

Высокочастотные осцилляции и гамма-активность в диагностике эпилепсии

Г.В. Селицкий, д.м.н., проф. кафедры нервных болезней лечебного факультета¹, Заслуженный врач РФ
С.С. Перцов, д.м.н., член-корр. РАН, Зав. кафедрой нормальной физиологии и мед. физики лечебного факультета¹, Заместитель директора по научной работе²

Н.Д. Сорокина, д.б.н., проф. кафедры нормальной физиологии и мед. физики лечебного факультета¹

¹ФГБОУ ВО Московский государственный медико-стоматологический университет имени А.И. Евдокимова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Москва

²ФГБНУ «Научно-исследовательский институт нормальной физиологии имени П.К. Анохина», г. Москва

High-frequency oscillations and gamma activity in the diagnosis of epilepsy

G. V. Selitsky, S. S. Pertsov, N. D. Sorokina

A. I. Evdokimov Moscow State University of Medicine and Dentistry, P. K. Anokhin Research Institute of Normal Physiology; Moscow, Russia

Резюме

Современные исследования гамма-ритма свидетельствуют о том, что гамма-активность (30–80 Гц в стандартной ЭЭГ), так и высокочастотные (80–1000 Гц) и сверхчастотные осцилляции (более 1000 Гц), регистрируемые ЭКоГ, являются высокоинформативными маркерами эпилептического очага. Дальнейшее изучение высокочастотной биоэлектрической активности головного мозга представляет интерес для исследователей и клиницистов с целью совершенствования электроэнцефалографической дифференциальной диагностики при эпилепсии.

Ключевые слова: гамма-ритм, гамма-осцилляции, высокочастотная активность, эпилептический очаг, эпилептогенная зона.

Summary

Modern studies of gamma rhythm indicate that gamma activity (30–80 Hz in standard EEG), and high-frequency (80–1000 Hz) and ultra-frequency oscillations (more than 1000 Hz), recorded by ECOG, are highly informative markers of epileptic focus. Further study of high-frequency bioelectric activity of the brain is of interest to researchers and clinicians in order to improve the electroencephalographic differential diagnosis in epilepsy.

Key words: gamma rhythm, gamma oscillations, high-frequency activity, epileptic focus, seizure onset zone.

Эпилепсия — одно из самых распространенных хронических неврологических заболеваний человека. Популяционные эпидемиологические исследования предполагают, что у 40–70 человек на 100 тыс. населения в развитых странах и у 100–190 человек на 100 тыс. населения в развивающихся странах ежегодно выявляется эпилепсия [1, 2].

Согласно определению ILAE и Международного бюро по эпилепсии, эпилепсия — это болезнь, включающая различные расстройства и состояния [1, 2]. Так, «эпилепсией считают заболевание головного мозга, отвечающее следующим критериям: 1) не менее двух неспровоцированных (или рефлекторных) эпилептических приступов с интервалом более 24 ч; 2) один неспровоцированный (или рефлекторный) приступ и вероятность повторения приступов, близкая к общему риску рецидива ($\geq 60\%$) после двух спонтанных приступов, в последующие 10 лет; 3) диагноз эпилептического синдрома» [3].

ILAE в 2017 году была представлена Классификация эпилепсии ILAE 2017 года, которая является первой подробной Классификацией эпилепсии после Классификации ILAE 1989 года. Три уровня классификации включают: тип приступов, тип эпилепсии и эпилептический синдром. Так, третий уровень — это диагностика синдрома эпилепсии, который представляет собой группу признаков, включающих типы приступов, ЭЭГ и данные нейровизуализационных методов. Включают особенности интеллектуальной и психической дисфункции, специфические данные инструментальных методов исследования (ЭЭГ и нейровизуализации) [2, 3].

Анализ биоэлектрической активности головного мозга при эпилепсии включает использование целого спектра различных цифровых методов (ЭЭГ, ЭЭГ-видеомониторинг, компьютерное картирование ЭЭГ, видео — ЭЭГ-полисомнография; Холтеровское ЭЭГ; пре- и пост-хирургический видео-ЭЭГ/ЭКоГ-

мониторинг) играют важную роль в диагностике характера патологической активности и биоэлектрических характеристик приступов, локализации эпилептогенного очага и последующем контроле лечения пациентов с эпилепсией.

Кроме скальповой ЭЭГ, в настоящее время все шире используется кортикография. Электрокортикография (ЭКоГ) — метод прямой регистрации биоэлектрической активности коры головного мозга с использованием субдуральных и глубоких электродов. В настоящее время в нейрохирургии пре- и пост-хирургическая ЭКоГ является основным методом нейрофизиологического мониторинга при хирургическом лечении фармако-резистентной эпилепсии и эпилептического синдрома, осложняющего течение других заболеваний головного мозга: дисплазий, новообразований и других. Регистрация предоперационной ЭКоГ позволяет определить локализацию и протяженность эпилептогенной зоны в коре, подлежащую хирургическому удалению,

а пост-операционной ЭКоГ – результат хирургической операции [4, 5].

Одной из инновационных методов исследования является магнитоэнцефалография (МЭГ), которая позволяет с высокой точностью локализовать источники нейронной активности в пространстве и времени. МЭГ используют для локализации очагов эпилептической активности, в частности, перед проведением операций.

Одним из ритмов ЭЭГ является гамма-ритм. Если анализу дельта-, тета-, альфа- и бета-ритму посвящено огромное число работ, то гамма-ритм и высокочастотные составляющие биоэлектрической активности головного мозга начали активно исследовать в последние 10–15 лет. Гамма-диапазон биоэлектрической активности головного мозга относится к нейрональной активности, которая регистрируется на стандартной ЭЭГ в частотном диапазоне от 30 до 80 Hz. Высокочастотные осцилляции — это изменения электрических потенциалов на ЭЭГ частотой более 80 Гц. Относительно недавно была уточнена роль этих высокочастотных осцилляций, которые играют важную роль в генерации эпилептической активности. При этом высокочастотные осцилляции (100–300 Hz) изучаются преимущественно с использованием магнитоэнцефалографии (МЭГ) или электрокортикографии (ЭКоГ). Синонимы гамма-активности — высокочастотная активность, гамма-осцилляции, гамма-ритм (регистрируемый на ЭЭГ в диапазоне 30–80 Гц). Высокочастотная активность (высокочастотные осцилляции) включает диапазон свыше 100 Гц, причем устоявшейся терминологии для описания «ряби» (80–250 Гц) и «быстрой ряби» (250–500 Гц) [4, 5] в отечественной литературе пока нет. В настоящее время данная классификация расширена за счет добавления сверхчастотных осцилляций в диапазоне свыше 1000 Гц [6]. Высокочастотная активность выше 80 Гц регистрируется внутрикорковыми электродами в мозге в эксперименте на животных, а также у пациентов с эпилепсией перед нейрохирургическими операциями. Высокочастотная активность

характеризуется отчетливой частотой, наличием морфологического субстрата и патофизиологических механизмов, имеет клиническое значение [6].

Биоэлектрическая активность в полосе гамма-ритма и высокочастотные осцилляции, регистрируемые в неокортексе, гиппокампе, таламусе и других структурах головного мозга, имеет функциональное значение в памяти, обучении и других когнитивных процессах. Нейронные теории механизмов генерации и модуляции гамма-ритма и высокочастотной активности изложены в ряде обзоров [7, 8, 9].

Предполагается, что высокочастотные осцилляции (80–500 Гц) являются высокоинформативными маркерами эпилептического очага [10]. Высокочастотная активность (ВЧА) включает в себя осцилляции с частотой 80–250 Гц, а также быстрые осцилляции — 250–500 Гц, регистрируемые внутрикорковыми электродами. Такая активность может быть выявлена в эпилептогенной зоне (ЭЗ). Рассматривается вопрос о взаимосвязи между ВЧА и ЭЗ, как результате структурно-морфологических изменений ткани головного мозга. В исследованиях на пациентах с разными типами изменений в тканях ЦНС (медиальной височной атрофией, фокальной корковой дисплазией и узелковой гетеротопией) показано, что ВЧА достоверно чаще совпадает с ЭЗ, чем с очагом поражения вещества мозга. Таким образом, ВЧА отражает изменения возбудимости ткани мозга вне очага поражения. Эти данные представляются наиболее важными в случае несовпадения результатов МРТ и ЭЭГ у пациентов с симптоматической эпилепсией [10]. В другой работе подтверждается необходимость таких исследований [11].

Гамма-активность (30–80 Гц) в ЭЭГ при эпилепсии может быть связана с эпилептиформной синхронизацией интернейронов [12]. Пространственно-временные изменения регулярности гамма-осцилляций составляют важное проявление фокального генеза, связанного с динамикой синхронизации интернейронов в частоте гамма-ритма [12].

В ряде других работ обнаружено повышение мощности спонтанной или вызванной высокочастотной активности перед эпилептическим припадком, что позволяет считать высокочастотные осцилляции триггером эпилептической активности [13, 14, 15]. Дана классификация соотношения ВЧА и спайков: 1) ВЧА вместе со спайками и на ЭЭГ видны пульсации на спайке на неотфильтрованной ЭЭГ, 2) ВЧА вместе со спайком, но не видны на спайке ЭЭГ, 3) только ВЧА без генерации спайка [13, 16].

Формированию эпилептиформной активности мозга (пик-медленная волна, острая волна, генерализованные билатерально-синхронные пик-волновые вспышки и др.) предшествует генерализация активности гамма-ритма. Кроме этого, парциальному или генерализованному эпилептическому припадку, наблюдающемуся одновременно с появлением эпилептиформных признаков в ЭЭГ, также соответствует повышение спектральной мощности гамма-ритма. Повышение гамма-активности может быть связано с активацией «модулирующей системы мозга» (стволово-таламокортикальной). Возрастание корковой фокальной и генерализованной синхронной гамма-активности, играющей роль в генерации эпилептогенной активности головного мозга, проходит при одновременном разряде в обширной нейронной сети [17].

В современных клинических исследованиях показано, что синхронизация гамма-ритма выше у больных с частыми и тяжелыми эпилептическими припадками; при этом генерализация гамма-синхронности объясняется непрерывным облегчением синаптических связей возобновляющейся эпилептической активности [18].

В недавних научных публикациях отмечено, что межприступная высокочастотная активность выявлена при эпилепсии с генерализованными припадками [19]. Быстрые осцилляции зарегистрированы при абсансной эпилепсии с помощью МЭГ [20], а также при синдроме Веста посредством скальповой ЭЭГ [21]. При эпилепсии

ческих абсансах источник эпилептической активности выявляется в таламокортикальной петле [22].

Показано, что у пациентов с мезиальной височной эпилепсией, в отличие от физиологических волн, патологические всплески «fast ripples» (пульсации) группируются преимущественно в частотном диапазоне 250–600 Гц (сверхвысокочастотная активность). Площадь участка, генерирующего такие импульсы, занимает несколько сотен микрон, а площадь электродов, используемых в ЭКоГ — несколько квадратных миллиметров. Использование классических глубинных электродов площадью около 4 мм², в связи с этим, не позволяет достоверно выделить и проанализировать источник как патологической, так и физиологической сверхвысокочастотной активности [23].

При использовании электродов 1.3 мм² с полиуретановым стержнем с контактом с платиновым/иридиевым клиническим макроэлектродом в сочетании с субдуральными электродами площадью около 4 мм², точность регистрации ВЧА возрастает [24].

Учитывая, что ВЧА формируется в нейронной сети определенного вида, авторы проводили автоматическую регистрацию высокочастотной активности с помощью методики определения радиальной базисной функции детектора нейронной сети (radial basis function neural network detector, англ.) у пациентов перед нейрохирургической операцией. Использовали статистический анализ Крускала-Уоллиса, Манна-Уитни и Спирмена. ВЧА в области запуска эпилептического припадка отличалась от всех других областей в цикле сон-бодрствование. Частота ВЧА значительно возрастает во время сна, причем особенно в теменных областях, включая роландическую. Значимых различий в росте частоты ВЧА во сне и бодрствовании для лобных областей выявлено не было. Это является дополнительной диагностикой к определению модулирующей роли гамма-активности в цикле сон-бодрствование при эпилепсии и вносит вклад в понимание роли ВЧА как биомаркера при эпилепсии [25].

В одном из исследований [26] проведена регистрация ЭКоГ с использованием глубинных и субдуральных электродов в различных комбинациях в зависимости от предположительной локализации эпилептогенной зоны. Авторы анализировали высокочастотную активность до 500 Гц. В результате предложена классификация паттернов ВЧА: 1) пролонгированная высокочастотная активность; 2) высокочастотные осцилляции, ассоциированные с медленными эпилептиформными волнами; 3) высокочастотные осцилляции, ассоциированные со спайками. В 46,6 % наблюдалось полное совпадение по локализации ВЧА и эпилептической активности в диапазоне до 70 Гц, в 33 % — периодическое совпадение ВЧА и эпилептической активности также и во времени. Авторы делают вывод о том, что регистрация модулированной высокочастотной активности, ассоциированной со спайками, позволяет дифференцировать на ЭКоГ два типа эпилептических спайков. При лобной локализации эпилептогенной зоны, ВЧА, вероятно, более точно указывает на локализацию генератора патологической активности. В случае затруднения локализации зоны начала иктального паттерна при инвазивном мониторинге, анализ ВЧА позволяет выявить область начала приступа [26]. Эти же авторы в другом исследовании [27] с использованием аналогичного оборудования обнаружили, что: «высокочастотный компонент биоэлектрической активности головного мозга может отражать процессы эпилептогенеза даже в отсутствие классических паттернов; вторая и третья фазы медленного сна являются оптимальными для анализа высокочастотной активности на экстраоперационной ЭКоГ; на фоне ингаляционного наркоза возможна индукция или ингибирование как ЭА в диапазоне до 70 Гц, так и патологической высокочастотной составляющей. На пострезекционной ЭКоГ авторами обоснована дифференцировка резидуальной эпилептической активности при помощи анализа высокочастотной патологической активности в диапазоне 250–500 Гц» [27].

Заключение

Современные исследования гамма-ритма свидетельствуют о том, что биоэлектрическая активность гамма-диапазона — это своеобразный интегрирующий фактор в организации мозговой деятельности. Имеются данные о связи высокочастотной биоэлектрической активности головного мозга — гамма-ритма — с процессами внимания, слухового и зрительного восприятия, восприятия времени, памяти, обработки семантической информации, сознания, внутренней речи [7,8,9,28]. Установлено, что амплитуда и частота этого ритма зависят от функционального состояния человека и вида выполняемой когнитивной задачи [28].

В настоящее время доказано, что высокочастотные осцилляции и гамма-активность являются высокоинформативными маркерами эпилептического очага [14, 17, 19, 20, 21]. Оценка количественных параметров нарушений высокочастотной активности при эпилепсии (спектрально-корреляционных показателей, индекса, ассоциации со спайками и т. д.) по сравнению с нормой, а также отличие генерации гамма-ритма в фоновом состоянии и при когнитивных нагрузках при эпилепсии в сравнении с физиологической нормой могут представлять особый интерес для исследователей и клиницистов с целью совершенствования электроэнцефалографической дифференциальной диагностики при эпилепсии.

Список литературы

1. Malmgren K., Flink R., Guekht A.B., Michelucci R., Neville B., Pedersen B., Pinto F., Stephani U., Ozkara C. ILAE Commission of European Affairs, Subcommittee on European Guidelines. The provision of epilepsy care across Europe. *Epilepsia*, 2003 May; 44 (5):727–731.
2. Авакян Г.Н., Блинов Д.В., Лебедева А.В., Бурд С.Г., Авакян Г.Г. Классификация эпилепсии Международной Противозэпилептической Лиги: пересмотр и обновление 2017 года. Эпилепсия и пароксизмальные состояния. 2017; 9 (1): 6–25.
3. Fisher R.S., Acevedo C., Arzimanoglou A., et al. ILAE official report: a practical clinical definition of epilepsy. *Epilepsia*, 2014; 55 (4): 475–482.
4. Tatum, W.O. Epilepsy surgery. A practical approach to neurophysiologic intraoperative monitoring. W.O. Tatum, F.L. Vale, K.U. Anthony (Eds.). N.Y.: Demos. 2008; 283–301.
5. Akiyama T., McCoy B., Go C.Y., Ochi A., et al. Focal resection of fast ripples on extraoperative intracranial EEG improves seizure outcome in pediatric epilepsy. *Epilepsia*, 2011; 52: 1802–1811.

6. Usui N., Terada K., Baba K. et al. Very high frequency oscillations (over 1000 Hz) in human epilepsy. *Clinical Neurophysiology*. 2010; 121:1825–1831.
7. Hermann C. S., Demiralp T. Human EEG gamma oscillations in neuropsychiatric disorders. *Clinical Neurophysiology*. 2005; 116: 2719–2733.
8. Сорокина Н. Д., Смирнов В. М., Селицкий Г. В. Диагностическое и нейрофизиологическое значение биоэлектрической активности мозга в диапазоне γ -ритма. *Функциональная диагностика*. 2006; 1: 81–90.
9. Сорокина Н. Д., Селицкий Г. В., Косицын Н. С. Нейробиологические исследования биоэлектрической активности мозга в диапазоне гамма-ритма у человека. *Успехи физиологических наук*. 2006; 37(3): 3–10.
10. Worrell G. A., Gardner A. B., Stead S. M. et al. High-frequency oscillations in human temporal lobe: simultaneous microwire and clinical macroelectrode recordings. *Brain*. 2008; 131: 928–937.
11. Jacobs J., Levan P., Chatillon C. E. et al. High frequency oscillations in intracranial EEGs mark epileptogenicity rather than lesion type. *Brain*. 2009; 132(4):1022–1037.
12. Sato Y., Wong S. M., Iimura Y., et al. Spatiotemporal changes in regularity of gamma oscillations contribute to focal ictogenesis. *Scientific Reports*. 2017; 7: 9362.
13. Jacobs J., Staba R., Asano E. et al. High-frequency oscillations (HFOs) in clinical epilepsy. *Progress in Neurobiology*. 2012; 98(3): 302–315.
14. Frauscher B., Bartolomei F., Kobayashi K., Cimbalkin J. et al. High-frequency oscillations: The state of clinical research. *Epilepsia*. 2017; 58(8): 1316–1329.
15. Traub R. D., Whittington M. A., Buhl E. H. et al. A possible role for gap junctions in generation of very fast EEG oscillations preceding the onset of, and perhaps initiating, seizures. *Epilepsia*. 2001; 42: 153–170.
16. Urrestarazu E., Chander R., Dubeau F., Gotman J. Interictal high-frequency oscillations (100–500 Hz) in the intracerebral EEG of epileptic patients. *Brain*. 2007; 130: 2354–66.
17. Whittington M. A., Cunningham M. O., LeBeau F. E. et al. Multiple origins of the cortical gamma rhythm. *Developmental Neurobiology*. 2011; 71: 92–106.
18. Ozerdem A., Guntekin B., Atagun I., Basar E. Brain oscillations in bipolar disorder in search of new biomarkers. *Clinical Neurophysiology*. 2013; 62: 207–221.
19. Benedek K., Berenyi A., Gombkoto P. et al. Neocortical gamma oscillations in idiopathic generalized epilepsy. *Epilepsia*. 2016; 57(5): 796–804.
20. Tenney J. R., Fujiwara H., Horn P. S. et al. Low- and high-frequency oscillations reveal distinct absence seizure networks. *Annals of Neurology*. 2014; 76: 558–567.
21. Kobayashi K., Akiyama T., Oka M., Endoh F., Yoshinaga H. A storm of fast (40–150 Hz) oscillations during hypsarrhythmia in West syndrome. *Annals of Neurology*. 2015; 77: 58–67.
22. Andrade-Valencia L. P., Dubeau F., Mari F., Zelmann R., Gotman J. Interictal scalp fast oscillations as a marker of the seizure onset zone. *Neurology*. 2011; 77: 524–531.
23. Engel J. Jr., Bragin A., Staba R., Mody I. High-frequency oscillations: what is normal and what is not? *Epilepsia*. 2009; 50: 598–604.
24. Matsumoto A., Brinkmann B. H., Stead S. M. et al. Pathological and physiological high-frequency oscillations in focal human epilepsy. *J. Neurophysiol.* 2013; 110: 1958–1964.
25. Dümpelmann M., Jacobs J., Schulze-Bonhage A. Temporal and spatial characteristics of high frequency oscillations as a new biomarker in epilepsy. *Epilepsia*. 2015; 56 (2):197–206.
26. Архипова Н. Б., Александров М. В., Улитин А. Ю. Классификация патологической высокочастотной активности для анализа икритальной и интерикритальной электрокортикографии у пациентов с фармакорезистентной эпилепсией. *Российский нейрохирургический журнал имени профессора А. А. Поленова*. 2018; X: 18–19.
27. Архипова Н. Б., Александров М. В., Улитин А. Ю. Информативность анализа широкополосного интра- и экстраоперационного электрокортикографического мониторинга. *Российский нейрохирургический журнал имени профессора А. А. Поленова*. 2018; X: 19–20.
28. Сорокина Н. Д., Перцов С. С., Селицкий Г. В. Роль биоэлектрической активности головного мозга в диапазоне гамма-ритма в обеспечении психических процессов. *Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова*. 2018; 104 (10): 1163–1175.

Для цитирования. Селицкий Г. В., Перцов С. С., Сорокина Н. Д. Высокочастотные осцилляции и гамма-активность в диагностике эпилепсии // Медицинский алфавит. Серия «Современная функциональная диагностика». — 2019. — Т. 2. — 12 (387). — С. 9–12.



В «Аптекарском огороде» состоялось открытие тактильного сада

20 мая 2019 г. В Москве научно-технологическая компания Мерк в партнерстве с РООИ «Здоровье человека», МООИ «Московское общество РС» и «Аптекарским огородом» открыла тактильный сад. Тактильный сад расположен в Ботаническом саду МГУ «Аптекарский огород» на Выставочном поле у детской экоплощадки. В торжественной церемонии открытия приняли участие: Елена Громова — заместитель руководителя департамента здравоохранения города Москвы; Любовь Эйгель — исполнительный директор региональной общественной организации инвалидов «Здоровье человека»; Ольга Матвиенская — президент межрегиональной общественной организации инвалидов «Московское общество рассеянного склероза (РС)»; Екатерина Попова — кандидат медицинских наук, заведующая межклубным отделением рассеянного склероза («БУЗ ГКБ № 24 ДЗМ»); доктор Маттиас Вернике — генеральный директор, Merck Biopharma в России и СНГ; Алексей Ретеюм — директор Ботанического сада МГУ «Аптекарский огород», вице-президент российского научного общества Московского общества испытателей природы; Артём Паршин — ландшафтный архитектор Ботанического сада МГУ «Аптекарский огород»; Николай Круглов — российский биатлонист, кавалер ордена «Дружбы», участник двух олимпиад, серебряный призёр Олимпийских Игр 2006 года в Турине, 4-кратный чемпион мира.

Рассеянный склероз (РС) — это тяжелое заболевание центральной нервной системы, которое может поражать сразу несколько участков головного и спинного мозга. Причины возникновения РС до сих пор не установлены. Директор Ботанического сада МГУ «Аптекарский огород» Алексей Ретеюм говорит: «Тактильный сад призван стать символом надежды для людей с рассеянным склерозом. Садовое пространство спроектировано таким образом, что любой посетитель сможет прочувствовать тактильные особенности разных растений, босиком пройти по выложенным дорожкам и ощутить благоприятное психологическое воздействие сада».

Тактильный сад способствует оказанию положительного влияния. Одним из элементов терапии рассеянного склероза является стимуляция мелкой моторики рук. В тактильном саду посетители попадают в удивительный мир с разнообразными мелкими предметами, цветами, формами, текстурами растений. У них есть возможность потрогать каждое растение, предмет и почувствовать их уникальность, что, несомненно, хорошо развивает мелкую моторику рук. «Рассеянный склероз является одним из социально значимых и распространенных неврологических нарушений, часто встречающихся у молодых людей в возрасте от 15 до 40 лет, которые ведут активную трудовую деятельность и социальную жизнь, и женщины подвержены ему в 2,5–3 раза¹ чаще мужчин. В первую очередь страдает двигательная сфера, — объясняет Попова Екатерина, заведующая Межклубного отделения рассеянного склероза БУЗ «ГКБ № 24 ДЗМ», — Также могут страдать зрение, речь, чувствительность и подвижность рук и ног. При этом когнитивные функции — память, интеллект — остаются достаточно долго неизменными».

Как отметили организаторы мероприятия, такой формат стал совершенно новым для подобного рода акций. В конце мая 2019 года во всем мире будет



отмечаться Международный день рассеянного склероза. В этом году РООИ «Здоровье человека» и МООИ «Московское общество РС» при поддержке ведущих представителей фармацевтического бизнеса смогли организовать Неделю борьбы с рассеянным склерозом, которая включает в себя серию семинаров и специальных мероприятий для пациентов и широкой общественности.

«Еще 20 лет назад люди с рассеянным склерозом после нескольких лет болезни могли оказаться прикованными к инвалидному креслу. На данный момент при помощи правильно подобранной терапии можно прожить долгую и качественную жизнь. Сегодня в мире встречается все больше случаев, когда заболевание поражает людей в раннем трудоспособном возрасте и для таких людей особенно важно, на сколько это возможно, сохранить свой прежний темп и уровень жизни. Компания Merck работает над созданием средств для улучшения качества жизни людей с различными заболеваниями, уже долгое время разрабатывает и выводит на рынки по всему миру лекарственные препараты», — отметил Маттиас Вернике, директор Merck Biopharma в России и СНГ.

Тактильные сады набирают популярность по всему миру. Первый такой сад был открыт в ботаническом саду города Падуи (Италия), огромной известностью пользуется специальный маршрут в ботаническом саду Будапешта. Подобные сады открыты также в Великобритании, Чехии, США, ЮАР, Румынии и других странах. Концепция пространств постоянно совершенствуется: начинались такие проекты с элементарных табличек с тактильным шрифтом, а теперь сенсорные сады проектируются специалистами как терапевтические площадки.

¹<https://www.hopkinsmedicine.org/health/conditions-and-diseases/multiple-sclerosis/multiple-sclerosis-why-are-women-more-at-risk>