

7. Руководство по эксплуатации. Аппарат стоматологический низкочастотный ультразвуковой для формирования дентино-пломбировочного соединения «DENT-35». – Минск, 2016, – с. 28.

УДК 616.832.522.:616.8-009.1

ВИДЕОАНАЛИЗ ДВИЖЕНИЙ В ОЦЕНКЕ ПРОИЗВОЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ПОЗЫ ПРИ НЕЙРОДЕГЕНЕРАТИВНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЯХ

И.С. ГУРСКИЙ, С.А. ЛИХАЧЁВ, А.Г. БУНЯК, В.В. ВАЦИЛИН,
Ю.Н. РУШКЕВИЧ, И.П. МАРЬЕНКО

Государственное учреждение «Республиканский научно-практический центр неврологии и нейрохирургии»

Аннотация. При многих нейродегенеративных заболеваниях отмечаются нарушения равновесия, приводящие к учащению падений и травматизации. Целью настоящего исследования явилось выявление нарушений произвольного постурального контроля и возможностей их реабилитации у пациентов с нейродегенеративными заболеваниями — болезнью моторного нейрона и болезнью Паркинсона, с использованием методик видеоанализа движений и биологической обратной связи. Диагностика статокINETических нарушений методом видеоанализа движений и биологической обратной связи выполнена в группах пациентов с БМН (52 пациента) и БП (87 пациентов). В ходе проводимых реабилитационных мероприятий, включая тренировки с биологической обратной связью, выявляется статистически значимый рост показателей произвольного постурального контроля в обеих группах пациентов. У части пациентов с бульбарным дебютом БАС выявлены нарушения произвольного постурального контроля, не объяснимые парезами и спастичностью, которые могут свидетельствовать о вкладе поражения ассоциативных зон коры и проводящих путей (в частности — фронтостриарной системы) в формирование двигательных нарушений при БМН.

Ключевые слова: видеоанализ движений, равновесие, нейродегенеративные заболевания, болезнь Паркинсона, болезнь моторного нейрона, боковой амиотрофический склероз.

Abstract. Impairment of balance is a common syndrome of many neurodegenerative disorders, and leads to increased frequency of falls and traumatization in these patients. The objective of the research was to study impairments of voluntary postural control and possibilities of their rehabilitation in the patients with neurodegenerative diseases — motor neuron disease (MND), and Parkinson's disease (PD), utilizing methods of videomotion analysis and biological feedback. We studied 52 patients with MND and 87 patients with PD, using system for videomotion analysis. During the course of rehabilitation, which includes biofeedback training, we observed in both groups statistically significant increase of quotients, which reflect quality of voluntary postural control. In some patients with bulbar onset ALS we revealed impairments of voluntary postural control, which are not attributable to muscle weakness or spasticity, and may indicate a role of damage to associative cortical areas and tracts (particularly — frontostriatal system) in the formation of movement disorders in MND.

Keywords: videomotion analysis, balance, neurodegenerative disorders, Parkinson's disease, motor neuron disease, amyotrophic lateral sclerosis.

Введение

Нейродегенеративные заболевания, такие как болезнь Паркинсона (БП), синдромы «паркинсонизм-плюс», болезнь моторного нейрона (БМН), спиноцеребеллярные дегенерации, и др., являются одной из основных причин неврологической инвалидизации [1, 2]. Общим синдромом многих нейродегенеративных заболеваний является нарушение локомоции и поддержания равновесия вследствие мышечно-тонических нарушений, силовых парезов, координаторных, апрактических и когнитивных нарушений. Нарушение равновесия приводит к учащению падений и травматизации, что дополнительно снижает качество жизни и может стать причиной летального исхода вследствие травмы.

Теоретический анализ

Для БП существует патогенетическое лечение, однако, эффективность фармакологических и хирургических методов лечения в отношении таких симптомов, как застывания при ходьбе и падения, является ограниченной. При БМН поражаются верхние и нижние мотонейроны, что приводит к развитию парезов и атрофий мышц, спастичности. Появляются данные о поражении при БМН других систем, включая фронто-стриарную систему [3, 4]. Фронто-стриарная система участвует в сложных моторных актах, в том числе, видимо, и в поддержании вертикальной позы. В связи с этим является актуальной разработка методов диагностики и реабилитации нарушений равновесия при болезни Паркинсона и болезни моторного нейрона.

Целью настоящего исследования явилось выявление нарушений произвольного пострального контроля (ППК) и возможностей их реабилитации у пациентов с нейродегенеративными заболеваниями — болезнью моторного нейрона и болезнью Паркинсона, с использованием методик видеоанализа движений и биологической обратной связи.

Методика

Нами разработан аппаратно-программный комплекс для осуществления анализа движений и биологической обратной связи в рамках работ по заданию 3.3.01 ГПНИ «Конвергенция», 2011-2015 гг., № госрегистрации 20130014 от 17-01-2013, отчет № ГР 20151733 [5, 6]. Данный комплекс воспроизводит основную функциональность стабиллоплатформы и её программного обеспечения при использовании более доступных компонентов.

Видеоанализ движений туловища пациента и биологическая обратная связь осуществляются с использованием программы обработки видеоизображений (ПОВ) (рисунок 1). На теле пациента в области плечевых суставов и на передней брюшной стенке по средней линии размещаются контрастные цветные маркеры сферической формы.

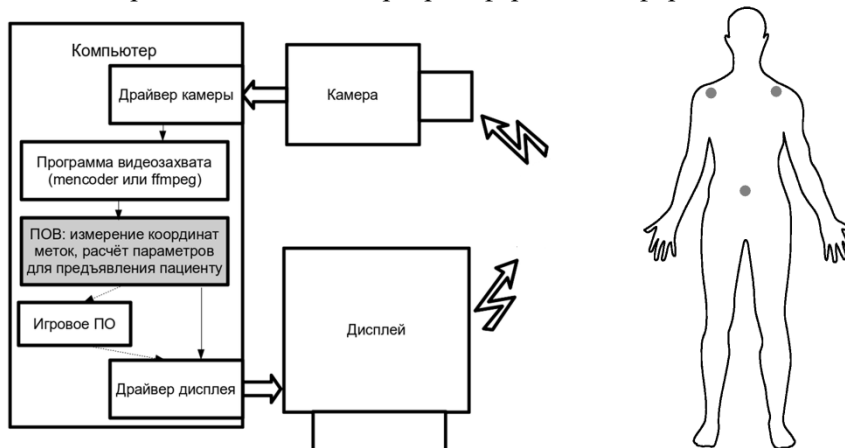


Рисунок 1. Архитектура аппаратно-программного комплекса видеозахвата с биологической обратной связью и схема расположения цветных маркеров на теле пациента.

ПОВ отображает на экране компьютера две отметки — отражающую перемещения туловища пациента относительно опоры (отметка пациента — ОП), и мишень. Перемещение мишени может осуществляться по двум алгоритмам:

I. Алгоритм «Синусоида»: Координаты мишени изменяются по синусоидальному закону, у с частотой 0.10 Гц, х с частотой 0.05 Гц. Продолжительность сеанса составляет 5 мин для пациентов с БМН и 10 мин для пациентов с БП; через каждые 2.5 мин направление движения мишени изменяется на противоположное. Рассчитываются КППКф (коэффициент ППК во фронтальной плоскости) и КППКс (коэффициент ППК в сагиттальной плоскости). КППКф определяется как коэффициент корреляции Спирмена между координатой х ОП и мишени, а КППКс — как коэффициент корреляции для координаты у.

II. Алгоритм «Скачки»: Скачкообразное перемещение мишени при попадании (перекрытии наполовину и более). При этом новая координата Y мишени выбирается случайно равной $y_0 - d_y$ или $y_0 + d_y$, а координата X выбирается случайным образом в интервале $[x_0 - d_x; x_0 + d_x]$, где x_0 и y_0 — координаты центра экрана, d_x и d_y — настраиваемые параметры, задающие диапазон перемещений мишени. Продолжительность сеанса составляет 5 мин.

Экспериментальная часть

Диагностика статокINETических нарушений методом видеоанализа движений и биологической обратной связи выполнена в группах пациентов с БМН и БП, способных к самостоятельной ходьбе без опоры, вне обострения соматических заболеваний и психозов. У пациентов с БП исследования проводились в «оп»-период. Параллельно осуществлялись другие реабилитационные мероприятия в соответствии с программой НИР и протоколами лечения неврологических больных. Группа пациентов с БМН включала 52 пациентов: 5 пациентов с первичным боковым склерозом и 47 с БАС — 3 пациента с высокой формой БАС, 22 с бульбарным дебютом БАС, 16 с шейно-грудным и 6 с пояснично-крестцовым дебютами БАС. Медиана возраста группы составила 60 лет (минимум — 22, максимум — 82 лет). Группа БП

включала 87 пациентов, которые на момент проведения исследования не были подвергнуты хирургическому лечению (DBS или деструктивным операциям). Медиана возраста группы составила 60 лет (минимум 33, максимум 79 лет), медиана стадии по Хен-Яру — 2.5 (1-3 стадии).

Статистическая обработка данных осуществлялась в программном пакете R [7] с использованием непараметрических статистических методов; статистически значимыми различия между группами и корреляция переменных считались при $p < 0.05$.

Результаты и их обсуждение

В группе пациентов с БМН значения размера выборки N, медианы, 25-го и 75-го центилей для значений коэффициента произвольного постурального контроля во фронтальной плоскости (КППКф) и в сагиттальной плоскости (КППКс) лучших попыток составили: для всех пациентов с БМН N=52, КППКф 0.953 [0.870;0.977], КППКс 0.903 [0.791;0.960]; для подгруппы пациентов с первичным боковым склерозом (ПБС) N=5, КППКф 0.966 [0.934;0.982], КППКс 0.929 [0.902;0.962]; для высокой формы БАС N=3, КППКф 0.929 [0.878;0.958], КППКс 0.903 [0.837;0.940]; для бульбарного дебюта БАС N=22, КППКф 0.922 [0.810;0.960], КППКс 0.871 [0.601;0.913]; для шейно-грудного дебюта БАС N=16, КППКф 0.975 [0.913;0.979], КППКс 0.952 [0.867;0.962]; для пояснично-крестцового дебюта БАС N=6, КППКф 0.957 [0.921;0.976], КППКс 0.941 [0.892;0.969].

Значения показателей КППКф, КППКс, в подгруппе пациентов с бульбарным дебютом БАС достоверно ниже, чем в подгруппах пациентов с ПБС (односторонний непараметрический критерий Mann-Whitney, $p < 0.05$ для КППКс, $p = 0.07$ для КППКф), пояснично-крестцовым (односторонний непараметрический критерий Mann-Whitney, $p < 0.05$ для КППКс, $p = 0.1$ для КППКф) и шейно-грудным дебютами (односторонний непараметрический критерий Mann-Whitney, $p < 0.05$ для КППКс и КППКф) БАС; других статистически значимых различий между подгруппами (односторонний непараметрический критерий Mann-Whitney, $p > 0.05$) не выявлено.

Также обращают на себя внимание низкие (менее 10-го центиля для КППКф, равного 0.725, и для КППКс, равного 0.567) коэффициенты произвольного постурального контроля у 7 пациентов с БМН, 6 из которых имели бульбарный дебют заболевания, а 5 из них на момент обследования не имели парезов или спастичности в нижних конечностях и аксиальной мускулатуре, а также нарушений походки и равновесия, выявляемых при рутинном физикальном осмотре, у одной из пациенток отмечался умеренный нижний преимущественно дистальный парапарез. На рисунке 2 представлено распределение пациентов по значениям КППКф и КППКс, иллюстрирующее, что пациенты с наихудшими показателями произвольного постурального контроля имели бульбарный дебют заболевания.

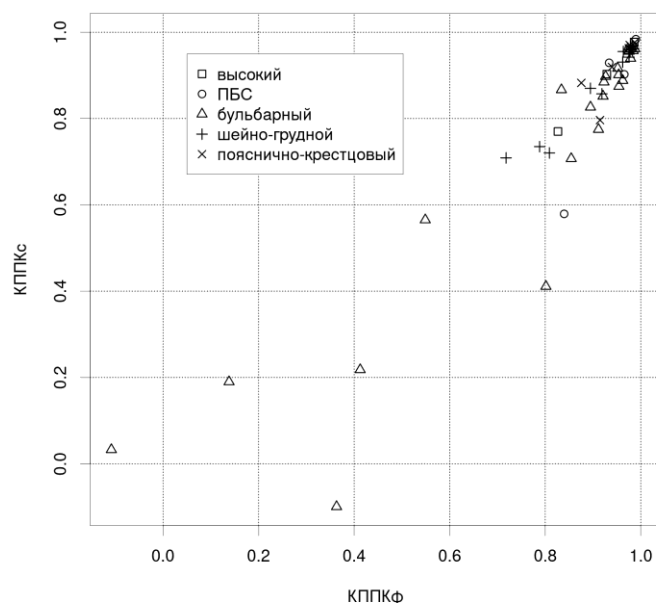


Рисунок 2. Распределение пациентов по значениям КППКф и КППКс.

36 пациентам было проведено 2 и более сеансов тренировок. Выявлен статистически значимый рост показателей произвольного постурального контроля у пациентов с БМН в целом, пациентов с бульбарным и шейно-грудным дебютами заболевания (парный критерий Wilcoxon, асимметричная нулевая гипотеза, $p < 0.05$). Улучшение показателей постурального контроля составило у пациентов с бульбарным дебютом БАС 7.7% для показателя КППКф (отношение медианы разностей конечных и исходных значений показателя к медиане исходных значений показателя в группе) и 15% для показателя КППКс, для пациентов с шейно-грудным дебютом — 2.7% и 5.5% соответственно.

В группе пациентов с БП значения размера выборки N , медианы, 25-го и 75-го центилей для значений коэффициента произвольного постурального контроля во фронтальной плоскости (КППКф) и в сагиттальной плоскости (КППКс) лучших попыток составили: для всех пациентов с БП $N=87$, КППКф 0.925 [0.849;0.960], КППКс 0.864 [0.697;0.932]; в подгруппе пациентов без клинически выявляемой постуральной неустойчивости (стадии 1-2 по Хен-Яру) $N=33$, КППКф 0.950 [0.880;0.966], КППКс 0.920 [0.783;0.945]; в подгруппе пациентов с клинически выявляемой постуральной неустойчивостью (стадии 2.5-3 по Хен-Яру) $N=54$, КППКф 0.907 [0.833;0.957], КППКс 0.842 [0.658;0.913].

Значения КППКс и КППКф коррелируют с клинически выявляемой стадией БП. Коэффициент корреляции Spearman стадии по Хен-Яру и значения КППКф составил -0.342, $p=0.00059626$ ($p < 0.05$), для КППКс составил -0.388, $p=0.00010062$ ($p < 0.05$).

76 пациентам с БП проведено 2 и более сеансов тренировок с биологической обратной связью. Выявлен статистически значимый рост показателей КППКс и КППКф как для всех пациентов с БП, так и в подгруппах пациентов без клинически выявляемой постуральной неустойчивости (стадии 1-2 по Хен-Яру) и с клинически выявляемой постуральной неустойчивостью (стадии 2.5-3 по Хен-Яру). В подгруппе пациентов без клинически выявляемой постуральной неустойчивости рост КППКф составил 3.9%, и рост КППКс — 6.0%, а в подгруппе пациентов с клинически выявляемой постуральной неустойчивостью 5.9% и 11% соответственно.

Заключение

Методом видеоанализа движений выявлены нарушения произвольного постурального контроля при БП и БМН. При болезни Паркинсона степень выраженности выявляемых нарушений коррелировала с тяжестью заболевания по Хен-Яру. При БМН наиболее выраженные изменения выявлены у пациентов с бульбарным дебютом БАС.

Оценка динамики показателей качества произвольного постурального контроля в ходе проводимых реабилитационных мероприятий показала, что пациенты с БП и ранними стадиями БМН имеют резервы для компенсации нарушений функции произвольного постурального контроля.

Наличие нарушений произвольного постурального контроля и возможность их реабилитации при БП являются хорошо установленными фактами, которые подтверждаются результатами нашего исследования. Наличие же у части пациентов с бульбарным дебютом БАС нарушений произвольного постурального контроля, не объяснимых парезами и спастичностью, может свидетельствовать о вкладе поражения ассоциативных зон коры и проводящих путей (в частности — фронтостриарной системы) в формирование двигательных нарушений при БМН. Это свидетельствует о необходимости проведения ещё до развития парезов и спастичности в конечностях реабилитационных мероприятий, направленных на улучшение равновесия, и обустройства в быту среды, направленной на профилактику падений и травматизма.

Список литературы

1. Burden of care in amyotrophic lateral sclerosis. Hecht MJ, Graesel E, Tigges S, Hillemacher T, Winterholler M, Hilz MJ, Heuss D, Neundörfer B. // *Palliat Med.* 2003 Jun;17(4):327-33.
2. Comparing the Incidence of Falls/Fractures in Parkinson's Disease Patients in the US Population. Linda Kalilani, Mahnaz Asgharnejad, Tuire Palokangas, and Tracy Durgin // *PLoS One.* 2016 Sep 1;11(9):e0161689.
3. Frontostriatal deficit in Motor Neuron Disease/Amyotrophic Lateral Sclerosis (MND/ALS). G. Buoiano, P. Bongioanni, M. Magoni, M.C. Carboncini, B. Rossi (2003). [Conference Poster] Электронный ресурс: http://cogprints.org/3129/1/Frontostriatal_Deficit_in_MND-ALS.pdf [дата доступа 01.12.2017]
4. Impaired action knowledge in amyotrophic lateral sclerosis. Grossman M, Anderson C, Khan A, Avants B, Elman L, McCluskey L. // *Neurology.* 2008;71(18):1396-1401.
5. Лихачёв, С. А. Метод оценки биомеханики поясничного отдела позвоночника с помощью видеоанализа в режиме реального времени / С. А. Лихачёв и другие // *Медэлектроника – 2014. Средства медицинской*

- электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей VIII Международная научно-техническая конференция (Минск, 10 – 11 декабря 2014 г.). – Минск : БГУИР, 2014. – С. 243-246
6. Лихачев, С. А. Аппаратно-программный комплекс биологической обратной связи для коррекции нарушений позы и равновесия / С. А. Лихачев и др. // Медэлектроника – 2015. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей IX Международная научно-техническая конференция (Минск, 4 – 5 декабря 2015 г.). – Минск : БГУИР, 2015. – С. 173 – 175.
7. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

УДК 37.091.212.2

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ТЕСТИРОВАНИЯ

П.В.КАМЛАЧ, А.Г. КАПИТАНЧУК, Ф.Ф.СЕЛИВЕРСТОВ,
В.И.КАМЛАЧ, И.И. РЕВИНСКАЯ, Д.П. КУНИЧНИКОВ

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Аннотация. В данной статье обосновываются преимущества и недостатки метода тестирования по сравнению с другими методами контроля успеваемости. Выявлена проблема списывания при проведении компьютерного тестирования, в связи с чем ставится задача разработать методику определения надежности компьютерного тестирования на основе стереотипных поведенческих реакций. В данной статье описывается методика определения надежности компьютерного тестирования, а также разработанное по этой методике web-приложение. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: методика, надежность, тестирование, приложение

Abstract. This article justifies the advantages and disadvantages of the testing method compared to other methods of monitoring performance. Identified the problem of cheating when conducting computer testing, and therefore the task is to develop a methodology for determining the reliability of computer testing based on stereotypical behavioral reactions. This article describes a method for determining the reliability of computer testing, as well as a web application developed by this method. The results of experimental studies are given.

Keywords: technique, reliability, testing, application

Введение

Система образования включает в себе различные методы контроля успеваемости: экзамены и зачеты, устный опрос и др. Проверка знаний обучающегося проводится человеком, как следствие снижается эффективность оценивания знаний полученных в ходе учебного процесса в силу субъективности. По этой причине, все более востребованными средствами контроля знаний учащихся выступают тесты.

Тесты обладают рядом преимуществ: объективность и качество, научно обоснованные критерии качества, индивидуализация контроля, оценивающая каждого по единым критериям, типизация процедуры тестирования и стандартизация проверки показателей качества заданий и тестов. Несмотря на преимущества тестирования, возникает необходимость в разработке стратегий и способов борьбы с фальсификацией, а также списыванием при проведении контроля знаний.

В рамках решения обозначенной проблемы было принято решение разработать методику определения надежности тестирования на основе стереотипных поведенческих реакций [1].

Использование компьютера при тестировании дает возможность незамедлительно выдать оценку знаний обучающегося и принять незамедлительные меры по коррекции усвоения нового материала на основе анализа результатов корректирующих и диагностических тестов. При компьютерном тестировании повышаются возможности процесса контроля, появляется возможность сбора дополнительных данных о динамике прохождения теста отдельными учащимися для осуществления дифференциации пропущенных и не достигнутых заданий теста.

Обращаться к компьютерному тестированию следует в тех случаях, когда есть потребность в отказе от традиционных бумажных тестов, например, при использовании технологии дистанционного образования, когда тип обучения не дает возможность очного тестирования знаний обучающегося. При проверках большого количества людей, таких как абитуриентов, при централизованном тестировании, использование компьютерного тестирования может сэкономить ресурсы, расходуемые на печать и транспортировку бумажных тестов, также повысит информационную безопасность и предотвратит рассекречивание теста за счет высокой скорости передачи информации и специальной защиты электронных файлов [2].