

О ВЛИЯНИИ ВИБРАЦИИ НА ВЕСТИБУЛЯРНУЮ СИСТЕМУ ОРГАНИЗМА

С. М. МИНАСЯН, С. Г. СААКЯН, О. Г. БАКЛАВАДЖЯН

Изучалась динамика изменений вестибуло-корковых вызванных потенциалов и реакция десинхронизации электрокортикограммы (ЭКоГ) при различных условиях вибрации. При 15-дневном воздействии вибрации в ЭКоГ доминируют низкочастотные, высокоамплитудные волны, повышается порог раздражения вестибулярного ядра, изменяются временно-амплитудные параметры вызванных потенциалов. При многократном вибрационном воздействии, вызывающем специфические изменения указанных показателей, реакция адаптации отсутствует.

Ключевые слова: вызванные потенциалы, вестибулярные ядра, энцефалограмма, вибрация.

Обладая разносторонним действием на организм, вибрация является раздражителем рецепторов всех органов и тканей, в том числе и вестибулярного анализатора [4, 8, 14, 17].

При тяжелых формах вибрационной болезни, вызванных его длительным воздействием, более выраженные изменения, протекающие по типу вестибулопатии, происходят в вестибулярном аппарате. Об изменениях вестибулотонических и электромиографических реакций свидетельствуют также работы ряда авторов [1, 12, 16, 19, 20].

В литературе имеются ограниченные сведения о функциональном состоянии вестибулярного аппарата, в частности его центральных звеньев, при воздействии длительной вибрации, что побудило нас к проведению этих исследований.

В настоящей работе в условиях воздействия вибрации изучалось функциональное состояние вестибуло-корковой системы интеграции путем регистрации вестибуло-корковых (ВК) вызванных потенциалов (ВП) и определения порога восходящего активизирующего влияния электрического раздражения вестибулярных ядер на ЭКоГ.

Материал и методика. Эксперименты были поставлены на 12 кроликах с хронически вживленными электродами в испс- и контралатеральную области сенсорной, височной, моторной коры. Для раздражения вестибулярного латерального ядра Дейтерса (VLD) биполярный электрод, изготовленный из константановой проволоки, с фабричной изоляцией, с межэлектродным расстоянием 0,8—1 мм вводился по координатам, приведенным в статье Крейдича [13].

Раздражение производилось прямоугольными импульсами частотой 100 гц, длительностью 0,5 мс в течение 10 сек при помощи электронного стимулятора «НЕЙРОВАР» с радиочастотной приставкой.

Вестибуло-корковые ВП регистрировались на осциллографе С1-19. ЭКоГ—на восьмиканальном чернильнопишущем энцефалографе фирмы «АЛВАР». Анализ спектра частот ЭКоГ проводился при помощи двухканального анализатора Лизограф фирмы «АЛВАР» с отдельной интеграцией биопотенциалов шестнадцати частот группы дельта, тета, альфа и бета и эпохой анализа 10 сек. Животные ежедневно, в течение 15 дней, подвергались одночасовой вибрации (частотой 80 гц, амплитудой 0,4 мм) на вибростенде ЭВ-1. Биопотенциалы регистрировались до и на 15-й, 30-й, 60-й мин вибрационного воздействия. Локализация раздражающего подкоркового электрода проверялась гистологически.

Результаты и обсуждение. При раздражении вестибулярного ядра Дейтерса из височной зоны регистрировались вызванные потенциалы сложной конфигурации. В большинстве случаев после положительно-отрицательного комплекса регистрировался следовой положительный потенциал. Латентные периоды этих ответов варьировали в пределах 2,30—3,30 (в среднем 2,71) для ипсилатеральной и от 3,6—4,2 (3,52) мс—для контралатеральной сторон.

Амплитуда положительного компонента составляла в среднем 127,5 мкв, с длительностью 15,3—20,4 мс, а отрицательного—189 мкв, с продолжительностью 10,0—20,0 мс.

При электрическом раздражении вестибулярного ядра в сенсорной зоне регистрировались двухфазные положительно-отрицательные потенциалы, с латентными периодами на ипсилатеральной стороне 1,2—3,3 мс, на контралатеральной—2,8—5,6 мс. Амплитуда положительного компонента составляла 124 мкв, отрицательного—152 мкв, с продолжительностью соответственно 20,37 и 27,18 мс. В моторной зоне в основном регистрировались монофазные положительные потенциалы с латентными периодами 2,19—3,14 мс, амплитудой до 108,3 мкв и продолжительностью 9—16,56 мс.

При высокочастотном раздражении VLD в ЭКоГ регистрируется реакция активации. Статистическая обработка показаний частотных компонентов височных и сенсорных зон ЭКоГ выявила достоверное увеличение их в диапазоне тета-волн ($P < 0,001$) и уменьшение в диапазоне дельта- и альфа-ритма ($P < 0,01$). Наименьшее падение напряжения отмечалось в полосе бета-ритма ($P > 0,05$). В моторной зоне коры изменения частотного спектра были недостоверными. Порог раздражения VLD варьировал в пределах 5—6 в.

При однократном воздействии вибрации на 15-й минуте в ЭКоГ наблюдается общая активация фоновой ритмики коры; в частотном спектре электрограмм исследуемых областей коры снижалось процентное соотношение дельта-волн и увеличивался θ ритм (рис. 1Б). При этом отмечалось снижение порога раздражения вестибулярного ядра, вызывающего активацию в ЭКоГ, на 1,5—2 в по сравнению с нормой.

На этом фоне подавляются вызванные потенциалы на одиночное электрическое раздражение вестибулярного ядра, угнетаются первичные положительные и особенно отрицательные фазы (рис. 1А). Так, в височной зоне коры амплитуда положительной волны уменьшается на 25, а отрицательной—на 41%. В некоторых случаях амплитуда выз-

ванных потенциалов не изменяется, а иногда, очень редко, даже увеличивается. Что касается латентного периода, то наблюдается тенденция к его уменьшению. Изменения вызванных потенциалов наблюдаются не только в височной коре. Одновременно уменьшается амплитуда вызванных потенциалов в сенсорной и моторной зонах коры, однако латентные периоды достоверным изменениям не подвергаются.

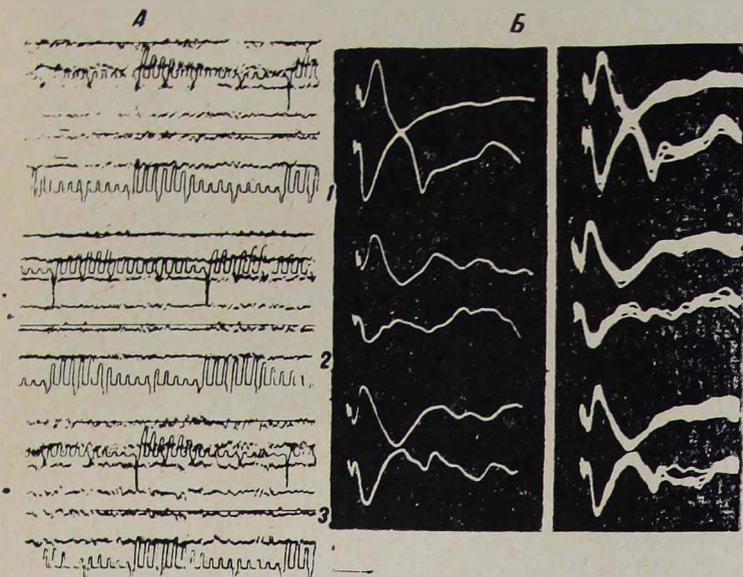


Рис. 1. Изменения ЭКоГ и вызванных потенциалов кролика при воздействии одночасовой вибрации. А—ЭКоГ кролика. Сверху вниз: отметка канала частотного анализа, ЭКоГ ипсилатеральной моторной коры, ЭКоГ контралатеральной моторной коры, кривая частотного анализа ипсилатеральной височной коры, ЭКоГ ипсилатеральной сенсорной коры, ЭКоГ контралатеральной сенсорной коры, отметка канала частотного анализа, ЭКоГ ипсилатеральной височной коры, ЭКоГ контралатеральной височной коры, кривая частотного анализа височной коры. Калибровка: усиление 100 мкв, время 20 мс. Б—вызванные потенциалы височной коры. I—I—фон, II—2—на 15-й минуте вибрации, III—3—на 60-й минуте вибрации.

Однотипные, но менее выраженные изменения наблюдаются и на 30-й мин вибрационного воздействия. На 60-й мин в ЭКоГ регистрируется фаза синхронизации (рис. 1Б). В частотном спектре преобладают низкочастотные и высокоамплитудные волны. Порог раздражения почти не меняется, лишь в некоторых случаях незначительно снижается (на 10—14%). На 60-й мин латентные периоды вызванных потенциалов почти не изменяются по сравнению с нормой. Амплитуда положительной фазы височной коры по сравнению с 30-минутной экспозицией резко увеличивается в обоих полушариях (рис. 1А). Тенденция к увеличению регистрируется и для отрицательной фазы. Это облегчение ответов длится до 5-й мин после вибрационного воздействия. Облегчение потенциалов отмечается и в сенсорной зоне коры.

При 15-дневном воздействии вибрации после недельной экспозиции в ЭКоГ доминируют высокоамплитудные, низкочастотные волны. Процентное соотношение дельта волн в исследуемых зонах увеличивается на 25—40%.

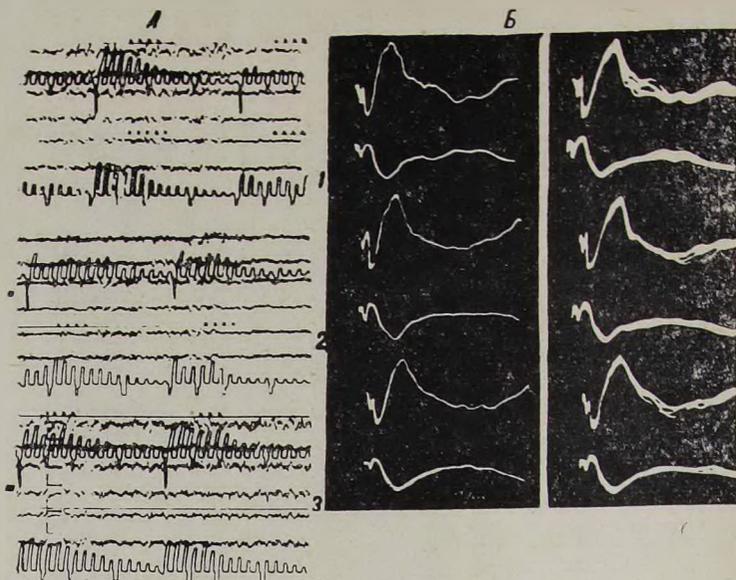


Рис. 2. Воздействие динамического фактора на ЭКоГ и вызванные потенциалы на пятнадцатый день. Обозначения те же, что на рис. 1.

Одновременно наблюдается повышение порога раздражения ядра Дейтерса. На 7-й день вибрационного действия порог варьировал в пределах 8—9 в, а на 15-й день—10—12 в. Гиперсинхронизированный высокоамплитудный ритм в электроэнцефалограмме сохраняется после 10—15-дневной экспозиции (рис. 2Б). При этом тестирующая кратковременная вибрация не вызывает выраженной активации в ЭКоГ по сравнению с интактными животными. Не отмечается также снижения порога восходящего влияния ядра Дейтерса. На 60-й мин порог раздражения даже увеличивается на 1.0—1,5 в, что, безусловно, свидетельствует о снижении возбудимости вестибулярных ядер.

В динамике воздействия вибрационного раздражителя резко изменяются временно-амплитудные параметры вестибуло-корковых вызванных потенциалов. Наблюдается постепенное удлинение латентных периодов в исследуемых зонах, которое достигает максимума на 15-й день экспозиции. Так, в сенсорной коре латентный период положительной фазы на 15-й день достигает в среднем до 5,45 мс, в височной коре—до 7,27 мс. Одновременно наблюдается подавление амплитуд положительной и особенно отрицательной фаз в сенсорной коре. В височной зоне коры на 7-й и 15-й дни экспозиции происходит резкое увеличение положительного компонента, отрицательные компоненты подвергаются недостоверным изменениям.

При воздействии динамического фактора на 15-й день регистрируется увеличение амплитуды положительного компонента вызванных потенциалов, которое более выражено на 15- и 30-й минутах вибрации (рис. 2А). В то же время имеется тенденция к подавлению отрицательной фазы.

Из литературных данных известно, что вибрационное воздействие является адекватным раздражителем механорецепторов тела и вестибулярного анализатора [1, 8, 9, 18, 20]. Следовательно, при механических колебаниях тела возникают сложные функциональные взаимоотношения между вестибулярным аппаратом и сенсорной зоной коры головного мозга. В результате наших исследований было выяснено, что одиночное электрическое раздражение вестибулярного ядра Дейтерса вызывает в сенсорной области коры выраженные электрические реакции, которые по временно-амплитудным параметрам почти не отличаются от вызванных потенциалов, регистрируемых из височной коры, несмотря на то, что последние имеют более сложную конфигурацию. Анализ литературных данных [21, 24, 25] доказывает, что корковая проекция вестибулярного аппарата представлена в передних отделах экто- и супрасильвиевой извили. Рядом авторов [22, 27] описана вторая проекционная зона и в верхней части средней и задней эктосильвиевой извилины. Наши данные показали, что существует и вестибуло-соматическая интеграция. Об этом свидетельствуют и электрофизиологические данные Горгиладзе и соавторов [5], согласно которым, помимо восходящих влияний, вестибулярная импульсация может передаваться в сенсомоторную корковую область через вестибулярную проекционную зону коры посредством прямых корково-корковых связей. Как показали наши данные, высокочастотное электрическое раздражение вестибулярного ядра вызывает реакцию активации в коре головного мозга. Диффузная десинхронизация суммарной электрической активности мозга человека и животных, вызываемая раздражением вестибулярного аппарата, доказана и другими исследованиями [2, 5, 6, 10, 11, 28]. При этом между величинами порогов активирующего влияния раздражения ретикулярной формации и вестибулярных ядер существенной разницы нами не обнаружено.

Кратковременная вибрация (15—30 мин) в наших опытах на фоне генерализованной активации ЭКОГ вызывает укорочение скрытых периодов ответов коры и угнетение амплитуды положительной и особенно отрицательной фаз. Укорочение латентного периода, по-видимому, связано не столько с повышением возбудимости соответствующих корковых элементов, сколько с укорочением времени реакции специфических подкорковых образований. Последние в это время оказываются в состоянии повышенного возбуждения. Об этом свидетельствует снижение порога раздражения VLD, вызывающее изменения суммарной активности коры головного мозга. В этом отношении наши предположения совпадают с выводами ряда авторов [7, 23, 26], которые при поляризации лабиринта, а также при раздражении ретикулярной формации

обнаружили угнетение вызванных ответов в зрительной области при облучении их в других звеньях зрительной системы—в сетчатке, хиазме, НКТ.

Подавление амплитуды первичных ответов, очевидно, следует объяснить феноменом маскировки Бремера, т. е. как результат взаимодействия неспецифического и специфического потоков импульсации, конвергирующих на нейронах коры.

Сравнительно длительная вибрация (до 60 мин) в ЭКОГ вызывает реакцию синхронизации, с преобладанием высокоамплитудных низкочастотных волн. На этом фоне амплитуда вестибуло-корковых вызванных потенциалов, в частности положительной фазы, увеличивается, скрытый период достоверным изменениям не подвергается.

При многократном вибрационном воздействии (15-дневном) наряду с дальнейшим усилением торможения в вестибулярном анализаторе и особенно в корковом отделе наблюдается постепенное развитие торможения и в нервных клетках подкорковых структур. На это указывает значительное удлинение скрытых периодов вызванных ответов, резкое подавление потенциалов и увеличение их порогов раздражения. О снижении возбудимости вестибулярных ядер свидетельствует также повышение порога восходящего разряда активации в 1,5—2 раза.

О тормозящем влиянии длительной вибрации на другие физиологические функции показывают и ряд авторов [3, 14, 15].

Таким образом, полученные нами данные показывают, что многократная вибрация является мощным биологическим раздражителем для вестибулярной системы, действие которого проявляется в изменении функционального состояния вестибуло-корковой системы. Однако участие вестибулярных ядер в наблюдаемых нами изменениях связано не только со специфическим возбуждением вестибулярного аппарата, но и с неспецифической активацией ретикулярной формации. Вестибулярные ядра являются релейными структурами, на которые максимально переключаются афферентации различной модальности [29]. По данным Гильмана [4], вестибулярные ядра образуют большое количество переключений на нейроны ретикулярной формации. Последняя получает постоянную импульсацию как от вестибулярных рецепторов, так и от вестибулярных ядер вследствие наличия тесных анатомических связей между этими структурами. Следовательно, возбуждающие и тормозные влияния вибрации на кору головного мозга связаны как с изменениями специфической афферентации роstralной проекции ядер вестибулярного комплекса, так и опосредованно, через восходящие пути ретикулярной формации.

ՎԻԲՐԱՑԻԱՅԻ ԱՉԳԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ՕՐԳԱՆԻԶՄԻ ՎԵՍՏԻԲՈՒՅԱՐ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ՎՐԱ

Ս. Մ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ, Ս. Գ. ՍԱՀԱԿՅԱՆ, Շ. Գ. ԲԱԿԼԱՎԱԶՅԱՆ

Վիբրացիայի ազդեցության պայմաններում հետազոտվել է վեստիբուլո-լո-կեղևային հրահրված կենսահոսանքների և էԿՈԳ-ի դեսինխրոնիզացիայի և ակացիայի փոփոխությունների դինամիկան: 15-օրյա, 1 ժամյա տևողությամբ վիբրացիան ճաղարների գլխուղեղի կեղևագրում առաջացնում է բարձր ամ-պլիտուդով և ցածր հաճախականությամբ ալիքների գերակշռում, բարձրացնում է Գեյտերսի վեստիբուլյար կորիզի գրգռման վերելակ ակտիվացնող շեմքը և փոխում վեստիբուլո-կեղևային հրահրված կենսահոսանքների ժամանակա-ամպլիտուդային շափանիշները: Նշված ցուցանիշների սպեցիֆիկ փոփոխու-թյունը վկայում է բաղմանվազ վիբրացիայի ազդեցության պայմաններում հարմարողական և ակացիաների բացակայության մասին:

ON THE INFLUENCE OF VIBRATION UPON VESTIBULO-CORTICAL SYSTEM OF ORGANISM

S. M. MINASSIAN, S. G. SAHAKIAN, O. G. BAKLAVADJIAN

The dynamics of vestibulo-cortical evoked potential changes and aroused reaction in the ECoG has been studied under different vibration conditions. Under 15 days vibration effect in ECoG predominate waves of low frequency, high amplitude, the threshold of stimulation of vestibular nuclei increases, amplitude parameters of evoked potentials change. Vibration effect that caused specific changes of mentioned indices testifies to the absence of adaptation reaction under multiple effect.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Апанасенко З. И. Влияние ионизирующих излучений и динамических факторов на функции ЦНС. М., 1964.
2. Аронов М. П. Физиол. журн. СССР, 51, 4, 413—419, 1965.
3. Волков А. М. Влияние вибрации различных спектров на организмы человека и проблемы виброзащиты. М., 1972.
4. Гильман И. М. Журн. ВНД им. И. П. Павлова, 4, 585, 1975.
5. Горгиладзе Г. И., Смирнов Г. Д. ДАН СССР, 155, 1, 230, 1964.
6. Горгиладзе Г. И., Федоров В. М. ДАН СССР, 155, 2, 478, 1964.
7. Горгиладзе Г. И., Смирнов Г. Д. Физиология вестибулярной системы, М., 1968.
8. Горгиладзе Г. И., Крейдич Ю. В., Попов А. Г. Влияние вибрации на организм человека М., 1977.
9. Дрогичина Э. А., Рашевская А. М., Евгеньева М. В., Зорина Л. А. Пособие по периодическим медицинским осмотрам рабочих промышленных предприятий. М. 1961.
10. Жирмунская Е. А., Иоселевич Ф. М. Вестник оториноларингологии, 2, 17, 1951.
11. Жукович А. В. Тр. института по болезням уха, горла, носа и речи, 10, 197, Л., 1952.
12. Загрядский В. П. Избранные вопросы физиологии военного труда. Л., 1957.
13. Крейдич Ю. В. Журнал ВНД им. И. П. Павлова, 24, 4, 1974.
14. Лившиц Н. Н., Мейзеров Е. С., Закирова Р. М., Тихая В. Я. Функции ЦНС при комбинированном действии стресс-факторов. М., 1973.

15. Лукьянова Л. Д., Казанская Е. П. Влияние факторов космического полета на функции ЦНС. М., 1966.
16. Мокендович М. Р. Экспериментальные исследования по физиологии, биохимии и фармакологии. 3, Пермь, 1961.
17. Разумеев А. А., Шипов. Нервные механизмы вестибулярных реакций. М., 1969.
18. Скобеев Е. М. Функции ЦНС при комбинированном действии стресс-факторов. М., 1973.
19. Темкин Я. С. Профессиональные болезни нервной системы. М., 1963.
20. Усенко В. Р. Тр. Ленингр. санитарно-гигиенического мед. института. 71, 9, 1961.
21. Andersson S., Gernandt B. E. Acta oto-laryngol., 116, 10, 1954.
22. Fredrickson J. M., Schwarz D., Kornhuber H. H. Acta oto-laryngol., 61, 1, 168, 1966.
23. Grusser O. J., Grusser-Cornehls U. Pflüg. Arch. ges. Physiol., 270, 3, 227, 1960.
24. Kempincky W. H. J. Neurophysiol., 14, 3, 203, 1951.
25. Kornhuber H. H., Da Fonseca J. S. The oculomotor system. London, 1964.
26. Landgren S. J. Physiol., 191, 543, 1967.
27. Mitojevic B., Laurent J. S. Aezospace Med., 37, 7, 709, 1966.
28. Spiegel E. A. Arch. Neurol. and Psychiatry, 31, 469, 1934.
29. Wilson V. J., Wylie R. M., Marco L. A. J. Neurophysiologie, 31, 166, 1968.