Огляд літератури

Тест контрастної чутливості CSV-1000E в оцінці функціонального зору: огляд літератури

Вікторія Гаврилів [1,2], **Юрій Лазарь** [1,3], канд. мед. наук, **Тарас Гаврилів** [2], доктор філософії (PhD)

[1] Спеціалізований офтальмологічний центр Kopf Eye Clinic, м. Ужгород, Україна
[2] КНП «Обласний клінічний центр нейрохірургії та неврології» ЗОР, м. Ужгород, Україна
[3] Офтальмологічний центр GlazCo (ТОВ «Прайм Медікал»), м. Одеса, Україна

CSV-1000E contrast sensitivity test in the assessment of functional vision: a review

Viktoriia Havryliv [1,2], **Yurii Lazar** [1,3], **Taras Havryliv** [2]

[1] Kopf Eye Clinic, Uzhhorod (Ukraine)
[2] Regional Clinical Center of Neurosurgery and Neurology, Uzhhorod (Ukraine)
[3] Eye Center GlazCo (Prime Medical LLC), Odesa (Ukraine)

Резюме

Мета. *Узагальнити сучасні дані щодо застосування стандартизованого тесту CSV-1000E для оцінки контрастної чутливості та функціонального зору при офтальмологічних і нейроофтальмологічних станах, а також проаналізувати його клінічні можливості, відтворюваність, обмеження та фактори, що впливають на результати тестування.*

Методи. *Проведено цільовий огляд сучасної літератури з акцентом на публікації 2015–2026 рр. та окремі фундаментальні роботи попередніх років. Проаналізовано застосування CSV-1000E при глаукомі, амбліопії, катаракті, високій міопії, після рефракційних втручань та імплантації інтраокулярних лінз, а також дані щодо клінічного значення оцінки контрастної чутливості при інших офтальмологічних і нейроофтальмологічних станах.*

Результати. *CSV-1000E забезпечує кількісну оцінку контрастної чутливості на 3, 6, 12 і 18 cpd. Тест дає змогу виявляти зниження контрастної чутливості навіть за відносно збереженої гостроти зору, а також оцінювати функціональні зміни після хірургічних і рефракційних втручань. Тест забезпечує стандартизоване підсвічування та контрольовані умови тестування і може застосовуватись у клінічних дослідженнях та офтальмологічній практиці.*

Висновки. *CSV-1000E є стандартизованим психофізичним інструментом кількісної оцінки контрастної чутливості, що доповнює визначення гостроти зору та може використовуватися для виявлення і моніторингу функціональних зорових порушень.*

Ключові слова: *контрастна чутливість, функціональний зір, CSV-1000E, якість зору, фотопічні умови, мезопічні умови.*

Abstract

Purpose. *To summarize current evidence on the use of the standardized CSV-1000E test for the assessment of contrast sensitivity (CS) and functional vision in ophthalmic and neuro-ophthalmic disorders, and to review its clinical utility, test-retest reliability, limitations, and factors affecting test results.*

Methods. *A targeted review of contemporary literature was conducted, with emphasis on publications from 2015 onwards and selected foundational studies from earlier years. Data on the use of the test in glaucoma, amblyopia, cataract,*

DOI: https://doi.org/10.31288/Ukr.j.ophthalmol.202656068
UDC: 617.7-072.7(048.8)

Corresponding author: Viktoriia M. Havryliv, Ophthalmologist, Kopf Eye Clinic, Uzhhorod, Ukraine, 88000; Regional Clinical Center of Neurosurgery and Neurology, Uzhhorod, Ukraine.

Received 2026-07-23
Accepted 2026-09-21

Cite this article as: Havryliv VM, Lazar YuM, Havryliv TS. CSV-1000E contrast sensitivity test in the assessment of functional vision: a review. Ukr. j. ophthalmol. 2026;5:60-68

This is an open access article under the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license

© The Authors, 2026

high myopia, after refractive procedures and intraocular lens implantation were reviewed, together with evidence on the clinical relevance of CS assessment in other ophthalmic and neuro-ophthalmic conditions.

Results. *The CSV-1000E provides quantitative assessment of CS at 3, 6, 12, and 18 cycles per degree. The test can detect reduced CS despite relatively preserved visual acuity and can be used to assess functional changes after cataract surgery and refractive procedures. The test provides standardized illumination and controlled testing conditions and can be used both in clinical research and ophthalmic practice.*

Conclusion. *CSV-1000E is a standardized psychophysical tool for the quantitative assessment of contrast sensitivity. It complements conventional visual acuity testing and may be useful for detecting and monitoring visual dysfunction.*

Keywords: *contrast sensitivity, functional vision, CSV-1000E, quality of vision, photopic conditions, mesopic conditions.*

Вступ

Функціональний зір є інтегральним показником ефективності зорової системи, що характеризує здатність пацієнта виконувати візуальні завдання в умовах, наближених до реальних. На відміну від традиційного вимірювання гостроти зору, яке оцінює здатність ока розрізняти деталі за умов високого контрасту, функціональний зір (functional vision) описує те, наскільки людина може використовувати зорову інформацію у повсякденному житті.

У міжнародній офтальмологічній та реабілітаційній літературі цей підхід відрізняють від поняття зорових функцій (visual functions), до яких належать гострота зору, поле зору, кольоросприйняття, контрастна та просторова чутливість. Функціональний зір розглядається як практична реалізація цих функцій під час виконання повсякденних завдань.

Такий підхід представлений, зокрема, у документах International Council of Ophthalmology (ICO), моделі Colenbrander та міжнародних класифікаціях функціонування, а також використовується в сучасних дослідженнях зорової функції та її впливу на повсякденну діяльність. [1, 2].

Контрастно-просторова чутливість (Contrast Sensitivity Function, CSF) є кількісною характеристикою: поріг виявлення залежить не лише від рівня контрасту, а й від просторової частоти стимулу, а також від залученої ланки зорової системи – фото-/мезо-/скотопічної; центральної/периферичної сітківки; P- і M-каналів [3, 4, 5, 6, 7].

Контрастна чутливість (КЧ) характеризує здатність зорової системи розрізняти об'єкт і фон за різницею яскравості та залежить від оптичних властивостей ока й нейросенсорної обробки сигналу сітківкою та зоровими шляхами [8]. На відміну від стандартної висококонтрастної гостроти зору, оцінка КЧ може виявляти функціональні порушення, які не відображаються під час звичайного візометричного тестування. При глаукомі зниження КЧ може спостерігатися вже на ранніх стадіях і посилюватися зі збільшенням вираженості дефекту поля зору [9, 10]. При неоваскулярній ВМД знижена КЧ може відображати функціональні обмеження навіть за відносно збереженої найкращої коригованої гостроти зору [11], а при цукровому діабеті порушення КЧ описані за мінімальної або відсутньої клінічно значущої ретинопатії [12]. Зміни КЧ також виявляються при катаракті та можуть використовуватися для оцінки якості зору після імплантації інтраокулярних лінз [13, 14]. Вимірювання КЧ у клінічній практиці потребує застосування стандартизованих методів для забезпечення відтворюваності результатів. CSV-1000E дозволяє кількісно оцінювати КЧ на просторових частотах 3, 6, 12 і 18 cpd. Стандартизовані умови тестування та контроль освітлення зменшують вплив зовнішніх факторів на результати вимірювання та дозволяють застосовувати тест у клінічних дослідженнях і офтальмологічній практиці [15, 16].

Метою цього огляду є узагальнити сучасні дані щодо застосування стандартизованого тесту CSV-1000E для оцінки КЧ та функціонального зору при офтальмологічних і нейроофтальмологічних станах, а також проаналізувати його клінічні можливості, відтворюваність, обмеження та фактори, що впливають на результати тестування.

Методи пошуку літератури

Пошук літератури проводили в базах PubMed/MEDLINE, Scopus та Web of Science за період із січня 2015 р. до серпня 2026 р. Для методологічного контексту додатково включали окремі фундаментальні роботи попередніх років. Пошук здійснювали з використанням комбінацій термінів: «contrast sensitivity», «contrast sensitivity function», «CSV-1000», «CSV-1000E», «functional vision», а також клінічних ключових слів «glaucoma», «amblyopia», «cataract», «age-related macular degeneration», «myopia», «intraocular lens», «refractive surgery», «traumatic brain injury» та «optic neuritis» із застосуванням логічних операторів AND та OR.

До основного клінічного аналізу включали оригінальні дослідження, у яких КЧ оцінювали стандартизованими методами, з основним акцентом на CSV-1000/CSV-1000E, за умови достатнього опису протоколу тестування, характеристик вибірки та результатів. Дослідження з використанням інших стандартизованих методів оцінки КЧ включали, якщо вони мали значення для порівняння методик або оцінки клінічної ролі КЧ загалом. Методологічні, фундаментальні та оглядові публікації залучали окремо для обґрунтування принципів оцінки КЧ та інтерпретації результатів.

Критерії включення:

• оригінальні дослідження із застосуванням стандартизованих методів оцінки КЧ;

• достатній опис методики, умов тестування, характеристик вибірки та результатів;

• публікації у рецензованих наукових виданнях із доступними даними, достатніми для аналізу.

Критерії виключення:

• використання нестандартизованих або невалідованих методик оцінки КЧ;

• недостатній опис методології дослідження;

• публікації без релевантних первинних клінічних даних.

Патофізіологічні аспекти контрастної чутливості

Контрастна чутливість є інтегральним показником роботи оптичної та нейросенсорної систем зору, який визначає здатність пацієнта виявляти різницю яскравості між об'єктом і фоном при різних просторових частотах стимулу [3, 4, 5, 17]. Просторова частота вимірюється у циклах на градус зорового поля (cycles per degree, cpd) і визначає розмір та кількість повторюваних елементів зображення, а також коливання синусоїдних смуг з різною частотою.

Нормальна функція КЧ характеризується перевернутою U-подібною функцією контрастної чутливості (CSF): найвища чутливість спостерігається на середніх просторових частотах (близько 4–6 cpd), тоді як на низьких та високих частотах вона зменшується [6, 7].

Ця крива формується внаслідок сукупного впливу оптичних факторів (дифракція, аберації, розсіювання світла) та нейронної обробки зображення в сітківці й центральних відділах зорової системи [8].

Патологічні стани, що впливають на оптичну якість або нейросенсорну обробку сигналу, призводять до зміни або деформації CSF:

• при глаукомі спостерігається зниження КЧ на різних просторових частотах, більш виражене зі збільшенням тяжкості функціонального дефекту [9, 10];

• при віковій макулярній дегенерації може спостерігатися зниження КЧ, зокрема в середньо- та високочастотному діапазоні [11];

• катаракта зменшує КЧ у всьому діапазоні просторових частот унаслідок розсіювання світла та зниження модуляції зображення [3, 14]. Оцінка КЧ дозволяє характеризувати якість зору після хірургії катаракти та імплантації ІОЛ додатково до стандартної візометрії. Показники КЧ після імплантації ІОЛ можуть залежати від оптичного дизайну лінзи та умов тестування [18]. CSV-1000E застосовували для оцінки КЧ після імплантації різних типів мультифокальних та [19, 20, 21]. У дослідженні Huang et al. після мікроінвазивної хірургії катаракти з імплантацією асферичної монофокальної ІОЛ контрастна чутливість, визначена за допомогою CSV-1000E на 3, 6, 12 і 18 cpd, статистично значуще покращилася після операції та залишалася підвищеною протягом однорічного спостереження [22];

• при амбліопії зниження КЧ може зберігатися навіть за відносно високої гостроти зору, а характер порушень залежить від клінічного варіанта амбліопії [23,24,25,26];

• при розсіяному склерозі (MS), продемонстровано порушення зорових функцій, що асоціюються зі структурними змінами сітківки, зокрема потоншенням шару нервових волокон сітківки (RNFL), та іншими показниками нейродегенерації [27, 28, 29,30];

• при ідіопатичній внутрішньочерепній гіпертензії виявлено дефіцит як центральної, так і периферичної КЧ з покращенням після лікування [31];

• CSV-1000E продемонстрував певну узгодженість з альтернативними методами оцінки КЧ, однак результати різних тестів не слід вважати безпосередньо взаємозамінними [32,16];

• при оптичному невриті просторові показники КЧ суттєво знижуються [33];

• за компресійних уражень передніх відділів зорового шляху спостерігається зниження КЧ в широкому діапазоні просторових частот; після хірургічного лікування вона покращується, однак залишковий дефіцит може зберігатися [34].

Освітлення істотно впливає на КЧ: при переході від фотопічних до мезопічних умов показники КЧ можуть знижуватися, особливо у високочастотному діапазоні [35].

Таким чином, КЧ є чутливим параметром, який відображає як оптичний, так і нейросенсорний стан зорової системи, а її оцінка дозволяє виявляти субклінічні зміни, що не визначаються стандартними тестами гостроти зору.

Методологія вимірювання контрастної чутливості

Вимірювання КЧ дозволяє кількісно оцінювати здатність зорової системи розрізняти низькоконтрастні стимули на різних просторових частотах [3,5].

У клінічній практиці для визначення КЧ застосовують низку стандартизованих методів, зокрема CSV-1000E, VCTS-6500, FACT та сучасні цифрові платформи [36,37,38,39,32,16]. Порівняльні дослідження чутливості методів КЧ у модельованих умовах погіршення зору (60 здорових добровольців; CSV-1000E проти quick CSF) показали нижчу відтворюваність і більше outlier-ів для CSV-1000E порівняно з quick CSF [36]. Тести просторової КЧ ґрунтуються на використанні синусоїдальних ґраток із контрольованим зниженням контрасту на різних просторових частотах. Серед найбільш поширених інструментів – CSV-1000E, оснащений системою автоматично каліброваного підсвічування, що забезпечує стандартизовану яскравість тестового поля 85 кд/м² для фотопічного тестування. Мезопічне тестування при яскравості близько 3 кд/м² проводять із застосуванням спеціальних нейтральних мезопічних фільтрів, які знижують яскравість тестового стимулу до відповідного рівня.

В окремих дослідженнях КЧ оцінювали також у скотопічних умовах із застосуванням методик, адаптованих до низьких рівнів яскравості [35,40]. Таке тестування передбачає адаптацію до низького рівня освітленості та дозволяє оцінювати зорові функції за умов, відмінних від стандартного фотопічного тестування.

Окремі дослідження оцінювали КЧ за умов зниженої освітленості та засліплення (glare). Порівнювали скотопічну та мезопічну КЧ із засліпленням [40], мезопічну КЧ за наявності та відсутності засліплення [41], а також вплив різних рівнів засліплення у фотопічних і мезопічних умовах [42]. Мезопічне засліплення також досліджували у пацієнтів із початковими змінами кришталика [43]. Такі протоколи дозволяють оцінювати аспекти якості зору, які можуть недостатньо відображатися під час стандартного фотопічного тестування.

Технічні та клінічні характеристики CSV-1000E наведені в таблиці 1.

Використання CSV-1000E характеризується варіабельністю результатів при повторному тестуванні [15,44]. Тому при динамічному спостереженні важливим є дотримання стандартизованих умов тестування, зокрема рівня освітлення, тестової відстані та протоколу проведення дослідження.

Клінічне застосування CSV-1000E

CSV-1000E застосовували для оцінки КЧ при низці офтальмологічних станів. При глаукомі, зокрема первинній відкритокутовій, дослідження продемонстрували зниження КЧ в різних діапазонах просторових частот, яке може спостерігатися навіть за відносно збереженої гостроти зору [9,10]. У роботі Kim та співавт. показники CSV-1000E істотно не відрізнялися при використанні трьох джерел освітлення з різним індексом кольоропередачі за однакової освітленості [9].

При амбліопії зниження КЧ може зберігатися навіть за відносно високої гостроти зору, а характер порушень залежить від клінічного варіанта амбліопії [23, 24, 25, 26]. Дослідження Jia та колег підтвердило, що у хворих із рефракційною амбліопією навіть після лікування залишалися знижені показники КЧ, особливо у високочастотній зоні, що відображає незавершену нейросенсорну адаптацію [23]. Подібні відмінності КЧ при анізометропічній амбліопії описані Mohammadi та співавт. при застосуванні інших психофізичних методів тестування [26]. Додаткове значення для комплексної оцінки функціонального зору можуть мати й інші психофізичні показники. Зокрема, у дослідженні В. А. Коломієць, М. Ю. Бандури та Н. В. Коломієць у пацієнтів із гіперметропічним астигматизмом продемонстровано особливості меридіональної монокулярної та бінокулярної гостроти зору, що підкреслює багатокомпонентний характер оцінки зорових функцій [46].

При катаракті та післяопераційних станах оцінка КЧ використовується для характеристики якості зору, що виходить за межі показників стандартної гостроти зору. Eppig та співавт. використали індекс контрастної чутливості (ICS) для порівняння функціональних результатів при різних дизайнах IOL [47]. CSV-1000E також застосовували для оцінки КЧ після імплантації різних типів IOL та після хірургії катаракти [19,20,21,22].

Зниження КЧ може відображати функціональні порушення при ВМД, які не повністю характеризуються

Таблиця 1. Технічні та клінічні характеристики тесту CSV-1000E за даними опублікованих досліджень [15, 16, 32, 44, 45]

Параметр	Характеристика
Тип стимулу	Синусоїдальні ґратки
Просторові частоти (cpd)	3, 6, 12, 18
Кількість рівнів контрасту	8 рівнів на кожній частоті
Тип підсвічування	Автоматично каліброване підсвічування – 85 кд/м²
Умови тестування	Стандартно фотопічні (85 кд/м²); мезопічне тестування (≈3 кд/м²) можливе із застосуванням спеціальних нейтральних мезопічних фільтрів.
Відстань тестування	2,5 м (стандартно), адаптація для близької відстані при необхідності
Тривалість тесту	2–4 хвилини
Стандартизація	Автоматично каліброване підсвічування, стандартизація умов тестування
Відтворюваність	Варіабельна; залежить від просторової частоти та стандартизації умов тестування
Основні сфери клінічного застосування	Глаукома, амбліопія, катаракта та ІОЛ, висока міопія; дослідницьке застосування при інших офтальмологічних і нейроофтальмологічних станах
Переваги	Стандартизовані умови тестування, оцінка КЧ на чотирьох просторових частотах, відносно коротка тривалість тестування
Обмеження	Тест-ретестова варіабельність, залежність результатів від умов тестування та відповіді пацієнта, обмежений набір просторових частот, необхідність спеціалізованого обладнання

стандартною оцінкою гостроти зору. У дослідженні Rossouw et al. у пацієнтів із двобічною неоваскулярною ВМД контрастна чутливість, оцінена за допомогою таблиці Pelli – Robson, тісно корелювала з показниками пов'язаної із зором якості життя [11]. Водночас ці результати характеризують клінічну значущість оцінки КЧ при ВМД загалом і не можуть безпосередньо екстраполюватися на тест CSV-1000E.

Висока міопія також асоціюється зі зниженням КЧ, особливо у присутності змін у склоподібному тілі та сітківці. Zhao та співавт. виявили, що у пацієнтів з частковим відшаруванням задньої гіалоїдної мембрани знижені показники КЧ у мезопічних умовах, що можна пояснити порушенням передачі світла та розсіюванням у зміненому склоподібному тілі [48].

КЧ також досліджували при обструкції слізних шляхів. Tasaki et al. продемонстрували зниження КЧ, ймовірно пов'язане з оптичними аберраціями, зумовленими змінами слізної плівки на поверхні рогівки [49]. Після відновлення прохідності слізних шляхів показники КЧ покращувалися [50].

На рис. 1 наведено репрезентативні просторово-частотні профілі КЧ, сформовані за даними окремих опублікованих досліджень із застосуванням CSV-1000E. Вони ілюструють відмінності характеру зниження КЧ залежно від досліджуваного стану та не призначені для прямого статистичного порівняння між нозологіями. У здорових пацієнтів спостерігається типовий пік чутливості при 6–12 cpd. При глаукомі переважне зниження відбувається у високочастотному діапазоні (12–18 cpd), тоді як при віковій макулярній дегенерації втрата чутливості є більш вираженою у середньо- та високочастотних зонах. Амбліопія характеризується помірним зниженням чутливості в середньо- та високочастотному діапазоні, катаракта – глобальним зниженням чутливості з більш вираженим впливом на високі частоти.

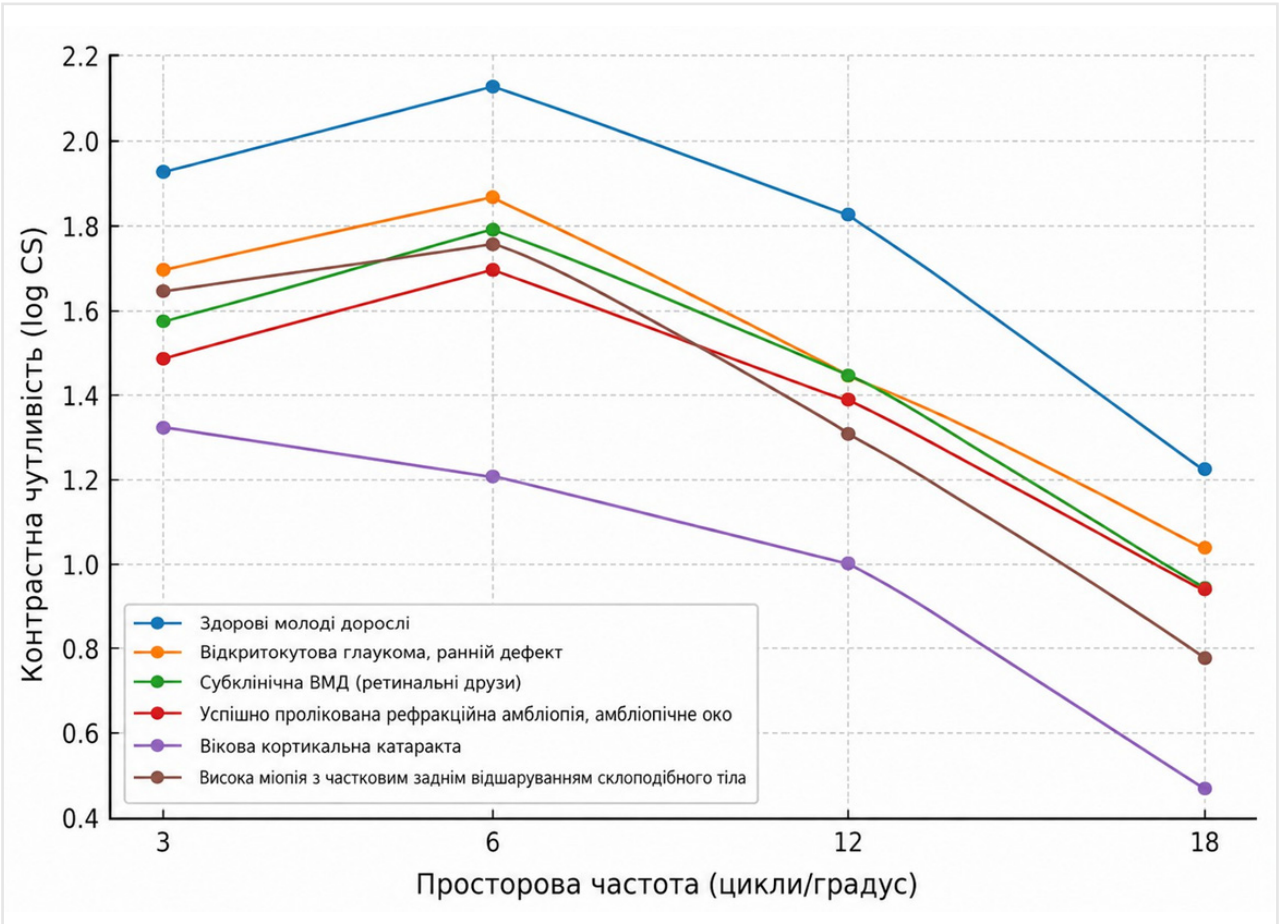

Рис. 1. Репрезентативні просторово-частотні профілі контрастної чутливості (log CS) при різних офтальмологічних станах. Рисунок побудовано авторами за опублікованими даними: здорові молоді дорослі – Koefoed et al. [45]; відкритокутова глаукома з раннім дефектом поля зору – Bambo et al. [10]; субклінічна вікова макулярна дегенерація з дрібними ретинальними друзами – Davey et al. [54]; успішно пролікована рефракційна амбліопія, амбліопічне око – Jia et al. [23]; вікова кортикальна катаракта – Peng et al. [55]; висока міопія з частковим заднім відшаруванням склоподібного тіла – Zhao et al. [48]. Наведені профілі, отримані в окремих незалежних дослідженнях, мають ілюстративний характер і не призначені для прямого статистичного порівняння між клінічними групами. У наведеному профілі здорових молодих дорослих максимум КЧ припадає на 6 cpd, як показано на графіку

Порушення КЧ описані у пацієнтів після ЧМТ, однак у різних дослідженнях застосовували неоднакові методи її оцінки. Rasdall et al. використовували таблицю Pelli – Robson і виявили статистично значуще зниження КЧ в осіб із хронічною легкою ЧМТ [51]. У дослідженні Lemke et al. просторову КЧ оцінювали на частотах 3, 6, 12 і 18 cpd; серед 53 обстежених 11 (21%) мали показники, нижчі більш ніж на 2 SD від нормативних значень [52]. У педіатричному дослідженні Verejan для оцінки КЧ використовували онлайн-тест VCSTest.com; після травми голови було виявлено її зниження з тенденцією до відновлення протягом наступних місяців [53]. Таким чином, наявні дані підтверджують можливість порушення КЧ після ЧМТ, однак результати досліджень із застосуванням інших методів оцінки не можуть безпосередньо екстраполюватися на CSV-1000E.

Таким чином, оцінка КЧ є важливим доповненням до стандартної візометрії при різних офтальмологічних і нейроофтальмологічних станах. CSV-1000E забезпечує стандартизовану оцінку просторової КЧ та може використовуватися як додатковий інструмент функціональної оцінки зору. Водночас результати, отримані за допомогою різних тестів КЧ, не є безпосередньо взаємозамінними, що необхідно враховувати при їх клінічній інтерпретації.

Відтворюваність, валідність та фактори, що впливають на результати тестування

Дані щодо тест-ретестової відтворюваності CSV-1000 є неоднозначними. Kelly та співавт. (2012) [15] показали низьку надійність тесту у дорослих і дітей за стандартного рекомендованого протоколу, причому використання того самого дослідника не забезпечувало суттєвого покращення. Pomerance та Evans [44] показали, що зміни КЧ після β-блокаторної терапії глаукоми перевищували тест-ретестову варіабельність CSV-1000 на більшості досліджених просторових частот, що свідчить про потенційну придатність тесту для моніторингу динаміки за стандартизованих умов.

Порівняльні дослідження свідчать, що результати різних тестів КЧ можуть суттєво відрізнятися через відмінності у стимулах, просторових частотах та умовах тестування; тому результати різних методик не слід вважати взаємозамінними [37, 6, 32, 16]. Franco та співавт. [32] безпосередньо порівняли VCTS-6500 і CSV-1000 у 105 здорових осіб (вік 19–26 років).

Клінічна інформативність CSV-1000E підтверджується його здатністю виявляти зміни КЧ при різних патологічних станах. При глаукомі дослідження із застосуванням CSV-1000E продемонстрували зниження КЧ на різних просторових частотах [9,10]. При двобічній неоваскулярній ВМД КЧ, оцінена іншим стандартизованим методом (Pelli – Robson), демонструвала тісний зв'язок із показниками пов'язаної із зором якості життя [11]; ці дані підтверджують клінічну значущість оцінки КЧ загалом, але не є прямою валідацією CSV-1000E.

На результати тестування можуть впливати численні фактори. Одним із них є рівень освітлення: зміна яскравості та умов адаптації може змінювати показники КЧ [35]. Стандартизоване підсвічування CSV-1000E сприяє контролю цього джерела варіабельності, тому при повторних вимірюваннях важливо дотримуватися однакових умов тестування та рекомендацій виробника.

Вік пацієнта також суттєво впливає на показники КЧ: численні дослідження демонструють поступове зниження чутливості з віком, особливо у високочастотному діапазоні [7, 56]. Це пов'язано з віковими змінами у прозорості оптичних середовищ та нейросенсорних структурах сітківки. Прозорість оптичних середовищ ока, зокрема наявність помутнінь кришталика та підвищеного світлорозсіювання, також може істотно впливати на показники КЧ [3, 14].

Супутні патології, навіть якщо вони не знижують гостроту зору, можуть впливати на КЧ. Наприклад, при порушеннях стабільності слізної плівки нерівномірність її поверхні призводить до оптичних аберацій і погіршення здатності до розпізнавання низькоконтрастних об'єктів [49,50]. Також на результати психофізичного тестування можуть впливати увага, розуміння завдання та здатність пацієнта стабільно виконувати процедуру тестування, що особливо важливо враховувати у дітей та осіб похилого віку.

Таким чином, CSV-1000E є стандартизованим інструментом кількісної оцінки КЧ, результати якого залежать від дотримання протоколу тестування та низки клінічних і зовнішніх факторів. Для мінімізації варіабельності необхідно стандартизувати умови освітлення, враховувати стан оптичних середовищ, вік пацієнта та фактори, що можуть впливати на виконання психофізичного тесту.

Обговорення

Оцінка КЧ доповнює стандартне визначення гостроти зору, оскільки характеризує здатність зорової системи розрізняти низькоконтрастні стимули. Розмежування понять «зорові функції» (visual functions) і «функціональний зір» (functional vision) ґрунтується на концептуальних підходах Colenbrander [1] та Bennett et al. [2]. Клінічні дослідження демонструють, що зниження КЧ може виявлятися при глаукомі [9,10], а при неоваскулярній ВМД показники КЧ можуть бути пов'язані з якістю життя, яка залежить від якості зору [11]. Водночас результати, отримані за допомогою інших методів оцінки КЧ, не слід безпосередньо екстраполювати на CSV-1000E.

CSV-1000E є стандартизованим тестом КЧ із контрольованими умовами підсвічування та фіксованою тестовою відстанню. Водночас дані щодо його тест-ретестової відтворюваності є неоднозначними: за стандартного протоколу описана значна варіабельність результатів, що потребує суворого дотримання

однакових умов тестування, особливо при динамічному спостереженні [15,44].

Результати різних стандартизованих тестів КЧ не є безпосередньо взаємозамінними через відмінності у характеристиках стимулів, просторових частотах і процедурі тестування [37, 25, 6, 57, 32, 16, 58]. Це необхідно враховувати при інтерпретації та порівнянні результатів різних досліджень.

Поряд із КЧ, у пацієнтів з амбліопією та астигматизмом описані також інші вибіркові функціональні дефіцити, зокрема зміни меридіональної ноніусної та верньєрної гостроти зору, що підкреслює багатокомпонентний характер функціонального зору та доцільність комплексної інтерпретації результатів [46].

Разом з тим метод має низку обмежень. Як психофізичний тест, CSV-1000E залежить від відповіді пацієнта та належного виконання процедури тестування [15, 16]. Це особливо важливо враховувати при обстеженні дітей та осіб похилого віку. Важливим є також дотримання стандартизованих умов тестування, зокрема тестової відстані та рівня освітлення, оскільки зміна умов проведення тесту може впливати на отримані результати [9, 15, 16].

Ще одним важливим фактором є стан оптичних середовищ ока. Помутніння кришталика, зміни рогівки або порушення стабільності слізної плівки можуть знижувати показники КЧ [3, 14, 49]. Це необхідно враховувати при оцінці динаміки КЧ, оскільки її зміни можуть бути пов'язані не лише з основною патологією, але й із супутніми змінами переднього відрізка ока.

Перспективним напрямом є застосування цифрових платформ для оцінки КЧ. Зокрема, описано валідовані цифрові методики вимірювання CSF на базі iPad, результати яких порівнювали з CSV-1000E [38]. Водночас відмінності у калібруванні та технічних характеристиках пристроїв залишаються важливим обмеженням широкого впровадження таких методів.

Таким чином, CSV-1000E є стандартизованим психофізичним інструментом оцінки КЧ. Водночас за стандартного протоколу описана суттєва тест-ретестова варіабельність (CoR близько 0,37–0,50 log CS) [15], що потребує суворого дотримання однакових умов при повторних вимірюваннях. До інших обмежень методу належать суб'єкт-залежний характер відповідей та неповна взаємозамінність результатів з іншими методами оцінки КЧ.

Клінічні дослідження свідчать, що CSV-1000E може виявляти зниження КЧ при глаукомі, амбліопії, високій міопії та катаракті, у тому числі за відносно збереженої гостроти зору. При макулярній патології клінічне значення оцінки КЧ також продемонстровано, однак результати досліджень із застосуванням інших методів не можуть безпосередньо екстраполюватися на CSV-1000E.

CSV-1000E доцільно розглядати як компонент комплексної оцінки зорових функцій, а не як самостійний діагностичний інструмент. Інтерпретація результатів потребує врахування віку, стану оптичних середовищ, умов освітлення та дотримання стандартизованого протоколу тестування. Перспективи подальшого розвитку пов'язані з оптимізацією протоколів, цифровізацією оцінки КЧ та валідацією нових методів у різних клінічних когортах.

Авторський внесок

Гаврилів ВМ – концепція та дизайн огляду, пошук і аналіз літератури, підготовка та редагування рукопису. Лазар ЮМ – аналіз і інтерпретація наукових джерел, критичний перегляд та редагування рукопису. Гаврилів ТС - аналіз і інтерпретація літературних даних, критичний перегляд наукового змісту рукопису, внесення інтелектуально значущих правок. Усі автори ознайомились з остаточною версією рукопису, схвалили її та погоджуються нести відповідальність за його зміст.

Фінансування

Автори заявляють, що під час підготовки цього рукопису не отримували жодних коштів, грантів чи іншої фінансової підтримки.

Відмова від відповідальності

Висловлені в представленій статті думки є власними, а неофіційними позиціями установи.

Конфлікти інтересів

Автори не мають жодного дійсного чи потенційного конфлікту інтересів, який міг б вплинути на думку щодо предмета чи матеріалів, викладених та обговорених у цьому рукописі.

Заява про доступність даних

Всі дані, отримані або проаналізовані під час цього дослідження, включені в цю опубліковану статтю.

Список скорочень

AAMD – Age-related Macular Degeneration – вікова макулярна дегенерація; CS – Contrast Sensitivity – контрастна чутливість; CSF – Contrast Sensitivity Function – функція контрастної чутливості; CSV-1000E – standardized contrast sensitivity test (VectorVision) – стандартизований тест контрастної чутливості (VectorVision); FACT – Functional Acuity Contrast Test – тест функціональної гостроти та контрасту; ICS – Index of Contrast Sensitivity – індекс контрастної чутливості; IOL – Intraocular Lens – інтраокулярна лінза; OCT – Optical Coherence Tomography – оптична когерентна томографія; POAG – Primary Open-Angle Glaucoma – первинна відкритокутова глаукома; RNFL – Retinal Nerve Fiber Layer – шар нервових волокон сітківки; VCTS-6500 – Vistech Contrast Test System 6500; cpd – cycles per degree – циклів на градус; ВМД – вікова макулярна дегенерація; КЧ – контрастна чутливість; НКГЗ – найкраща коригована гострота зору; ЧМТ – черепно-мозкова травма; TBI – Traumatic Brain Injury.

Література

1. Colenbrander A. Visual functions and functional vision. Int Congr Ser. 2005;1282:482–486. doi:10.1016/j.ics.2005.05.002.
2. Bennett CR, Bex PJ, Bauer CM, Merabet LB. The assessment of visual function and functional vision. Semin Pediatr Neurol. 2019;31:30–40. doi:10.1016/j.spen.2019.05.006.
3. Ginsburg AP. Contrast sensitivity: Determining the visual quality and function of cataract, intraocular lenses and refractive surgery. Curr Opin Ophthalmol. 2006;17:19-26.
4. Arden GB. The importance of measuring contrast sensitivity in cases of visual disturbance. Br J Ophthalmol. 1978;62:198-209.
5. Marmor MF. Contrast sensitivity versus visual acuity in retinal disease. Br J Ophthalmol. 1986;70:553-559.
6. Corwin TR, Richman JE. Three clinical tests of the spatial contrast sensitivity function: A comparison. Am J Optom Physiol Opt. 1986;63:413-418.
7. Sia DIT, Martin S, Wittert G, Casson RJ. Age-related change in contrast sensitivity among Australian male adults: Florey Adult Male Ageing Study. Acta Ophthalmol. 2012;91:312-317.
8. Derrington AM, Krauskopf J, Lennie P. Chromatic mechanisms in lateral geniculate nucleus of macaque. J Physiol. 1984;357:241-265.
9. Kim SW, Go Y, Kang SO, Lee CK. Quantitative visual tests in primary open-angle glaucoma patients according to three different lights with different color-rendering index. BMC Ophthalmol. 2021;21(1):238.
10. Bambo MP, Ferrandez B, Güerri N, Fuertes I, Cameo B, Polo V, et al. Evaluation of contrast sensitivity, chromatic vision, and reading ability in patients with primary open angle glaucoma. J Ophthalmol. 2016;2016:7074016.
11. Rossouw P, Guichard MM, Hatz K. Contrast sensitivity and binocular reading speed best correlating with near distance vision-related quality of life in bilateral nAMD. Ophthalmic Physiol Opt. 2020;40:760-769.
12. Trick GL, Burde RM, Gordon MO, Santiago JV, Kilo C. The relationship between hue discrimination and contrast sensitivity deficits in patients with diabetes mellitus. Ophthalmology. 1988;95:693-698.
13. Chen YL, Pu C, Lin KK, Lee JS, Liu L, Hou CH. A comparison of visual quality and contrast sensitivity between patients with scleral-fixated and in-bag intraocular lenses. J Clin Med. 2022;11(10):2917. doi:10.3390/jcm11102917.
14. Hong YT, Kim SW, Kim EK, Kim TI. Contrast sensitivity measurement with 2 contrast sensitivity tests in normal eyes and eyes with cataract. J Cataract Refract Surg. 2010;36:547-552.
15. Kelly SA, Pang Y, Klemencic S. Reliability of the CSV-1000 in adults and children. Optom Vis Sci. 2012;89:1172-1181.
16. Richman J, Spaeth GL, Wirostko B. Contrast sensitivity basics and a critique of currently available tests. J Cataract Refract Surg. 2013;39:1100-1106.
17. Owsley C. Contrast sensitivity. Ophthalmol Clin North Am. 2003;16:171-177.
18. Kolomiets VA, Dmitriev SK, Dushenchuk TV, Lazar YuM. Clinical and functional results of surgical treatment of cataract and presbyopia by using diffraction-refraction IOL AcrySof ReSTOR. Oftalmologicheskii Zhurnal. 2010;(4):26–29.
19. Lapid-Gortzak R, Bhatt U, Sánchez-Jean R, Bains HS, Martínez MB, Tarib I, et al. Clinical outcomes with a low add multifocal and an extended depth of focus intraocular lens both implanted with mini-monovision. Eye (Lond). 2022;36(6):1168-1177.
20. Giménez-Calvo G, Bartol-Puyal FA, Altemir I, Pablo LE, Pinilla I. Influence of ocular biometric factors on the defocus curve in an enlarged depth-of-focus intraocular lens. Int Ophthalmol. 2023;43(3):945-955.
21. Lian H, Ma W, Wei Q, Yuan X. A comparative study on early vision quality after implantation of refractive segmental and diffractive multifocal intraocular lens. Pak J Med Sci. 2020;36(7):1607-1612.
22. Huang Q, Li Y, Zhang S, Wang Y, Zheng D, Wang W, et al. Long-term visual quality after microincision cataract surgery. J Ophthalmol. 2020;2020:9318436.
23. Jia Y, Ye Q, Zhang S, Feng L, Liu J, Xu Z, et al. Contrast sensitivity and stereoacuity in successfully treated refractive amblyopia. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2022;63(1):6.
24. Jia Y, Ye Q, Liu J, Zheng X, Xu Z, Lu X, et al. Associations between the cause of amblyopia and pre-treatment contrast sensitivity, stereoacuity, fixation, and nystagmus. Heliyon. 2024;10(7):e28857.
25. Ulrich K, Palmowski-Wolfe A. Comparing three different contrast sensitivity tests in adults and in children with and without amblyopia. Klin Monbl Augenheilkd. 2019;236(4):434-437.
26. Mohammadi A, Hashemi H, Mirzajani A, Yekta A, Jafarzadehpur E, Khabazkhoob M. Comparison of two methods for measuring contrast sensitivity in anisometropic amblyopia. J Curr Ophthalmol. 2018;30:343-347.
27. Fisher JB, Jacobs DA, Markowitz CE, Galetta SL, Volpe NJ, Nano-Schiavi ML, et al. Relation of visual function to retinal nerve fiber layer thickness in multiple sclerosis. Ophthalmology. 2006;113:324-332.
28. Gordon-Lipkin E, Chodkowski B, Reich DS, Smith SA, Pulicken M, Balcer LJ, et al. Retinal nerve fiber layer is associated with brain atrophy in multiple sclerosis. Neurology. 2007;69:1603-1609.
29. Garcia-Martin E, Pueyo V, Pinilla I, Ara JR, Martin J, Fernandez J. Fourier-domain OCT in multiple sclerosis patients: reproducibility and ability to detect retinal nerve fiber layer atrophy. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2011;52:4124-4131.
30. Satue M, Obis J, Rodrigo MJ, Vilades E, Gracia H, Otin S, et al. Relationship between visual dysfunction and retinal structural changes in patients with multiple sclerosis. PLoS One. 2016;11(5):e0155310.
31. Rehman O, Chan W, Yiangou A, Mitchell J, Yiangou A, Mollan SP, et al. Contrast sensitivity in idiopathic intracranial hypertension. Eye (Lond). 2020;34(6):1100-1107.
32. Franco S, Silva AC, Carvalho AS, Macedo AS, Lira M. Comparison of the VCTS-6500 and the CSV-1000 tests for visual contrast sensitivity testing. Neurotoxicology. 2010;31:758-761.
33. Sanders EA, Volkers ACW, van der Maas PJ. Spatial contrast sensitivity function in optic neuritis. Clin Vision Sci. 1984;4(3):165–172.
34. Kupersmith MJ, Siegel IM, Carr RE. Reduced contrast sensitivity in compressive lesions of the anterior visual pathway. Neurology. 1981;31(5):550–554.
35. Zele AJ, Cao D. Vision under mesopic and scotopic illumination. Front Psychol. 2015;5:1594.

36. Chen Z, Zhuang Y, Xu Z, Chan LYL, Zhang S, Ye Q, et al. Sensitivity and stability of functional vision tests in detecting subtle changes under multiple simulated conditions. Transl Vis Sci Technol. 2021;10(7):7. doi:10.1167/tvst.10.7.7.
37. Altinbay D, Sahli E, Idil A. Comparison of Two Different Contrast Sensitivity Testing Methods in Patients with Low Vision. J Curr Ophthalmol. 2022;34(1):60-66. doi:10.4103/joco.joco_147_21.
38. De Fez D, García C, Luque-Cobija MJ, Mena-Guevara KJ, Daudén P, Piñero DP. Validation of a new test for measuring the contrast sensitivity function (Optopad-CSF) at near vision. Diagnostics (Basel). 2024;14(13):1377.
39. Pesudovs K, Hazel CA, Doran RM, Elliott DB. The usefulness of Vistech and FACT contrast sensitivity charts for cataract and refractive surgery outcomes research. Br J Ophthalmol. 2004;88:11-16.
40. Müftüoğlu O, Karel F. The comparison of scotopic and mesopic contrast sensitivity with glare between pseudophakic and phakic eyes. Turk J Ophthalmol. 2008;38(2):110-115.
41. Puell MC, Palomo C, Sánchez-Ramos C, Villena C. Mesopic contrast sensitivity in the presence or absence of glare in a large driver population. Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol. 2004;242(9):755-761.
42. Maniglia M, Thurman SM, Seitz AR, Davey PG. Effect of varying levels of glare on contrast sensitivity measurements of young healthy individuals under photopic and mesopic vision. Front Psychol. 2018;9:899.
43. Holgueras A, Marcos M, Martínez-Plaza E, et al. Mesopic disability glare in stage-two dysfunctional lens syndrome. Ophthalmol Ther. 2022;11(2):677-687.
44. Pomerance GN, Evans DW. Test-retest reliability of the CSV-1000 contrast test and its relationship to glaucoma therapy. Invest Ophthalmol Vis Sci. 1994;35:3357-3361.
45. Koefoed VF, Baste V, Roumes C, Høvding G. Contrast sensitivity measured by two different test methods in healthy, young adults with normal visual acuity. Acta Ophthalmol. 2015;93:154-161.
46. Kolomiets VA, Bandura MYu, Kolomiiets NV. Peculiarities of vernier monocular and binocular visual acuity in the retinal orthogonal meridians in patients with hypermetropic astigmatism. ScienceRise. 2015;6/4(11):38-44.
47. Eppig T, Filser E, Goeppert H, Schroeder AC, Seitz B, Langenbucher A. Index of contrast sensitivity (ICS) in pseudophakic eyes with different intraocular lens designs. Acta Ophthalmol. 2015;93:e181-e187.
48. Zhao J, Xiao M, Zhu Y, Zhu X, Chen H, Yuan Y, et al. Degradation of photopic and mesopic contrast sensitivity function in high myopes with partial posterior vitreous detachment. Transl Vis Sci Technol. 2024;13(4):3.
49. Tasaki K, Hoshi S, Hiraoka T, Oshika T. Deterioration of contrast sensitivity in eyes with epiphora due to lacrimal passage obstruction. PLoS One. 2020;15(5):e0233295. doi:10.1371/journal.pone.0233295.
50. Hoshi S, Tasaki K, Hiraoka T, Oshika T. Improvement in contrast sensitivity function after lacrimal passage intubation in eyes with epiphora. J Clin Med. 2020;9(9):2761. doi:10.3390/jcm9092761.
51. Rasdall MA, Cho C, Stahl AN, Tovar DA, Lavin P, Kerley CI, et al. Primary visual pathway changes in individuals with chronic mild traumatic brain injury. JAMA Ophthalmol. 2025;143(1):33–42. doi:10.1001/jamaophthalmol.2024.5076.
52. Lemke S, Cockerham GC, Glynn-Milley C, Cockerham KP. Visual quality of life in veterans with blast-induced traumatic brain injury. JAMA Ophthalmol. 2013;131(12):1602–1609. doi:10.1001/jamaophthalmol.2013.5028.
53. Verejan V. Contrast sensitivity and aspects of binocular vision alteration in school-aged children after head injury. Rom J Ophthalmol. 2023;67(4):398–402. DOI 10.22336/rjo.2023.62
54. Davey PG, Henderson T, Lem DW, Weis R, Amonoo-Monney S, Evans DW. Visual function and macular carotenoid changes in eyes with retinal drusen–an open label randomized controlled trial to compare a micronized lipid-based carotenoid liquid supplementation and AREDS-2 formula. Nutrients. 2020;12(11):3271. doi:10.3390/nu12113271.
55. Peng C, Zhao JY, Ma LW, Qu B, Zhang JS. [Clinical evaluation of quality of vision with age-related cataract of different morphologies]. Zhonghua Yan Ke Za Zhi. 2011;47(11):1001–1006. doi:10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2011.11.009.
56. Karatepe AS, Köse S, Eğrilmez S. Factors affecting contrast sensitivity in healthy individuals: A pilot study. Turk J Ophthalmol. 2017;47:80-84.
57. Chung ST, Legge GE. Comparing the shape of contrast sensitivity functions for normal and low vision. Invest Ophthalmol Vis Sci. 2016;57:198-207.
58. Altinbay D, Isik U, Yuksel B, Altintas O. Comparison of two different contrast sensitivity testing methods in patients with low vision. Int Ophthalmol. 2022;42(10):3269-3277.