

ПЕРСПЕКТИВЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ОБРАБОТКИ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИИ С ПОДСЧЁТОМ СПЕКТРАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ ПРИ СКРИНИНГОВЫХ ОБСЛЕДОВАНИЯХ

PROSPECTS OF COMPUTER PROCESSING OF ELECTROENCEPHALOGRAPHY WITH SPECTRAL POWER CALCULATION DURING SCREENING EXAMINATIONS

**N. Kipyatkov
K. Belskaya**

Summary. Introduction: during screening examinations of the population, EEG is widely used to assess the functioning of the brain, primarily to exclude epileptic changes. The need to examine a large number of subjects in a short time period dictates its own characteristics and inevitably reduces the diagnostic value of the study.

Objective: to analyze the use of EEG in screening conditions during dispensary examinations and to try to select from a wide variety of quantitative assessment methods those that, on the one hand, are mathematically more universal (taking into account a wide variety of EEG processing devices and programs), on the other hand, are clinically reliable.

Methods: we recorded the resting EEG for a minute in 8 bipolar leads: using the complexes Micar-EEG-202 and Neuron-Spectrum-2. The subsequent computer processing of the signal was carried out using the WinEEG program. Group A was formed for the study. It consisted of 890 healthy subjects aged 18 to 65 years who underwent voluntary psychiatric examination. For control, the study group B was used — 82 patients with diagnoses encoded within the subgroup Mental disorders and behavioral disorders (F00-F99) ICD10.

Results: as part of our work, we evaluated the possibility of using quantitative indicators of computer signal processing in screening conditions in addition to standard visual analysis. It is shown that the determination of spectral power by ranges gives the most repeatable results when conducting EEG under different conditions.

Conclusion: a high degree of reliability of spectral power indicators in the theta range can be noted when comparing large groups of healthy subjects and patients with a neuropsychiatric profile.

Keywords: screening examinations, EEG, brain, computer analysis.

Кипятков Никита Юрьевич

К.м.н., ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет» Министерства здравоохранения России
fd@pnd1.spb.ru

Бельская Ксения Алексеевна

К.м.н., ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный педиатрический медицинский
университет» Министерства здравоохранения России
Belskaya.k.a@gmail.com

Аннотация. Введение: при проведении скрининговых осмотров населения для оценки функционирования головного мозга широко используется ЭЭГ в первую очередь для исключения эпилептических изменений. Необходимость обследования большого количества испытуемых в небольшой временной промежуток диктует свои особенности и неизбежно снижает диагностическую ценность исследования.

Цель: анализ использования ЭЭГ в скрининговых условиях при проведении диспансерных осмотров и попытка подобрать из большого разнообразия количественных методов оценки те, которые с одной стороны математически более универсальны (с учетом большого разнообразия аппаратов и программ обработки ЭЭГ) с другой стороны клинически достоверны.

Методы: мы регистрировали ЭЭГ покоя в течение минуты в 8 биполярных отведениях: с помощью комплексов Мицар-ЭЭГ-202 и Нейрон-Спектр-2. Последующая компьютерная обработка сигнала проводилась с помощью программы WinEEG. Для исследования была сформирована группа А. Ее составили 890 здоровых испытуемых в возрасте от 18 до 65 лет проходившее добровольное психиатрическое освидетельствование. Для контроля использовалась исследуемая группа В — 82 пациента с диагнозами, кодируемыми в рамках подгруппы Психические расстройства и расстройства поведения (F00-F99) МКБ 10.

Результаты: в рамках нашей работы мы оценили возможность использования количественных показателей компьютерной обработки сигнала в условиях скрининга в дополнение к стандартному визуальному анализу. Показано, что определение спектральной мощности по диапазонам дает наиболее повторяемые результаты при проведении ЭЭГ в разных условиях.

Заключение: можно отметить высокую степень достоверности показателей спектральной мощности в тета-диапазоне при сравнении больших групп здоровых обследуемых и пациентов психоневрологического профиля.

Ключевые слова: скрининговые осмотры, ЭЭГ, головной мозг, компьютерный анализ.

Введение и цель

Сегодня ЭЭГ вышло за рамки диагностики эпилепсии в практике врача невролога и используется существенно шире. Физиологическая сущность функционирования головного мозга отражается в особенностях электрического тока, возникающего в нейронных системах при различных фазовых состояниях центральной нервной системы. Изучение этих особенностей функционирования расширяет наши представления о механизмах работы центральной нервной системы. ЭЭГ широко применяется в психиатрии, психотерапии, наркологии, анестезиологии-реаниматологии и т.д. Современные аппаратно-программные комплексы свободно оперируют большими объемами данных, помогая исследователю выбрать ценную информацию для последующего анализа. Технические решения сегодня позволяют длительное время регистрировать ЭЭГ с множества точек, оценивая как фоновую активность, так и реакцию мозга на предъявляемые раздражители. Технические возможности новой аппаратуры позволяют записывать ЭЭГ сутками. Однако в параллель с такими неограниченными по времени и мощности ресурсами развивается внедрение ЭЭГ в диспансерные обследования [1, 2]. Когда в качестве вводных условий необходимо провести исследование у большого количества испытуемых в сжатые временные сроки, в рамках медицинских осмотров населения приходится жертвовать длительностью исследования, укорачивать или исключать некоторые функциональные пробы. Клиническая значимость таких исследований неизбежно снижается. Достижение баланса между временными затратами на проведение одного исследования и его ценностью в плане выявляемости патологических ситуаций нам представляется чрезвычайно важным. Конечно, верифицировать конкретные патологические синдромы при проведении «быстрых» исследований не представляется возможным. Однако условно разделить обследуемых на группу «здоровые» и группу «требующие дополнительного обследования» возможно и ценно.

Целью нашей работы послужил анализ использования ЭЭГ в скрининговых условиях при проведении диспансерных осмотров в рамках работы врачебных комиссии по добровольному психиатрическому освидетельствованию. Предпринята попытка подобрать из большого разнообразия количественных методов оценки те, которые с одной стороны, математически более универсальны, и значит, воспроизводимы на разных аппаратах с программным обеспечением разных производителей. С другой стороны, параметрам, презентуемым подобной количественной обработкой необходимо быть удобными для оценки, универсальными и воспроизводимыми на разных аппаратах и компьютерных программах.

Материалы и методы

На базе нейрофизиологического кабинета Психоневрологического диспансера № 1 были зарегистрированы ЭЭГ покоя длительностью более одной минуты в следующих биполярных отведениях: Fp1 — C3, Fp2 — C4, C3 — O1, C4 — O2, O1 — T3, O2 — T4, T3 — Fp1, T4 — Fp2 с помощью аппаратов экспертного класса Мицар-ЭЭГ-202 и Нейрон-Спектр-2. Обработка с помощью компьютерных программ была обязательным условием нашего исследования в след за визуальной оценкой полученных записей, мы использовали программу WinEEG версия 2.14. Группа А была набрана для исследования в количестве 890 испытуемых отнесенных к группе «здоровые» с возрастным разбросом от 18 до 70 лет, все эти люди проходили добровольное психиатрическое освидетельствование у психиатра и выполняли ЭЭГ. Для отнесения к группе «здоровые» полученные нами ЭЭГ были оценены визуально на предмет отсутствия пароксизмальных, эпилептиформных или очаговых графоэлементов. Группу контроля (В) в нашем нейрофизиологическом обследовании составили 82 пациента проходившие обследование и лечение в условиях дневного стационара Психоневрологического диспансера, с диагнозами кодируемыми в подгруппе Психические расстройства и расстройства поведения (F00-F99) списка МКБ 10. Пациенты группы В были отобраны таким образом чтобы полученных у них записи ЭЭГ не имели грубых визуальных нейрофизиологических изменений. Прежде всего: основными ритмами, регистрируемыми в покое, были колебания в альфа и бета диапазонах. С частотой от 8 до 14 Гц. Без вспышек и разрядов медленных колебаний с доминантой по амплитуде, островолновых и спайковых комплексов и прочих графоэлементов традиционно трактуемых как эпилептиформные [3,4]. Таким образом мы хотели, чтобы все прошедшие через наше исследование ЭЭГ можно было в условиях быстрого диспансерного приема визуально отнести к группе «без патологических изменений».

Анализ данных был проведен с использованием программы SPSS9.0 for Windows следующим алгоритмом. В первую очередь определялось соответствие нормальному распределению в каждой выборке, в том числе с использованием критерия Колмогорова-Смирнова. Так как для полученных данных соответствие нормальному распределению не было доказано, мы анализировали полученные данные используя критерии Вальда-Вольфовица и Манна-Уитни. В результате математической обработки были отобраны показатели, достоверно статистически различающиеся в группах сравнения.

Результаты и их обсуждение

Варианты получения количественных показателей при компьютерном анализе ЭЭГ в современных условиях чрезвычайно широки, однако по нами данным и под данным источников литературы одним из наиболее стабильных воспроизводимых при повторных измерениях с помощью разных программ анализа является спектральная мощность [5]. По данным анализируемой литературы спектральный анализ ЭЭГ позволяет выявить существенные отличия амплитудных значений в некоторых частотных диапазонах при сравнении групп лиц с нарушениями функции мозга с подобными же показателями у здоровых людей [6,7,14]. Основа спектрального анализа — математическое преобразование Фурье, суть которого в презентации разных электрических сигналов (в том числе и ЭЭГ) как суммы волн различной частоты.

В нашей методике для вычисления спектральной мощности ЭЭГ выбирается 15 секундный фрагмент записи, зарегистрированной в состоянии спокойного комфортного бодрствования в положении сидя с закрытыми глазами. Программный комплекс вычисляет спектры мощности автоматически по следующему алгоритму. Заданный интервал кривых ЭЭГ разбивается на равные отрезки, определяемые показателем «длительность эпохи анализа». Наиболее оптимальные результаты мы получили, выбирая длительность эпохи анализа равную 5 секундам, с использованием параметра «перекрывание эпох анализа», установленном в программных настройках в виде 50%. При котором перекрываются все последующие эпохи (исключая первую) с помощью выделения отрезка записи кривых мозговой активности, который смещается на половину длины эпохи анализа хронологически предыдущей анализируемой. Следует отметить, что вычисление спектральной мощности выделенных по приведенному алгоритму отрезков для каждого частотного канала выполняется независимо. Для каждого выделенного отрезка записи биоэлектрической активности определялись параметры так называемого полиномиального тренда, с его последующей компенсацией. Порядок полиномиального тренда был определен в настройках программы равным нулю, таким образом чтобы при математическом анализе удалялась только постоянная составляющая. Временное окно сглаживало боковые максимумы с целью подавления просачивания энергии. Из возможных в используемой программе временных окон Уэлча, Ханна и Барлета мы выбрали для определения временное окно Ханна. В результате описанных выше математических преобразований с использованием «быстрого преобразования Фурье» определялся спектр мощности сигнала или периодограмма.

Интервал частот, выбранных для вычислений, был ограничен с помощью параметра «Диапазон низкочастотного сигнала» (от 0,25 до 1,25). Обработываемый сигнал считался выбракованным если его максимальная мощность превышала 200 микровольт хотя бы по одному каналу. Кроме этого, для всех изучаемых каналов по отобранным отрезкам ЭЭГ свободным от артефактов вычислялся средний спектр. Полученные таким образом результаты удобнее всего презентовать в процентах, так чтобы общая сумма процентов по всем частотным диапазонам для каждого изучаемого отведения составляла 100%.

При анализе литературы можно отметить большое количество разрозненных данных о чувствительности спектральной мощности как к приобретенным, так и к врожденным состояниям, патологически меняющим деятельность головного мозга. Так было показано повышение мощности в медленных дельта и тета диапазонах у пациентов с острыми нарушениями кровообращения головного мозга с отчетливой положительной динамикой к 14 дню при отсутствии локальных очагов медленной активности [8]. Ряд авторов отмечает повышение спектральной мощности в дельта диапазоне у пациентов с врожденными органическими поражением головного мозга [9]. В тоже время достоверные изменения спектральных характеристик ЭЭГ при шизофрении обнаруживаются только при анализе реакции на предъявление звуковых или визуальных стимулов [10,11,12]. Нельзя забывать, что мозг не может функционировать «в отрыве» от всего остального организма и те или иные изменений режима работы многих внутренних органов через психосоматические связи формируют изменения работы мозга, а значит изменения спектральной мощности ЭЭГ. Например, описывается повышение спектральной мощности в бета1 и альфа-диапазонах при различной эндокринной патологии [13]. Показано что различная влияния на мозговую активность при отсутствии нарушения в структуре головного мозга чаще всего касаются спектральной мощности в альфа и бета диапазонах, а «истинно мозговые» изменения в большей степени коррелируют с медленноволновыми диапазонами (дельта и тета).

В нашем исследовании статистически значимые различия в спектральной мощности в группах А и В локализируются преимущественно в тета-диапазоне в височно-затылочных и теменно-затылочных отведениях. В частности, в височно-затылочных отведениях Т3 — О1 в исследуемой группе А — $15,26 \pm 3,7$, в исследуемой группе В — $36,39 \pm 4,1$. Т4 — О2 средние значения в исследуемой группе А — $13,25 \pm 2,7$, в исследуемой группе В — $37,29 \pm 3,7$. В тоже время, для дельта диапазона в том же отведениях различия менее выражена: в исследуемой группе А — $6,80 \pm 5,5$, в исследуемой группе

В — $14,27 \pm 8,7$. Так же менее значимую достоверность показывают результаты по тета-диапазону в лобно-височных и лобно-теменных отведениях. F1 — T3 в исследуемой группе А — $14,17 \pm 2,6$, в исследуемой группе В — $26,45 \pm 3,8$. F2 — T4 средние значения в исследуемой группе А — $15,89 \pm 2,7$, в исследуемой группе В — $26,97 \pm 3,6$. Таким образом, статистически достоверная разница показателей в исследуемых группах ($p < 0,01$) отмечается в тета-диапазоне в отведениях T3 — O1 и T4 — O2; статистически достоверная разница ($p < 0,05$) в отведениях F1 — T3 и F2 — T4, а также при сравнении спектральной мощности в исследуемых группах в пределах дельта-диапазона.

Результат по альфа-диапазонам также демонстрируют разницу между исследуемыми группами, однако статистическая достоверность их менее результатов по тета-диапазону. Так, для отведения С4 — O2 в альфа-диапазоне средние значения в исследуемой группе А — $56,27 \pm 10,4$, в исследуемой группе В — $35,67 \pm 9,9$. Для отведения T3 — O1 в альфа-диапазоне средние значения в исследуемой группе А — $48,33 \pm 11,7$, в исследуемой группе В — $34,77 \pm 10,2$.

Анализируя спектральные мощности в бета-1 и бета-2-диапазонах мы столкнулись с рядом объективных трудностей. Известно, что электромиограмма, в случае если пациент не смог расслабиться или находится в некомфортном состоянии более всего искажает именно высокочастотную часть ЭЭГ. В условиях быстрых обследований при проведении диспансеризации возможность комфортно расслабиться для испытуемого реализуется далеко не всегда. Следует так же заметить, что наряду с компактностью современных приборов для регистрации ЭЭГ, которые легко монтируются на новом месте буквально за считанные минуты, стоматологические кресла, традиционно используемые для записи ЭЭГ в кабинетах функциональной диагностики в связи с их удачной эргономикой для комфортного полусидящего положения, как правило, не транспортируются к месту проведения медицинского осмотра в силу большого собственного веса. Поэтому при выездных обследованиях на территории предприятий

запись ЭЭГ осуществляется на обычном кресле, а иногда даже просто на стуле. Все эти условия существенно затрудняют интерпретацию высокочастотной части ЭЭГ при сравнении группы здоровых обследуемых и группы пациентов дневного стационара. Хотя ряд авторов указывает на изменения спектральной мощности как в тета, так и в альфа и бета диапазонах, например у больных с дисциркуляторной энцефалопатией [12]. Таким образом мы намеренно исключаем расчеты спектральной мощности в бета1 и бета2 диапазонах из математического анализа, априори предполагая их низкую точность в условиях диспансерных ЭЭГ исследований.

Наибольшую объективную трудность для скринингового выявления могут иметь заболевания группы F20-F29 по МКБ 10. Это группа диагнозов шизофрения, шизотипические и бредовые расстройства. Конечно, в первую очередь подозрение на подобный диагноз функция психиатрического освидетельствования. И ЭЭГ никоим образом не стремится заменить собой врача-психиатра. Не смотря на это ЭЭГ выполняемая в связке с осмотром психиатра вероятно могла бы помочь и в этом случае. Любопытно что у порядка 37% пациентов из обследуемой группы В с шизофренией показателем характерный «пик» в подсчитанной спектральной мощности дельта диапазона. Патогенез подобного изменения спектральной мощности может стать темой будущих более подробных и фундаментальных исследований.

Заключение

На основании проведенного исследования можно отметить высокую степень достоверности показателей спектральной мощности в тета-диапазоне (меньшую в дельта и альфа-диапазонах) при сравнении объемных групп «условно здоровых» и пациентов психиатров. Указанные изменения по нашим предположениям несут как специфический, так и неспецифический характер, однако при «быстрых осмотрах» при диспансеризации позволяют выделить лиц нуждающихся в более глубоком обследовании.

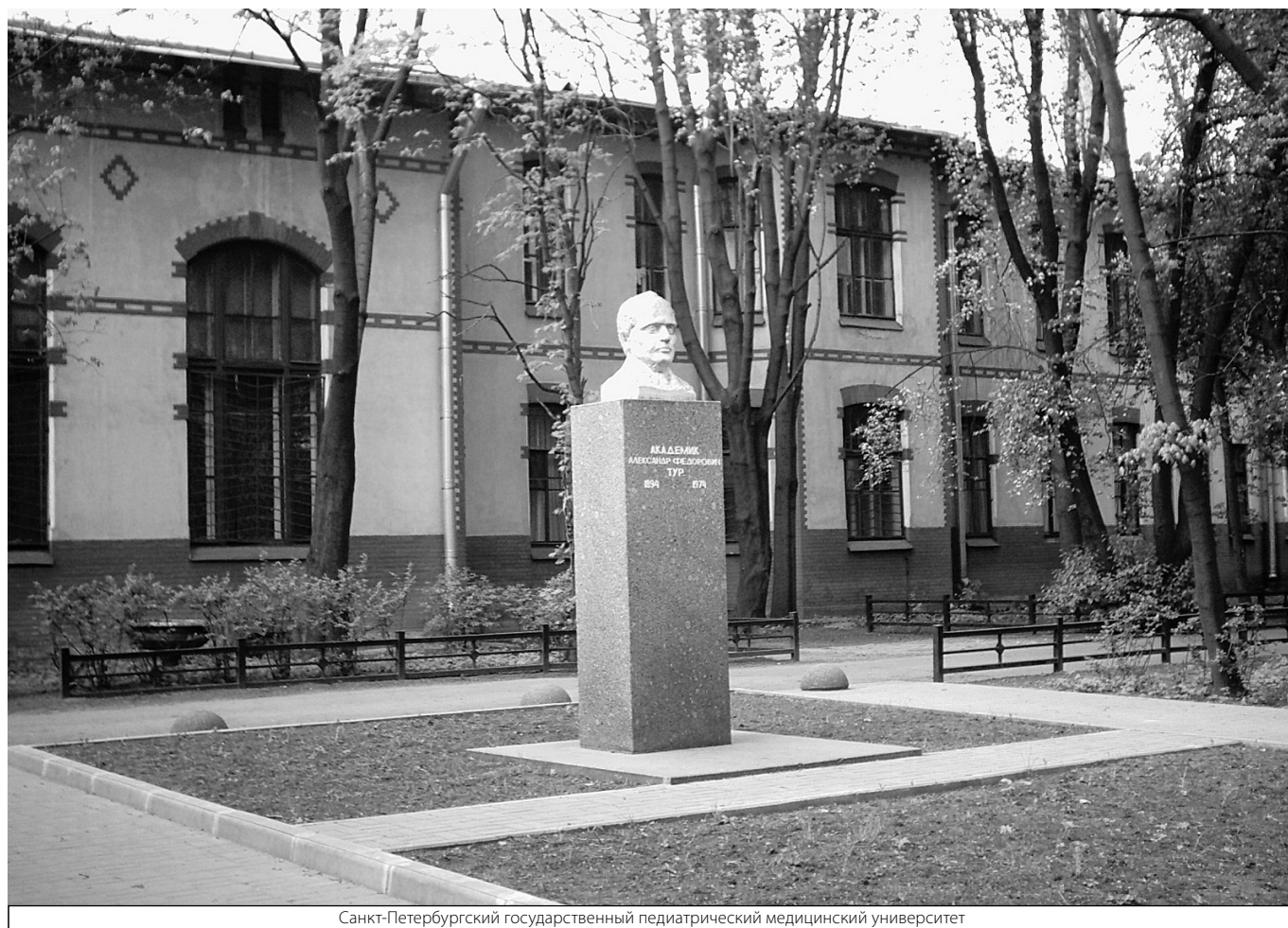
ЛИТЕРАТУРА

1. Сененко А.Ш., Савченко Е.Д., Сон И.М., Захарченко О.О. Результаты диспансеризации 2013–17 гг.: распределение обследованного населения по группам здоровья. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики, 2012, № 1, С. 67–86.
2. Лытаев С.А., Кипятков Н.Ю., Швеца И.А. Использование компьютерного анализа ЭЭГ для скрининговой оценки психического здоровья, Врач-апирант, 2008, Т. 24., № 3., С. 231–235.
3. Kipyatkov N. Yu., Dutov V.B., Timkina O.V., Lytaev S.A. Methods of mental state examination in conditions of time storage В сборнике: Changing Word and Environment: Approaches in Military Psychology and Psychophysiology. 44th International Applied Military Psychology Symposium. 2008. С. 54–55.
4. Santoshkumar B, Chong JJ, Blume WT, Prevalence of benign epileptiform variants, Epilepsy Programme, London Health Sciences Centre, London, Ont., Canada. Clin Neurophysiol., 2009, May;120(5) P:856–61.

5. Терещенко Е.П., Пономарев В.А., Мюллер А., Кропотов Ю.Д. Нормативные значения спектральных характеристик ЭЭГ здоровых испытуемых от 7 до 89 лет, Новые исследования Москва, 2010, С. 4–10.
6. Monastra V.J., Lubar J.F., Linden M. The Development Quantative Electroencephalographic Scanning Process for Attention Deficit, Hyperactivity Disorder: Reliability and Validity Studies Neurophysiology, 2001, V. 15, № 1, P. 136.
7. Klimesch W., Doppelmayr M., Wimmer H. et al. Alpha and beta band power changes in normal and dyslexic children, Clin. Neurophysiology. 2001, V. 112(7), P. 1186.
8. Кипятков Н.Ю., Лытаев С.А., Дутов В.Б., Бельская К.А. Тета-ритм ЭЭГ: возможные причины и вариант клинической оценки, Вестник клинической нейрофизиологии, 2019, № 5, С. 32–33.
9. Белова С.Н., Шейко А.К., Борзиков Г.Е. Количественная электроэнцефалография при изучении расстройств аутистического спектра, Практическая медицина, 2017, Том 1, С.35–39.
10. Мельникова Т.С., Саркисян В.В. Характеристики электроэнцефалографии эмоциональной памяти у больных при первом эпизоде параноидной шизофрении, Российский психиатрический журнал, 2017, С.68–72.
11. Пространственно-временные ЭЭГ-маркеры опознания слуховых образов в норме и при психопатологии Бельская К.А., Суловицкая Ю.В., Лытаев С.А. Педиатр. 2016. Т. 7. № 3. С. 49–55.
12. Algorithm for assessing auditory images perception and verbal information Belskaya K., Lytaev S. Advances in Intelligent Systems and Computing. 2021. T. 1201. С. 30–36.
13. Васильева В.В., Боташева Т.Л., Хлопонина А.В., Особенности пространственно-временной организации биоэлектрической активности мозга беременных с эндокринной патологией, Медицинский вестник Северного Кавказа, 2019, т 14, № 1.1, С. 68–72.
14. Бакузова Д.В., Кожеватова Е.А. Возможности дискриминантного анализа электроэнцефалограмм в диагностике сосудистых умеренных когнитивных расстройств, Вестник неврологии, психиатрии и нейрохирургии, 2015, № 8, С. 41–45.

© Кипятков Никита Юрьевич (fd@pnd1.spb.ru), Бельская Ксения Алексеевна (Belskaya.ka@gmail.com).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»



Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет