

ОБЗОР ПРИМЕНЕНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ СТВОЛОВЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ В СОВРЕМЕННОЙ КЛИНИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ

В.В. Гресс

valeriyagress@gmail.com

SPIN-код: 4749-9994

МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Метод акустических стволовых вызванных потенциалов (АСВП) применяется в клинической практике для функциональной оценки состояния проводящих слуховых путей ствола головного мозга. В данной работе выполнен литературный обзор медико-биологического применения АСВП и систематизированы результаты этих исследований. Особое внимание уделено применению АСВП при рассеянном склерозе и в неонатальной аудиометрии. Описаны основные принципы метода регистрации АСВП. Приведены нормативные данные параметров АСВП. На основании публикаций, найденных в системе Pubmed, выявлены основные направления использования метода и сделаны выводы о применении АСВП в современной клинической практике.

Ключевые слова

Акустические стволовые вызванные потенциалы (АСВП), рассеянный склероз, неонатальная аудиометрия, чувствительность, специфичность, диагностика, клиническая практика

Поступила в редакцию 07.06.2019

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2019

Введение. В настоящее время в клинической практике широко распространен метод вызванных потенциалов (ВП), представляющий собой регистрацию биоэлектрических потенциалов со скальпа в ответ на определенный стимул. Различают экзогенные и эндогенные ВП. К эндогенным относят когнитивные вызванные потенциалы, а экзогенные бывают трех модальностей: зрительные вызванные потенциалы (ЗВП), соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП) и слуховые, или акустические, вызванные потенциалы.

Слуховые ВП в зависимости от условий выделения подразделяют на коротколатентные, регистрируемые в первые 10 мс после начала стимула, среднелатентные — от 10 до 50 мс — и длиннотатентные, регистрируемые спустя 50 мс [1]. Коротколатентные слуховые ВП связаны с прохождением нервного импульса по стволу мозга, поэтому их называют акустическими стволовыми вызванными потенциалами (АСВП). Именно их чаще всего используют в медицинской практике [1–3].

Целью данной работы является обзор применения АСВП в современной клинической практике.

Описание метода АСВП. Впервые АСВП были выявлены в 1970 г. [4]. С 1980 г. начинается активное изучение данного метода. В период времени с 1970 по 2010 г. было опубликовано более 5800 работ, посвященных АСВП [3]. Благодаря

появлению АСВП расширились возможности изучения стволовых и подкорковых структур мозга.

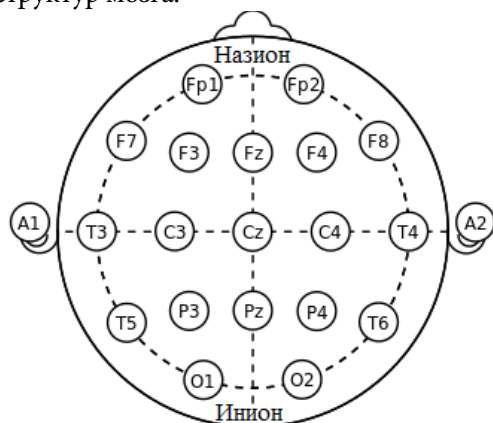


Рис. 1. Международная система размещения электродов «10–20»

Для регистрации используют международную схему расположения электродов «10–20» (рис. 1). Точки расположения электродов определяют следующим образом. Измеряют расстояние от иниона (inion) до назиона (nasion) и принимают его за 100 %. В 10 % этого расстояния устанавливают соответственно нижний лобный (Fp) и затылочный (O) саггитальные электроды. Остальные саггитальные электроды (F, Cz, P) располагают между этими двумя на равных расстояниях, составляющих 20 % расстояния между инионом и назионом.

Вторая основная линия идет между двумя слуховыми проходами через макушку. Нижние височные электроды (Т3, Т4) располагают в 10 % этого расстояния над слуховыми проходами, а остальные электроды (С3, Сz, С4) — на равных расстояниях, составляющих 20 % длины этой линии. Через точки Т3, С3, Т4, С4 от иниона к назиону проводят линии и по ним располагают остальные электроды (Р3, Р4, Т5, Т6, F3, F4, F7, F8, Fp1, Fp2). На мочки ушей помещают электроды А1 и А2 [1]. АСВП является потенциалом дальнего поля, т. е. его можно зарегистрировать практически с любой точки скальпа. Поскольку АСВП генерируется структурами слухового нерва и ствола головного мозга, активным электродом оказывается расположенный ближе к области внутреннего уха — на мочке уха, а референтным — Cz [1, 2]. При двухканальной системе регистрации можно использовать ипсилатеральное или контрлатеральное отведение. При контрлатеральном отведении наблюдается лучшее выделение компонентов [1, 5]. Заземляющий электрод устанавливают на лоб на 1 см выше назиона.

Для регистрации АСВП рекомендуется выбирать полосу частот 0,1...3,0 кГц. Эпоха анализа составляет 10...15 мс, частота дискретизации не менее 4 кГц, на практике используется диапазон 8...20 кГц [6, 7]. Для выделения ответа необходимо от 1000 до 4000 эпох усреднения [1, 5].

Слуховая стимуляция осуществляется с помощью наушников бинаурально или моноурально. Моноуральная стимуляция является более предпочтительной, так как результаты получаются более однозначными [1]. Звуковой стимул представляет собой щелчок — импульс прямоугольной формы длительностью 100 мкс. Частота подачи стимула может варьироваться в диапазоне 5...200 Гц, наиболее характерной является частота 8...12 Гц. Интенсивность звука обычно выбирают равной 70 дБ. За нулевой уровень интенсивности обычно принимают уровень звукового давления 20 мкПа. Подача звукового щелчка может происхо-

доть в момент возникновения отрицательного давления при втягивании мембраны — *R*-стимуляция (*Rarefaction*), или в результате толчка мембраны (положительное давление) — *C*-стимуляция (*Condensation*) (рис. 2). Используют также стимуляцию с изменяющейся полярностью — альтернативной. Отметим, что *C*- и *R*-стимуляция не имеют существенных преимуществ.

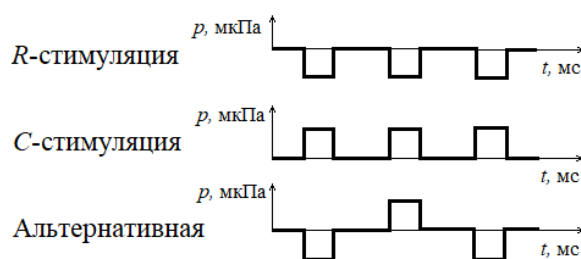


Рис. 2. Типы стимуляции применяемые в методе АСВП

Регистрируемый сигнал. В норме ответ АСВП состоит из семи пиков, которые обозначают римскими цифрами: I, II, III, IV, V, VI, VII. Наиболее важными в клинической практике и стабильными для выделения являются пики I, III, V [1, 3]. Основными параметрами, которыми характеризуются компоненты АСВП, являются амплитуды и латентности, а также их соотношения (табл. 1).

Таблица 1

Параметры основных компонентов АСВП в норме, используемые в клинической практике [1, 3].

Латентности компонентов, мс					
I	II	III	IV	V	VI
1,7 ± 0,15	2,8 ± 0,17	3,9 ± 0,19	5,1 ± 0,24	5,7 ± 0,25	7,3 ± 0,29
Межпиковые интервалы, мс					
I–III		III–V		I–V	
2,3 ± 0,15		1,9 ± 0,18		4,0 ± 0,23	
Амплитудные соотношения					
III/V			I/V		
0,50 ± 0,23			0,73 ± 0,48		

Имеется четкая локализация компонентов АСВП к определенным звеньям слухового пути (рис. 3):

- I пик представляет собой потенциал действия слухового нерва;
- II пик связан с кохлеарными ядрами;
- III — с верхним оливарным комплексом;
- IV — с латеральной петлей;
- V — нижние бугры четверохолмия;
- VI — медиальное коленчатое тело;
- VII — таламо-кортикальные проекции, включая первичный ответ коры.

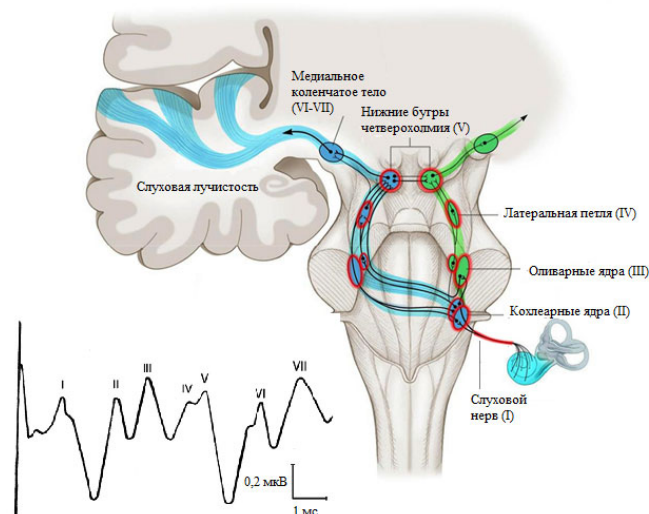


Рис. 3. Основные компоненты АСВП

При диагностике неврологических заболеваний наиболее часто оценивают значения межпиковых интервалов I–III, III–V, I–V (межпиковый интервал I–V более 4,4 мс говорит о патологии), абсолютную латентность V пика (она не должна превышать 6,3 мс), отношение амплитуд V/I. Также во внимание принимают отсутствие каких-либо компонентов и интерауральные различия. Благодаря наличию четкой связи между компонентами АСВП и отделами ствола мозга, генерирующими данный компонент, АСВП также могут показать локализацию поражения в стволе мозга.

Существует несколько направлений исследований в области применения АСВП в клинической практике. Условно клиническое применение АСВП в настоящей работе было разделено на диагностику рассеянного склероза (РС), неонатальную аудиометрию и другие медико-биологические аспекты применения АСВП.

Поиск статей, посвященных диагностике РС, осуществлялся в базе данных Национального центра биотехнической информации Pubmed по ключевым словам “Brainstem auditory evoked potentials” и “Multiple sclerosis”. Было найдено 365 работ, наибольшее количество публикаций по применению АСВП в диагностике РС приходится на 1980–1990-е годы: с 1980 по 1999 г. — 273 публикации. Из статей были выбраны 11 публикаций [8–18] по критериям лучшего совпадения (Best match) с ключевыми словами, в которых были приведены числовые значения чувствительности и специфичности метода.

Также осуществлялся поиск статей для задач неонатальной аудиометрии. Для поиска выбраны ключевые слова “Brainstem Auditory evoked potentials”, “infants”, “hearing loss”. Было найдено 469 работ, с 1988 г. наблюдается тенденция к росту публикаций. Для рассмотрения были выбраны 5 публикаций [19–23] с количественной оценкой чувствительности и специфичности по критерию лучшего совпадения с ключевыми словами.

Диагностика рассеянного склероза. Рассеянный склероз является одним из наиболее опасных демиелинизирующих заболеваний. Среди неврологических заболеваний он занимает второе место после черепно-мозговых травм (у взрослых), а у детей — после эпилепсии [24]. Наиболее подвержены РС молодые люди в возрасте 20–40 лет. Им страдают более 2,5 млн человек во всем мире. В России в настоящее время зарегистрировано около 150 тыс. больных, ежегодно заболевают около 5 тыс. человек [25]. Пациентам с РС необходима своевременная терапия, именно поэтому очень важна ранняя диагностика этого заболевания. Актуальной задачей является исследование диагностических методов при РС.

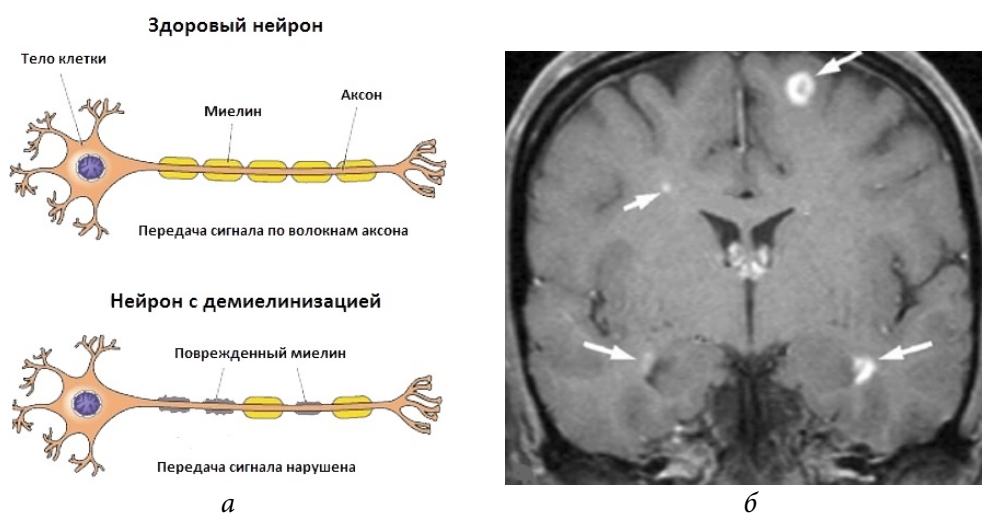


Рис. 4. Особенности развития РС:

а — схема демиелинизации нервного волокна;
б — склеротические очаги при развитии РС на МРТ (показаны стрелками)

Рассеянный склероз — хроническое прогрессирующее демиелинизирующее расстройство [15, 26] (рис. 4, *а*), поражающее проводящие пути головного и спинного мозга [12], при этом поражение ствола мозга или мозжечка наблюдается в 65 % случаев [27]. Течение РС приступообразное, во время приступов наблюдается полиморфная неврологическая симптоматика [26]. Кроме неврологического обследования применяют инструментальные методы диагностики. В тройку наиболее информативных методов диагностики РС входят МРТ, исследование спинномозговой жидкости и исследование ВП [26].

По данным Чиарра [8], среди 1000 пациентов с РС 46 % имеют нарушения АСВП, среди пациентов с достоверным РС нарушения присутствуют у 67 %. Также Чиарра отмечает следующие направления использования АСВП при РС:

– нарушения АСВП позволяют выявить очаги РС, локализованные в стволе мозга;

– у пациентов с сомнительными клиническими проявлениями нарушения слуховой функции АСВП предоставляют объективную оценку функциональных нарушений;

– АСВП можно использовать в мониторинге процесса лечения.

La Mantia [10] среди 34 обследованных пациентов у 68 % пациентов нашел нарушения АСВП. Скрытые повреждения ствола найдены у 60 % больных достоверным РС и 44 % пациентов с вероятным РС. По результатам обзора Celesia [3] при возможном РС нарушения отмечены у 8...45 % пациентов. La Mantia, Trojaborg, Sand [9–11] отмечают, что АСВП могут быть информативны при постановке диагноза РС.

С развитием технологий МРТ роль мультимодальных ВП, включая АСВП, при РС уменьшилась благодаря достаточной визуализации склеротических бляшек на магниторезонансных изображениях (рис. 4, б). В 2001 г. появились критерии McDonald, где ведущая роль в диагностике РС отводится МРТ, а среди ВП используются только ЗВП [3, 12].

Однако метод АСВП может добавить дополнительную информацию. Так в исследованиях Гнездицкого [28] чувствительность метода АСВП для достоверного РС составляет 78%, специфичность составляет 61%. Некоторые работы [12–14] в XXI веке посвящены динамическому исследованию мультимодальных ВП в прогнозировании дальнейшего течения болезни. Ряд работ [12–18] сводится к использованию АСВП совместно с другими методами. Pelayo [12] говорит о возможности предсказания высокого риска инвалидности только с помощью использования трех модальностей ВП (ЗВП, АСВП, ССВП). При динамическом обследовании пациентов Calugaru [13] не нашел систематических изменений АСВП. London [14] показал, что АСВП в совокупности с другими модальностями могут быть информативны для определения пациентов с рецидивирующе-ремиттирующим РС с высоким и низким уровнем риска дальнейшего прогрессирования заболевания. Matas [15] также нашел нарушения АСВП у 68 % пациентов с РС и говорит о вкладе использования АСВП совместно с другими методами (среднелатентными слуховыми ВП, Р300) в обнаружение изменений центральных нервных слуховых путей. В исследованиях, посвященных сравнению чувствительности МРТ и АСВП при выявлении поражения структур ствола мозга, имеются противоречивые данные. В работе Anita Ivancovic [16] АСВП дали худший результат по выявлению вовлеченности ствола мозга в патологический процесс по сравнению с МРТ и вестибулярными вызванными миогенными потенциалами. Ramathan [17] не выявили корреляции между АСВП и прогнозом течения заболевания. Ко [18] выявил примерно одинаковую чувствительность (47 %) МРТ и АСВП в обнаружении поражения ствола мозга при РС. Более того, у 18 % больных РС при нормальном МРТ АСВП показали нарушения.

Таким образом, на основе анализа источников [1, 3, 5, 8–18, 25–28] выявлено, что применение АСВП в задачах современной диагностики РС носит вспомогательный характер. Существующие критерии McDonald отводят основную роль в постановке диагноза МРТ, исследованию спинномозговой жидкости

и методу ЗВП. Однако применение АСВП, совместно с ЗВП и ССВП позволит получить дополнительную диагностическую информацию для диагностики доклинических форм РС, а также прогнозировать течение РС.

Аудиологический неонатальный скрининг. Одной из важных задач педиатрии является раннее обнаружение врожденных нарушений слуха у новорожденных с целью принятия дальнейших мер по эффективной слухоречевой реабилитации. В связи с этим существует аудиологический неонатальный скрининг, являющийся одной из задач аудиометрии. В первые месяцы жизни осуществляют первичную проверку слуха, например с помощью вызванной отоакустической эмиссии (ОАЭ) и тимпанометрии, где предварительно выявляют детей с сомнительными результатами анализа, которых затем направляют на дальнейшее обследование с помощью АСВП. Преимуществом АСВП является независимость от состояния внимания испытуемого. Однако исследования АСВП, в которых принимают участие маленькие дети, лучше проводить во сне или во время седации под контролем медсестры [19], либо, в исключительных случаях, под общей анестезией [20].

Методика АСВП обладает высокой чувствительностью (100 %) и специфичностью (98 %) при диагностике нарушений слуховой функции [29, 30]. Baldwin выявил связь между АСВП и определением типа тугоухости (кондуктивная или нейросенсорная). При нейросенсорной тугоухости чувствительность составила 98 %, специфичность 71 % [21]. Shannon показал чувствительность 100 %, специфичность 86 % [22]. Однако Levit выявил, что АСВП были нормальными у 42 % младенцев из числа тех, у кого исследования ОАЭ на первом этапе скрининговой диагностики показали нарушения и впоследствии была подтверждена потеря слуха, что может быть связано со спонтанной активностью головного мозга, которая ошибочно была принята за АСВП [23].

На основе анализа источников [1, 3, 5, 19–23, 29, 30] сделан вывод, что для задач неонатальной аудиометрии АСВП обладают высокими показателями чувствительности и специфичности. Важным недостатком метода является длительная процедура обследования, в течение которой пациент находится неподвижно, что для маленьких детей проблематично.

Другие медико-биологические применения АСВП. Существуют работы [31, 32], посвященные исследованию АСВП при опухолях ствола мозга. Изменения варьируются от полного исчезновения до незначительных изменений АСВП. При опухолях ствола мозга могут наблюдаться отсутствие компонентов II и IV и увеличение латентных периодов II–V пиков и межпиковых интервалов I–III, I–V, III–V [2].

Были обнаружены также исследования, посвященные применению АСВП в диагностике нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Паркинсона [33], болезнь Альцгеймера [34, 35]. Также наблюдаются изменения АСВП у больных акромегалией [36] (удлиненный межпиковый интервал I–V) и краниостенозом (удлиненный межпиковый интервал I–III) [37].

АСВП также используются для интраоперационного мониторинга функционального состояния XIII (слухового) нерва и ствола мозга. Они позволяют хирургу обнаруживать ранние нарушения, чтобы предотвратить механическое повреждение слуховых путей во время операции. Интраоперационный мониторинг АСВП используется при невриноме слухового нерва, опухолях четвертого желудочка, микроваскулярной декомпрессии [38], опухолях мозга, при сосудистых операциях заднего мозгового кровообращения [39], опухолях задней ямки [40]. При удалении опухолей изменение АСВП на последних этапах операции может предсказывать слуховую функцию после операции.

Таблица 2

Обобщение анализа по применению АСВП в клинической практике

Применение АСВП	Источник	Год	Чувствительность, %	Специфичность, %	Примечания (по всем авторам)
Диагностика РС	[29]	2015	78	61	Рекомендуется использовать совместно с другими методами, наблюдается увеличение латентностей пиков III, V, межпиковых интервалов I-III, I-V, III-V
	[9]	1980	67	—	
Оценка слуха у новорожденных	[30]	2014	100	98	Возможно определение типа тугоухости, возможно также ошибочное выделение АСВП при их отсутствии
	[22]	2014	98	71	
	[23]	1984	100	86	
Мониторинг комы и диагностика смерти мозга	[42]	2013	90	—	Наблюдается отсутствие волны V
Интраоперационный мониторинг	[39]	2017	—	—	Используется при невриноме слухового нерва, опухолях четвертого желудочка, микроваскулярной декомпрессии, опухолях мозга, при сосудистых операциях заднего мозгового кровообращения, опухолях задней ямки
	[40]	2016	—	—	
	[41]	1987	—	—	
Диагностика других заболеваний	[34]	2017	—	—	Опухоли ствола мозга, болезнь Паркинсона, болезнь Альцгеймера, сахарный диабет, акромегалия, краниостеноз
	[43]	2008	—	—	
	[37]	2008	—	—	
	[38]	2007	—	—	
	[36]	1996	—	—	
	[35]	1989	—	—	
[33]	1983	—	—		

АСВП используются в палатах интенсивной терапии для определения тяжести повреждения и предсказания выхода из комы. Чаще всего АСВП чувствительны при травматическом повреждении мозга и способны предсказывать выход из комы в 90 % случаев [41]. Как правило, при смерти мозга или стойком

вегетативном состоянии наблюдается отсутствие волны V, что говорит о нарушении функций моста и обычно связано со смертью или со стойким вегетативным состоянием. Однако при гипоксических повреждениях мозга АСВП малоинформативны, поскольку клетки ствола более устойчивы к недостатку кислорода, чем клетки коры [41]. Так, АСВП показали стопроцентную чувствительность при коме, оцениваемой в 3 балла по шкале Glasgow, и могут являться объективным методом диагностики смерти головного мозга [42].

Таким образом, АСВП можно применять в диагностике таких неврологических заболеваний, как болезнь Альцгеймера, болезнь Паркинсона, в интраоперационном мониторинге, а также для предсказания выхода из комы.

Заключение. На основе проведенного обзора составлена табл. 2, в которой приведены значения параметров чувствительности и специфичности метода АСВП в исследованиях авторов для разных заболеваний.

Из табл. 2 видно, что метод АСВП имеет высокую степень чувствительности и специфичности (90...100 %) при оценке слуха у новорожденных в задачах аудиологического скрининга. Метод имеет среднюю чувствительность и специфичность порядка 60...70 % при диагностике РС, однако это ниже чувствительности МРТ. Тем не менее метод АСВП совместно с другими методами ВП дает дополнительную диагностическую информацию, что позволит использовать его для диагностики ранних стадий заболевания и при оценке динамики РС.

Метод АСВП совместно с другими модальностями ВП и ЭЭГ-сигналом используется для оценки степени тяжести комы. Также АСВП может быть использован в интраоперационном мониторинге, в диагностике нейродегенеративных, опухолевых и врожденных порогах развития.

Литература

- [1] Гнездицкий В.В. Вызванные потенциалы мозга в клинической практике. Таганрог, Изд-во ТРТУ, 1997.
- [2] Зенков Л.Р., Ронкин М.А. Функциональная диагностика нервных болезней. М., МедПресс-информ, 2013.
- [3] Celesia G.G. Brainstem auditory evoked responses. In: Disorders of peripheral and central auditory processing. Elsevier, 2013, pp. 137–153.
- [4] Jewett D.L., Romano M.N., Williston J.S. Human auditory evoked potentials: possible brain stem components detected on the scalp. *Science*, 1970, vol. 167, no. 3924, pp. 1517–1518. DOI: 10.1126/science.167.3924.1517 URL: <https://science.sciencemag.org/content/167/3924/1517>
- [5] Guideline 9C: Guidelines on short-latency auditory evoked potentials. American Clinical Neurophysiology Society, 2008.
- [6] Tafti M. Study and visualization of neurological signals on auditory evoked conditions. *sg.inflibnet.ac.in: веб-сайт*. URL: <https://sg.inflibnet.ac.in/handle/10603/74099> (дата обращения: 05.05.2019).
- [7] Hu H., Dietz M. Comparison of interaural electrode pairing methods for bilateral cochlear implants. *Trend Hear.*, 2015, vol. 19, pp. 1–22. DOI: 10.1177/2331216515617143 URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2331216515617143>

- [8] Chiappa K.H. Pattern shift visual, brainstem auditory, and short-latency somatosensory evoked potentials in multiple sclerosis. *Neurology*, 1980, vol. 30, no. 7–2, pp. 110–123. DOI: 10.1212/wnl.30.7_part_2.110 URL: https://n.neurology.org/content/30/7_Part_2/110
- [9] La Mantia L., Milanese C., Corridori F., et al. Brainstem auditory evoked potentials in the diagnosis of multiple sclerosis. *Ital. J. Neurol. Sci.*, 1982, vol. 3, no. 4, pp. 289–293. DOI: 10.1007/BF02043576 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02043576>
- [10] Trojaborg W., Bottcher J., Saxtrup O. Evoked potentials and immunoglobulin abnormalities in multiple sclerosis. *Neurology*, 1981, vol. 31, no. 7, pp. 866–871. DOI: 10.1212/WNL.31.7.866 URL: <https://n.neurology.org/content/31/7/866>
- [11] Sand T., Sjaastad O., Romslo I., et al. Brain-stem auditory evoked potentials in multiple sclerosis: the relation to VEP, SEP and CSF immunoglobulins. *J. Neurol.*, 1990, vol. 237, no. 6, pp. 376–378. DOI: 10.1007/BF00315663 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00315663>
- [12] Pelayo R., Montalban X., Minoves T., et al. Do multimodal evoked potentials add information to MRI in clinically isolated syndromes? *Mult. Scler.*, 2010, vol. 16, no. 1, pp. 55–61. DOI: 10.1177/1352458509352666 URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1352458509352666>
- [13] Calugaru L., Calugaru G.T., Calugaru O.M. Evoked potentials in multiple sclerosis diagnosis and management. *Curr. Health. Sci. J.*, 2016, vol. 42, no. 4, pp. 385–389. DOI: 10.12865/CHSJ.42.04.08 URL: <https://www.chsjournal.org/article/42/4/8/>
- [14] London F., El Sankari S., van Pesch V. Early disturbances in multimodal evoked potentials as a prognostic factor for long-term disability in relapsing–remitting multiple sclerosis patients. *Clin. Neurophysiol.*, 2017, vol. 128, no. 4, pp. 561–569. DOI: 10.1016/j.clinph.2016.12.029 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1388245717300196>
- [15] Matas C.G., Matas S.L., Oliveira C.R., et al. Auditory evoked potentials and multiple sclerosis. *Arq. Neuropsiquiatr.*, 2010, vol. 68, no. 4, pp. 528–534. DOI: 10.1590/S0004-282X2010000400010. URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-282X2010000400010&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- [16] Ivancovic A., Neseck Madaric V., Starcevic Skoric M., et al. Auditory evoked potentials and vestibular evoked myogenic potentials in evaluation of brainstem lesions in multiple sclerosis. *J. Neurol. Sci.*, 2013, vol. 328, no. 1–2, pp. 24–27. DOI: 10.1016/j.jns.2013.02.005 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022510X13000828>
- [17] Ramathan S., Lenton K., Burke T., et al. The utility of multimodal evoked potentials in multiple sclerosis prognostication. *J. Clin. Neurosci.*, 2013, vol. 20, no. 11, pp. 1576–1581. DOI: /10.1016/j.jocn.2013.01.020 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967586813001914>
- [18] Ko K.F. The role of evoked potential and MR imaging in assessing multiple sclerosis: a comparative study. *Singapore Med. J.*, 2010, vol. 51, no. 9, pp. 716–720.
- [19] Valenzuela D.G., Kumar D.S., Atkins C.L., et al. Chloral hydrate sedation for auditory brainstem response (ABR) testing in children: safety and effectiveness. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, 2016, vol. 83, pp. 175–178. DOI: 10.1016/j.ijporl.2016.02.006 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165587616000653>
- [20] Bakhos D., Marx M., Villeneuve A., et al. Electrophysiological exploration of hearing. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head Neck Dis.*, 2017, vol. 134, no. 5, pp. 325–331. DOI: 10.1016/j.anorl.2017.02.011 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1879729617300509>

- [21] Baldwin M., Watkin P. Predicting the type of hearing loss using click auditory brainstem response in babies referred from newborn hearing screening. *Ear Hear.*, 2014, vol. 35, no. 1, pp. 1–9. DOI: 10.1097/AUD.0b013e31829e0718 URL: https://journals.lww.com/ear-hearing/Abstract/2014/01000/Predicting_the_Type_of_Hearing_Loss_Using_Click.1.aspx
- [22] Shannon D.A., Felix J.K., Krumholz A., et al. Hearing screening of high-risk newborns with brainstem auditory evoked potentials: a follow-up study. *Pediatrics*, 1984, vol. 73, no. 1, pp. 22–26.
- [23] Levit Y., Himmelfarb M., Dollberg S. Sensitivity of the automated auditory brainstem response in neonatal hearing screening. *Pediatrics*, 2015, vol. 136, no. 3, pp. 641–647. DOI:10.1542/peds.2014-3784 URL: <https://pediatrics.aappublications.org/content/136/3/e641>
- [24] Баранов А.А. Федеральные клинические рекомендации по оказанию медицинской помощи детям с рассеянным склерозом. М., Союз педиатров России, 2013.
- [25] Брюхов В.В., Куликова С.Н., Кротенкова И.А. и др. МРТ в диагностике рассеянного склероза. *Медицинская визуализация*, 2014, № 2, с. 10–21.
- [26] Лихачев С.А., Войтов В.В., Ващилин В.В. и др. Рассеянный склероз: диагностика и лечение. *Неврология и нейрохирургия в Беларуси*, 2009, № 1(01), с. 18–31.
- [27] Nakashima I., Fujihara K., Okita N., et al. Clinical and MRI study of brainstem and cerebellar involvement in Japanese patients with multiple sclerosis. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 1999, vol. 67, no. 2, pp. 153–157. DOI: 10.1136/jnnp.67.2.153 URL: <https://jnnp.bmj.com/content/67/2/153>
- [28] Гнездицкий В.В., Корепина О.С. Мультимодальные ВП при рассеянном склерозе – критерии демиелинизации: от диагностики к патофизиологии. *Новые информационные технологии в медицине, биологии, фармакологии и экологии. Мат. Межд. конф.* М., Институт новых информационных технологий, с. 360–367.
- [29] Пашков А.В., Полунина Т.А., Косачева С.А. Характеристика коротколатентных слуховых вызванных потенциалов мозга (воздушное и костное звукопроводение) у детей с нормальным слухом. *Педиатрическая фармакология*, 2014, № 4, с. 93–96.
- [30] Ильченко И.Н., Пашков А.В. Внедрение единой системы универсального аудиологического скрининга новорожденных и детей первого года жизни в 4 регионах России: мониторинг процессов реализации. *Проблемы управления здравоохранением*, 2011, № 1(56), с. 41–45.
- [31] Haralampiev K. Brain stem auditory evoked potentials in various tumors in the cerebellopontine angle. *Vojnosanit. Pregl.*, 1990, vol. 47, no. 1, pp. 3–7.
- [32] Moller M.B., Moller A.R. Brainstem auditory evoked potentials in patients with cerebellopontine angle tumors. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1983, vol. 92, no. 6, pp. 645–650. DOI: 10.1177/000348948309200622 URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/000348948309200622>
- [33] Lui C., Zwang Y., Tang W., et al. Evoked potential changes in patients with Parkinson's disease. *Brain Behav.*, 2017, vol. 7, no. 5, art. e00703. DOI: 10.1002/brb3.703 URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/brb3.703>
- [34] Tachibana H., Takeda M., Sugita M. Brainstem auditory evoked potentials in patients with multi-infarct dementia and dementia of the Alzheimer type. *Int. J. Neurosci.*, 1989, vol. 48, no. 3-4, pp. 325–331. DOI: 10.3109/00207458909002179 URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00207458909002179>
- [35] Tachibana H., Takeda M., Okuda B., et al. Multimodal evoked potentials in Alzheimer's disease and Binswanger's disease. *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.*, 1996, vol. 9, no. 1, pp. 7–12.

-
- DOI: 10.1177/089198879600900102
URL: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/089198879600900102>
- [36] Pilecki V., Bolanowski M., Janocha A., et al. Assessment of brainstem auditory evoked potentials (BAEPs) in patients with acromegaly. *Neuro Endocrinol. Lett.*, 2008, vol. 29, no. 3, pp. 373–378.
- [37] Church M.W., Parent–Jenkins L., Rozzelle A.A., et al. Auditory brainstem response abnormalities and hearing loss in children with craniosynostosis. *Pediatrics*, 2007, vol. 119, no. 6, e1351–e1360.
- [38] Thirumala P.D., Carnovale G., Loke Y., et al. Brainstem auditory evoked potentials' diagnostic accuracy for hearing loss: systematic review and meta–analysis. *J. Neurol. Surg. B*, 2017, vol. 78, no. 1, pp. 43–51. DOI: 10.1055/s-0036-1584557 URL: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0036-1584557>
- [39] Sampath N., Subramaniam S., Sankaran V., et al. Brainstem auditory evoked potentials for intraoperative neurophysiological monitoring. *J. Neuroanaesthesiol. Crit. Care*, 2016, vol. 3, no. 4, pp. 1–3. DOI: 10.4103/2348-0548.174725 URL: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.4103/2348-0548.174725>
- [40] Aravabhumi S., Izzo K.L., Bakst B.L. Brainstem auditory evoked potentials: intraoperative monitoring technique in surgery of posterior fossa tumors. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1987, vol. 68, no. 3, pp. 142–146.
- [41] Sand T., Kvaloy M.B., Wader T., et al. Evoked potential tests in clinical diagnosis. *Tidsskr. Nor Laegeforen*, 2013, vol. 133, no. 9, pp. 960–965. DOI: 10.4045/tidsskr.12.1176 URL: <https://tidsskriftet.no/en/2013/05/evoked-potential-tests-clinical-diagnosis>
- [42] Jardim M., Person O.C., Rapoport P.B. Brainstem auditory evoked potentials as a method to assist the diagnosis of brain death. *Pró-Fono R. Atual. Cient.*, 2008, vol. 20, no. 2, pp. 123–128. DOI: 10.1590/S0104-56872008000200009 URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-56872008000200009&lng=pt&tlng=pt

Гресс Валерия Владимировна — студентка кафедры «Медико-технические информационные технологии», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

Научный руководитель — Дмитриев Александр Николаевич, ассистент кафедры «Медико-технические информационные технологии», МГТУ им. Н.Э. Баумана, Москва, Российская Федерация.

OVERVIEW OF THE USE OF ACOUSTIC BRAINSTEM EVOKED POTENTIALS IN MODERN CLINICAL PRACTICE

V.V. Gress

valeriyagress@gmail.com

SPIN-code: 4749-9994

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation

Abstract

The method of acoustic brainstem evoked potentials (ABEP) is used in clinical practice for the functional assessment of the auditory pathways of the brainstem. This article reviews literature concerning the biomedical application of ABEP and systemizes the results of these studies. Particular attention is paid to the use of ABEP in multiple sclerosis and in neonatal audiometry. The article describes basic principles of the ABEP registration method and provides regulatory data parameters of ABEP. On the basis of publications found in the PubMed system, the main directions for using the method were identified and conclusions were drawn on the use of ABEP in modern clinical practice.

Keywords

Acoustic brainstem evoked potentials (ABEP), multiple sclerosis, neonatal audiometry, sensitivity, specificity, diagnostics, clinical practice

Received 07.06.2019

© Bauman Moscow State Technical University, 2019

References

- [1] Gnezditskiy V.V. Vyzvannye potentsialy mozga v klinicheskoy praktike [Brain evoked potential in clinical practice]. Taganrog, Izd-vo TRTU Publ., 1997 (in Russ.).
- [2] Zenkov L.R., Ronkin M.A. Funktsional'naya diagnostika nervnykh bolezney [Functional diagnostics of nervous diseases]. Moscow, MedPress-inform Publ., 2013 (in Russ.).
- [3] Celesia G.G. Brainstem auditory evoked responses. In: Disorders of peripheral and central auditory processing. Elsevier, 2013, pp. 137–153.
- [4] Jewett D.L., Romano M.N., Williston J.S. Human auditory evoked potentials: possible brain stem components detected on the scalp. *Science*, 1970, vol. 167, no. 3924, pp. 1517–1518. DOI: 10.1126/science.167.3924.1517 URL: <https://science.sciencemag.org/content/167/3924/1517>
- [5] Guideline 9C: Guidelines on short-latency auditory evoked potentials. American Clinical Neurophysiology Society, 2008.
- [6] Tafti M. Study and visualization of neurological signals on auditory evoked conditions. *sg.inflibnet.ac.in: website*. URL: <https://sg.inflibnet.ac.in/handle/10603/74099> (accessed: 05.05.2019).
- [7] Hu H., Dietz M. Comparison of interaural electrode pairing methods for bilateral cochlear implants. *Trend Hear.*, 2015, vol. 19, pp. 1–22. DOI: 10.1177/2331216515617143 URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/2331216515617143>
- [8] Chiappa K.H. Pattern shift visual, brainstem auditory, and short-latency somatosensory evoked potentials in multiple sclerosis. *Neurology*, 1980, vol. 30, no. 7-2, pp. 110–123. DOI: 10.1212/wnl.30.7_part_2.110 URL: https://n.neurology.org/content/30/7_Part_2/110
- [9] La Mantia L., Milanese C., Corridori F., et al. Brainstem auditory evoked potentials in the diagnosis of multiple sclerosis. *Ital. J. Neurol. Sci.*, 1982, vol. 3, no. 4, pp. 289–293. DOI: 10.1007/BF02043576 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007%2FBF02043576>

- [10] Trojaborg W., Bottcher J., Saxtrup O. Evoked potentials and immunoglobulin abnormalities in multiple sclerosis. *Neurology*, 1981, vol. 31, no. 7, pp. 866–871. DOI: 10.1212/WNL.31.7.866 URL: <https://n.neurology.org/content/31/7/866>
- [11] Sand T., Sjaastad O., Romslo I., et al. Brain-stem auditory evoked potentials in multiple sclerosis: the relation to VEP, SEP and CSF immunoglobulins. *J. Neurol.*, 1990, vol. 237, no. 6, pp. 376–378. DOI: 10.1007/BF00315663 URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00315663>
- [12] Pelayo R., Montalban X., Minoves T., et al. Do multimodal evoked potentials add information to MRI in clinically isolated syndromes? *Mult. Scler.*, 2010, vol. 16, no. 1, pp. 55–61. DOI: 10.1177/1352458509352666 URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/1352458509352666>
- [13] Calugaru L., Calugaru G.T., Calugaru O.M. Evoked potentials in multiple sclerosis diagnosis and management. *Curr. Health. Sci. J.*, 2016, vol. 42, no. 4, pp. 385–389. DOI: 10.12865/CHSJ.42.04.08 URL: <https://www.chsjournal.org/article/42/4/8/>
- [14] London F., El Sankari S., van Pesch V. Early disturbances in multimodal evoked potentials as a prognostic factor for long-term disability in relapsing–remitting multiple sclerosis patients. *Clin. Neurophysiol.*, 2017, vol. 128, no. 4, pp. 561–569. DOI: 10.1016/j.clinph.2016.12.029 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1388245717300196>
- [15] Matas C.G., Matas S.L., Oliveira C.R., et al. Auditory evoked potentials and multiple sclerosis. *Arq. Neuropsiquiatr.*, 2010, vol. 68, no. 4, pp. 528–534. DOI: 10.1590/S0004-282X2010000400010. URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0004-282X2010000400010&lng=en&nrm=iso&tlng=en
- [16] Ivancovic A., Nesek Madaric V., Starcevic Skoric M., et al. Auditory evoked potentials and vestibular evoked myogenic potentials in evaluation of brainstem lesions in multiple sclerosis. *J. Neurol. Sci.*, 2013, vol. 328, no. 1-2, pp. 24–27. DOI: 10.1016/j.jns.2013.02.005 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022510X13000828>
- [17] Ramathan S., Lenton K., Burke T., et al. The utility of multimodal evoked potentials in multiple sclerosis prognostication. *J. Clin. Neurosci.*, 2013, vol. 20, no. 11, pp. 1576–1581. DOI: /10.1016/j.jocn.2013.01.020 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0967586813001914>
- [18] Ko K.F. The role of evoked potential and MR imaging in assessing multiple sclerosis: a comparative study. *Singapore Med. J.*, 2010, vol. 51, no. 9, pp. 716–720.
- [19] Valenzuela D.G., Kumar D.S., Atkins C.L., et al. Chloral hydrate sedation for auditory brainstem response (ABR) testing in children: safety and effectiveness. *Int. J. Pediatr. Otorhinolaryngol.*, 2016, vol. 83, pp. 175–178. DOI: 10.1016/j.ijporl.2016.02.006 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0165587616000653>
- [20] Bakhos D., Marx M., Villeneuve A., et al. Electrophysiological exploration of hearing. *Eur. Ann. Otorhinolaryngol. Head Neck Dis.*, 2017, vol. 134, no. 5, pp. 325–331. DOI: 10.1016/j.anorl.2017.02.011 URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1879729617300509>
- [21] Baldwin M., Watkin P. Predicting the type of hearing loss using click auditory brainstem response in babies referred from newborn hearing screening. *Ear Hear.*, 2014, vol. 35, no. 1, pp. 1–9. DOI: 10.1097/AUD.0b013e31829e0718 URL: https://journals.lww.com/ear-hearing/Abstract/2014/01000/Predicting_the_Type_of_Hearing_Loss_Using_Click.1.aspx
- [22] Shannon D.A., Felix J.K., Krumholz A., et al. Hearing screening of high-risk newborns with brainstem auditory evoked potentials: a follow-up study. *Pediatrics*, 1984, vol. 73, no. 1, pp. 22–26.

- [23] Levit Y., Himmelfarb M., Dollberg S. Sensitivity of the automated auditory brainstem response in neonatal hearing screening. *Pediatrics*, 2015, vol. 136, no. 3, pp. 641–647. DOI:10.1542/peds.2014-3784 URL: <https://pediatrics.aappublications.org/content/136/3/e641>
- [24] Baranov A.A. Federal'nye klinicheskie rekomendatsii po okazaniyu meditsinskoy pomoshchi detyam s rasseyannym sklerozom [Federal clinical recommendations on healthcare delivery to children with multiple sclerosis]. Moscow, Soyuz pediatrov Rossii Publ., 2013 (in Russ.).
- [25] Bryukhov V.V., Kulikova S.N., Krotenkova I.A., et al. Magnetic resonance imaging in multiple sclerosis. *Meditsinskaya vizualizatsiya* [Medical Visualization], 2014, no. 2, pp. 10–21 (in Russ.).
- [26] Likhachev S.A., Voytov V.V., Vashchilin V.V., et al. Multiple sclerosis: diagnostics and treatment. *Nevrologiya i neyrokhirurgiya v Belarusi*, 2009, no. 1(01), pp. 18–31 (in Russ.).
- [27] Nakashima I., Fujihara K., Okita N., et al. Clinical and MRI study of brainstem and cerebellar involvement in Japanese patients with multiple sclerosis. *J. Neurol. Neurosurg. Psychiatry*, 1999, vol. 67, no. 2, pp. 153–157. DOI: 10.1136/jnnp.67.2.153 URL: <https://jnnp.bmj.com/content/67/2/153>
- [28] Gnezditskiy V.V., Korepina O.S. Multimodal Evoked Potential (MEP) in Multiple sclerosis — EP criteria of demyelization: from diagnosis to patophysiology. *Novye informatsionnye tekhnologii v meditsine, biologii, farmakologii i ekologii. Mat. Mezhd. konf.* [New informational technologies in medicine, biology, pharmacology and ecology. Proc. Int. Conf.]. Moscow, Institut novykh informatsionnykh tekhnologiy Publ., pp. 360–367 (in Russ.).
- [29] Pashkov A.V., Polunina T.A., Kosacheva S.A. Description of brainstem auditory evoked responses (air and bone conduction) in children with normal hearing. *Pediatricheskaya farmakologiya* [Pediatric Pharmacology], 2014, no. 4, pp. 93–96 (in Russ.).
- [30] Il'chenko I.N., Pashkov A.V. Uniform system implementation of universal audiologic screening for babies in the first year of life in four Russian regions: monitoring of realization processes. *Problemy upravleniya zdravookhraneniem*, 2011, no. 1(56), pp. 41–45 (in Russ.).
- [31] Haralampiev K. Brain stem auditory evoked potentials in various tumors in the cerebellopontine angle. *Vojnosanit. Pregl.*, 1990, vol. 47, no. 1, pp. 3–7.
- [32] Moller M.B., Moller A.R. Brainstem auditory evoked potentials in patients with cerebellopontine angle tumors. *Ann. Otol. Rhinol. Laryngol.*, 1983, vol. 92, no. 6, pp. 645–650. DOI: 10.1177/000348948309200622 URL: <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/000348948309200622>
- [33] Lui C., Zwang Y., Tang W., et al. Evoked potential changes in patients with Parkinson's disease. *Brain Behav.*, 2017, vol. 7, no. 5, art. e00703. DOI: 10.1002/brb3.703 URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/brb3.703>
- [34] Tachibana H., Takeda M., Sugita M. Brainstem auditory evoked potentials in patients with multi-infarct dementia and dementia of the Alzheimer type. *Int. J. Neurosci.*, 1989, vol. 48, no. 3-4, pp. 325–331. DOI: 10.3109/00207458909002179 URL: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3109/00207458909002179>
- [35] Tachibana H., Takeda M., Okuda B., et al. Multimodal evoked potentials in Alzheimer's disease and Binswanger's disease. *J. Geriatr. Psychiatry Neurol.*, 1996, vol. 9, no. 1, pp. 7–12. DOI: 10.1177/089198879600900102 URL: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/089198879600900102>
- [36] Pilecki V., Bolanowski M., Janocha A., et al. Assessment of brainstem auditory evoked potentials (BAEPs) in patients with acromegaly. *Neuro Endocrinol. Lett.*, 2008, vol. 29, no. 3, pp. 373–378.

-
- [37] Church M.W., Parent-Jenkins L., Rozzelle A.A., et al. Auditory brainstem response abnormalities and hearing loss in children with craniosynostosis. *Pediatrics*, 2007, vol. 119, no. 6, e1351–e1360.
- [38] Thirumala P.D., Carnovale G., Loke Y., et al. Brainstem auditory evoked potentials' diagnostic accuracy for hearing loss: systematic review and meta-analysis. *J. Neurol. Surg. B*, 2017, vol. 78, no. 1, pp. 43–51. DOI: 10.1055/s-0036-1584557 URL: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.1055/s-0036-1584557>
- [39] Sampath N., Subramaniam S., Sankaran V., et al. Brainstem auditory evoked potentials for intraoperative neurophysiological monitoring. *J. Neuroanaesthesiol. Crit. Care*, 2016, vol. 3, no. 4, pp. 1–3. DOI: 10.4103/2348-0548.174725 URL: <https://www.thieme-connect.de/products/ejournals/abstract/10.4103/2348-0548.174725>
- [40] Aravabhumi S., Izzo K.L., Bakst B.L. Brainstem auditory evoked potentials: intraoperative monitoring technique in surgery of posterior fossa tumors. *Arch. Phys. Med. Rehabil.*, 1987, vol. 68, no. 3, pp. 142–146.
- [41] Sand T., Kvaloy M.B., Wader T., et al. Evoked potential tests in clinical diagnosis. *Tidsskr. Nor Laegeforen*, 2013, vol. 133, no. 9, pp. 960–965. DOI: 10.4045/tidsskr.12.1176 URL: <https://tidsskriftet.no/en/2013/05/evoked-potential-tests-clinical-diagnosis>
- [42] Jardim M., Person O.C., Rapoport P.B. Brainstem auditory evoked potentials as a method to assist the diagnosis of brain death. *Pró-Fono R. Atual. Cient.*, 2008, vol. 20, no. 2, pp. 123–128. DOI: 10.1590/S0104-56872008000200009 URL: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-56872008000200009&lng=pt&tlng=pt

Gress V.V. — Student, Department of Medical and Technical Information Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.

Scientific advisor — Dmitriev A.N., Assistant, Department of Medical and Technical Information Technologies, Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russian Federation.