлодіода спрощує систему підсвічування очного яблука. Відсутня необхідність використання оптичного волокна для підводки випромінювання до ока. Світлодіодний освітлювач представляє собою компактний бездротовий пристрій, що не вимагає додаткового оснащення фільтрами інфрачервоного спектра. Для більш якісної візуалізації внутрішньоочних структур можна використовувати інфрачервоні світлодіоди різної довжини хвилі. При використанні підсвічування очного яблука світлодіодним випромінюванням ближнього інфрачервоного спектра відсутня засліпуча подразнююча дія яскравого видимого світла, що також полегшує проведення дослідження у даної категорії хворих. Запропонований

спосіб візуалізації дозволяє проводити фотографування і відеозйомку діафаноскопічних картин в режимі реального часу [12].

На наступному етапі роботи ми досліджували можливість застосування ІЧТД в діагностиці постзабійних змін.

Субкон'юнктивальні розриви склери є важко діагностованою посттравматичною патологією очного яблука. Основними проявами субкон'юнктивального розриву склери є низький внутрішньоочний тиск, хемоз кон'юнктиви, глибока передня камера і гемофтальм, які в ранній період після травми можуть і не проявлятися [106]. При наявності підозри на субкон'юнктивальне пошкодження склери рекомендується проводити ревізію склери з метою можливого виявлення розриву [110]. Варто зазначити, що проведення контактних діагностичних досліджень, таких як ультразвукове сканування, не бажано, оскільки при наявності розриву в склері є ризик випадіння в неї судинної оболонки, сітківки або скловидного тіла. У нашому дослідженні у всіх хворих з забоєм очного яблука вдалося неінвазивним способом ІЧТД зареєструвати різні посттравматичні пошкодження переднього відділу ока, зокрема субкон'юнктивальні розриви склери, через підвищення пропускання інфрачервоного випромінювання в проекції розриву. Були візуалізовані важко діагностовані пошкодження райдужної оболонки і кришталика, а також і ті, які не складають труднощів визначення при огляді за щілинною лампою.

За допомогою інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії вдалося візуалізувати пошкодження структур переднього відрізка ока при порушенні прозорості оптичних середовищ, наприклад при помутніннях рогівки. Це можна пояснити підвищеною проникною здатністю випромінювання інфрачервоного діапазону спектра в порівнянні з більш короткохвильовим випромінюванням видимого спектрального діапазону [14 - 16]. Варто відзначити, що тонкий шар крові у пацієнтів з субкон'юнктивальним крововиливом не був перешкодою для візуалізації внутрішньоочних структур в інфрачервоному світлі. Однак наявність потужних субкон'юнктивальних

крововиливів може обмежувати можливість візуалізації. Так, в нашому дослідженні не вдалося візуалізувати тінь плоскої та відростчатої частини війчастого тіла в усіх квадрантах у 2 пацієнтів через екрануючий ефект крові по відношенню до інфрачервоного випромінювання.

У нашому дослідженні було встановлено збільшення ширини відростчатої частини війчастого тіла у пацієнтів після забою очного яблука середнього та тяжкого ступеня в порівнянні з парними інтактними очима, що може свідчити про наявність посттравматичного набряку структур війчастого тіла. Так, у пацієнтів з забоєм очного яблука визначено збільшення ширини відростчатої частини війчастого тіла ураженого ока ($2,5 \pm 0,1$ мм) порівняно з парними інтактними очима ($2,0 \pm 0,1$ мм, $p = 0,01$).

Таким чином, інфрачервона діафаноскопія у пацієнтів з забоєм очного яблука дозволяє неінвазивно візуалізувати різні пошкодження структур переднього відрізка ока, наприклад, прикореневі іридодіалізи, надридв зіничного краю райдужної оболонки, сублюксацію кришталика, а також субкон'юнктивальні розриви склери, за рахунок зміни особливостей поглинання і пропускання інфрачервоного випромінювання цими структурами. У пацієнтів з забоєм очного яблука спостерігається збільшення розмірів відростчатої частини війчастого тіла ураженого ока в порівнянні з парними інтактними очима, що може свідчити про наявність посттравматичного набряку структур війчастого тіла.

На наступному етапі роботи вивчалася можливість неінвазивної візуалізації ВОСТ, розташованих в проекції війчастого тіла і в кришталику, розробленим способом.

Відомо, що основними причинами невдалого або несвоєчасного діагностування ВОСТ є недостатньо ефективна їх візуалізації. Візуалізація ВОСТ може бути утруднена, в першу чергу, через особливості розташування ВОСТ, наприклад в проекції війчастого тіла. Крім того, особливі труднощі для діагностики ВОСТ представляють рентген-негативні уламки, а також ВОСТ невеликого розміру (менше 1,0 мм). ВОСТ в передньому відділі ока

можуть бути пропущені через їх форму та розташування в куті передньої камери, під райдужкою, в області війчастого тіла. Таким чином, незважаючи на сучасні досягнення в діагностиці ВОСТ, існує проблема реєстрації сторонніх тіл в передньому сегменті ока [31, 43, 78].

При проникаючих пораненнях з рентген-негативними внутрішньоочними сторонніми тілами виникають особливі труднощі їх візуалізації і точної локалізації [81, 87]. Найбільш ефективним способом візуалізації ВОСТ у таких хворих є ультразвукове дослідження. Варто зазначити, що проведення ультразвукового дослідження при проникаючому пораненні очного яблука пов'язане з високим ризиком ятрогенних ушкоджень, наприклад, випадіння внутрішньоочних оболонок при контакті ультразвукового датчика з очним яблуком, а також можливий ризик додаткового інфікування. Крім того, проведення ультразвукового дослідження болісне і некомфортне для пацієнта.

Спосіб транспальпебральної інфрачервоної діафаноскопії, завдяки застосуванню інфрачервоного світлодіодного освітлення, дозволяє просвічувати очне яблуко не тільки через склеру, але навіть через повіку пацієнта, що має ряд переваг. Дослідження стає більш комфортним і безпечним для хворого. Оскільки в дослідженні застосовується транспальпебральний спосіб просвічування очного яблука, запропонований спосіб не вимагає місцевої анестезії. Таким чином, виключається можливість розвитку алергічних реакцій на місцеві анестетики. Відсутність контакту освітлювача зі склерою і рогівкою дозволяє виключити інфекційні ускладнення і травматизацію цих очних структур, що особливо важливо при проникаючих пораненнях ока. У нашому дослідженні діагностику вдалося виконати швидко, комфортно і безпечно у всіх хворих [64].

Застосування в якості джерела інфрачервоного сигналу світлодіода спрощує систему підсвічування очного яблука. Відсутня необхідність використання оптичного волокна для підводки випромінювання до ока. Світлодіодний освітлювач представляє собою компактний бездротовий

пристрій, що не вимагає додаткового оснащення фільтрами інфрачервоного спектра. Для більш якісної візуалізації внутрішньоочних структур можна використовувати інфрачервоні світлодіоди різної довжини хвилі. При використанні підсвічування очного яблука світлодіодним випромінюванням ближнього інфрачервоного спектра відсутня засліплююча подразнююча дія яскравого видимого світла, що також полегшує проведення дослідження у даної категорії хворих. Запропонований спосіб візуалізації дозволяє проводити фотографування і відеозйомку діафаноскопічних картин в режимі реального часу [22, 23].

На нашу думку, спосіб інфрачервоної діафаноскопії можна адаптувати навіть для інтраопераційного визначення проекції розташування ВОСТ. На відміну від ультразвукового методу візуалізації, ІЧ діафаноскопія дозволяє визначити проекцію війчастого тіла, а також співставлення проекції ВОСТ відносно проекції структур війчастого тіла на склері, що дозволяє вибрати оптимальну тактику хірургічного лікування.

Таким чином, в нашому дослідженні у всіх хворих вдалося неінвазивним способом інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії зареєструвати ВОСТ, розташовані в проекції війчастого тіла і в кришталику. Були візуалізовані не тільки рентген-позитивні, а й рентген-негативні ВОСТ. У всіх випадках визначена локалізація ВОСТ по відношенню до структур війчастого тіла і зареєстровані чіткі склеральні орієнтири в проекції розташування стороннього тіла.

За допомогою інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії вдалося візуалізувати сторонні предмети при наявності непрозорих оптичних середовищ. Таким чином, спосіб інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії у хворих с проникаючим пораненням очного яблука дозволяє неінвазивно візуалізувати внутрішньоочні сторонні тіла, які розташовані в передньому відділі ока, і визначити їх локалізацію по відношенню до структур війчастого тіла.

У нашому дослідженні у всіх досліджуваних хворих вдалося неінвазивним способом ІЧТД зареєструвати ВОСТ, розташовані в кришталіку. В тому числі при набухаючих, мутних кришталікових масах і помутніннях рогівки. Також при діафаноскопії очей добре візуалізувалися дефекти райдужної оболонки. Були візуалізовані не тільки рентген-позитивні, а й рентген-негативні ВОСТ, а також ВОСТ малих розмірів (менше 1 мм).

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії також дозволяє візуалізувати структури війчастого тіла і визначити їх проекцію на склері [13, 20]. Так, в нашій роботі вдалося визначити відношення тіні ВОСТ до тіней структур війчастого тіла на склері в 96% випадків, що дозволило уточнити локалізацію уламка і вибрати оптимальну тактику хірургічного лікування. За допомогою інфрачервоної діафаноскопії вдалося візуалізувати ВОСТ при наявності непрозорих оптичних середовищ.

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням простий і безпечний при використанні у хворих з проникаючим пораненням очного яблука, оскільки відсутній контакт освітлювача з рогівкою і склерою, а також компресія очного яблука.

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням дозволяє візуалізувати внутрішньоочні сторонні предмети в кришталіку при помутніннях рогівки і набухаючій катаракті.

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням у хворих з проникаючим пораненням очного яблука дозволяє виявити в передньому відділі ока як рентген-позитивні внутрішньоочні сторонні тіла, так і рентген-негативні, в тому числі уламки малих розмірів (від 0,5 до 1 мм).

Наступний фрагмент роботи був присвячений оцінці порівняльної ефективності виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в проекції війчастого тіла, способами інфрачервоної діафаноскопії, ультрасонографії та рентгенографії.

Відомо, що основною причиною невдалого або несвоєчасного отримання внутрішньоочних уламків, розташованих в передньому відділі ока, є недостатньо ефективна їх візуалізація [80, 100, 109].

Рентгенографічний спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл є ефективним діагностичним дослідженням, який дозволяє виявити стороннє тіло і точно визначити його локалізацію. Проте, для рентгенографічної діагностики складно виявлення рентген-негативних ВОСТ. Так, в нашому дослідженні ВОСТ органічного походження (камінь, дерево) не були виявлені рентгенографічно. Крім того, сторонні тіла металевої природи невеликого розміру ($\leq 1,0$ мм) через їх форму, розташування в куті передньої камери, під райдужкою, в області війчастого тіла, в товщі мутного кришталіка часто можуть бути пропущені при аналізі рентгенографічних зображень, що підтверджується і в нашій роботі [86].

Рентгенографію з протезом Комберга-Балтіна та точну локалізацію ВОСТ не завжди вдається виконати, наприклад, через наявність не адаптованої рани очного яблука і високого ризику ятрогенних ушкоджень.

Ультрасонографічний спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл також зарекомендував себе ефективним діагностичним тестом, що дозволяє виявити стороннє тіло різної природи походження, розмірів і локалізації, в тому числі розташованих в передньому відділі ока [60]. Однак в ряді випадків проведення ультразвукового дослідження може бути недоцільним, оскільки пов'язане з ризиком розвитку ятрогенних ускладнень. У хворих з наявністю неадаптованих дефектів рогівки або склери не можна виключити додаткове інфікування рани, випадіння внутрішньоочних оболонок або ятрогенну експульсивну кровотечу при контакті і компресії очного яблука датчиком, який встановлюється безпосередньо на поверхню очного яблука [94]. Так, в нашій роботі у ряду хворих (20%) була відсутня можливість проведення безпечного ультразвукового дослідження переднього відрізка ока через наявність неадаптованої рани очного яблука, що обмежило можливості діагностики.

Спосіб інфрачервоної діафаноскопії, за рахунок застосування світлодіодного інфрачервоного освітлення, дозволяє просвічувати очне яблуко не тільки через склеру, але навіть через повіку пацієнта [11, 20]. Відсутність контакту освітлювача зі склерою і рогівкою, відсутність компресії очного яблука дозволяє виключити інфекційні ускладнення і травматизацію цих очних структур. У нашому дослідженні діагностику вдалося виконати швидко, комфортно і безпечно у всіх хворих. У пацієнтів з наявністю неадаптованих дефектів рогівки і склери дослідження ІЧТД також було виконано без будь-яких ятрогенних ушкоджень.

За допомогою інфрачервоної діафаноскопії вдалося візуалізувати ВОСТ при наявності непрозорих оптичних середовищ. Вдалося візуалізувати внутрішньоочні сторонні предмети різної природи походження і розмірів. Так, у ряду хворих (10%) були зареєстровані ВОСТ рентген-негативні та малих розмірів (менше 1 мм), в тому числі об'єкти, які були пропущені при проведенні рентгенографії й відсутності даних ультразвукографії [16].

Як показало проведене дослідження, існують певні недоліки запропонованого методу. Наприклад, наявність масивних субкон'юнктивальних або інтраокулярних крововиливів може обмежувати можливість візуалізації ВОСТ в проекції війчастого тіла через екрануючий ефект крові по відношенню до інфрачервоного випромінювання. Крім того, інтенсивне поглинання інфрачервоного випромінювання локальними скупченнями крові в ряді випадків призвело до помилкової оцінки отриманих діафаноскопічних картин і хибнопозитивних результатів.

Таким чином, застосування неінвазивного способу інфрачервоної діафаноскопії з транспальпебральним освітленням спільно з класичними способами візуалізації (рентгенографічний і ультразвуковий) підвищило ефективність виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі очного яблука, в цілому, на 10% як за рахунок підвищення числа додатково зареєстрованих рентген-негативних уламків, так і за рахунок візуалізації сторонніх тіл малих розмірів (менше 1 мм).

ВИСНОВКИ

1. Проникаюче поранення очного яблука є однією з головних причин інвалідизації осіб працездатного віку. У 18 - 41% випадків проникаюче поранення очного яблука супроводжується наявністю внутрішньоочного стороннього тіла. Проблема своєчасної та прицільної діагностики внутрішньоочних сторонніх тіл різної природи походження, розташованих в важкодоступних місцях переднього відділу ока (в проекції війчастого тіла), залишається однією з складних завдань офтальмотравматології.

2. Визначено пряму залежність ширини плоскої частини війчастого тіла у здорових осіб від передньо-заднього розміру ока за даними діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра. Так, у осіб з гіперметропією та довжиною очей 20 - 22,9 мм ширина плоскої частини війчастого тіла склала в середньому $3,1 \pm 0,7$ мм та була значуще менше порівняно з особами з довжиною очей 23 - 24,9 мм (емеропія) – $4,1 \pm 0,3$ мм, а також з довжиною очей більш 25 - 35 мм (зіопією) – $5,0 \pm 0,8$ мм.

3. Розроблений спосіб фото - і відеореєстрації структур переднього відділу ока з використанням транспальпебрального освітлення некогерентним випромінюванням ближнього інфрачервоного (довжина хвилі 940 нм) діапазону спектра дозволяє у хворих з проникаючим пораненням очного яблука візуалізувати внутрішньоочні сторонні тіла, розташовані в передньому відділі ока, незалежно від природи їх походження та допомагає визначити їх відношення до структур війчастого тіла.

4. Діафаноскопія з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра у пацієнтів з забоєм очного яблука дозволяє візуалізувати прикореневі іридодіалізи, надрив зіничного краю райдужної оболонки, сублюксацію кришталика, субкон'юнктивальні розриви

склери, а також оцінити ширину складових частин війчастого тіла. Так, у пацієнтів з забоєм очного яблука визначено збільшення ширини відростчастої частини війчастого тіла ураженого ока $2,5 \pm 0,1$ мм порівняно з парними інтактними очима – $2,0 \pm 0,1$ мм ($p = 0,01$).

5. Діафаноскопія з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра спільно з способами візуалізації (рентгенографічний і ультразвуковий) підвищує ефективність виявлення внутрішньоочних сторонніх тіл в передньому відділі очного яблука, в цілому, на 10% як за рахунок підвищення числа додатково зареєстрованих рентген-негативних ВОСТ, так і за рахунок візуалізації сторонніх тіл малих розмірів (менше 1 мм) при помутніннях рогівки або набухаючому ураженому кришталику.

6. Субкон'юнктивальні крововиливи ускладнюють візуалізацію внутрішньоочних сторонніх тіл, розташованих в проекції війчастого тіла, у хворих з проникаючим пораненням очного яблука та змінами цілісності склери при забої очного яблука методом діафаноскопії з транспальпебральним шляхом освітлення в інфрачервоному діапазоні спектра за рахунок інтенсивного поглинання інфрачервоного випромінювання ближнього діапазону спектра.

7. Результати роботи впроваджені в клінічну практику відділу посттравматичної патології ока ДУ «Інституту очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України», м. Одеса; очного підрозділу хірургічного відділення № 2 КУ «Старобільське районне територіальне медичне об'єднання» м. Старобільськ, Луганська область; клінічного високоспеціалізованого центру мікрохірургії ока з блоком очної травми та гострої патології органів зору КНП «Вінницька обласна клінічна лікарня ім. М. І. Пирогова Вінницької обласної Ради» м. Вінниця.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алексеева И. Б. О диагностике и лечении постконтузионного гипотонического синдрома / И. Б. Алексеева, Е. В. Ченцова, В. В. Бабира // Рефракционная хир. и офтальмол. – 2009. – № 9 (1). – С. 16-20.
2. Боброва Н. Ф. Внутриглазные инородные тела у детей (особенности клиники, хирургии, результаты) / Н. Ф. Боброва // Офтальмол. журн. – 1995. – № 3. – С. 167-172.
3. Боброва Н. Ф. Травмы глаза у детей / Н. Ф. Боброва // М. Медицина. – 2003. – 192 с.
4. Боброва Н. Ф. Реконструктивная хирургия повреждений органа зрения в детском возрасте / Н. Ф. Боброва // Одесса, Феникс. – 2013 – 176 с.
5. Волков В. В. Закрытая травма глаза (понятие, распространенность, эпидемиология, этиопатогенез, госпитализация, диагностика, классификация) / В. В. Волков, Э. В. Бойко, М. М. Шишкин [и др.] // Офтальмохирургия. – 2005. – № 1. – С. 13-17.
6. Головин С. С. О методе ретробульбарного просвечивания глаза при операциях / С. С. Головин // Вестн. офтальмол. – 1910. – Т. 27. – № 11. – С. 863-869.
7. Гундорова Р. А. Современная офтальмотравматология / Р. А. Гундорова, А. В. Степанов, Н. Ф. Курбанова // Медицина. – 2007. – 256 с.
8. Гундорова Р. А. Травмы глаза / Р. А. Гундорова, В. В. Нероев, В. В. Кашников [и др.] // ГэотарМедиа. – 2009. – 560 с.
9. Гундорова, Р. А. Приоритетные направления в проблеме глазного травматизма / Р. А. Гундорова // Вестн. офтальмол. – 2004. – № 1. – С. 12-14.
10. Егорова Э. В. Анатомо-топографические особенности переднего сегмента артификачного глаза по результатам исследования методом ультразвуковой биомикроскопии / Э. В. Егорова, Б. Э. Малюгин, Т. А. Морозова [и др.] // Офтальмохирургия. – 2010. – № 4. – С. 3-9.

11. Задорожний О. С. Прицільна трансклеральної лазерної коагуляції вільчастого тіла у хворих неоваскулярної глаукомою / Задорожний О. С., Гузун О. В., Кустрин Т. Б., Насінник І. О., Чечин П. П., Король А. Р. // Офтальмол. журн. – 2019. – № 4. – С. 3-7.

12. Коган М. Б. Визуалізація внутріглазних інородних тел, розположених в проекції циліарного тіла, способом інфрачервоної діафаноскопії / М. Б. Коган, О. С. Задорожний, О. С. Петрецька, Т. А. Красновид, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Офтальмол. журн. – 2019. – № 4. – С. 23-27.

13. Коган М. Б. Розміри структур циліарного тіла здорових осіб з різної довжини ока / М. Б. Коган, О. С. Задорожний, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Офтальмологія. Східна Європа. – 2020. – № 1. – С. 37-43.

14. Коган М. Б. Особливості візуалізації структур переднього відділа ока способом інфрачервоної діафаноскопії у пацієнтів з контузіями очного яблука / М. Б. Коган // Офтальмол. журн. – 2020. – № 2. – С. 46-50.

15. Коган М. Б. Виявлення внутріглазних інородних тел кристалика неінвазивним способом інфрачервоної транспальпебральної діафаноскопії / М. Б. Коган // Офтальмологія. Східна Європа. – 2020. – № 4. – С. 461-468.

16. Коган М. Б. Порівняльна ефективність виявлення внутріглазних інородних тел, розположених в передньому відділі очного яблука, способами інфрачервоної діафаноскопії, ультразвукової та рентгенографії / М. Б. Коган, О. С. Задорожний, О. С. Петрецька, Т. А. Красновид, А. Р. Король // Офтальмол. журн. – 2020. – № 6. – С. 19-24.

17. Коган М. Б. Визуалізація внутріглазних інородних тел в проекції циліарного тіла способом транспальпебральної інфрачервоної діафаноскопії / М. Б. Коган, О. С. Задорожний, Т. А. Красновид, О. С. Петрецька, Н. В. Пасечникова // XIV з'їзд офтальмологів України, 23-25 травня 2018 р. : матеріали. – Одеса, 2018. – С. 105-106.

18. Коган М. Б. Внутриглазные и внутриорбитальные фрагменты древесины / М. Б. Коган, Т. А. Красновид, О. С. Сидак-Петрецкая, Н. П. Тычина, А. В. Пономарчук, М. Б. Коган // XIV з'їзд офтальмологів України, 23-25 травня 2018 р. : матеріали. – Одеса, 2018. – С. 109-110.

19. Коган М. Б. Визуализация структур переднего отдела глаза при контузиях средней и тяжелой степени способом инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецкая, Т. А. Красновид, Н. П. Тычина, Н. В. Пасечникова // Філатовські читання : наук.-практ. конф. офтальмологів з міжнародною участю, 23-24 травня 2019 р. : матеріали. – Одеса, 2019. – С. 84-85.

20. Коган М. Б. Размеры структур цилиарного тела в зависимости от длины глазного яблока / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Філатовські читання – 2019 : наук.-практ. конф. з міжнародною участю, 23-24 травня 2019 р. : матеріали. – Одеса, 2019. – С. 228-229.

21. Коган М. Б. Применение инфракрасной диафаноскопии с транспальпебральным освещением для визуализации внутриглазных инородных тел, расположенных в переднем отделе глазного яблока / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, Т. А. Красновид, О. С. Петрецкая, Н. В. Пасечникова // Актуальні питання офтальмології : всеукраїнська наук.-практ. конференція, 9-10 жовтня 2019 р. : матеріали. – м. Івано-Франківськ, 2019. – С. 43-45.

22. Пасечникова Н. В. Инфракрасная диагностика в офтальмологии / Н. В. Пасечникова, В. А. Науменко, А. Р. Король, О. С. Задорожный // Одеса, ТЕС, 2014. – 136 с.

23. Пат. 134645 Україна, МПК H05B 35/00 (2019.01), A61B 3/00 (2019.01) Спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра / Н. В. Пасечникова, О. С. Задорожный, М. Б. Коган, А. Р. Король, О. С. Петрецька, Т. А. Красновид – № u 201900010 опубл. 27.05.2019, бюл. № 10/2019.

24. Скрипниченко З. М. Об ультразвуковой диагностики рентгеннегативных инородных тел переднего отдела глаза переднего отдела глаза / З. М. Скрипниченко, Р. К. Мармур, Г. В. Панфилова // Офтальмол. журн. – 1968. – № 8. – С. 575-579.
25. Шиляев В. Г. Материалы I Всероссийского съезда офтальмологов / В. Г. Шиляев, Я. М. Варановский // Москва. – 1963. – С. 386.
26. Якименко С. А. Оценка состояния переднего отдела больных с травматическими катарактами методом ультразвуковой эхографии / С. А. Якименко, З. М. Скрипниченко, Р. К. Мармур // Офтальмол. журн. – 1970. – № 8. – С. 192-198.
27. Ahmed Y. Endophthalmitis following open-globe injuries / Y. Ahmed, A. M. Schimel, A. Pathengay [et al.] // Eye (London). – 2012. – Vol. 26. (2). – P. 212-217.
28. Al-Omran A. M. Microbiologic spectrum and visual outcome of posttraumatic endophthalmitis / A. M. Al-Omran, E. B. Abboud, A. M. Abu El-Asrar // Retina. – 2007. – Vol. 27. (2). – P. 236-242.
29. Andreoli C. M. Low rate of endophthalmitis in a large series of open globe injuries / Andreoli C. M., Andreoli M. T., Kloek C. E. [et al.] // Am J Ophthalmol. – 2009. – Vol. 147. (4). – P. 601-608.
30. Arora R. Intralenticular foreign bodies: report of eight cases and review of management / R. Arora, L. Sanga, M. Kumar, M. Taneja // Indian J Ophthalmol. – 2000. – Vol. 48. – P. 119-122.
31. Barnes E. Intraocular foreign body missed by computed tomography / E. Barnes, M. Griffiths, A. Elliott // BMJ (Clinical Research Ed). – 1993. – Vol. 306. (6891). – P. 1542.
32. Beby F. Penetrating ocular injuries in children: visual outcome and prognostic factors / F. Beby, O. Roche, L. Kodjikian [et al.] // Acta Ophthalmol. Scand. – 2006. – Vol. 84. – P. 266–267.

33. Beshay N. The epidemiology of open globe injuries presenting to a tertiary referral eye hospital in Australia / N. Beshay, L. Keay, H. Dunn [et al.] // *Injury*. – 2017. – Vol. 48. (7). – P. 1348–1354.
34. Bhagat N. Post-traumatic infectious endophthalmitis / N. Bhagat, S. Nagori, M. Zarbin // *Surv. Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 56. (3). – P. 214-251.
35. Boettner E. A. Transmission of ocular media. / E. A. Boettner, J. R. Wolter // *Invest. Ophthalmology*. – 1962. – Vol. 1. – P. 776-783.
36. Cazabon S. Intralenticular metallic foreign body / S. Cazabon, Tr. Dabbs // *Cataract Refract Surg.* – 2002. – Vol. 28. (12). – P. 2233-2234.
37. Chan E. C. Digital camera system to perform infrared photography of iris transillumination / E. C. Chan, D. K. Roberts, D. D. Loconte [et al.] // *Journal of Glaucoma*. – 2002. – Vol. 11. (5). – P. 426-428.
38. Chaudhry I. A. Incidence and visual outcome of endophthalmitis associated with intraocular foreign bodies. / I. A. Chaudhry, F. A. Shamsi, E. Al-Harhi [et al.] // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2008. – Vol. 246. (2). – P. 181-186.
39. Cherry P. M. Indirect traumatic rupture of the globe / P. M. Cherry // *Arch. Ophthalmol.* – 1978. – Vol. 96. – P. 252-256.
40. Chhabra S. Endophthalmitis after open globe injury: microbiologic spectrum and susceptibilities of isolates. / S. Chhabra, D.Y. Kunitomo, L. Kazi // *Am J. Ophthalmol.* – 2006. – Vol. 142. (5). – P. 852-854.
41. Choovuthayakorn J. Predictive factors and outcomes of posterior segment intraocular foreign bodies. / J. Choovuthayakorn, L. Hansapinyo, N. Ittipunkul, [et al.] // *Eye*. – 2011. – Vol. 25. (12). – P. 1622-1626.
42. Choragiewicz T. Surgical treatment of open globe trauma complicated with the presence of an intraocular foreign body. / T. Choragiewicz, K. Nowomiejska, K. Wertjuk [et al.] // *Klin. Oczna*. – 2015. – Vol. 117. (1). – P. 5-8.

43. Coleman D. J. Management of intraocular foreign bodies / D. J. Coleman, B. C. Lucas, M. J. Rondeau [et al.] // *Ophthalmology*. – 1987. – Vol. 94. – P. 1647–53.
44. Connon B. The structure and swelling of corneal scar tissue in penetrating full-thickness wounds / B. Connon, C. J. Meek, M. Keith // *Cornea*. – 2004. – Vol. 23. (2). – P. 165–171.
45. Dehghani A. R. Post traumatic endophthalmitis: incidence and risk factors / A. R. Dehghani, L. Rezaei, H. Salam [et al.] // *Glob. J. Health. Sci.* – 2004. – Vol. 6. (6). – P. 68-72.
46. Delori F. C. Spectral reflectance of the human ocular fundus / F. C. Delori, K. P. Pflibsen // *Appl. Optics*. – 1989. – Vol. 28. – P. 1061-1077.
47. Deramo V. A. Ultrasound biomicroscopy as a tool for detecting and localizing occult foreign bodies after ocular trauma. / V. A. Deramo, G. K. Shah, C.R.Baumal [et al.] // *Ophthalmology*. – 1999. – Vol. 106. (2). – P. 301-305.
48. Deramo V. A. The role of ultrasound biomicroscopy in ocular trauma. / V. A. Deramo, G. K. Shah, C. R. Baumal [et al.] // *Am Ophthalmol Soc*. – 1998. – Vol. 96. – P. 355-365.
49. Dolezalova J. Penetrating intraocular injuries caused by foreign bodies of organic origin. / J. Dolezalova // *Cesk. Slov. Oftalmol*. – 2001. – Vol. 57. – P. 381-386.
50. Gentile R. C. Diagnosis of traumatic cyclodialysis by ultrasound biomicroscopy / R. C. Gentile, C. J. Pavlin, J. M. Liebmann // *Ophthalmic. Surg. Lasers*. – 1996. – Vol. 27. – P. 97–105.
51. Greven C. M. Intraocular foreign bodies: management, prognostic factors, and visual outcomes. / C. M. Greven, N. E. Engelbrecht, M. M. Slusher, S. S. Nagy // *Ophthalmology*. – 2000. – Vol. 107. (3). – P. 608-612.
52. Guler M. A case of a retained intralenticular body for two years. / M. Guler, T. Yilmaz, M. Yigit // *Clin. Ophthalmol*. – 2010. – Vol. 4. – P. 955-957.

53. Emami-Naeini P. Characteristics, outcomes, and prognostic indicators of fall-related open globe injuries / P. Emami-Naeini, A. Ragam, A. M. Bauza // *Retina*. – 2013. – Vol. 33. (10). – P. 2075-2079.
54. Erikitola O. Ocular trauma:classification, management and prognosis / O. Erikitola, S. Shahid, S. Waqar, S. Hewick // *Brit. J. Hosp. Med.* – 2013. – Vol. 74. – P. 108-111.
55. Essex R. W. Post-traumatic endophthalmitis. / R. W. Essex, Q. Yi, P. G. P Charles // *Allen Ophthalmology*. – 2004. – Vol. 111. (11). – P. 2015-2022.
56. Hairston R. J. Morphometric analysis of pars plana development in humans / R. J. Hairston, A. M. Maguire, S. Vitale // *Retina*. – 1997. – Vol. 17. (2). – P. 135-138.
57. Horecker B. L. The absorbtion spectra of hemoglobin and its derivatives in the visible and near infra-red regions / B. L. Horecker // *J. Biol. Chem.* – 1942. – Vol. 148. – P. 173-183.
58. Koutsonas A. A case of siderosis bulbi without a radiologically detectable foreign body / A. Koutsonas, N. Plange, G. F. Roessler, P. Walter , B. A. Mazinani // *Can. J. Ophthalmol.* – 2013. – Vol. 48(1). – P. 9-11.
59. Kanda Y. Investigation of the freely available easy-to-use software ‘EZR’ for medical statistics / Y. Kanda // *Bone Marrow Transplant.* – 2013. – Vol. 48. – P. 452–458.
60. Kaushik S. Occult intraocular foreign body: ultrasound biomicroscopy holds the key / S. Kaushik, P. Ichhpujani, A. Ramasubramanian, S.S. Pandav // *Int. Ophthalmol.* – 2008. – Vol 28. – P. 71-73.
61. King J. H. Intraocular foreign bodies. / J.H. King, J. Wadsworth // Philadelphia. – Lippincott. – 1981. – P. 569-584.
62. Koch F. H. J. Diaphanoskopie am Auge / F. H. J. Koch, S. Deuchler, P. Singh, M. Hessling // *Ophthalmologe*. – 2017. – Vol 114. (9). – P. 857-864.
63. Kogan M. Infrared transpalpebral transillumination of the anterior eye segment with blunt ocular trauma / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N.

Pasychnikova // 117 DOG-Congress, 27-30 September 2019. : e-poster, program. – Berlin, 2019 – P. 25–218.

64. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im Ziliarkörperbereich mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, A. Korol, O. Petretskaya, T. Krasnovid, N. Pasychnikova // Klin. Monatsbl. Augenheilkd. – 2020. – Vol. 237. (07) – S. 889-893.

65. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im vorderen Augenabschnitt mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 118 DOG-Congress online, 9-11 October 2020. : e-poster, program. – Berlin, 2020 – P. 159.

66. Kogan M. Visualization of intraocular foreign bodies in the projection of the ciliary body by the transpalpebral infrared transillumination / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 116 DOG-Congress, 27-30 September 2018. : e-poster, program. – Bonn, 2018 – P. 139.

67. Kong G. Y. Wound-related complications and clinical outcomes following open globe injury repair. / G. Y. Kong, R. H. Henderson, S. S. Sandhu [et al.] // Clin. Experiment. Ophthalmol. – 2015. – Vol. 43. (6). – P. 508-513.

68. Krohn J. Near-infrared transillumination photography of intraocular tumours / J. Krohn, E. Ulltang, B. Kjersem // Br. J. Ophthalmol. – 2013. – Vol. 97. – P. 1244-1246.

69. Krohn J. Transillumination for accurate placement of radioactive plaques in brachytherapy of choroidal melanoma / J. Krohn, J. H. Seland, O. R. Monge // Am. J. Ophthalmol. – 2001. – Vol. 132. – P. 418- 419.

70. Kuhn F. The Ocular Trauma Score (OTS) / F. Kuhn, R. Maisiak, L. Mann [et al.] // Ophthalmol. Clin. N. Am. – 2002. – Vol. 15. (2). – P. 163-165.

71. Kuhn F. Birmingham Eye Trauma Terminology system (BETT) / F. Kuhn, R. Morris, C. Witherspoon, V. Mester // Journal Français d Ophtalmologie. – 2004. – Vol. 27. (2). – P. 206-210.

72. Kuhn F. Epidemiology of Blinding Trauma in the United States Eye Injury Registry. / F. Kuhn, Robert C, Douglas W. // *Ophthalmic Epidemiol.* – 2006. – Vol. 13. – P. 209-216.
73. Lakits A. Helical and conventional CT in the imaging of metallic foreign bodies in the orbit. / A. Lakits, R. Prokesch, C. Scholda [et al.] // *Acta Ophthalmol. Scand.* – 2000. – Vol. 78. (1). – P. 79-83.
74. Laroche D. Ultrasound biomicroscopic localization and evaluation of intraocular foreign bodies. / D. Laroche, H. Ishikawa, D. Greenfield [et al.] // *Acta Ophthalmol. Scand.* – 1998. – Vol. 76. (4). – P. 491-495.
75. Lawrence D. A. Undetected intraocular metallic foreign body causing hyphema in a patient undergoing MRI: a rare occurrence demonstrating the limitations of pre-MRI safety screening. / D. A. Lawrence, A. T. Lipman, S. K. Gupta, N. C. Nacey // *Magn. Reson. Imaging.* – 2015. – Vol. 33. (3). – P. 358-361.
76. Lee W. Mature cataract and lens-induced glaucoma associated with an asymptomatic intralenticular foreign body / W. Lee, S. Y. Park, Park T. K. [et al.] // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2007. – Vol. 33. (3). – P. 550-552.
77. Lichter P. R. Transillumination photography of the eye / P. R. Lichter // *Am. J. Ophthalmol.* – 1972. – Vol. 73. – P. 927-931.
78. Lima-Gómez V. Ocular trauma score at the initial evaluation of ocular trauma / V. Lima-Gómez, D. M. Blanco-Hernández, J. A. Rojas-Dosal // *CIR CIR.* – 2010. – Vol. 78. – P. 209-213.
79. Lin Y. C. Intralenticular foreign body: A case report and literature review / Y. C. Lin, C. L. Kuo, Y. M. Chen // *Taiwan J. Ophthalmol.* – 2019. – Vol. 9. (1). – P. 53–59.
80. Lit E. S. Anterior and posterior segment intraocular foreign bodies. / E.S. Lit, L.H. Young // *Int. Ophthalmol. Clin.* – 2002. – Vol. 42. (3). – P. 107-120
81. LoBue T. D. Detection and localization of nonmetallic intraocular foreign bodies by magnetic resonance imaging. / T. D. LoBue, T. A. Deutsch, J. Lobick, D. A. Turner // *Arch. Ophthalmol.* – 1988. – Vol. 106. (2). – P. 260-261.

82. Loporchio D. Intraocular foreign bodies / D. Loporchio, L. Mukkamala, K. Gorukanti, M. Zarbin, P. Langer, N. Bhagat // *Surv. Ophthalmol.* – 2016. – Vol 61. (5). – P. 582-596.
83. Mackiewicz J. Localization of intraocular foreign bodies using computed tomography. / J. Mackiewicz, W. Krupski, D. Haszcz, Z. Zago'wski // *Klin. Oczna.* – 2001. – Vol. 103. (1). – P. 21-23.
84. Maiya A. S. Clinical profile of ocular blunt trauma in a rural hospital / A. S. Maiya, A. M. Dharmesh, R. J. Jayaram // *Clin. Ophthalmol. Res.* – 2018. – Vol. 6. – P. 3-7.
85. Malandrini A. Diagnosis and management of traumatic cyclodialysis cleft / A. Malandrini, A. Balestrazzi, G. Martone, [et al.] // *J. Cataract. Refract. Surg.* – 2008. – Vol. 34. (7). – P. 1213–1216.
86. McElvanney A. M. Intraocular foreign body missed by radiography. / A. M. McElvanney, A. R. Fielder // *BMJ (Clinical Research Ed).* – 1993. – Vol. 306. (6884). – P. 1060-1061.
87. McGuckin J. F. CT and MR evaluation of a wooden foreign body in an in vitro model of the orbit. / J. F. McGuckin, N. Akhtar, V. T. Ho [et al.] // *AJNR Am. J. Neuroradiol.* – 1996. – Vol. 17. (1). – P. 129-133.
88. McGwin G. Jr. Rate of eye injury in the United States / G. McGwin Jr., A. Xie, C. Owsley // *Arch. Ophthalmol.* – 2005. – Vol. 123. – P. 970–976.
89. Medina F. M. Intralenticular metal foreign body: case report. / F. M. Medina, Pde. T. Pierre Filho, A.P. Lupinacci [et al.] // *Arq. Bras. Oftalmol.* – 2006. – Vol. 69. (5). – P. 749-751.
90. Mester V. Intraocular foreign bodies. / V. Mester, F. Kuhn // *Ophthalmol. Clin. North Am.* – 2002. – Vol. 15.(2). – P. 235-242.
91. Modjtahedi B. S. Imaging characteristics of intraocular foreign bodies: a comparative study of plain film X-ray, computed tomography, ultrasound, and magnetic resonance imaging. / B. S. Modjtahedi, A. Rong, M. Bobinski [et al.] // *Retina.* – 2015.– Vol. 35.(1). – P. 95-104.

92. Moisseiev D. Validation of an algorithm for nonmetallic intraocular foreign bodies composition identification based on computed tomography and magnetic resonance imaging. / D. Moisseiev, D. Barequet, E. Zunz [et al.] // *Retina*. – 2015. – Vol. 35.(9). – P. 1898-1904.
93. Moisseiev E. Magnetic resonance imaging and computed tomography for the detection and characterization of nonmetallic intraocular foreign bodies. / E. Moisseiev, D. Last, D. Goetz [et al.] // *Retina*. – 2015. – Vol. 35.(1). – P. 82-94.
94. Navon S. E. Management of the ruptured globe / S. E. Navon // *Int. Ophthalmol. Clin.* – 1995. – Vol. 35. – P. 71-91.
95. Oliveira C. Ciliary body thickness increases with increasing axial myopia / C. Oliveira, C. Tello, J. M. Liebmann // *Am. J. Ophthalmol.* – 2005. – Vol. 140(2). – P. 324-325.
96. Pandey A. N. Ocular Foreign Bodies / A. N. Pandey // *J. Clin. Exp. Ophthalmol.* – 2017. – Vol. 8. – P. 645.
97. Pasychnikova N. Digital imaging of the fundus with long-wave illumination / N. Pasychnikova, V. Naumenko, A. Korol [et al.] // *Klinika oczna*. – 2009. – Vol. 1. (3). – P. 18-20.
98. Pieramici D. A system for classifying mechanical injuries of the eye (globe). The Ocular Trauma Classification Group / D. Pieramici, P. Sternberg, T. M. Aaberg [et al.] // *Am. J. Ophthalmol.* – 1997. – Vol. 123. – P. 820–831.
99. Potts A. M. Shape factor in the penetration of intraocular foreign bodies / A. M. Potts, J. A. Distler // *Am. J. Ophthalmol.* – 1985. – Vol. 100. (1) – P. 183–187.
100. Raina U. Metallic intraocular foreign body retained for four years – an unusual presentation / U. Raina, V. Kumar, R. Sud [et al.] // *Cont. Lens Anterior Eye*. – 2010. – Vol. 33. – P. 202-204.
101. Reynolds D. S. Endophthalmitis after penetrating ocular trauma / D. S. Reynolds, H. W. Flynn // *Curr. Opin. Ophthalmol.* – 1997. – Vol. 8. – P. 32-38.
102. Saari M. Fluorescein angiography and infra-red transillumination stereo technique for studying the ciliary body and iris / M. Saari, H. Nieminen //

In: Proceedings of the 5th Congress of the European Society of Ophthalmology. – 1976. – P. 46.

103. Saari M. Infrared transillumination stereophotography of normal iris / M. Saari, I. Vuorre, H. Nieminen // *Can. J. Ophthalmol.* – 1977. – Vol. 12. – P. 308-311.

104. Saari J. M. Digital infrared transillumination imaging of iris / J. M. Saari, K. Nummelin // *J. Ophthalmic. Photogr.* – 2005. – Vol. 27. (1). – P. 20-24.

105. Saari J. M. Infrared transillumination imaging and fluorescein angiography of iris nevus and melanoma / J. M. Saari, T. Kivelä, P. Summanen [et al.] // *J. Ophthalmic. Photogr.* – 2007. – Vol. 29. (1). – P. 17-20.

106. Schrader W. F. Epidemiologie bulbuseröffnender Augenverletzungen: Analyse von 1026 Fällen über 18 Jahre / W. F. Schrader // *Klin. Monatsbl. Augenheilkd.* – 2004. – Vol. 221. – P. 629-635.

107. Sudhalkar A. Pars Plana Width and Sclerotomy Sites / A. Sudhalkar, P. Chauhan, A. Sudhalkar // *Ophthalmology.* – 2012. – Vol. 119.(1). – P. 198-199.

108. Thompson W. S. Endophthalmitis after penetrating trauma. Risk factors and visual acuity outcomes / W. S. Thompson, P. E. Rubsamen, H.W. Flynn Jr [et al.] // *Ophthalmology.* – 1995. – Vol. 102. (11). – P. 1696–1701.

109. Tokoro M. Copper foreign body in the lens without damage of iris and lens capsule / M. Tokoro, T. Yasukawa, M. Okada, Y. Ogura, S. Uchida // *International Ophthalmology.* – 2007. – Vol. 27. (5). – P. 329-331.

110. Viestenz A. Primäres Management offener Bulbusverletzungen / A. Viestenz, M. Fiorentzis, B. Seitz // *Klin. Monbl. Augenheilkd.* – 2007. – Vol. 234. (3). – P. 385-399.

111. Viestenz A. Management der Bulbusruptur / A. Viestenz, W. Schrader, M. Küchle [et al.] // *Ophthalmologie.* – 2008. – Vol. 105. (12). – P. 1163-1175.

112. Vogel A. Optical properties of human sclera and their significance for trans-scleral laser use. / A. Vogel, C. Dlugos, R. Nuffer [et al.] // Fortschr. Ophthalmol. – 1991. – Vol. 88. – №. 6. – P. 754-761.
113. Wang Y. S. Clinical characteristics of occult scleral rupture. Y. S. Wang, J. F. Xu, C. M. Guo // Zhonghua Yan Ke Za Zhi. – 2008. – Vol. 44. (5). – P. 431–435.
114. Wei W. B. Subfoveal choroidal thickness: the Beijing Eye Study / W. B. Wei, L. Xu, J. B. Jonas, [et al.] // Ophthalmology. – 2013. – Vol. 120. – P. 175–180.
115. Weissman J. L. Enlarged anterior chamber: CT finding of a ruptured globe / J.L. Weissman, R. L. Beatty, W. L. Hirsch, H. D. Curtin // AJNR Am. J. Neuroradiol. – 1995 – Vol. 16. – P. 936-938.
116. Williamson T. H. Characteristics and outcomes of severe ocular trauma / T. H. Williamson, H. G. Sheth, B. Parmar // Eyenews. – 2005. – № 3. – P. 20-25.
117. Yucel O. Clinical characteristics and prognostic factors of scleral rupture due to blunt ocular trauma / O. Yucel, S. Demir, L. Niyaz // Eye. – 2016. – Vol. 30. – P. 1606-1613.
118. Zacks D. N. Ultrasonography in the traumatized eye: intraocular foreign body versus artifact. / D. N. Zacks, L.Hart, L. H. Young// Int. Ophthalmol. Clin. – 2002.– Vol. 42. (3). – P. 121-128.
119. Zadorozhnyy O. Dimensions of ciliary body structures in various axial lengths in patients with rhegmatogenous retinal detachment / O. Zadorozhnyy, Alibet Yassine, A. Kryvoruchko, G. Levytska, N. Pasychnikova // J.opthalmol.(Ukraine). – 2017. – Vol. 6. – P. 32-36.
120. Zadorozhnyy O. Ciliary body imaging with transpalpebral near-infrared transillumination (Pilot study) / O. Zadorozhnyy, A. Korol, A. Nevska, T. Kustryn, N. Pasychnikova // Klinika oczna. – 2016. – Vol. 3. – P. 184-186.

121. Zhang Y. Intraocular foreign bodies in China: clinical characteristics, prognostic factors, and visual outcomes in 1,421 eyes / Y. Zhang, M. Zhang, C. Jiang, H. Y. Qiu // *Am. J. Ophthalmol.* – 2011. – Vol. 152. (1). – P. 66-73.
122. Zhang Y. Endophthalmitis following open globe injury / Y. Zhang, M. N. Zhang, C. H. Jiang, Y. Yao, K. Zhang // *Br. J. Ophthalmol.* – 2010. – Vol. 94. (1). – P. 111–114.
123. Zhu L. Ocular trauma score in siderosis bulbi with retained intraocular foreign body. / L. Zhu, P. Shen, H. Lu [et al.] // *Medicine (Baltimore)*. – 2015. – Vol. 94. (39). – P. 1533.

ДОДАТОК 1

Список публікацій здобувача за темою дисертації

1. Коган М. Б. Визуализация внутриглазных инородных тел, расположенных в проекции цилиарного тела, способом инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецькая, Т. А. Красновид, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Офтальмол. журн. – 2019. – №4. – С. 23-27.
2. Коган М. Б. Размеры структур цилиарного тела здоровых лиц с различной длиной глаза / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Офтальмология. Восточная Европа. – 2020. – № 1. – С. 37–43.
3. Коган М. Б. Особенности визуализации структур переднего отдела глаза способом инфракрасной диафаноскопии у пациентов с контузиями глазного яблока / М. Б. Коган // Офтальмол. журн. – 2020. – № 2. – С.46-50.
4. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im Ziliarkörperbereich mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, A. Korol, O. Petretskaya, T. Krasnovid, N. Pasychnikova // Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. – 2020. – № 237(07) – S. 889-893.
5. Коган М. Б. Обнаружение внутриглазных инородных тел хрусталика неинвазивным способом инфракрасной транспальпебральной диафаноскопии / М. Б. Коган // Офтальмология. Восточная Европа. – 2020. – № 4. – С. 461-468.
6. Коган М. Б. Сравнительная эффективность выявления внутриглазных инородных тел, расположенных в переднем отделе глазного яблока, способами инфракрасной диафаноскопии, ультрасонографии и рентгенографии / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, О. С. Петрецькая, Т. А. Красновид, А. Р. Король // Офтальмол. журн. – 2020. – №6. – С. 19-24.
7. Пат. 134645 Україна, МПК H05B 35/00 (2019.01), A61B 3/00 (2019.01) Спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в

інфрачервоному діапазоні спектра / Пасечнікова Н. В., Задорожний О. С., Коган М. Б., Король А. Р., Петрецька О. С., Красновид Т. А. – № u 201900010 опубл. 27.05.2019, бюл. № 10/2019.

8. Коган М. Б. Визуализация внутриглазных инородных тел в проекции цилиарного тела способом транспальпебральной инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожний, Т. А. Красновид, О. С. Петрецькая, Н. В. Пасечникова // XIV з'їзд офтальмологів України, 23-25 травня 2018 р. : матеріали. – Одеса, 2018. – С. 105-106.

9. Коган М. Б. Внутриглазные и внутриорбитальные фрагменты древесины / М. Б. Коган, Т. А. Красновид, О. С. Сидак-Петрецькая, Н. П. Тычина, А. В. Пономарчук, М. Б. Коган // XIV з'їзд офтальмологів України, 23-25 травня 2018 р. : матеріали. – Одеса, 2018. – С. 109-110.

10. Kogan M. Visualization of intraocular foreign bodies in the projection of the ciliary body by the transpalpebral infrared transillumination / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 116 DOG-Congress, 27-30 September 2018. : e-poster, program. – Bonn, 2018 – P. 139.

11. Коган М. Б. Визуализация структур переднего отдела глаза при контузиях средней и тяжелой степени способом инфракрасной диафаноскопии / М. Б. Коган, О. С. Задорожний, О. С. Петрецькая, Т. А. Красновид, Н. П. Тычина, Н. В. Пасечникова // Філатовські читання : наук.-практ. конф. офтальмологів з міжнародною участю, 23-24 травня 2019 р. : матеріали. – Одеса, 2019. – С. 84-85.

12. Коган М. Б. Размеры структур цилиарного тела в зависимости от длины глазного яблока / М. Б. Коган, О. С. Задорожний, А. Р. Король, Н. В. Пасечникова // Філатовські читання – 2019 : наук.-практ. конф. з міжнародною участю, 23-24 травня 2019 р. : матеріали. – Одеса, 2019. – С. 228-229.

13. Kogan M. Infrared transpalpebral transillumination of the anterior eye segment with blunt ocular trauma / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N.

Pasychnikova // 117 DOG-Congress, 27-30 September 2019. : e-poster, program. – Berlin, 2019 – P.25–218.

14. Коган М. Б. Применение инфракрасной диафаноскопии с транспальпебральным освещением для визуализации внутриглазных инородных тел, расположенных в переднем отделе глазного яблока / М. Б. Коган, О. С. Задорожный, Т. А. Красновид, О. С. Петрецькая, Н. В. Пасечникова // Актуальні питання офтальмології : всеукраїнська наук.-практ. конференція, 9-10 жовтня 2019 р. : матеріали. – м. Івано-Франківськ, 2019. – С. 43-45.

15. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im vorderen Augenabschnitt mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, N. Pasychnikova // 118 DOG-Congress online, 9-11 October 2020. : e-poster, program. – Berlin, 2020 – P.159.

ДОДАТОК 2

Апробація результатів дисертації

Основні положення та результати дисертаційних досліджень повідомлені, розглянуті і обговорені:

- на XIV з'їзді офтальмологів України (м. Одеса, 2018) - *усна доповідь*;
- на конгресі – німецького офтальмологічного товариства в м. Бонн - «DOG 2018» 30.09.2018 р. - *усна доповідь*;
- на конгресі – німецького офтальмологічного товариства в м. Берлін «DOG 2019» 26.09.2019 р. - *усна доповідь*;
- на Всеукраїнській науково-практичній конференції офтальмологів «Актуальні питання офтальмології» (м. Івано-Франківськ, 2019) 9.10.2019 р. - *усна доповідь*;
- на віртуальному конгресі – німецького офтальмологічного товариства «DOG 2020 ONLINE» 09.10.2020 р. - *усна доповідь*;

ДОДАТОК 3



«12» 11 2019 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції для впровадження: Спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра.

2. Установа, що пропонує впровадження, поштова адреса, автори: ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України»; 65061, Французький бульвар, 49/51, м. Одеса; Н. В. Пасечникова, О. С. Задорожний, М.Б. Коган, А. Р. Король, О.С. Петрецька, Т.А. Красновид.

3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, вихідні дані статті, з'їзди, конференцій, № АС і т. п.):

Коган М.Б., Визуализация внутриглазных инородных тел, расположенных в проекции цилиарного тела, способом инфракрасной диафаноскопии / М.Б. Коган, О.С. Задорожний, О.С. Петрецька, Т.А. Красновид, А.Р. Король, Н.В. Пасечникова // Офтальмологічний журнал – 2019. – №4 – С. 23-27.

4. Впроваджено в (найменування лікувально-профілактичного закладу): відділі посттравматичної патології ока ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України»; 65061, Французький бульвар, 49/51, м. Одеса.

5. Область застосування методу:

А) лікувально-профілактична робота: проведено дослідження 30 пацієнтів (30 очей) з внутрішньоочними сторонніми тілами.

Б) педагогічний процес: інформація про новий спосіб візуалізації структур ока входить до лекційного та практичного курсу з діагностики патології ока.

В) наукова діяльність: спосіб був використаний при виконанні планової НДР ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України» 2019-2021 рр. «Вивчити особливості змін структур переднього відділу ока, його кровообігу і теплообміну при неоваскулярній глаукомі і травмі» (№ 203-А/2019-21, № держ. реєстрації 0119U101215).

6. Строки впровадження липень-грудень 2019 р.

7. Ефективність впровадження (скорочення тривалості перебування в стаціонарі, термінів амбулаторного лікування, тимчасової непрацездатності, планування диспансерних заходів, прогнозування здоров'я, економічний ефект і інші показники): Спосіб дозволяє візуалізувати внутрішньоочне стороннє тіло в передньому відрізці ока (циліарне тіло, райдужна оболонка, кришталик) не інвазивним шляхом, з виключенням ускладнень, властивих інвазивним методикам (алергічні реакції, механічні пошкодження) та обрати оптимальний метод видалення стороннього тіла за рахунок візуалізації локалізації зубчастої лінії та співвідношення стороннього тіла до неї.

8. Зауваження, пропозиції: немає.

«12» 11 2019 р.

Відповідальний за впровадження:

Завідувач відділу посттравматичної патології ока
ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії
ім. В.П. Філатова НАМН України»,
д.мед.н.

Красновид Т.А.



АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції для впровадження: Спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра.

2. Установа, що пропонує впровадження, поштова адреса, автори: ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України»; 65061, Французький бульвар, 49/51, м. Одеса; Н. В. Пасечникова, О. С. Задорожний, М.Б. Коган, А. Р. Король, О.С. Петрецька, Т.А. Красновид.

3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, вихідні дані статті, з'їзди, конференції, № АС і т. п.):

1. Коган М.Б., Візуалізація внутріглазних инородных тел, расположенных в проекции цилиарного тела, способом инфракрасной диафаноскопии / М.Б. Коган, О.С. Задорожний, О.С. Петрецька, Т.А. Красновид, А.Р. Король, Н.В. Пасечникова // Офтальмологічний журнал – 2019. – №4 – С. 23-27.

2. Kogan M. Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im Ziliarkörperbereich mittels infraroter Transillumination (Pilotstudie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, A. Korol, O. Petretskaya, T. Krasnovid, N. Pasyechnikova // Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde. – 2020. – № 237(07) – С. 889-893.

4. Впроваджено в (найменування лікувально-профілактичного закладу): хірургічне відділення №2 очний підрозділ, КНП «Старобільське РТМО», 92700, вул. Монастирська, 67, м. Старобільськ, Луганська область.

5. Область застосування методу:

А) лікувально-профілактична робота: проведено дослідження 30 пацієнтів (30 очей) з внутрішньоочними сторонніми тілами.

Б) педагогічний процес: інформація про новий спосіб візуалізації структур ока входить до лекційного та практичного курсу з діагностики патології ока.

В) наукова діяльність: спосіб був використаний при виконанні планової НДР ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України» 2019-2021 рр. «Вивчити особливості змін структур переднього відділу ока, його кровообігу і теплообміну при неоваскулярній глаукомі і травмі» (№ 203-А/2019-21, № держ. реєстрації 0119U101215).

6. Строки впровадження 2020 р.

7. Ефективність впровадження (скорочення тривалості перебування в стаціонарі, термінів амбулаторного лікування, тимчасової непрацездатності, планування диспансерних заходів, прогнозування здоров'я, економічний ефект і інші показники): Спосіб дозволяє візуалізувати внутрішньоочне стороннє тіло в передньому відрізці ока (циліарне тіло, райдужна оболонка, кришталик) неінвазивним шляхом, з виключенням ускладнень, властивих інвазивним методикам (алергічні реакції, механічні пошкодження) та обрати оптимальний метод видалення стороннього тіла за рахунок візуалізації зубчастої лінії та співвідношення стороннього тіла до неї.

8. Зауваження, пропозиції: немає.

« 27 » 08 2020 р.

Відповідальний за впровадження:

Завідувач хірургічного відділення №2
КНП «Старобільське РТМО»,
к.мед.н.

 Федченко С. О.



ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор КНП
«ВОКЛ ім. М.І.Пирогова ВОР»
Жуланов О.Б.

23 04 2020 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

1. Найменування пропозиції для впровадження: Спосіб візуалізації внутрішньоочних сторонніх тіл в інфрачервоному діапазоні спектра.

2. Установа, що пропонує впровадження, поштова адреса, автори: ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України»; 65061, Французький бульвар, 49/51, м. Одеса; Н.В. Пасечнікова, О.С. Задорожний, М.Б. Коган, А.Р. Король, О.С. Петренська, Т.А. Красновид.

3. Джерело інформації (методичні рекомендації, інформаційний лист, вихідні дані статистичні, з'їзди, конференції, № АС і т.п.):

1. Коган М.Б., Візуалізація внутрішніх чужорідних тіл, розположених в проекції шклярного тіла, способом інфрачервоної дифаноскопії / М.Б. Коган, О.С. Задорожний, О.С. Петренська, Т.А. Красновид, А.Р. Король, Н.В. Пасечнікова // Офтальмологічний журнал – 2019, – №4 – С. 22-27.

2. Kogan M., Visualisierung von intraokularen Fremdkörpern im Ziliarkörperbereich mittels infraroter Transillumination (Pfeesadlie) / M. Kogan, O. Zadorozhnyy, A. Korol, O. Petrenskaya, T. Krasnovid, N. Pasiecznikova // Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde, – 2020, – № 237(07) – С. 889-893.

4. Впроваджено в (найменування лікувально-профілактичного закладу): Високоспеціалізований клінічний Центр мікрохірургії ока з блоком очної травми та гострої патології органів зору, КНП «ВОКЛ ім. М.І.Пирогова ВОР», 21018, вул. Пирогова, 46, м. Вінниця, Вінницька область.

5. Область застосування методу:

А) лікувально-профілактична робота: проведено дослідження 30 пацієнтів (30 очей) з внутрішньоочними сторонніми тілами.

Б) педагогічний процес: інформація про новий спосіб візуалізації структур ока входить до лекційного та практичного курсу з діагностики патології ока.

В) наукова діяльність: спосіб був використаний при виконанні планової НДР ДУ «Інститут очних хвороб і тканинної терапії ім. В.П. Філатова НАМН України» 2019-2021 рр. «Вивчити особливості змін структур переднього відділу ока, його кровообігу і теплообміну при неоваскулярній глаукомі і триває (№ 201-А/2019-21, № держ. реєстрації 0119U101215).

6. Строк впровадження 2020 р.

7. Ефективність впровадження (скорочення тривалості перебування в стаціонарі, термінів амбулаторного лікування, тимчасової непрацездатності, планування диспансерних заходів, пролонгування здоров'я, економічний ефект і інші показники): Спосіб дозволяє візуалізувати внутрішньоочне стороннє тіло в передньому відділі ока (шклярне тіло, райдухня оболонки, кристалик) неінвазивним шляхом, з виключенням ускладнень, властивих інвазивним методам (алергічні реакції, механічні пошкодження) та обрати оптимальний метод видалення стороннього тіла за рахунок візуалізації зубчастої лінії та співвідношення стороннього тіла до неї.

8. Застосування, пропозиції: немає.

23 04 2020 р.

Відповідальний за впровадження:

Завідувач ВКЦ МХО з блоком очної травми та гострої патології органів зору
к.мед.н.

Кашук Н.І.