

І.А. Танчин
М.В. Подоліук
І.І. Савка

ДНП «Львівський національний
медичний університет імені Да-
нила Галицького»
Львів, Україна

Надійшла: 07.09.2025
Прийнята: 14.10.2025

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.3.178-182>

УДК 617. 72 - 005. 2 - 085.849.19 - 073.65

ТЕРМОТОПОГРАФІЯ РОГІВКИ ОЧ- НОГО ЯБЛУКА КРОЛЯ ПРИ ПОРУ- ШЕННІ ВЕНОЗНОЇ ГЕМОДИНАМІ- КИ ТА ЛАЗЕРОТЕРАПІЇ

Tanchyn I.A.  , Podolyk M.V.  , Savka I.I.   Thermotopography of the rabbit eyeball cornea in case of impaired venous hemodynamics and laser therapy.

Danylo Halytsky Lviv National Medical University, Lviv, Ukraine.

ABSTRACT. Relevance. Thermometric and thermographic research methods play an important role in the diagnosis of ophthalmological diseases. Thermometry and thermography have become one of the screening diagnostic methods that allow determining the degree of activity of the pathological process, detecting relapses of the disease at different stages, predicting its course and assessing the effectiveness of conservative treatment. **Aim.** To study the possibility of using the thermometric method of research for early diagnosis and monitoring the effectiveness of laser therapy for venous stasis in the eyeball. **Methods.** The experiments were conducted on 45 rabbits of different sexes, aged 7–8 months, with a body weight of 2.5–3.0 kg, in which venous stasis was induced by diathermocoagulation of the vortex veins of the eye under thiopental anesthesia. Endovascular irradiation was performed daily using the universal laser irradiation device ALOU-2. Corneal temperature was measured with a point sensor of a medical semiconductor electrothermometer TEMP-61. **Results.** It has been established that temperature control allows for indirect, quantitative and dynamic assessment of morphofunctional changes vascular bed of the eye. The temperature of the cornea, measured with an electrothermometer at various points under the same measurement conditions, can serve as an indicator of changes in the intensity of blood circulation in the eyeball under conditions of venous stasis and laser therapy. **Conclusion.** Thermometric control is highly sensitive and sufficiently informative for assessing the effectiveness of laser therapy in conditions of venous congestion in the eyeball. **Key words:** thermometry, venous haemostasis, laser radiation.

Tanchyn IA, Podolyk MV, Savka II. [Thermotopography of the rabbit eyeball cornea in case of impaired venous hemodynamics and laser therapy]. Morphologia. 2025;19(3):178-82. Ukrainian.

DOI: <https://doi.org/10.26641/1997-9665.2025.3.178-182>

 Tanchyn I.A. 0000-0002-0863-4732

 Podolyk M.V. 0000-0003-3490-8976

 Savka I.I. 0000-0002-2061-032X

 tanchynigor@gmail.com; mariapodolyk1979@gmail.com; irynasavka05@gmail.com

© Dnipro State Medical University, «Morphologia»

Вступ

Термографічний та термометричний методи дослідження відіграють важливу роль в діагностиці офтальмологічних захворювань. Зміна температурного балансу є одним з інтегральних феноменів, що відображає інтенсивність трофічних та біохімічних процесів [1].

Патологія органу зору, яка спричинена порушенням венозної гемодинаміки внаслідок тромбозу венозного русла зустрічається в офтальмології досить часто [2, 3]. Тому вивчення морфофункціональних основ компенсаторно-адаптаційних процесів, які можуть мати місце при порушенні

відтоку венозної крові, та питання ранньої діагностики, контролю ефективності лікування та профілактики цієї патології, заслуговує відповідної уваги.

Термографія стала одним із методів скринінг-діагностики, які дозволяють визначити ступінь активності патологічного процесу, виявити рецидиви захворювання на різних етапах, прогнозувати його перебіг і оцінювати ефективність консервативного лікування. Термографія часто застосовується як засіб диференціальної діагностики судинних невритів від банальних невритів зорового нерву [4], як додатковий критерій оцінки ступеня активності і поширеності увеїту у дітей [5].

Термографія характеризується високою точністю, чутливістю і не потребує великих затрат часу.

Значного застосування в офтальмології набув і термометричний метод дослідження [6]. Термометрія ока використовується для діагностики та контролю ефективності лікування увеїтів та спазмів акомодатії [7], в профілактиці післяопераційних ускладнень після екстракції катаракти [8]. Але в доступній літературі ми не виявили даних про те, чи можливим є застосування термометричного методу для ранньої діагностики, контролю ефективності лазеротерапії венозного застою в очному яблуці.

З метою вивчення цього питання і проведене дане дослідження.

Матеріали та методи

Експерименти проведені на 45 кролях різної статі, віком 7 - 8 місяців, масою тіла 2,5 - 3,0 кг, у яких венозний застій викликали методом діатермокоагуляції вихрових вен ока під тіопенталовим наркозом. Тварини отримані з віварію Львівського національного медичного університету імені Данила Галицького і робота з ними проводилась із дотриманням положень «Європейської конвенції про захист хребетних тварин, які використовуються для експериментальних та інших наукових цілей» (Страсбург, 1986), Закону України №3447-4 «Про захист тварин від жорстокого поводження» згідно з директивою Ради ЄС 2010/63EU про дотримання постанов, законів, адміністративних положень Держав ЄС з питань захисту тварин, які використовуються з науковою метою [9,10].

Ендоваскулярне опромінення проводили щоденно за допомогою універсального апарату лазерного опромінювання АЛОУ-2 з потужністю на виході 2мВт/см² Тривалість опромінення - 10 хвилин, кількість сеансів - 7.

Температуру рогівки вимірювали точковим датчиком медичного напівпровідникового електротермометра ТЕМП-61. Виміри проводили в 5 точках: в центрі і в 4 точках безпосередньо біля лімба — дорсально, вентральна, медіально і латерально. Термотопографію вивчали протягом 4 днів підряд до операції, безпосередньо після неї з наступним щоденним вимірюванням температури рогівки у перші десять післяопераційних днів, а далі на 12, 15, 20, 25, 30 добу після операції. Усі виміри проводились під місцевою анестезією в строгій послідовності точок виміру в одному і тому ж приміщенні з температурою повітря 20–22 градуси при однаковому освітленні. Перед початком виміру температури датчик прогрівали на шкірі повіки. Для контролю використано 8 тварин (16 очей). Контрольним тваринам проводили аналогічну операцію і виміри температури з тією різницею, що діатермокоагуляцію склери проводили, відступаючи на 3–4 мм від вихрових вен. Отримані цифрові дані опрацьовували статистично з використанням критерію Стюдента.

З метою проведення забору матеріалу дослідження, тварин присипляли внутрішньоочеревинним введенням тіопенталу (з розрахунку 25 мг/кг) у різні терміни після операції з наступним заповненням їх судинного русла сумішшю гліцерин-коларгол (1:1) з метою вивчення морфологічної картини судин ока в післяопераційному періоді.

Результати та їх обговорення

На підставі проведених досліджень і отриманих результатів встановлено, що за фізіологічних умов температура рогівки ока кроля знаходиться в таких межах: лімба (30,6±0,8) градусів, в центрі рогівки (29,4±0,5) градусів. Температура лімба перевищує температуру центра рогівки на (1,2±0,3) градуса. Таку особливість термотопографії ока інтактних тварин, на нашу думку, можна пояснити різницею між добре забезпеченою судинами склерою поблизу лімбу і безсудинним центром, де на температуру рогівки впливає рух камерної вологи. За умов експериментального венозного застою в динаміці термотопографії рогівки можна виділити чотири періоди : 1 - період різкого підвищення температури рогівки відразу ж після операції; 2 - період прогресивного зниження температури рогівки з 1 до 6–7 доби післяопераційного періоду; 3 - відновлювальний період з 7–8 до 12 доби після операції; 4 - період стабілізації температури рогівки на тому чи іншому рівні, що відповідає новим умовам кровообігу в очному яблуці (табл.1).

Зразу ж після коагуляції вихрових вен ока різко зростала температура як в ділянці лімба, так і в центрі рогівки, що пов'язано, на нашу думку, з гострим порушенням відтоку венозної крові. Починаючи з першої і до сьомої доби післяопераційного періоду, спостерігалось зниження температури рогівки. Проведені в цей час морфологічні дослідження виявили зміни, які в основному характеризувались значною деструкцією судинного русла переднього сегменту очного яблука. Судинна сітка всієї райдужної оболонки значно розріджувалась, просвіт її судин, навіть великих, звужувався, практично атрофувались артеріоло-венозні петлі біля її знічного краю. Різного ступеня атрофії зазнають і війкові відростки, набувши атипічної форми. Найбільшої інтенсивності деструктивні процеси досягають у вентральній та дорсальній частині райдужки. В цих ділянках капілярне русло війкових відростків виявилось повністю атрофованим. Вище описані деструктивні зміни в судинному руслі переднього сегменту очного яблука, можливо, стали причиною зниження інтенсивності утворення камерної вологи. Таким чином, зниження температури рогівки у другому періоді обумовлено, на нашу думку, двома факторами: первинним -зниженням інтенсивності кровотоку в судинах райдужки та війкового тіла і вторинним- зниженням інтенсивності руху камерної

Таблиця 1

Динаміка температурних показників переднього сегменту очного яблука за умов експериментального венозного застою та лазеротерапії

Тривалість спостережень	Кількість очей			Середня температура лімбу, M±m			Температура в центрі рогівки, M±m		
	венозний застій	лазеротерапія	контроль	венозний застій	Лазеротерапія	Контроль	венозний застій	лазеротерапія	контроль
До операції	60	30	16	30,6°±0,8	30,6°±0,6	30,7°±0,8	29,4°±0,5	29,4°±0,4	29,4°±0,1
Після операції	60	30	16	36,2°±0,4*	36,4°±0,7*	30,8°±0,9	33,2°±0,3*	33,6°±0,1*	29,7°±0,8
1 доба	60	30	16	32,2°±0,6*	32,1°±0,3*	30,8°±0,6*	29,0°±0,7*	29,1°±0,1*	29,4°±0,4
2 доба	60	30	16	29,4°±0,3*	29,7°±0,7*	30,7°±0,1	28,4°±0,1*	28,6°±0,3*	29,4°±0,3
3 доба	60	30	16	29,1°±0,1*	29,3°±0,4*	30,6°±0,8	26,3°±0,6*	27,8°±0,3*	29,4°±0,9
4 доба	60	30	16	29,0°±0,2*	29,3°±0,5*	30,7°±0,7	26,4°±0,7*	27,8°±0,3*	29,4°±0,1
5 доба	60	30	16	28,6°±0,1*	29,4°±0,4*	30,7°±0,1	26,0°±0,3*	27,9°±0,6*	29,4°±0,7
6 доба	60	30	16	28,4°±0,7*	29,4°±0,6*	30,6°±0,6	26,1°±0,3*	27,9°±0,3*	29,4°±0,1
7 доба	60	30	16	28,4°±0,1*	29,7°±0,1*	30,6°±0,8	25,1°±0,8*	27,8°±0,8*	29,5°±0,1
8 доба	60	30	16	28,5°±0,6*	29,7°±0,3*	30,6°±0,8	25,8°±0,5*	28,2°±0,6*	29,4°±0,8
9 доба	60	30	16	28,9°±0,6*	30,2°±0,1*	30,8°±0,1	25,8°±0,7*	28,6°±0,3*	29,5°±0,8
10 доба	60	30	16	28,7°±0,9*	30,3°±0,3*	30,6°±0,4	26,5°±0,2*	29,1°±0,1*	29,4°±0,3
12 доба	60	30	16	29,2°±0,5*	30,3°±0,1*	30,6°±0,1	27,4°±0,9*	28,9°±0,3*	29,4°±0,5
15 доба	60	30	16	29,3°±0,5*	30,1°±0,7*	30,7°±0,3	27,5°±0,4*	29,0°±0,3*	29,3°±0,1
20 доба	60	30	16	29,3°±0,1*	30,2°±0,1*	30,6°±0,8	27,5°±0,7*	29,0°±0,2*	29,4°±0,1
25 доба	60	30	16	29,1°±0,5*	30,2°±0,4*	30,6°±0,3	27,4°±0,5*	28,9°±0,4*	29,5°±0,1
30 доба	60	30	16	29,2°±0,6*	30,2°±0,1*	30,6°±0,7	27,4°±0,8*	28,9°±0,3*	29,4°±0,3

Подальші морфологічні дослідження на 8-12 добу після операції не виявили значного поглиблення деструктивних процесів в судинному руслі переднього сегменту очного яблука. Компенсаторні ж процеси, що характеризуються розвитком колатеральних шляхів відтоку венозної крові та розширенням усіх компонентів судинного русла райдужки і війкових відростків, в цей період набувають інтенсивного розвитку. В першу чергу колатеральні шляхи розвиваються в ділянці лімбу рогівки. При цьому настає різке розширення трансклеральних анастомозів та всього венозного сплетення лімбу. Пов'язане з цим збільшення інтенсивності кровотоку в даній ділянці приводить до підвищення температури в передньому сегменті очного яблука (відновлювальний період). Новоутворені колатералі, на нашу думку, до певної міри сприяють нормалізації кровообігу в судинному руслі переднього сегменту очного яблука, але це не приводить до відновлення вже зруйнованих та атрофованих ділянок судинного русла райдужки та війкових відростків і тому те-

мпература рогівки у період її стабілізації в жодному з експериментів не досягла доопераційного рівня.

За умов щоденного проведення сеансів ендovasкулярного лазерного опромінення крові після коагуляції вихрових вен ока в динаміці термотопографії рогівки також спостерігались чотири періоди. Але тривалість другого періоду, тобто періоду прогресивного зниження температури рогівки, зменшувалась на 3-4 доби. Морфологічні дослідження судинного русла проведені за вказаних умов підтвердили явну перевагу компенсаторних процесів над деструктивними в судинному руслі переднього сегменту очного яблука вже в ранні терміни експерименту. Компенсаторні процеси в першу чергу проявлялись збільшенням кількості та діаметру трансклеральних анастомозів в ділянці лімбу рогівки. Великі трансклеральні анастомози стали основними шляхами відтоку венозної крові вже в ранні терміни експериментального венозного застою, що сприяло нормалізації кровообігу в судинному руслі переднього сегменту оч-

ного яблука і попередило розвиток значних деструктивних змін в його судинному руслі. Це зумовило відновлення нормальної продукції водянистої вологи війковими відростками і тому термотопографія рогівки в період стабілізації наближалась в наших дослідках до фізіологічних показників. Контрольне введення наркозу та контрольна коагуляція склери не приводили до зміни температури рогівки очного яблука.

Наведені нами данні дозволяють стверджувати, що температура рогівки, виміряна електро-термометром в її різних точках при дотриманні однакових умов виміру, може служити показником зміни інтенсивності кровообігу в очному яблуці за умов венозного застою та лазеротерапії. Визначення температури рогівки має свої переваги перед визначенням її на інших ділянках в зв'язку з відсутністю тут великих судин. Останнє усуває похибки, пов'язані з встановленням датчика в ділянці більш чи менш наближеній до великих судин. Крім цього, доступність вимірів не

приводить до травмування ока і дозволяє проводити багаторазові дослідження

Підсумок

Термометричний контроль дозволяє опосередковано, кількісно, в динаміці оцінити морфофункціональні зміни в судинному руслі очного яблука. Температурний контроль є високочутливим і достатньо інформативним для оцінки ефективності лазеротерапії за умов венозного застою в очному яблуці:

Перспективи подальших розробок пов'язані з вивченням ефективних методів скринінг-діагностики, які дозволяють визначити ступінь активності патологічного процесу при венозному застою в очному яблуці, прогнозувати його перебіг і оцінювати ефективність консервативної терапії з метою розробки безпечніших протоколів лікування.

Інформація про конфлікт інтересів

Потенційних або явних конфліктів інтересів, що пов'язані з цим рукописом, на момент публікації не існує та не передбачається.

Літературні джерела References

1. Guliás-Cañizo R, Alonso-Caneiro D. Applications of Infrared Thermography in Ophthalmology. *Life*. 2023;13(3):723. doi: 10.3390/ life13030723.
2. Leshno A, Rosen S, et al. Ocular surface temperature differences in glaucoma. *European Journal of Ophthalmology*. 2022;32(1):67–72. doi: 10.1177/11206721211023723.
3. Pidvalna UE. [Morphological features of the organ of vision under pathological conditions]. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Series: Medicine*. 2013;(3):244–8. Ukrainian.
4. Modrzejewska A, Wierzbowska J. Thermography in clinical ophthalmic oncology. *Arq Bras Oftalmol*. 2025;88(2):120–7. doi: 10.5935/0004-2749.20210004.
5. Kawali A, Mahendradas P, et al. Quantitative and comparative analysis of thermography parameters in posterior scleritis, choroiditis, and controls. *Indian J Ophthalmol*. 2024;72(1):55–61. doi: 10.4103/IJO.IJO_2830_23.
6. Veyssat D, Bouchard A. Interferometric

thermometry of ocular tissues for retinal laser therapy. *Biomed Opt Express*. 2022;13(12):4820–35. doi: 10.1364/BOE.475705.

7. Manna P, Karmakar S. Accommodative spasm and its different treatment approaches: A systematic review. *Eur J Ophthalmol*. 2023. doi: 10.1177/11206721221136438.

8. Guliás-Cañizo R, López-López M. Infrared thermography in cataract surgery: postoperative evaluation and complication prevention. *Life*. 2023;13(3):725. doi: 10.3390/ life13030725.

9. European Convention for the Protection of Vertebrate Animals Used for Experimental and Other Scientific Purposes. Strasbourg: Council of Europe. 1986;123:52. Available from: <https://rm.coe.int/168007a67b>.

10. Directive 2010/63/EU of the European Parliament and of the Council of 22 September 2010 on the Protection of Animals Used for Scientific Purposes. *Off J Eur Union*. 2010;53(L276):33–79.

Танчин І.А., Подолук М.В., Савка І.І. Термотопографія рогівки очного яблука кроля при порушенні венозної гемодинаміки та лазеротерапії.

РЕФЕРАТ. Актуальність. Термометричні та термографічні методи дослідження відіграють важливу роль в діагностиці офтальмологічних захворювань. Термометрія та термографія є одним із методів скринінг-діагностики, які дозволяють визначити ступінь активності патологічного процесу, виявити рецидиви захворювання на різних етапах, прогнозування його перебіг і оцінювати ефективність консервативного лікування. **Мета.** Вивчити можливість застосування термометричного методу дослідження для ранньої діагностики, контролю ефективності лазеротерапії венозного застою в очному яблуці. **Методи.** Експерименти проведено на 45 кролях різної статі, віком 7–8 місяців, масою тіла 2,5–3,0 кг, у яких венозний застій викликали методом діатермокоагуляції вихрових вен ока під тіопенталовим наркозом. Ендоваскулярне

опромінення проводили щоденно за допомогою універсального апарату лазерного опромінення АЛОУ-2. Температуру рогівки вимірювали точковим датчиком медичного напівпровідникового електротермометра ТЕМП-61. **Результати.** Встановлено, що температурний контроль дозволяє опосередковано, кількісно, в динаміці оцінити морфо- функціональні зміни в судинному руслі ока. Температура рогівки, виміряна електротермометром в її різних точках при дотриманні однакових умов виміру, може служити показником зміни інтенсивності кровообігу в очному яблуці за умов венозного застою та лазеротерапії. **Висновки.** Термометричний контроль є високочутливим і достатньо інформативним для оцінки ефективності лазеротерапії за умов венозного застою в очному яблуці.

Ключові слова: венозний застій, термометрія рогівки, лазеротерапія.