

Результати дослідження критичної частоти злиття миготінь у фізіологічних умовах

Н. Д. Сердюк

Відомо, що вплив на око переривчастого світлового подразника викликає неприємне відчуття миготіння. Коли ж перерви між світловими подразненнями зробити частішими, то створюється враження рівного немигаючого світла. Цей феномен було названо злиттям миготінь.

Показники злиття миготінь даються у вигляді критичної частоти злиття миготінь — КЧЗМ, тобто найменшої кількості світлових спалахів за одиницю часу, при якому настає злиття миготінь.

Ще на початку XX ст. академік В. Я. Данилевський провів аналогію між переходом переривчастого світлового подразнення в одне безперервне враження з безперервним тетанусом м'яза, який виникає при переривчастому подразнюванні останнього.

Чим вища структура м'яза й організація тварин, тим більша кількість подразнень за одиницю часу потрібна, щоб викликати тетанічне скорочення м'яза. Цей фізіологічний закон, на думку В. Я. Данилевського, поширюється не тільки на м'яз, а й на нервову систему взагалі і на фізіологічну функцію кори головного мозку зокрема.

Аналогічне явище має виникнути і при подразнюванні сітчатки переривчастим світлом.

Порівняльні фізіологічні спостереження дають можливість уже апіорно припустити, що хвора сітчатка інакше реагуватиме на переривчасті подразнення, ніж здорова, тому що для одержання безперервного враження вона потребує іншої кількості подразнень.

Керуючись викладеним, можна припустити, що критична частота злиття миготінь слугуватиме ефективним методом дослідження функції світлочутливого апарату здорового і хворого організму, а зниження збудження, зменшення кількості подразнень вказує на ослаблення функції здорового аналізатора.

Властивість зливання миготінь оснований на наявності світлових слідів, що виникають після кожного зорового враження. Якщо при переривчастому подразнюванні інтервали між імпульсами настільки малі, що світловий слід не встигає зникнути, коли починає діяти черговий світловий подразник, то око одержує злите світлове зображення. Під час короткого світлового подразнення збудження, поступово розвиваючись, досягає максимуму. Під час же переривання світла збудження поступово згасає. Реєстрація миготінь оком залежить від сили подразнення на вершині збудження і в період згасання, інакше кажучи, головна роль належить при цьому здатності ока розрізняти різні яскравості світла.

Уявлення про переривчасте подразнення сітчатки світлом з'явилося ще на початку XVIII століття; деякі його закономірності розроблені по-

над 100 років тому. Фізіологи показали залежність критичної частоти злиття миготінь від яскравості освітлення, стану темної адаптації, площі подразнення сітчатки, віддаленості подразнюваної ділянки сітчатки від жовтої плями тощо.

Белике значення у вивченні критичної частоти злиття миготінь мають праці академіка С. В. Кравкова та його учнів, які вивчали залежність КЧЗМ від інтенсивності освітлення, кольору спектра, від подразників, що надходять із зовнішнього середовища.

До кінця XIX ст. експерименти з переривчастим подразненням сітчатки не виходили за межі фізіологічних досліджень. Тільки в 1898 р. проф. Є. П. Браунштейн переніс цей метод у клініку, поклавши цим початок важливим клінічним дослідіам.

Будучи функцією зорового аналізатора (не тільки сітчатки, а й зорових коркових і підкоркових центрів), критична частота злиття миготінь привернула увагу клініцистів різних спеціальностей як тест, що характеризує функцію центральної нервової системи.

Перше застосування критичної частоти злиття миготінь у фізіологічних дослідженнях було зв'язане з вивченням впливу аноксії на організм і при стомленні центральної нервової системи. Зейтц перший вивчив вплив аноксії на критичну частоту злиття миготінь. Поширивши свої дослідження як на колоочкових, так і на паличкових апаратах зору, він встановив протяжність експозиції і яскравість освітлення. Значне прогресивне зменшення критичної частоти злиття миготінь, яке він спостерігав при цих умовах, викликано аноксією, можливо, в поєднанні з впливом продуктів порушеного обміну. Вдихання кисню відновлювало протягом 10 хв. знижену критичну частоту злиття миготінь до норми. Гельгорн і Гайлман (1943), повторивши досліді Зейтца, одержали аналогічні дані. Ці дослідники пояснювали зменшення функціональної здатності ретинокортикальної системи, а також менш інтенсивними імпульсами, які надходять із сітківки в мозок. Вони пропонують використати метод критичної частоти злиття миготінь при аноксії і отруєнні вуглекислотою для характеристики залучення центральної нервової системи в патологічний процес.

Рубінштейн і Терман (1935) виявили значне підвищення критичної частоти злиття миготінь при гіпервентиляції, особливо при збільшенні подразнюваної ділянки.

Форсман дослідив велику групу здорових людей з метою вивчення їх резистентності до СО. Він встановив, що чутливість критичної частоти злиття миготінь до інтоксикації СО перевищує інші неврологічні тести, які застосовуються одночасно.

Лілієнталь і Фарітт (1945—1946) застосовували метод критичної частоти злиття миготінь для визначення витривалості людини до висоти. Критична частота злиття миготінь починала падати на висоті 1,5—2 тис. м вище від рівня моря. Ці дослідники вивчали комбінований вплив висоти й отруєння СО. Тоді як кожний фактор зокрема при малих величинах не впливав на критичну частоту злиття миготінь, комплексно вони її значно знижували.

Вплив алкогольної інтоксикації на критичну частоту злиття миготінь вивчали Бернгольд, Скогланд (1941) і Гольдберг (1943). За даними цих дослідників, 100—150 мл 40%-ного етилового алкоголю знижують критичну частоту миготінь на 10%. На підставі своїх експериментів, Гольдберг робить висновок, що звикання до алкоголю знижує чутливість центральної нервової системи до нього. Він встановив, що концентрація алкоголю в крові, яка зумовлює зменшення критичної ча-

стоти злиття миготінь, становить 0,5% для непитущих, близько 0,75% для тих, що споживають помірну кількість алкоголю, і 1,2% — для алкоголиків.

Численні спостереження проведені на здорових людях з метою ви-

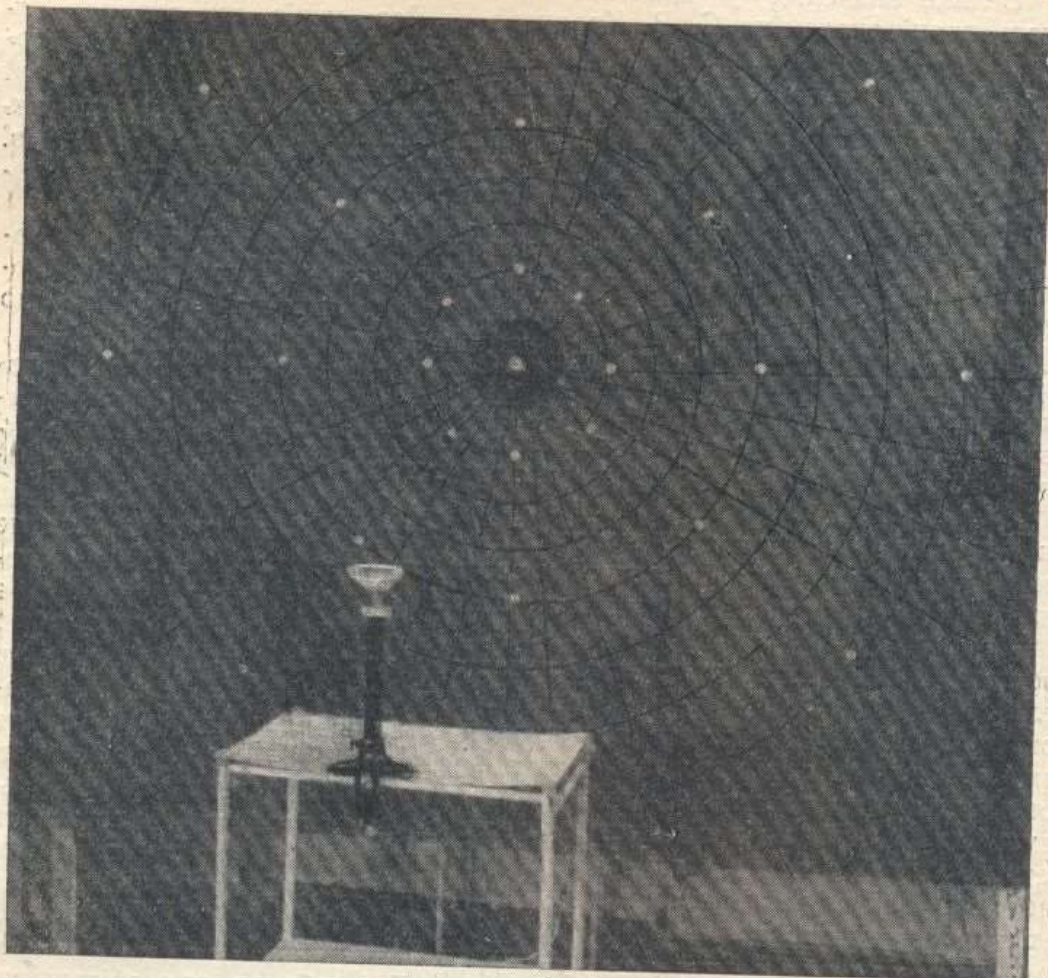


Рис. 1. Експериментальний кампіметр (фото).

В центрі кампіметра миготіюче поле розміром 2° кута зору. На полі кампіметра розміщені фіксаційні точки.

вчення методом критичної частоти злиття миготінь загального стомлення в кінці робочого дня (Снелл, Сімонсон, Енцер та ін.).

Проведено також багато досліджень на нормальних очах клінічно здорових людей з метою виявлення середніх показників нормальної частоти злиття миготінь. За даними більшості авторів, критична частота злиття миготінь для центрального зору коливається від 40 до 55 миготінь за 1 сек. Крайні пороги частоти, коли може бути відзначене злиття миготінь, варіюють від 3 до 82 спалахів за 1 сек. Останній високий показник був знайдений Хілкемою (1947) при полі, яке дорівнює 30° кута зору, і при інтенсивності освітлення в 500 люкс/м^2 . Всі дослідники погоджуються з тим, що показники критичної частоти злиття спалахів тісно зв'язані з подразненою ділянкою сітчатки і віком досліджуваного.

Наші дослідження, проведені на 80 здорових людях, у 50 з яких була нормальна гострота зору, а у 30 чол. — різні аномалії рефракції, — також підтвердили цю залежність.

0,75%
— для
ую ви-

Дослідження критичної частоти злиття миготінь ми проводили так: досліджуваний поміщався за 1 м від кампіметра, в центрі якого було миготіюче поле розміром 2° кута зору. На дошці кампіметра розміщені три фіксаційні точки білого кольору, що пересуваються у віддаленні від центра в 15° , 30° і 45° . Наявність цих точок дала нам можливість визначати чутливість різних ділянок сітчатки. Дослідження проводились по чотирьох квадратних, досягаючи 45° периферії: в полі зору кожного ока послідовно фіксувались 24 точки, віддалені одна від одної на 15° .

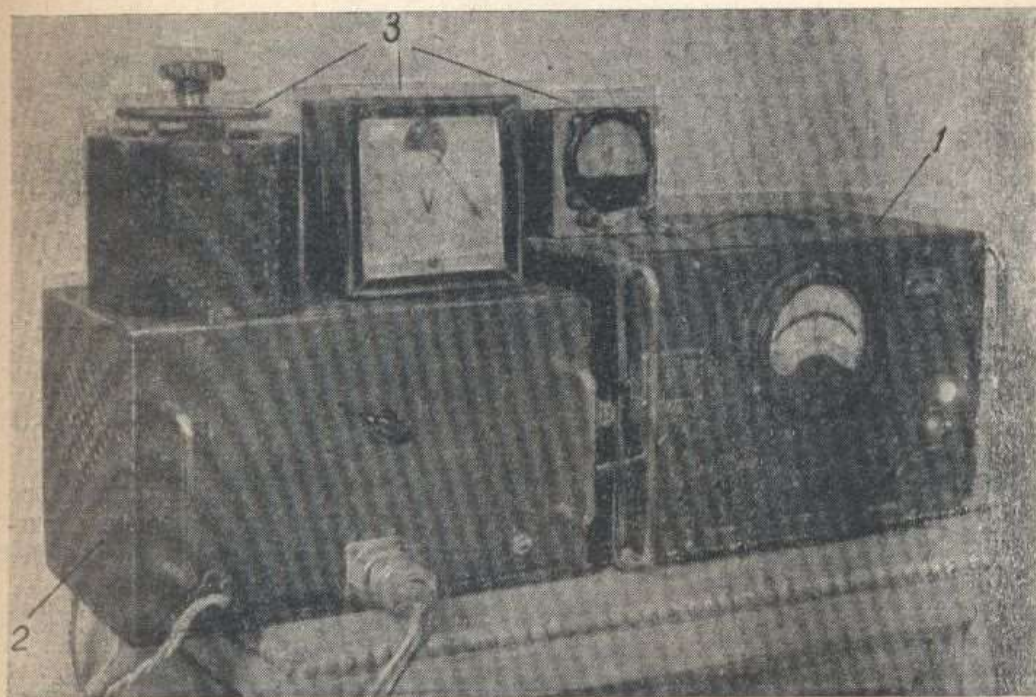


Рис. 2. Прилади для реєстрації спостережень (фото)

1 — апарат для реєстрації КЧЗМ; 2 — регулятор КЧЗМ; 3 — контрольні прилади.

(рис. 1). Сконструйована нами установка дає можливість визначати критичну частоту з точністю до одного миготіння. Апарати, якими ми користувались у своїх дослідях, складаються з пристосувань для одержання переривчастого світла і з приладу, що реєструє спостереження (рис. 2).

В групі обслідуваних нами людей були 46 чоловіків і 34 жінки. За віком досліджені поділялись так: від 12 до 20 років — 11 чол., від 20 до 30 років — 20; від 30 до 40 років — 25; від 40 до 50 років — 14; після 50 років — 10 чол.

Таким чином, найбільше число припадає на квітучий вік — від 20 до 40 років. В групі досліджених з аномалією рефракції міопія (від 1,0 до 7,0 Д) спостерігалася у 10 чол., гіперметропія (від 1,0 до 5,0 Д) — у 10 чол. і різний астигматизм — у 10 чол. Як ми й передбачали, рефракційні аномалії майже не відбивалися на показниках критичної частоти злиття миготінь. Розсіювання світла, зв'язане з аномалією рефракції, знижує світлову інтенсивність, але водночас величина зображення збільшується, в результаті чого критична частота злиття миготінь залишається незмінною.

При дослідженні групи здорових людей з нормальною гостротою зору, необмеженим полем зору і непорушеним світловідчуттям була підтверджена залежність критичної частоти злиття миготінь від віку, локалізації подразнених ділянок сітчатки, а також від розміру зіниці. За нашими даними, критична частота злиття миготінь в нормі коливається від 42 до 55 миготінь за 1 сек. Границю між відчуттям миготіння і безперервним світлом більшість досліджених людей відзначає

досить чітко, причому критична частота злиття миготінь майже однакова на обох очах у кожного суб'єкта, але різна у різних осіб. Індивідуальні відмінності показників критичної частоти злиття миготінь здебільшого залежать від вікових особливостей.

Критична частота злиття миготінь для центра

Вік	Кількість світлових спалахів
До 20 років	50
20—29 »	47
30—39 »	45
40—49 »	42
Після 50 »	40

Як видно з таблиці, КЧЗМ з віком зменшується, хоч певного коефіцієнта зниження нам виявити не вдалося. Зменшення критичної частоти злиття миготінь з віком, на нашу думку, можна пояснити сенільними змінами як у центральній нервовій системі, так і в ретинальному її компоненті.

Така трактовка узгоджується з концепцією І. П. Павлова про те, що з віком взагалі зменшується рухомість нервових процесів, знижується збудливість великих півкуль головного мозку.

Більш виразно проявляються зміни КЧЗМ, зумовлені різними ділянками сітчатки. За нашими даними, центральна (фовеальна) КЧЗМ дещо менша від парамакулярної, але значно більша від периферичної. Нами підтверджена думка більшості дослідників, що найбільш чутливим відділом сітчатки є парамакулярна ділянка, віддалена на $12-15^\circ$ від центральної ямки. Центральні і периферичні ділянки, на нашу думку, проявляють тільки кількісну відмінність в сумі ефектів (на периферії — на 5—7 миготінь менше, ніж в центрі). Ця відмінність зумовлена, очевидно, гістологічною неоднорідністю обох цих ділянок.

Щодо впливу розмірів зіниці на показники критичної частоти злиття миготінь, то нами виявлена пряма їх залежність від ширини зіниці. При звичайній (вузькій) зіниці КЧЗМ була на 10 спалахів менша, ніж при зіниці, штучно розширеній атропіном. Ми пояснюємо це явище розширенням подразненої ділянки сітчатки і кількістю падаючого на неї світла.

Висновки

1. Показники КЧЗМ у нормі дорівнюють від 42 до 55 миготінь в 1 сек. Ця кількісна різниця залежить від віку, місця подразнення сітчатки та від розміру зіниці.
2. Аномалії рефракції істотно не впливають на критичну частоту злиття миготінь.
3. Найбільш чутливим місцем сітчатки є її парамакулярна ділянка, віддалена на $12-15^\circ$ від фовеальної ямки. Це можна пояснити гістологічною неоднорідністю сітчатки.
4. З віком КЧЗМ поступово падає.
5. Розмір зіниці змінює показники КЧЗМ у прямій залежності.
6. Критична частота злиття миготінь може служити показником чутливості світловідчувачого апарата зорового аналізатора.

ЛИТЕРАТУРА

- Браунштейн Е. П., К учению о прерывистом раздражении здоровой и больной сетчатки. Труды Харьковского мед. о-ва, 1898, в. 1.
Кравков С. В., Физиол. журн. СССР, 1953, т. XIX, № 4.
Кравков С. В., Известия АН СССР, биол. серия, 1937, т. 17.
Кравков С. В., Доклады АН СССР, 1939, т. 22, в. 2.
Кравков С. В., Глаз и его работа, Изд-во АН СССР, 1950.
Rubinstein u. Therman, Scandinavisches Archiv für Physiologie, 1935, S. 26.
Simonson and Brozen, Physiological Reviews, 1952, v. 32, № 3, p. 349.
Simonson and Enzer, Industrial Hygiene and Toxicology, 1941, v. 23, p. 83.
Seitz, Gellhorn, Liliental, Цит. за Bernhold, Scoglund
Hylkema, ole Berg, Acta psychiatrica et neurologica, 1942, suppl. 58.
Республіканський щелепно-лицьовий госпіталь інвалідів Вітчизняної війни.

Результаты исследования критической частоты слияния мельканий в физиологических условиях

Н. Д. Сердюк

Резюме

Ритмически прерывающийся свет низкой частоты при воздействии на глаз вызывает ощущение мелькания. При увеличении же скорости подачи световых импульсов ощущение мелькания исчезает, и глаз получает впечатление непрерывного, немигающего света. Этот момент и называется частотой слияния мельканий, а минимальная частота перерывов света в секунду, при которой наступает слияние мельканий, называется критической частотой слияния мельканий (КЧСМ).

КЧСМ может служить мерилем измерения чувствительности световоспринимающего аппарата зрительного анализатора, являясь достоверным, объективным и точным методом исследования.

Данная методика, несмотря на свою высокую чувствительность, почему-то не получила должного распространения. Первые попытки применения метода КЧСМ были сделаны отечественными офтальмологами Браунштейном и Марковым.

Методом критической частоты слияния мельканий нами было исследовано 80 человек со здоровыми глазами, из которых 50 человек имели нормальную остроту зрения (1,0), а у остальных наблюдались различные аномалии рефракции (гиперметропия, астигматизм, миопия), корригирующиеся до 0,8—1,0.

Исследования производились на специальной, предложенной нами установке¹. Были выявлены нормальные границы КЧСМ, колеблющиеся от 42 до 55 мельканий в 1 сек. Это количественное различие зависит от возраста, от раздражаемого места сетчатки, от размера зрачка. Наши наблюдения на 80 здоровых людях различного возраста показали, что с возрастом КЧСМ постепенно падает. Наиболее чувствительным местом сетчатки является парамакулярный ее участок, удаленный на 12—15° от фовеальной ямки, что можно объяснить гистологической неоднородностью сетчатки. Аномалии рефракции существенного влияния на КЧСМ не оказывают. Размер зрачка изменяет показания КЧСМ в прямой зависимости.

В заключение мы считаем возможным рекомендовать КЧСМ как чувствительный метод исследования состояния зрительного анализатора.

¹ Н. Д. Сердюк, Метод прерывистого раздражения светом зрительного анализатора при некоторых заболеваниях. Врачебное дело, № 1, 1957.

Results of Investigating the Critical Fusion Frequency under Physiological Conditions

N. D. Serdyuk

Summary

Rhythmically intermittent light of low frequency acting on the eye induces the sensation of flickerings. On raising the frequency of the light impulses, the sensation of flickering disappears, and the eye receives the impression of uninterrupted, steady light. This moment is called the frequency of fusion of flickering, and the minimum frequency of interruptions of light per second, at which fusion of flickering sets in, is called the critical fusion frequency (CFF).

The critical fusion frequency may serve as a standard for measuring the sensitivity of the light-sensitive apparatus of the visual analyzer, being a reliable, objective and precise method of investigation.

For some reason or other, this procedure has not, in spite of its high sensitivity, become as wide-spread as it deserves. The first attempts to apply the critical fusion frequency method were made by the native ophthalmologists Braunstein and Markov.

The method of critical fusion frequency was applied on investigating 80 subjects with healthy eyes, of whom 50 had normal keenness of vision (1.0), various abnormalities of refraction (hypermetropia, astigmatism, myopia) being observed in the rest with correction up to 0.8—1.0.

The investigations were conducted with the aid of a special apparatus proposed by the author. The normal CFF limits were determined and found to range between 42 and 55 flashes per second. This fluctuation depends on age, on the stimulated point of the retina, and on the size of the pupil. The author's observations on 80 healthy subjects of various age showed that the CFF gradually decreases with age. The most sensitive point of the retina is the paramacular region, 12—15° away from the fovea centralis, which may be accounted for by the histological heterogeneity of the retina. Abnormalities of refraction do not substantially affect the CFF. The CFF changes in direct proportion to the size of the pupil.

In conclusion, the author considers it possible to recommend the critical fusion frequency as a sensitive method for studying the state of the visual analyzer.

З
дуже

І
ність
ше р
цисти

І
вияв.
печін
С. В
стан

О
цького
нення
для т
тизм
40 хв

(36
і ли
жан

ших
пи (
без
у 15
тепл
тент
6—1

хвил
1—2
була
було
Лат
на 6

дібн
мог
у 1
пері
шви