



Инфракрасная видеонистагмография: объективный метод определения остроты зрения

З.И. Мамедов¹, И.А. Лоскутов, д.м.н.¹, Е.П. Поручикова, к.м.н.²,
О.Л. Поручикова²

Адрес для переписки: Игорь Анатольевич Лоскутов, Loskoutigor@mail.ru

Для цитирования: Мамедов З.И., Лоскутов И.А., Поручикова Е.П., Поручикова О.Л. Инфракрасная видеонистагмография: объективный метод определения остроты зрения // Эффективная фармакотерапия. 2021. Т. 17. № 37. С. 40–44.

DOI 10.33978/2307-3586-2021-17-37-40-44

В статье рассматриваются преимущества применения чувствительного и специфичного метода видеонистагмографии. Показано, что данный метод, используемый для определения объективной остроты зрения, расширяет диагностический потенциал современной медицины.

Ключевые слова: нистагм, оптокинетический нистагм, объективная острота зрения, видеонистагмография

Стабильность восприятия окружающего мира человеком в процессе повседневной двигательной активности осуществляется посредством взаимодействия ряда систем: зрительной, вестибулярной и глазодвигательной. Для поддержания стабильности визуального восприятия мира используются механизмы, реализующиеся посредством сложных рефлексивных реакций: ✓ фиксации взора; ✓ слежения; ✓ оптокинетического нистагма (ОКН); ✓ вестибулоокулярного рефлекса; ✓ вергенции (конвергенции – дивергенции); ✓ саккад.

При выполнении определенных задач данные функции задействованы в различных комбинациях и при их сопряженности достигается четкое бинокулярное зрение.

Нистагм – состояние непроизвольного движения глаз. Нистагм представляет собой ритмичные движения глазных яблок. Существуют две основные формы нистагма – патологическая и физиологическая, с вариациями внутри каждого типа. Нистагм может быть обусловлен врожденным расстройством, приобретенными расстройствами или расстройствами центральной нервной системы, отравлениями, фармацевтическими препаратами, алкоголем или вращательными движениями, как физиологическая реакция. Нистагм могут вызывать противо-эпилептические препараты, нейролептики, снотворные средства, препараты золота, антималярийные средства, салицилаты [1].

По времени возникновения нистагм подразделяют:

- на врожденный. Чаще диагностируется в первые шесть месяцев жизни ребенка. Может

быть как самостоятельным заболеванием, так и симптомом другой патологии (например, альбинизма, паралича мышц, врожденной катаракты, амблиопии, некоторых видов поражения мозга);

- приобретенный. Возникает вследствие общего заболевания организма (инсульт, опухоль, патологии зрительного нерва и т.д.), травмы или иного негативного воздействия (употребление алкоголя, лекарственных средств и т.д.).

По направлению движения нистагм бывает:

- горизонтальным: глаз отклоняется вправо или влево, соответственно выделяют правосторонний и левосторонний тремор глаза;
- вертикальным: глаз отклоняется вверх или вниз;
- вращательным (ротаторным): глаз совершает синхронные движения по кругу – вверх – влево, вниз – вправо и т.д.

Направление нистагма определяется направлением его быстрой фазы (например, нистагм с биением вправо характеризуется быстрой фазой, движущейся вправо, а нистагм с биением влево – быстрой фазой с движением влево) [2].

По ритмичности движения выделяют:

- маятникообразный нистагм – фазы движения одинаковы по скорости и длительности;
- толчкообразный нистагм – фазы движения разные: быстрая – в одну сторону, медленная – в другую;
- смешанный нистагм – фазы движения зависят от направления взгляда: вперед – маятникообразный, в сторону – толчкообразный.

По причине образования различают:

- физиологический нистагм – вестибулярный и оптокинетический. Вестибулярный нистагм появляется вследствие раздражения вестибулярного аппарата человека: воздействие на структуры лабиринта током, низкими или высокими температурами, оптокинетический – когда человек наблюдает за объектами, движущимися в одну сторону с постоянной скоростью;
- патологический нистагм. Появляется как врожденная или приобретенная патология. Последняя развивается на фоне другого заболевания или негативного воздействия.

Физиологический нистагм

Физиологический нистагм – форма непроизвольного движения глаз, которое является частью вестибулоокулярного рефлекса, характеризующегося чередованием плавного преследования в одном направлении и саккадического движения в другом направлении.

Вестибулоокулярный рефлекс является рефлекторным действием для стабилизации изображения во время движения головы [3]. Рефлекторное действие призвано стабилизировать

изображение на сетчатке во время движения головы за счет поддержания устойчивого взгляда на предмете и движений глаз в направлении, противоположном направлению движения головы. Например, при движении головы вправо глаза двигаются влево, то есть изображение, которое видит человек, остается неизменным, даже если голова повернута.

Оптокинетический нистагм

Оптокинетический нистагм является механизмом рефлекторного отклонения и последующего возврата глаз в нейтральное положение в условиях панорамного движения объектов во внешней среде (у пассажиров стоящего вагона или автомобиля при движении соседних вагонов или автомобилей) либо при длительном вращении головы (например, вращении по кругу). ОКН в условиях панорамного движения или вращения головы проявляется тем, что первоначально благодаря врожденному рефлексу глаза отклоняются от центрального положения, чтобы удержать смещающееся зрительное изображение на сетчатке. Это отклонение получило название медленной фазы ОКН. В момент, когда удерживание изображения становится невозможным из-за ограничения угла поворота глаз, они мгновенно возвращаются в исходное положение для захвата нового зрительного изображения. Это переустанавливающее зор саккадическое движение считается быстрой фазой ОКН, а циклы таких ритмических движений называются ОКН.

Для осуществления ОКН используются сигналы сетчатки, следующие к дополнительным оптическим ядрам, вестибулярным нейронам и после их обработки к центрам зора ствола, ядрам глазодвигательных нервов и оттуда к наружным глазным мышцам.

Произвольные движения глаз и фиксация зора контролируются при участии первичной зрительной коры, зрительных полей коры теменной и лобной долей, откуда сигналы, запускающие движения глаз, следуют через базальные ганглии и верхние холмики в стволовые центры горизонтальных или вертикальных движений глаз, ядра глазодвигательных нервов и к наружным мышцам глаз.

Способы диагностики нистагма

В современной медицинской практике применяют различные методики записи и анализа движения глаз, включающие инфракрасное излучение, видеотехнологии и технологии склеральной поисковой катушки [4–7].

На протяжении десятилетий электрическая разность между роговицей и сетчаткой глаза использовалась для регистрации движений глаз. Эта разность электрических потенциалов мала, но при усилении и надлежащей фильтрации

ее можно обнаружить с помощью поверхностных электродов. Этот метод получил название электроокулография (ЭОГ). ЭОГ, применяемая для записи движений глаз саккад, преследования и других тестов, является частью набора тестов для электронистагмографии (ЭНГ). Использование видеозаписи при исследовании нистагма способствовало появлению новой методики – видеонистагмографии (ВНГ), а записи движения глаз – видеоокулографии (ВОГ). ЭОГ и/или ВОГ могут применяться для измерения реакции на тепловую (калорическую) стимуляцию и именуется нистагмографией. При ЭНГ было получено подтверждение большей чувствительности и специфичности метода ВНГ при обнаружении периферического вестибулярного нистагма. Видеоочки Френзеля представляют собой очки большого увеличения (+20 дптр) для устранения влияния фиксации взора. Увеличивающие линзы не дают пациенту возможности сфокусировать взор, а подсветка помогает исследователю четко разглядеть увеличенные глаза пациента. Инфракрасные (ИК) видеокамеры обеспечивают проведение видеофиксации движений глаза, а программное обеспечение позволяет построить график движения глаз и выполнить его последующий анализ [5].

Видеонистагмография: области применения

Отоневрология (нарушения вестибулярного аппарата, колориметрические пробы)

Лабораторное функциональное вестибуло-глазодвигательное тестирование проводится у пациентов с головокружением различного генеза или с подозрением на вестибулярную дисфункцию. Данные литературы показывают, что ЭНГ и ВНГ полезны для диагностики вестибулярных нарушений. Эти тесты могут предоставить информацию о существовании измененной центральной или периферической вестибулярной ЭНГ и ВНГ, дополняют историю болезни, оториноларингологическую оценку и другие тесты у пациентов с головокружением различного генеза или дисбалансом вестибулярной функции. По данным литературы, ВНГ более технологичный и выгодный способ по сравнению с ЭНГ [6].

Неврология

Глазодвигательные нарушения – частые симптомы широкого спектра неврологических заболеваний. Анатомия глазодвигательной системы включает множество структур, и повреждение каждой из них в ходе патологического процесса может проявляться теми или иными нарушениями. ВНГ широко применяется у пациентов с головокружением и неустойчивостью (зачастую в практике отоневрологов). Однако в настоящее время наблюдается повышенный интерес к использованию этой методики в целях диагностики и других неврологических забо-

леваний (например, использование нистагмографии в системе диагностики и реабилитации спортсменов в случае хронической травмы головного мозга как следствия сотрясения головного мозга).

В качестве новаторского дополнения к современной практике оценки сотрясения мозга рассматривается использование измерений рефлексов движения глаз с высоким пространственным и временным разрешением и ответов на определенные стимулы или задачи. Нарушения в движениях глаз в саккадах, плавном слежении, нистагме и нарушении вергентности оказались информативными показателями черепно-мозговой травмы как измерения вестибулярных функций и скорости реакции [8, 9]. Постконтузионный синдром (легкая черепно-мозговая травма) представляет собой множество симптомов, включающих головную боль, усталость, нечеткое зрение, нечеткое мышление, трудности с чтением, когнитивные проблемы, проблемы с равновесием, проблемы со сном и изменения настроения. Хотя симптомы у 80–90% пациентов после сотрясения мозга проходят сами по себе в течение первых десяти дней после травмы, у остальных могут быть симптомы постконтузии, которые длятся от недель до нескольких лет [9, 10]. Многие пациенты с постконтузионным синдромом сообщают о симптомах, связанных с нарушением зрения. Следовательно, ВНГ может быть полезным инструментом для оценки движений глаз, которые могли стать дисфункциональными в результате травмы головы. Это также может быть полезно при разработке программ реабилитации для конкретных людей на основании их результатов ВНГ и общей клинической картины. Наконец, ВНГ можно использовать для демонстрации эффективности лечения [11–13].

Фиксация глаз важна для сохранения равновесия в обычных ситуациях. После инсульта пациенты могут еще больше зависеть от фиксации, пытаясь сохранить статическое или динамическое равновесие. Нарушения зрения после инсульта включают спонтанный нистагм, нарушения моторики и восприятия. Эти расстройства негативно влияют на повседневную жизнь пострадавших людей, которым не предоставляется достаточная регулярная поддержка или исчерпывающая информация о проблемах со зрением после инсульта.

Использование видеонистагмографии в офтальмологии

Использование методики нистагмографии в большей степени связано с объективной оценкой остроты зрения. Так, первые работы относятся к концу XIX – началу XX в.

В основе методики лежал принцип индукции и торможения нистагма. Движущиеся опто-

типы при этом представляли собой объекты с периодической структурой, выполненные графическим или фотографическим способом. Фиксация движений глаза выполнялась непосредственно исследователем с помощью увеличительных приборов. Способ проекции оптического типа и запись получаемых результатов имели значительную погрешность из-за неточности способов изображения оптических типов и регистрации движения глаз, большой степени вовлеченности в процесс выполнения исследования как самого пациента, так и исследователя.

Начиная с 1980–90-х гг. вместе с распространением и активным внедрением в повседневную практику компьютеров нистагмография совершила второй большой виток в развитии. Так, благодаря внедрению мониторов с высоким разрешением значительно снизился процент ошибок при визуализации оптических типов. Программное обеспечение позволило наряду с использованием ИК-видеокамер для отслеживания движения глаз существенно улучшить процесс записи и анализа нистагмических движений [14–16].

Все больший интерес ИК-нистагмография вызывает при определении объективной остроты зрения в случае выявления аггравации и симуляции пациентов с той или иной целью, а также при исследовании зрительных функций у пациентов со сниженными когнитивными способностями (низкий уровень грамотности, маленькие дети, сложности коммуникации и т.п.) [17].

При определении объективной остроты зрения (ООЗ) испытуемому предъявляют движущиеся оплотипы с заданными размерами, скоростью и направлением движения. Формы оплотипов могут быть различными: вертикальные черные и белые линии одинакового размера, имитация шахматной доски, разреженные вертикальные линии, неподвижные стимулы различной величины и др. Расстояние от демонстрационного монитора до испытуемого варьируется от 0,4 до 5–6 м в зависимости от условий проведения исследования. Скорость движения оплотипов зависит от предполагаемой остроты зрения [18]. Для определения ООЗ методом индукции ОКН испытуемому на демонстрационном мониторе предъявляют движущиеся оплотипы, движение глаз фиксируется с помощью ИК-камер, результаты обрабатываются с помощью программного обеспечения. Минимальная величина оплотипа, вызывающая нистагм, принимается за искомую остроту зрения [18].

В начале разработки этого метода определения ООЗ в конце XX – XXI в. исследовали добровольцев с хорошим зрением и аномалиями рефракции без патологии органа зрения. Сравнивали субъективную остроту зрения (СОЗ) по различным стандартным таблицам и ООЗ, которую определяли с помощью ВНГ. Исследования выявили высокую корреляцию между данными

СОЗ, определенными по таблицам, и данными ООЗ. Метод определения ООЗ с помощью ВНГ зарекомендовал себя как надежный и достаточно точный [19].

В настоящее время ведутся исследования по определению ООЗ у пациентов с заболеваниями органа зрения (патология центрального отдела, периферической сетчатки, нарушение прозрачности оптических сред). Ученые оценивают ООЗ у пациентов с катарактой и возрастной дегенерацией желтого пятна с помощью оптокинетической реакции, методом индукции ОКН. Результат определения ООЗ сравнивают с субъективной остротой зрения по стандартным таблицам. Определение ООЗ с помощью индукции ОКН представляется многообещающим инструментом для объективной оценки остроты зрения у лиц с катарактой или дегенерацией желтого пятна [20].

Один из способов определения ООЗ методом торможения ОКН предлагает движущиеся оплотипы для возбуждения ОКН, далее на демонстрационном мониторе возникает неподвижный объект, который тормозит ОКН. По величине минимального объекта определяется ООЗ. Имеется опыт определения ООЗ с использованием торможения ОКН, так называемый SpeedWheel. Исследователи сравнивали результаты определения ООЗ с использованием регистрации зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на последовательно уменьшающиеся стимулы из зрительной коры или путем выявления ОКН к движущимся целям разного размера и подавления ОКН с помощью фиксирующих целей различного размера [21]. Авторами предложено использование представленной методики у пациентов со снижением остроты зрения вследствие возрастной макулярной дегенерации, амблиопии, катаракты, тиреоид-ассоциированной орбитопатии (эндокринная офтальмопатия) или снижением остроты зрения неизвестного генеза, когда нельзя исключить симуляцию пациента. Острота зрения, полученная разными методами, была сопоставима, за исключением пациентов со снижением остроты зрения неизвестного происхождения (например, с фиктивной потерей зрения). Во всех рассмотренных случаях выявлена сильная корреляционная зависимость результатов определения субъективной и объективной остроты зрения [22].

Таким образом, использование ВНГ в офтальмологии для определения ООЗ позволяет улучшить диагностический потенциал современной медицины. Благодаря современному оснащению (инфракрасные камеры, высокоточные, четкие мониторы) сегодня реализация данной методики представляется более успешной, чем в предыдущие годы. ●

Работа поддержана грантом инновационного центра «Сколково».

Литература

1. Гусева М.Р., Никуфоров А.С. Офтальмоневрология. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2014.
2. Pierrat-Deseilligny C., Milea D. Vertical nystagmus: clinical facts and hypotheses // *Brain*. 2005. Vol. 128. Pt. 6. P. 1237–1246.
3. Hain T.C. Vestibular nystagmus // dizziness-and-balance.com/practice/nystagmus/vestibular.html.
4. Gananca M.M., Caovilla H.H., Gananca F.F. Electronystagmography versus videonystagmography // *Braz. J. Otorhinolaryngol*. 2010. Vol. 76. № 3. P. 399–403.
5. West P.D., Sheppard Z.A., King E.V. Comparison of techniques for identification of peripheral vestibular nystagmus // *J. Laryngol. Otol*. 2012. Vol. 126. № 12. P. 1209–1215.
6. Szirmai A., Keller B. Electronystagmographic analysis of caloric test parameters in vestibular disorders // *Eur. Arch. Otorhinolaryngol*. 2013. Vol. 270. № 1. P. 87–91.
7. Oculomotor, vestibular, and reaction time effects of sports-related concussion: video-oculography in assessing sports-related concussion // *J. Head Trauma Rehabil*. 2019. Vol. 34. № 3. P. 176–188.
8. Белякова-Бодина А.И., Бриль Е.В., Зимнякова О.С. и др. Видеонистагмография в диагностике глазодвигательных нарушений // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2017. Т. 11. № 4.
9. Ketcham C.J., Hall E., Bixby W.R. et al. A neuroscientific approach to the examination of concussions in student-athletes // *J. Vis. Exp*. 2014. Vol. 94. ID 52046.
10. Creed J.A., DiLeonardi A.M., Fox D.P. et al. Concussive brain trauma in the mouse results in acute cognitive deficits and sustained impairment of axonal function // *J. Neurotrauma*. 2011. Vol. 28. № 4. P. 547–563.
11. Maruta J., Suh M., Niogi S.N. et al. Visual tracking synchronization as a metric for concussion screening // *J. Head Trauma Rehabil*. 2010. Vol. 25. № 4. P. 293–305.
12. Murray N.G., Ambati V.N., Contreras M.M. et al. Assessment of oculomotor control and balance post-concussion: a preliminary study for a novel approach to concussion management // *Brain Inj*. 2014. Vol. 28. № 4. P. 496–503.
13. Swingen L.A., Goldsmith R., Boothby J. et al. Video nystagmography to monitor treatment in mild traumatic brain injury: a case report // *Integr. Med. (Encinitas)*. 2017. Vol. 16. № 2. P. 46–52.
14. Han S.B., Han E.R., Hyon J.Y. et al. Measurement of distance objective visual acuity with the computerized optokinetic nystagmus test in patients with ocular diseases // *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol*. 2011. Vol. 249. № 9. P. 1379–1385.
15. Pfirsching H.P., Frisch N., Wiegand W. Computer-assisted provocation and detection of optokinetic nystagmus // *Ophthalmologie*. 1994. Vol. 91. № 1. P. 91–94.
16. Han S.B., Yang H.K., Hyon J.Y. et al. Efficacy of a computerized optokinetic nystagmus test in prediction of visual acuity of better than 20/200 // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2011. Vol. 52. № 10. P. 7492–7497.
17. Ковальская А.А. Диагностические возможности инфракрасной окулографии в офтальмологии: автореф. дис. ... канд. мед. наук. СПб., 2013.
18. Коскин С.А., Ковальская А.А. Объективное определение остроты зрения на основе оптокинетического нистагма. Современные методы нистагмографии // *Офтальмологические ведомости*. 2012. Т. V. № 1. С. 52–57.
19. Aleci C., Scaparrotti M., Fulgori S., Canavese L. A novel and cheap method to correlate subjective and objective visual acuity by using the optokinetic response // *Int. Ophthalmol*. 2018. Vol. 38. № 5. P. 2101–2115.
20. Aleci C., Cossu G., Belcastro E., Canavese L. The optokinetic response is effective to assess objective visual acuity in patients with cataract and age-related macular degeneration // *Int. Ophthalmol*. 2019. Vol. 39. № 8. P. 1783–1792.
21. Luethy M.L., Schötzau A., Palmowski-Wolfe A. Establishing prediction intervals for the speedwheel acuity test in adults and children // *Klin. Monbl. Augenheilkd*. 2021. Vol. 238. № 4. P. 488–492.
22. Schwob N., Palmowski-Wolfe A. Objective measurement of visual acuity by optokinetic nystagmus suppression in children and adult patients // *J. AAPOS*. 2019. Vol. 23. № 5. P. 272.e1–272.e6.

Infrared Videonystagmography: an Objective Method for Visual Acuity Determination

Z.I. Mamedov¹, I.A. Loskutov, PhD¹, Ye.P. Poruchikova, PhD², O.L. Poruchikova²

¹ M.F. Vladimirsky Moscow Regional Research Clinical Institute

² Istok Audio Labs, LLC

Contact person: Igor A. Loskutov, Loskoutigor@mail.ru

The article discusses the advantages of using a sensitive and specific method of videonystagmography. It is shown that this method, used to determine objective visual acuity, expands the diagnostic potential of modern medicine.

Key words: nystagmus, optokinetic nystagmus, objective visual acuity, videonystagmography