Международный научно-исследовательский журнал Research Inventy: International Journal of Engineering And Science
Том 6, Издание 8 (сентябрь 2016г.), стр. 07-11
Issn (e): 2278-4721, Issn (p):2319-6483, www.researchinventy.com

Воздействие виброакустических микровибраций на активность ЭЭГ у крыс

Оливера Станойлович (Olivera Stanojlović)[1]*, Драган Хрнчич (Dragan Hrnčić)[1], Адександра Рашич-Маркович (Aleksandra Rašić – Marković)[1], Душко Корняча (Duško Kornjača)[2], Душан Младенович (Dušan Mladenović)[3] и Драган М. Джурич (Dragan M. Djurić)[1]

[1]*Институт медицинской физиологии им. Ричарда Буриана, медицинский факультет, Белградский университет, Сербия*
[2]*FIP Komerc, Белград*
[3] *Институт патологической физиологии им. Любодрага Бубы Михайловича, медицинский факультет, Белградский университет, Сербия*

Резюме: *Механографический сигнал с частотой 7-13 имп/с (амплитуда 1-5мкВ) обнаруживается в расслабленных конечностях, наблюдается феномен микровибраций (МВ). С другой стороны, воздействие механографических сигналов или низкочастотного шума приводит к возникновению виброакустической болезни. Целью данного исследования стало изучение воздействия виброакустических МВ на затылочную область (regio nuchae) (аппарат виброакустического воздействия Витафон, Санкт-Петербург, Российская Федерация) при различных режимах МВ определенной амплитуды (2,8 мкм – 12,3 мкм) и частоты (30 Гц - 18 кГц) на исходные колебания электрической активности ЦНС (регистрация ЭЭГ) у взрослых особей крыс. Эксперименты были проведены на самцах крыс линии Wistar, разделенным на контрольную и экспериментальную группы. К контрольной группе применялся аналогичный экспериментальный протокол за исключением виброакустического воздействия. Активность ЭЭГ регистрировалась при применении виброакустической МВ и независимо от режима наблюдалось следующее: отсутствие графоэлементов, отражающих повышенную возбудимость; отсутствие снижения активности; бета-ритм и умеренная смена альфа-ритма бета-ритмом. Небольшое преобладание бета-волн к альфа-диапазону ЭЭГ под воздействием виброакустических микровибраций аппарата «Витафон» свидетельствует о повышении умственной активности и концентрации внимания без признаков повышенной возбудимости у крыс.*

Ключевые слова: *Витафон, микровибрации, крысы, ЭЭГ*

I. Введение

Микровибрации (МВ) присутствуют в каждом живом организме и представляют собой броуновское движение в абиотической среде [1-3]. Механографический сигнал с частотой 7-13 имп/с и амплитудой 1-5мкВ обнаруживается в расслабленных конечностях, и наблюдается феномен МВ, который продолжается во время сна и должен изменяться во время расслабления, физических упражнений, болезни или в условиях микрогравитации. Микровибрацию также называют нормальным или незначительным тремором поверхности тела, впервые обнаруженным Рорахером [1] в 1944 г. Рорахер [4] рассматривал МВ не как реакцию, а как биологическую активность организма, как писал Скилле [5], тело получает «внутренний массаж», в теле ощущаются физические вибрации как от музыки, так и от низкочастотного синусоидального тона.

В отличие от пойкилотермных водных и холоднокровных животных, МВ у которых не обнаружена [6], вся поверхность тела человека или гомойотермного животного проявляет незначительную продолжительную МВ вследствие мышечной активности или сердечной деятельности с вышеуказанной частотой (например, сокращения, наблюдаемые в теле гомойотермного млекопитающего – афалины, или большого дельфина (Tursiops trunkatus) (13 Гц) [7].

Помимо выявления мышечного сокращения, баллистокардиограмма играет важную роль в регистрации передачи МВ костными структурами в мягкие ткани (расслабленная мышца), механической связи между костной и мышечной тканью и, наконец, локального резонанса, приводящего к колебаниям [3, 8-10] с сильным воздействием на эмоции, а также стимуляции гипоталамуса [11].

Микровибрация головного мозга, возникающая на твердой мозговой оболочке, была зарегистрирована у кошек под анестезией и может отражать тонус церебральных сосудов, сохраняющийся в течение времени [12]. В происхождении МВ биосигнала спинного мозга также участвует гамма-моторная система [13, 14]. Гипокампальная судорога не повлияла на микротремор [12]. Микровибрация со спектром частот 7-13 Гц, применяемая в физиологической и психиатрической клинической практике, считается соответствующей ЭЭГ [2, 14].

Воздействие механографических (7-13 Гц) сигналов или низкочастотного шума с одной стороны приводит к возникновению виброакустической болезни [15, 16]. С другой стороны, за последние 30 лет виброакустические устройства, воздействующие на организм человека посредством микровибрации, представляют собой неинвазивную технологию, передающую звук (низкочастотные синусоидальные тона в диапазоне 20-70 Гц) в виде вибрации на организм, разработанную в процессе клинических исследований или виброакустической терапии [17-20].

Таким образом, целью настоящего исследования было изучение острого воздействия виброакустических микровибраций (*при использовании аппарата виброакустического воздействия «Витафон», Санкт-Петербург, Российская Федерация*) при четырех различных режимах

МВ определенной амплитуды (2,8 мкм – 12,3 мкм) и частоты (30 Гц - 18 кГц) на исходные колебания электрической активности ЦНС у взрослых особей крыс.

II. Материалы и методы

1.1. Животные

Взрослые самцы крыс линии Wistar (180 - 220 г.) были приобретены у местного сертифицированного поставщика (Военно-медицинские селекционные лаборатории, Белград) и содержались в контролируемых лабораторных условиях (температура воздуха 21-23°C, влажность 55-65%, цикл дня и ночи 12/12, начало цикла света – 08:00) в ходе всего экспериментального протокола. Всем животным был предоставлен свободный доступ к стандартному лабораторному корму и водопроводной воде.

Все экспериментальные процедуры полностью соответствовали Директиве Европейского парламента и Совета Европейского Союза (2010/63/ЕС). Эксперименты были одобрены Этическим советом Медицинского факультета Белградского университета и Этическим комитетом Республики Сербия (Разрешение № 298/5-2).

1.2. Хирургическая имплантация электрода

Для регистрации ЭЭГ крыс анестезировали кетамином (100 мг/кг интраперитонеально) и имплантировали три позолоченных электрода в надлобную область (2 мм рострально брегме и 2 мм латерально срединной линии), теменную область (2 мм рострально лямбде и 2 мм латерально срединной линии) и затылочную область (2 мм каудально лямбде) с помощью стереотаксического аппарата (David Kopf, США). Животные находились на восстановлении в течение 7 дней после операции.

2.3. Экспериментальные группы

Параметры последовательности импульсов, такие как частота, амплитуда, продолжительность и количество модулированных импульсов, могут варьироваться для получения различных последовательностей. Животных экспериментальной группы (Exp, n=7) подвергали воздействию виброакустических микровибраций на затылочную область (аппарат «Витафон», Санкт-Петербург, Российская Федерация) в 4-х заданных режимах работы в течение 3-х интервалов по 5 мин с перерывами по 5 мин. Применялись следующие диапазоны частот и амплитуда режимов работы:

- режим I: 30-60 Гц и 2,8 мкм,
- режим II: 1200-4500 Гц и 6,0 мкм,
- режим III: 200-1000 Гц и 5,4 мкм,
- режим IV: 9000-18000 Гц и 12,3 мкм.

Контрольной группой служили крысы, подвергнутые аналогичному экспериментальному протоколу, за исключением виброакустического воздействия (B, n=7).

2.4. Регистрация и анализ ЭЭГ

Для регистрации ЭЭГ использовался 8-канальный аппарат (RIZ, Загреб, Хорватия) с цифровым сбором сигналов картой сбора данных SCB-68 (National Instruments Co, Остин, Техас, США). Сбор данных и обработка сигналов осуществлялись с помощью программного обеспечения на базе платформы Lab VIEW (NeuroSciLaBG, Белград, Сербия). Частота выборки составляла 512 Гц/канал, и предельная частота была установлена на фильтрах 0,3 и 100 Гц (высокочастотный и низкочастотный соответственно). Посторонние шумы были устранены с помощью узкополосного режекторного фильтра 50 Гц.

Спектральная плотность средней мощности, как мера среднего напряжения волн ЭЭГ, была рассчитана с помощью программного обеспечения с использованием метода быстрого преобразования Фурье, а энергетические сигналы были выражены как мкВ^2/Гц.

III. Результаты

Ни один из эпилептиформных графоэлементов не был зарегистрирован в ЭЭГ крыс *контрольной группы* при отсутствии виброакустического воздействия. Зарегистрированные данные биоэлектрической активности головного мозга у этих крыс показали исходную активность (рис. 1A).

Ни один из графоэлементов, указывающих на повышенную возбудимость и/или эпилепсию, не был зарегистрирован в ЭЭГ крыс экспериментальной группы при применении виброакустических микровибраций независимо от режима работы. Снижения активности и признаков замедления ЭЭГ также не было зарегистрировано.

При визуальной проверке результатов ЭЭГ, полученных под воздействием виброакустических микровибраций, создаваемых аппаратом «*Витафон*», в 15-минутном режиме (3 x 5 мин) был выявлен бета-ритм (частотный диапазон β от 15 до 30 Гц), сопровождающийся повышенной концентрацией внимания в поведении крыс с последующим с ориентировочным рефлексом (рефлекс Павлова «Что такое?») (рис. 1B). Было отмечено небольшое преобладание бета-волн по отношению к альфа-диапазону ЭЭГ.

В течение перерывов между применяемыми рабочими режимами (3 х 5 мин) регистрировались волны высокой амплитуды и низкой частоты, отражающие дельта-активность (диапазон частот δ от 0,5 до 4 Гц), свидетельствующие о медленноволновом сне (рис. 1С), и нормальное поведение животных, подвергшихся виброакустическому воздействию.

IV. Обсуждение результатов

У здорового человека преобладающий паттерн микровибрации имеет частоту 13 Гц и остается постоянным, если не меняется температура помещения и тела, состояние сознания и степень утомления [2-3, 21-22]. Механизм воздействия микровибрации окончательно не выяснен, но основными составляющими, очевидно, являются баллистокардиографическая и мышечная [11]. В настоящее время могут существовать и другие мнения, основанные на усилении кровообращения, лимфотока, метаболических процессов и стимуляции нейропатических функций, уменьшении отека тканей [23]. Озаки и др. [24] заявляют, что причиной существования МВ (с амплитудой и частотой, сходной с движениями мышечных волокон) являются сердечные сокращения или дыхательные движения вместе с мышечными сокращениями и костно-мышечной скованностью, когда даже самая низкая достигнутая степень скованности доминирует над сердечной деятельностью.

В клинической практике МВ использовалась для простой проверки функции вегетативной нервной системы в психосоматической медицине [25]. Ситуационный стресс влияет на увеличение амплитуды МВ [4, 21], но после того, как человек займет горизонтальное положение (5 мин), амплитуда МВ уменьшается, демонстрируя относительно постоянный паттерн [12-13].

Стимуляцию ЦНС при микротреморе изучали на неанестезированных кроликах, и это привело к получению следующих данных: гипокампальная судорога не повлияла на микротремор, однако, наблюдалось ускорение микротремора при стимуляции двигательной коры, таламуса и ретикулярной формации [12].

Воздействие механографических сигналов или низкочастотного шума (7-13 имп/с), с одной стороны, приводит к возникновению виброакустической болезни. Это означает возникновение системной патологии всего организма, характеризующейся депрессией, повышенной раздражительностью и агрессивностью, тенденцией к замкнутости, снижением когнитивных способностей, а также аномальным ростом внеклеточных матриксов у работников определенных сфер (таких как авиатехники, военные летчики, бортпроводники, судовые механики, работники ресторанов, диск-жокеи и др.) [15,16]. С другой стороны, можно обсудить применение виброакустической терапии как полезного средства для терапии при многих состояниях (астма, аутизм, муковисцидоз, церебральный паралич, запор, бессонница, болевые ощущения и болезнь Паркинсона) [5,19]. Например, виброакустическая терапия с использованием аппарата «*Витафон*», производящего МВ, для больных с гиперплазией предстательной железы, эффективна и экономически выгодна [17]. Работа виброакустического устройства, производящего МВ для воздействия на организм человека, была продемонстрирована как на модели человека, так и на животных [15, 26].

Тремор (МВ) кожи человека аналогичен и сопоставим с мозговыми волнами на ЭЭГ [11,14] таким образом, что нормальные субъекты демонстрируют максимально высокие компоненты 8–13 Гц в виде α-волны по сравнению с пациентами с неврозом, демонстрирующими максимально высокие компоненты 3–7 Гц в виде θ-волны, и пациентами с шизофренией, демонстрирующими максимально высокие компоненты 14–40 Гц (волна β), соответственно [2]. Ряды перпендикулярных МВ спинного мозга изменили свой частотный спектр, увеличив компонент θ-волны при тестировании пациентов с закрытыми глазами. [11].

В ходе получения первых результатах мы наблюдали изменения мозговой активности крыс после применения стимуляции аппаратом «*Витафон*» микровибрациями разного частотного диапазона и амплитуды.

Визуально наблюдаемые изменения заключались в переходе активности ЭЭГ из альфа- в бета-диапазон частот. Альфа-колебания, регистрируемые ЭЭГ, коррелировали с ранним снижением активности в лобно-височных областях [27], как правило, при переходе от бодрствования к сонливости и включали связанную синхронизацию/десинхронизацию [28], при открывании глаз альфа-ритм исчезает и сменяется бета-ритмом. Это представляет собой изменение синхронизированной активности нейронных элементов [29] альфа-блока (десинхронизация), что может быть вызвано любой формой сенсорной стимуляции, также называемое реакцией пробуждения или тревожной реакцией.

После применения виброакустической терапии клинические наблюдения свидетельствуют о значительном уменьшении симптомов раздражения, снижении мышечного тонуса, увеличении амплитуды движений, снижении стресса и мышечно-сенсорной стимуляции у пациентов с тяжелыми формами инвалидности [19]. Воздействие виброакустической терапии на мочеиспускание сохраняется в течение последующих 3-6 мес [17], то же касается и анальгетической эффективности виброакустического метода в условиях чрезмерной нагрузки на опорно-двигательный аппарат [20]. Систолическое и диастолическое артериальное давление у самцов крыс линии Wistar [26] практически полностью возвращалось к исходному значению после включения третьего и четвертого режимов (*Витафон*).

Новый метод измерения микровибраций человека (МВ спинного мозга, сердцебиения, пульсации кровотока и мышечного тремора), полученный с помощью датчика с магнитоимпедансным элементом с разрешением пикотесла путем прямого или опосредованного контакта с кожей человека через сенсорную головку. В МВ спинного мозга выявлено усиление компонента θ-волны [2]. Причиной МВ гладких мышц являются колебания Ca^{2+} [14].

V. Заключение

Данные о повышенной концентрации и активности, полученные нами в ходе экспериментов на животной модели с помощью аппарата виброакустического воздействия «Витафон», использующего МВ во всех режимах в течение короткого времени, дают многообещающие результаты. Возможно, это свидетельствует о том, что МВ в сочетании с модуляторами других нейромедиаторов может использоваться в качестве вспомогательного терапевтического метода.

Благодарственное слово

Настоящее исследование было проведено при поддержке Министерства науки, образования и защиты окружающей среды Республики Сербия, Грант № 175032.

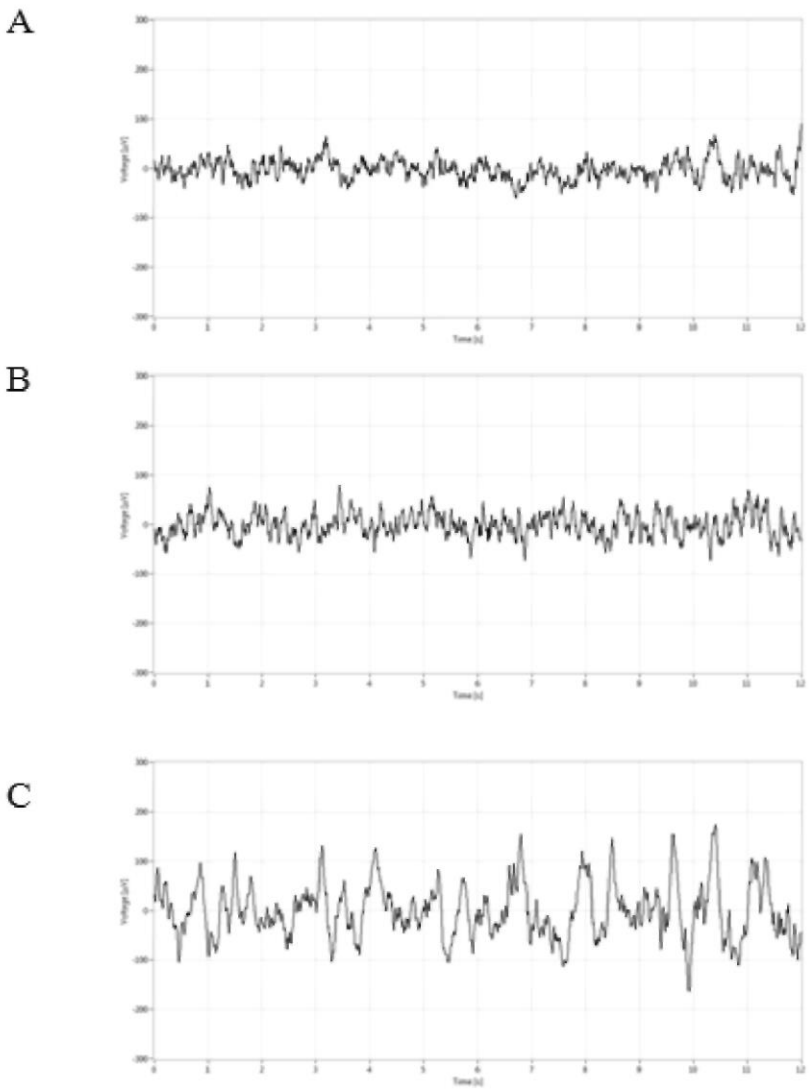

Рис. 1. Результаты ЭЭГ:

(A) в контрольной группе крыс, демонстрирующих исходную активность
(B) при воздействии виброакустических микровибраций
(C) в перерывах между применяемыми режимами работы.
Калибровка времени: 1 с, калибровка амплитуды 100 мкВ.
Отведение: правая лобная - левая теменная кора.