

СОВРЕМЕННЫЕ СИСТЕМЫ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ ВЕСТИБУЛЯРНЫХ НАРУШЕНИЙ

А. В. Горбунов¹, А. В. Непрокин¹, Е. Н. Туголуков², В. С. Егоров³

*Кафедры: «Биомедицинская техника» (1),
«Техника и технологии производства нанопродуктов» (2),
Тамбовский центр новых информационных технологий (3),
ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия; alexey.gorbunov@mail.ru*

Ключевые слова: вестибулярные нарушения; видеонистагмография; дифференциальная диагностика; система визуализации нистагма, системы анализа и поддержки принятия решений.

Аннотация: Проанализированы применяемые методы дифференциальной диагностики вестибулярных нарушений. Визуализация нистагма является одним из видов диагностического обследования, достаточно широко используемых в неврологической и оториноларингологической практиках. Рассмотрены существующие информационные системы анализа и поддержки принятия решений при диагностике и лечении вестибулярных нарушений. Рассмотрены особенности программной реализации систем для визуализации и анализа нистагма. В результате проведенного анализа выделены достоинства и недостатки существующих методов и дальнейшие перспективы развития комплексов визуализации и систем обеспечения поддержки принятия решений в лечебно-диагностическом процессе.

При вестибулярном головокружении возникают разнообразные варианты нистагма, анализ которых позволяет врачу определить наличие патологии вестибулярной системы, уровень ее поражения и локализацию патологического процесса для выбора тактики обследования и лечения. Тщательный анализ нистагма позволяет избежать ошибок при дифференциальной диагностике доброкачественного пароксизмального позиционного головокружения и центрального позиционного нистагма.

В целях формирования наиболее адекватной тактики диагностики вестибулярных нарушений проведен анализ современных систем визуализации и анализа нистагма.

При визуальном осмотре больного не всегда удается зарегистрировать нистагм, поэтому в процессе диагностики применяются специальные устройства. Простейшим приспособлением для исследования нистагма являются очки Блессинга или Френзеля с астигматическими или диоптрическими (+20) линзами [1]. Конструкция очков может включать специальную подсветку. Большой силы собиравательные линзы создают препятствие для фиксации взгляда, которая способна подавить спонтанный нистагм. Это позволяет врачу проводить наблюдение за движением глаз.

Существенными недостатками такой диагностики являются: отсутствие возможности проанализировать параметры, которые нельзя определить визуально (дизритмия, неравномерность амплитуды и др.) [2], отсутствие регистрации данных обследования, а также передачи полученной информации дистанционно.

Другим методом регистрации движений глаз служит электроокулография (электронистамография). Метод основан на фиксации изменения электрического потенциала сетчатки и глазных мышц и его регистрации в графическом виде. Глазное яблоко по своей природе является диполем. Электрическая ось глазного яблока практически совпадает с оптической осью, зрительной линией [3]. При повороте глаза положение полюсов диполя изменяется. Отклонение электрической оси глаза во время нистагма приводит к изменению электрического потенциала, направление и амплитуда которого характеризуют определенное движение глазного яблока. Возникающий электрический сигнал регистрируется и выводится на дисплей или бумажную ленту.

Недостатком метода является использование электродов и, как следствие, наличие шумов и артефактов. Необходимость жесткой фиксации головы пациента в процессе диагностики существенно ограничивает время регистрации движений глаз [4]. Электроокулография не позволяет регистрировать торсионные (вращательные) движения глаз, проводить видеорегистрацию, фиксировать движения глаза меньше чем в 1° по амплитуде [1, 5].

Современным методом диагностики движений глаз является видеонистамография (ВНГ), также известная как видеоокулография (ВОГ). Метод основан на видеорегистрации движений глазного яблока с последующим программным анализом полученных результатов [6]. Системы ВНГ состоят из непрозрачных очков или пластиковой маски со встроенными инфракрасными камерами слежения, которые надеваются на голову пациента. Видеокамеры фиксируют движения глаз при проведении тестов и передают данные для последующего анализа. Тесты включают разные виды слежения за мишенью на проекционном экране, определенные повороты головы и туловища. С помощью специальной программы осуществляется детальный анализ параметров движения глаз. Видеозаписи глазодвигательной активности могут быть использованы для дистанционной диагностики пациента в соответствии с концепцией телемедицины [7 – 9]. Возможна регистрация не только нистагма, но и положения больного в момент исследования и комментариев к его ощущениям.

Преимуществами данного метода являются точная фиксация горизонтальных, вертикальных и вращательных движений глаз, возможность программной обработки данных в режиме реального времени, уменьшение времени процедуры диагностики, отсутствие шумов и артефактов в полученных результатах [2].

Кроме того, видеонистамографы регистрируют не косвенные, а необходимые количественные параметры (координаты центров зрачков, их скорости), причем делают это бесконтактным образом [10, 11]. Видеонистамография позволяет выделять и анализировать вертикальный и диагональный компоненты нистагменной реакции, что, безусловно, очень важно для топической диагностики [12].

Исследования с использованием видеонистамографа показывают, что записи нистагма могут быть использованы в диагностических целях, целях экспертизы и оценки состояния человека [13].

Анализ нистагма, на примере программного обеспечения компании «НПО Астек» для системы VF405 Video Frenzel, заключается в поиске ударов нистагма, записи движений глаз и их автоматическом распознавании [11]. В дополнение к распознаванию ударов нистагма, программа также вычисляет другие важные параметры, например, скорость медленной фазы и частоту ударов нистагма.

Программное обеспечение имеет два алгоритма автоматического анализа нистагма: непрерывный и дискретный.

При непрерывном анализе нистагма рассчитывается текущая скорость движения глаза для любого момента времени. Как только скорость движения глаза

превышает максимальное значение, распознается начало быстрой фазы. Конец быстрой фазы определяется в тот момент, когда скорость глаза падает ниже максимального значения. Пороговые значения, используемые для определения исходной и конечной точек быстрой фазы, подстраиваются автоматически, а результаты распознавания отображаются графически.

Скорость медленной фазы определяется при помощи временного сглаживания (низкочастотной фильтрации) скорости, рассчитываемой вне распознанных саккад и артефактов. Во время саккад или артефактов ее скорость приравняется к среднему между скоростью в начале и сразу после саккады. Низкочастотная фильтрация скоростей адаптирована к соответствующим требованиям тестов для того, чтобы избежать искажения результатов.

Преимуществом данной методики анализа нистагма является возможность определения скорости движения глаза для любого произвольного момента времени, то есть при таком подходе получается непрерывная оценка характера движений глаза; недостатком – в методиках с низкой активностью нистагма, например, в тесте спонтанного нистагма, скорость медленной фазы может быть определена для любого произвольного момента времени, однако для каждого удара нистагма не определяется отдельное значение.

Методика дискретного анализа нистагма применяется в случаях, когда истинная скорость нистагма не может быть правильно определена [14].

С помощью дискретного анализа нистагма выделяются пилообразные движения глазного яблока, которые распознаются по быстрой фазе и предшествующей ей медленной фазе противоположного направления. На рисунке 1 представлено изображение удара нистагма в виде графика.

Удары нистагма распознаются при выполнении следующих условий:

- рассчитанная скорость превышает заданную минимальную, установленную для быстрой фазы;
- амплитуда быстрой фазы превышает заданную минимальную, установленную для быстрой фазы;
- время, прошедшее с последней быстрой фазы, превышает заданную минимальную длительность, установленную для медленной фазы.

Если эти условия соблюдаются, проверяются следующие формальные критерии идентификации удара нистагма:

- ускорение и направление во время фазы возврата;
- амплитуда медленной фазы;
- скорость медленной фазы;
- длительность медленной фазы;

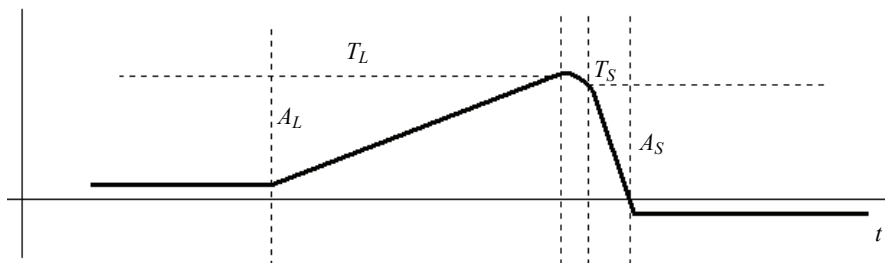


Рис. 1. Графическое представление нистагма:

A_L и T_L – соответственно амплитуда и длительность медленной фазы;

A_S и T_S – соответственно амплитуда и длительность быстрой фазы

– допустимые отклонения точек данных от рассчитанной линии регрессии (относительное значение).

Чем большее значение установлено, тем более линейным должно быть движение глаза для того, чтобы оно было распознано как медленная фаза.

Методику дискретного анализа нистагма выбирают в том случае, если нужно определить, как часто появляются его удары. Это особенно важно для сеансов выявления спонтанного нистагма, поскольку каждый удар распознается, и затем анализируются его частота, амплитуда и скорость. Даже при калорических тестах данный анализ может давать хорошие результаты, особенно если есть только низкая реакция на орошение.

Существующие методики непрерывного и дискретного анализа нистагма являются общепринятыми за рубежом. В России существует альтернативный подход для рассмотрения данной задачи [11]. Тоничностью удара нистагма называется отношение длительностей быстрой фазы к медленной, то есть для описания нистагма используется не скорость медленной фазы, а данное отношение. Такой подход можно считать более адекватным, так как он опирается на данные двух фаз каждого удара. Нормой считается тоничность в диапазоне $1/5 \dots 1/3$. Выход за эти пределы указывает на возможные отклонения от нормы.

При диагностике вестибулярного аппарата с использованием систем ВНГ используются различные варианты диагностических тестов.

Для регистрации неспровоцированных движений глаз проводится тест спонтанного нистагма. При диагностике регистрируются горизонтальная и вертикальная позиции глаз, скорость медленной фазы горизонтальных и вертикальных движений в градусах в секунду, изменение диаметра зрачка. Тест проводится в режиме светоизоляции [15].

При проведении теста с калорическим орошением проводят прямую температурную стимуляцию внутреннего уха. Для пациентов с выраженным нистагмом даже при отсутствии раздражителей рекомендуется перед проведением теста записать неспровоцированные удары нистагма. Полученные данные анализируются для расчета скорости медленной фазы и частоты ударов нистагма и отображаются в виде различных тестовых диаграмм отдельно для каждого орошения и выполняемого выборочно теста спонтанного нистагма, предшествующего основному тесту.

В тесте плавного слежения пациенту предъявляются визуальные стимулы. Глаза обследуемого должны следовать за изображением, которое движется непрерывно по проекционному экрану (монитору) [15].

При проведении теста саккад глаза пациента должны следить за визуальным материалом на проекторе или мониторе. При этом изображение двигается скачкообразно от одной позиции к другой, в отличие от теста плавного слежения. Пациент должен попытаться зафиксировать взгляд на проецируемом объекте, а затем быстро переместить взгляд к следующей позиции [15]. Анализируются основные параметры (латентность, скорость, точность фиксации) и отображаются на различных графиках для горизонтальных и вертикальных саккад.

В тесте фиксированного взгляда регистрируются и анализируются движения глаза в момент фиксации взгляда пациента на демонстрируемом изображении.

С помощью оптокинетического теста возможно анализировать движения глаз при стимуляции движущимся в горизонтальном или вертикальном направлении изображениями-стимулами с различной скоростью. При этом рассчитывается скорость движения глаз во время медленной фазы и сравнивается со скоростью движения проецируемого изображения. Голова пациента при этом должна оставаться неподвижной.

Ряд диагностических тестов проводится с использованием специального поворотного кресла.

Видеонистагмография обладает большими возможностями использования как в целях дифференциальной диагностики уровня поражения вестибулярной системы и различных отделов головного мозга, так и при обследовании больного в палате после хирургических вмешательств, а также для контроля выполнения позиционных маневров и вестибулярной реабилитации [12].

В связи с огромной информационной нагрузкой на врача, даже специалисту с большим опытом, трудно учитывать все характеристики исследуемых пациентов, что в итоге отражается на точности и эффективности проведенной диагностики и грамотном выборе тактики лечения. Для обеспечения поддержки принятия решений в лечебно-диагностическом процессе, наряду с использованием ВНГ систем, применяются информационные системы анализа и поддержки принятия решений (СППР) [16, 17].

В настоящее время актуально использование информационных СППР на основе алгоритмов, разработанных с применением методов интеллектуального анализа медицинских данных [16 – 18]. Искусственный интеллект помогает врачу проверить правильность постановки диагноза в сложных клинических случаях. Программные комплексы, использующие возможности искусственных нейронных сетей, играют важную роль в процессе диагностики и лечения [17, 19, 20].

Система анализа и поддержки принятия решений может включать в себя следующие компьютеризированные процедуры: сбор, обработку, анализ медицинской информации, математическое моделирование, распознавание объектов на изображении, патологий, помощь в выборе наиболее оптимального метода диагностики или лечения.

Использование ВНГ в сочетании с информационной СППР при диагностике и лечении гарантирует правильность постановки диагноза и грамотное лечение пациентов с проблемами головокружения.

Однако следует отметить недостатки систем ВНГ ввиду их чрезвычайной дороговизны. Медицинские учреждения зачастую просто не в состоянии оснастить ими диагностические кабинеты.

В связи с этим по-прежнему остро стоят проблемы технического решения диагностики вестибулярного аппарата и необходимости в современном и недорогом оборудовании. Перспективным в решении данного вопроса является разработка систем для визуализации нистагма на базе доступной видеоаппаратуры (веб-, фото- и видеокамер), которая может использоваться как отдельно, так и быть встроенной в мобильный телефон, ноутбук или другие устройства [21]. При разработке подобных систем используют специализированные библиотеки, в которых реализованы методы компьютерного зрения. Однако алгоритмы, используемые для анализа движений глаз, требуют дальнейшего совершенствования.

Использование информационных систем визуализации и анализа нистагма может значительно оптимизировать и существенно ускорить процесс дифференциальной диагностики вестибулярных нарушений, автоматизировав его и добавив возможность прослеживать динамику развития заболевания с помощью современных программных средств. Актуальным остается вопрос создания недорогой и эффективной системы визуализации с возможностью детального анализа движений глаз для диагностики, экспертизы и оценки состояния человека с использованием доступных аппаратных и программных средств.

Список литературы

1. Оториноларингология : национальное руководство / Под ред. В. Т. Пальчуна. – М. : ГЭОТАР-Медиа, 2009. – 954 с.

2. Лихачев, С. А. Современные технологии диагностики вестибулярной дисфункции в неврологической практике / С. А. Лихачев, О. А. Аленикова // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. – 2011. – Т. 5, № 2. – С. 34 – 39.
3. Электроокулография [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.psychodic.ru/e/elektrookulografiya.html> (дата обращения: 30.05.2018).
4. Барабанщиков, В. А. Методы окулографии в исследовании познавательных процессов и деятельности / В. А. Барабанщиков, М. М. Милад. – М. : Институт психологии РАН, 1994. – 88 с.
5. Бабияк, В. И. Клиническая оториноларингология : руководство для врачей / В. И. Бабияк, Я. А. Накатис. – СПб. : Гиппократ, 2005. – 800 с.
6. Мачалов, А. С. Функциональное состояние среднего и внутреннего уха у больных нейросенсорной тугоухостью после кохлеарной имплантации : дис. ... канд. мед. наук : 14.01.03 / Мачалов Антон Сергеевич. – М., 2015. – 139 с.
7. Репин, Д. С. Телемедицина : состояние и направление развития / Д. С. Репин // *Информатизация образования и науки*. – 2017. – № 2 (34). – С. 90 – 100.
8. Фролов, С. В. Тенденции развития телемедицинских технологий в Российской Федерации / С. В. Фролов, М. С. Фролова // *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*. – 2005. – Т. 11, № 2А. – С. 328 – 340.
9. Фролов, С. В. Телемедицина – ключ к повышению качества здравоохранения / С. В. Фролов, М. С. Фролова // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского*. – 2005. – № 1. – С. 61 – 63.
10. Видеодиагностика вестибулярного аппарата [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vdvs.ru/products/vng/vng.htm> (дата обращения: 30.05.2018).
11. Тест спонтанного нистагма [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.vdvs.ru/info/tests/nystagmus.htm> (дата обращения: 30.05.2018).
12. Дистанционная видеонистагмография : методика и области применения / А. Н. Пашинин [и др.] // *Российская оториноларингология*. – 2014. – № 4 (71). – С. 85 – 87.
13. Сучалкина, А. Ф. Математическое моделирование двухфазных, нистагменного типа, движений глаз : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.02.01 / Сучалкина Анна Федоровна. – М., 2014. – 164 с.
14. Штефанова, О. Ю. Математическое моделирование и оценка качества системы зрительной ориентации в горизонтальной плоскости : дис. ... канд. физ.-мат. наук : 01.02.01 / Штефанова Ольга Юрьевна. – М., 2011. – 179 с.
15. Дорошенко, Н. Э. Современные методы исследования вестибулярной функции у больных с кохлеовестибулопатией / Н. Э. Дорошенко, Д. П. Денисов, И. Л. Лазаревич // *Кремлевская медицина. Клинический вестник*. – 2013. – № 1. – С. 48 – 52.
16. Литвин, А. А. Системы поддержки принятия решений в диагностике и лечении острого панкреатита / А. А. Литвин, О. Ю. Реброва // *Проблемы здоровья и экологии*. – 2016. – № 2 (48). – С. 10 – 17.
17. Литвин, А. А. Инфицированный панкреонекроз : компьютерное прогнозирование, профилактика, диагностика и хирургическое лечение : дис. ... д-ра мед. наук : 03.01.09 ; 14.01.17 / Литвин Андрей Антонович. – М., 2015. – 346 с.
18. Кобринский, Б. А. Системы поддержки принятия решений в здравоохранении и обучении / Б. А. Кобринский // *Врач и информационные технологии*. – 2010. – № 2. – С. 39 – 45.
19. Симанков, В. С. Системный анализ и современные информационные технологии в медицинских системах поддержки принятия решений / В. С. Симанков, А. А. Халафян. – М. : Бином, 2009. – 362 с.

20. Дюк, В. А. Информационные технологии в медико-биологических исследованиях / В. А. Дюк, В. Л. Эмануэль. – СПб. : Питер, 2003. – 528 с.

21. Онлайн диагностика болезней Альцгеймера и Паркинсона по движению глаз [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.eyemove.ru/faq> (дата обращения: 30.05.2018).

Modern Differential Diagnostic Systems for Vestibular Disorders

A. V. Gorbunov¹, A. V. Neprokin¹, E. N. Tugolukov², V. S. Egorov³

*Departments of Biomedical Engineering (1),
Technology and Methods of Nanoproducts Manufacturing (2),
Tambov Center for New Information Technologies (3),
TSTU, Tambov, Russia; alexey.gorbunov@mail.ru*

Keywords: vestibular disorders; VNG; differential diagnosis; nystagmus imaging system; DSS.

Abstract: This study is devoted to the analysis of the methods used for the differential diagnosis of vestibular disorders. Visualization of nystagmus is one of the types of diagnostic examinations that are widely used in neurological and otorhinolaryngology practices. This paper examines the existing information systems for analyzing and supporting decision-making in the diagnosis and treatment of vestibular disorders. The features of the software implementation of systems for visualization and analysis of nystagmus are considered. As a result of the analysis, the advantages and disadvantages of existing methods and further prospects for the development of visualization complexes and decision support systems in the treatment and diagnostic process are described.

References

1. Pal'chun V.T. [Ed.] *Otorinolaringologiya: natsional'noye rukovodstvo* [Otorhinolaryngology: national leadership], Moscow: GEOTAR-Media, 2009, 954 p. (In Russ.)
2. Likhachev S.A., Alenikova O.A. [Modern technologies for diagnosing vestibular dysfunction in neurological practice], *Annaly klinicheskoy i eksperimental'noy nevrologii* [Annals of Clinical and Experimental Neurology], 2011, vol. 5, no. 2, pp. 34-39. (In Russ.)
3. <http://www.psyhodic.ru/e/elektrookulografiya.html> (accessed 30 May 2018).
4. Barabanshchikov V.A., Milad M.M. *Metody okulografii v issledovanii poznavatel'nykh protsessov i deyatelnosti* [Oculography methods in the study of cognitive processes and activities], Moscow: Institut psikhologii RAN, 1994, 88 p. (In Russ.)
5. Babiyak V.I., Nakatis Ya.A. *Klinicheskaya otorinolaringologiya: rukovodstvo dlya vrachey* [Clinical otolaryngology: a guide for physicians], St. Petersburg: Gippokrat, 2005, 800 p. (In Russ.)
6. Machalov A.C. *PhD Dissertation (Medical)*, Moscow, 2015, 139 p. (In Russ.)
7. Repin D.S. [Telemedicine: state and direction of development], *Informatizatsiya obrazovaniya i nauki* [// Informatization of education and science], 2017, no. 2 (34), pp. 90-100. (In Russ., abstract in Eng.)

8. Frolov S.V., Frolova M.S. [Trends in the development of telemedicine technologies in the Russian Federation], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2005, vol. 11, no. 2A, pp. 328-340. (In Russ., abstract in Eng.)
9. Frolov S.V., Frolova M.S. [Telemedicine – the key to improving the quality of healthcare], *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet im. V. I. Vernadskogo* [Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University], 2005, no. 1, pp. 61-63. (In Russ., abstract in Eng.)
10. <http://www.vdvs.ru/products/vng/vng.htm> (accessed 30 May 2018).
11. <http://www.vdvs.ru/info/tests/nystagmus.htm> (accessed 30 May 2018).
12. Pashchinin A.N., Voronov V.A., Demidenko D.Yu., Levin S.V., Kuz'min D.M. [Remote videonystagmography: methods and applications], *Rossiyskaya otorinolaringologiya* [Russian otorhinolaryngology], 2014, no. 4 (71), pp. 85-87. (In Russ., abstract in Eng.)
13. Suchalkina A.F. *PhD Dissertation (Physical and Mathematical)*, Moscow, 2014, 164 p. (In Russ.)
14. Shtefanova O.Yu. *PhD Dissertation (Physical and Mathematical)*, Moscow, 2011, 179 p. (In Russ.)
15. Doroshchenko N.E., Denisov D.P., Lazarevich I.L. [Modern methods of investigating vestibular function in patients with cochleostomy vesicle], *Kremlevskaya meditsina. Klinicheskiy vestnik* [Kremlin medicine. Clinical Herald], 2013, no. 1, pp. 48-52. (In Russ., abstract in Eng.)
16. Litvin A.A., Rebrova O.Yu. [Decision support systems in the diagnosis and treatment of acute pancreatitis], *Problemy zdorov'ya i ekologii* [Problems of health and ecology], 2016, no. 2 (48), pp. 10-17. (In Russ.)
17. Litvin A.A. *PhD Dissertation (Medical)*, Moscow, 2015, 346 p. (In Russ.)
18. Kobrinskiy B.A. [Decision Support Systems in Health Care and Training], *Vrach i informatsionnyye tekhnologii* [Doctor and Information Technologies], 2010, no. 2, pp. 39-45. (In Russ., abstract in Eng.)
19. Simankov V.S., Khalafyan A.A. *Sistemnyy analiz i sovremennyye informatsionnyye tekhnologii v meditsinskikh sistemakh podderzhki prinyatiya resheniy* [System analysis and modern information technologies in medical decision-making support systems], Moscow: Binom, 2009, 362 p. (In Russ.)
20. Dyuk V.A., Emanuel' V.L. *Informatsionnyye tekhnologii v mediko-biologicheskikh issledovaniyakh* [Information technologies in biomedical research], St. Petersburg: Piter, 2003, 528 p. (In Russ.)
21. <http://www.eyemove.ru/faq> (accessed 30 May 2018).

Moderne Systeme der Differentialdiagnose der vestibulären Störungen

Zusammenfassung: Die vorliegende Studie ist der Analyse der Methoden zur Differentialdiagnose von vestibulären Störungen gewidmet. Die Visualisierung von Nystagmus ist eine der Arten diagnostischer Untersuchungen, die in neurologischen und Hals-Nasen-Ohren-Praxen weit verbreitet sind. In dieser Arbeit sind die vorhandenen Informationssysteme zur Analyse und Unterstützung der Entscheidungsfindung bei der Diagnose und Behandlung von vestibulären Störungen untersucht. Die Besonderheiten der Software-Implementierung von Systemen zur Visualisierung und Analyse von

Nystagmus sind betrachtet. Als Ergebnis der durchgeführten Analyse sind die Vor- und Nachteile der bestehenden Methoden sowie weitere Perspektiven für die Entwicklung von Visualisierungskomplexen und Entscheidungsunterstützungssystemen im Behandlungs- und Diagnoseprozess aufgezeigt.

Systèmes modernes du diagnostic différentiel des troubles vestibulaires

Résumé: La présente étude porte sur l'analyse des méthodes utilisées pour le diagnostic différentiel des troubles vestibulaires. La visualisation de nystagmus est un type du diagnostic, assez largement utilisé dans les pratiques neurologiques et otorhinolarhingologiques. Sont examinés les systèmes d'information existants pour l'analyse le traitement des troubles vestibulaires. Sont envisagés les caractéristiques de la mise en œuvre des systèmes de visualisation et d'analyse nystagmus. Sont mis en relief les avantages et les inconvénients des méthodes existantes et les perspectives du développement des systèmes d'imagerie et d'appui à la prise de décisions dans le processus du diagnostic et du traitement.

Авторы: *Горбунов Алексей Викторович* – доктор медицинских наук, профессор кафедры «Биомедицинская техника»; *Непрокин Алексей Владимирович* – магистрант; *Туголуков Евгений Николаевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Техника и технологии производства нанопродуктов»; *Егорев Владимир Сергеевич* – соискатель, Тамбовский центр новых информационных технологий, ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.

Рецензент: *Немтинов Владимир Алексеевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов, Россия.