

УДК 616.839—057+613.644

С. А. АКОПЯН, О. Г. БАКЛАВАДЖЯН, С. М. МИНАСЯН

ВЛИЯНИЕ ОБЩЕЙ ВЕРТИКАЛЬНОЙ ВИБРАЦИИ НА БИОЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ ГОЛОВНОГО МОЗГА И НЕКОТОРЫЕ ВЕГЕТАТИВНЫЕ ФУНКЦИИ НОРМАЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ

В настоящее время проблема биологического действия вибрации довольно актуальна. Обладая разносторонним действием на организм, вибрация является раздражителем рецепторов всех органов и тканей [2, 3, 5, 7]. В патологии вибрационной болезни поражение нервной системы является ведущим симптомом. Об этом свидетельствуют функциональные изменения нервно-мышечного и двигательного аппаратов [13, 14, 19], вестибулярного анализатора [14, 20], вегетативной нервной системы [5], а также условно-рефлекторной деятельности [8]. Сравнительно немногочисленные работы, посвященные изучению электроэнцефалограммы непосредственно во время вибрации [9, 10], показывают, что низкочастотная вибрация (до 50 гц) может вызвать на ЭЭГ изменения в виде депрессии альфа-ритма.

И. Я. Борщевский и др. [5] исследовали широкий спектр частот (от 10 до 70 гц) с разными амплитудными характеристиками и обнаружили биоэлектрические изменения, возникающие в головном мозгу в период действия вибрации. Изменения проявлялись либо в повышении тонуса возбудительного процесса, либо в усилении процессов торможения.

Исследования Л. Д. Лукьяновой и др. [18] показали, что вибрационное раздражение (70 гц, амплитуда 0,4 мм) в момент воздействия приводит к возникновению в высших отделах ЦНС стойкого очага возбуждения. Действие вибрации на ЦНС представлено в ряде работ [15, 16], подтверждающих, что воздействие длительной вибрации оказывает угнетающее действие на высшую нервную деятельность.

По данным Д. А. Гинзбурга [11], основной особенностью ЭЭГ больных вибрационной болезнью является периодическое появление вспышек высокоамплитудных волн, двусторонне синхронизированных на фоне волн малой амплитуды.

Выяснение механизмов действия вибрации на ЦНС осуществлялось исследованиями функциональных изменений различных областей корковых и подкорковых образований. Представляет интерес сопоставление этих данных с изменением ряда вегетативных функций, как показателей функциональной активности высших отделов ЦНС.

С этой целью нами изучалось воздействие общей вертикальной ви-

брации с разной длительностью на биоэлектрическую активность отдельных зон головного мозга и на вегетативные функции. Исследования проводились на нормальных кроликах в условиях хронического опыта. Подопытным животным в определенных зонах коры (сенсомоторная, лобная, затылочная, височная) и подкорки (мезэнцефалическая ретикулярная формация, задний гипоталамус) вводились хронические биполярные электроды диаметром 100 мк с межэлектродным расстоянием 1 мм. Электроды вводили по координатам атласа Е. Фифкова и Дж. Маршала.

ЭЭГ регистрировалась с помощью восьмиканального чернильно-пишущего энцефалографа «Альвар». Наряду с регистрацией биопотенциалов головного мозга, регистрировались ЭКГ во втором отведении, дыхание, электрическая активность шейных мышц. Отведение биотоков мышц производилось биполярными электродами, вживляемыми в толщу мышц шеи с межэлектродным расстоянием 6—8 мм. В некоторых опытах регистрировалась электронистагмограмма правого глаза. Электроды для записи горизонтальных движений правого глаза вживлялись хронически во внутренние отделы глазной орбиты.

О функциональном состоянии ЦНС судили по пороговой величине и длительности судорожной активности при электрическом раздражении сенсомоторной зоны коры. Раздражение производилось прямоугольными стимулами (длительность 0,5 мсек., частота 100 гц, период раздражения 10 сек.) при помощи электронного стимулятора «Физиовар» с радиочастотным выходом. Одновременно определялось усвоение ритма при световых вспышках. Световые вспышки давались с частотой 2—10 гц при помощи фотостимулятора ФС-02, который синхронизировался с электронным стимулятором.

Животные подвергались вибрации на вибрационном стенде ST-300 с частотой колебания 50 гц, амплитудой 1,5 мм. Длительность воздействия вибрации в отдельных опытах составляла 2, 3, 5, 10, 15, 20 мин.

У нормальных кроликов в условиях хронического опыта в фоновой ЭЭГ преобладают волны средней амплитуды с частотой 4—12 гц, дельта-, тета- и альфаподобные (рис. 1).

Из частотного анализа можно привести процентное соотношение отдельных волн обследованных структур. Задний гипоталамус: дельта-волны (1—3 гц) 38%, тета-волны (4—7 гц) 27%, альфаподобные (8—12 гц) 20%, бета—14%; мезэнцефалическая ретикулярная формация соответственно: 36, 29, 20, 15%; сенсомоторная область коры соответственно: 37, 28, 18, 17%; лобная область коры соответственно: 35, 26, 20, 19%; затылочная—34, 25, 23, 18%; височная—34, 28, 21, 16%.

Исследования показали, что вибрация у нормальных кроликов вызывает значительные изменения биоэлектрической активности головного мозга. Кратковременная вибрация вызывает повышение электрической активности обследованных зон головного мозга, характеризующейся эффектом десинхронизации. Сразу после 2—5-минутной вибрации на ЭЭГ наблюдается снижение процентного соотношения дельта-волн,

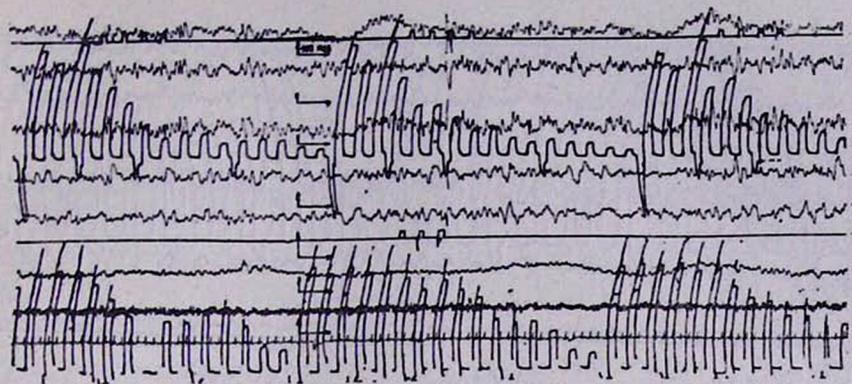


Рис. 1. Электроэнцефалограмма нормального кролика. Сверху вниз: гипоталамус, ретикулярная формация, сенсомоторная, височная, затылочная области: коры, НГ, МГ, ЭКГ. Калибровка: 1 сек., 100 мкв.

преобладание сравнительно низкоамплитудных, высокочастотных волн, которые более четко выражены в коре (сенсомоторная, затылочная, височная, рис. 2). Об этом свидетельствуют и данные частотного анализа: задний гипоталамус: Δ -волны 35%, θ -волны 28%, α -волны 24%, β -волны 13%; ретикулярная формация: Δ —30%, θ —30%, α —25%, β —17%; сенсомоторная область коры: Δ —27%, θ —26%, α —25%, β —23%; лобная область коры: Δ —30%, θ —24%, α —25%, β —21%; височная область коры: Δ —29%, θ —24%, α —26%, β —20%.

При воздействии вибрации значительно изменяются и вегетативные функции организма. Так, после 2—5-минутной вибрации наблюдается учащение и увеличение амплитуды сердечных сокращений. Если в норме частота сердечных сокращений колебалась в среднем 180—240 ударов в минуту, то после вибрации она равнялась 260—300. Дыхательные движения становятся более углубленными и учащенными (на 30% по сравнению с нормой).

В значительной степени изменяются нистагма и электрическая активность шейных мышц. Нистагма принимает клонический характер, амплитуда ее увеличивается в 2—2,5 раза (рис. 2). На электромиограмме отмечаются высокоамплитудные разряды повышенной активности мышц, амплитуда мышечных токов значительно увеличивается.

О повышении реактивности ЦНС под воздействием кратковременной вибрации свидетельствует и снижение пороговой величины электрического тока, вызывающего судорожную активность. Если до вибрации порог колеблется от 0,9 до 1,5 (шкала физновара, которая соответствует в среднем 8—12v), то после вибрации равняется 0,8—1 (6—8v). Удлиняется и продолжительность судорожной активности. После вибрации усвоение ритма на мелькание света смещается в сторону сравнительно высоких частот (7—8 гц) по сравнению с фоном (4—5 гц).

Увеличение времени действия вибрации до 10 и более мин. вызыва-

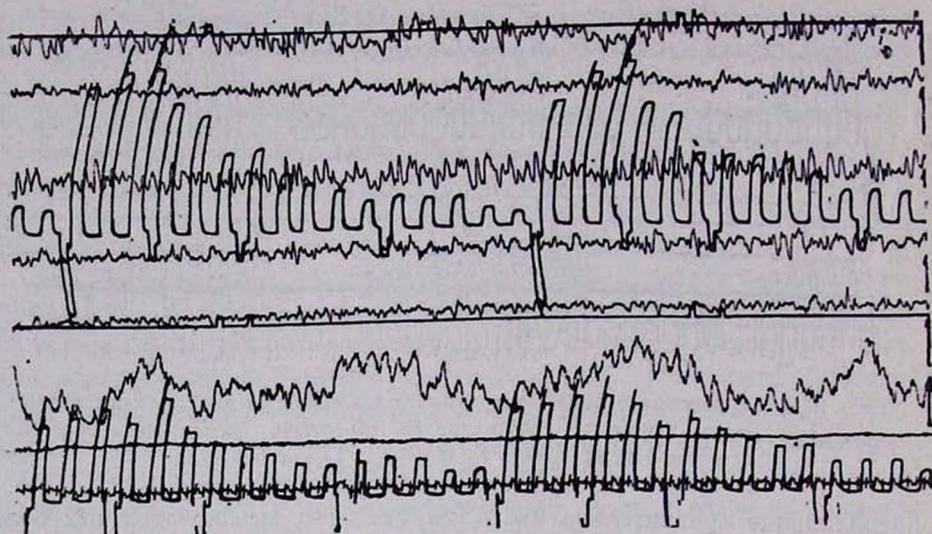


Рис. 2. Влияние 5-минутной вибрации на энцефалограмму нормального кролика. Сверху вниз: задний гипоталамус, сенсомоторная область коры, ретикулярная формация, височная, затылочная кора, НГ, МГ, ЭКГ.

ло тормозные процессы в головном мозгу. После 15—20-минутной вибрации на ЭЭГ происходит реакция синхронизации, что характеризуется уменьшением амплитуды средних (α , β) и увеличением амплитуды низких частот (рис. 3).

Процентное соотношение отдельных волн в обследованных зонах изменяется следующим образом: задний гипоталамус: Δ —44%, θ —31%, α —16%, β —9,9%; ретикулярная формация: Δ —43%, θ —28%, α —15%, β —12,5%; сенсомоторная область коры: Δ —39%, θ —28%, α —20%, β —11,7%; лобная кора: Δ —40%, θ —26,5%, α —16,3%, β —14,9%; височная область коры: Δ —43,9%, θ —24%, α —21%, β —10%; затылочная область коры: Δ —41,4%, θ —32,5%, α —17,5%, β —8,5%.

В результате 20-минутной вибрации число сердечных сокращений увеличивается незначительно, а дыхательные движения становятся поверхностными и уменьшаются (на 20% по сравнению с фоном).

Увеличение времени действия вертикальной вибрации (10—20 мин.) вызывало также постепенное угнетение электрической активности мышц. Биотоки становились слабее, происходило уменьшение амплитуды и в некоторой степени урежение их ритма (рис. 3). Влияние вибрационного раздражителя проявляется и в изменении поведения животных. Значительные двигательные беспокойства в первые минуты сменяются спокойным состоянием.

С целью изучения участия ретикулярной формации в отмеченных изменениях биопотенциалов мозга и вегетативных функций мы изучали также влияние вибрации на ЭЭГ нормальных кроликов при предварительном внутривенном введении аминазина, который вызывает появле-

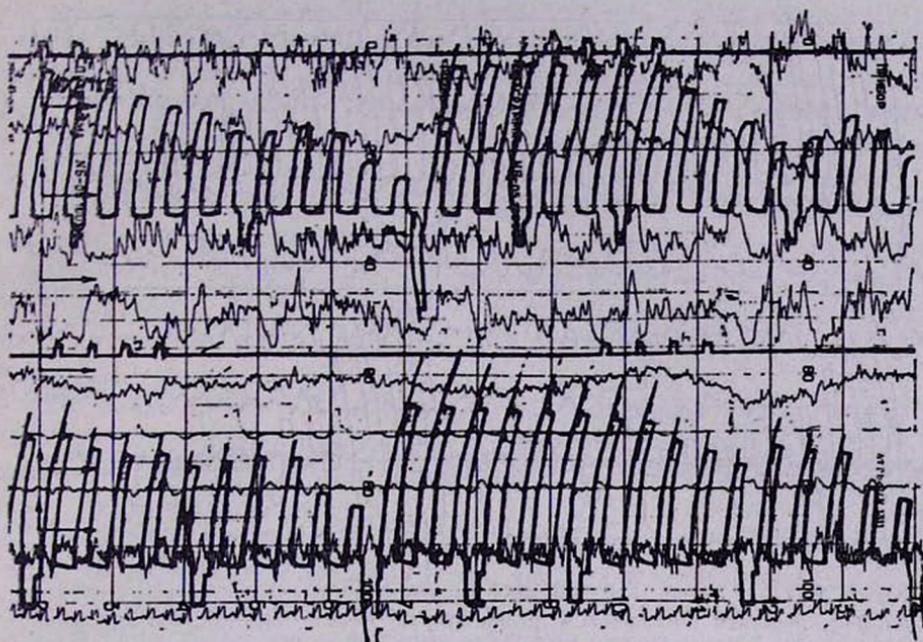


Рис. 3. Влияние 20-минутной вибрации на ЭЭГ нормального кролика. Сверху вниз: лобная кора, задний гипоталамус, затылочная кора, ретикулярная формация, височная кора, НГ, МГ, ЭКГ.

ние в ЭЭГ высокоамплитудных волн (рис. 4). Как показали опыты, на аминазиновом фоне вибрация не вызывает реакции десинхронизации в коре головного мозга. Напротив, регистрируется реакция синхронизации, в некоторых случаях даже гиперсинхронизация (рис. 4).

При воздействии вибрации на аминазиновом фоне число дыхательных движений уменьшается в среднем на 25%, тогда как в сердечной деятельности регистрируется тахикардия. Число сердечных сокращений увеличивается в среднем на 30% по сравнению с аминазиновым фоном.

Таким образом, наши электрофизиологические исследования показали, что вибрация у нормальных кроликов вызывает значительные изменения биоэлектрической активности головного мозга. При этом оказалось, что характер реакции зависит при прочих равных условиях от длительности воздействия раздражителя. Кратковременная вибрация (2—5 мин.) вызывает повышение возбудимости головного мозга, что проявляется в виде реакции десинхронизации в энцефалограмме, активации тета-ритма и дальнейшей концентрации возбуждения в определенных зонах коры (сенсомоторная, височная, затылочная). Эти явления сопровождаются понижением порога судорожной активности и увеличением ее длительности, учащением дыхания и тахикардией.

Увеличение времени воздействия вибрационного раздражителя

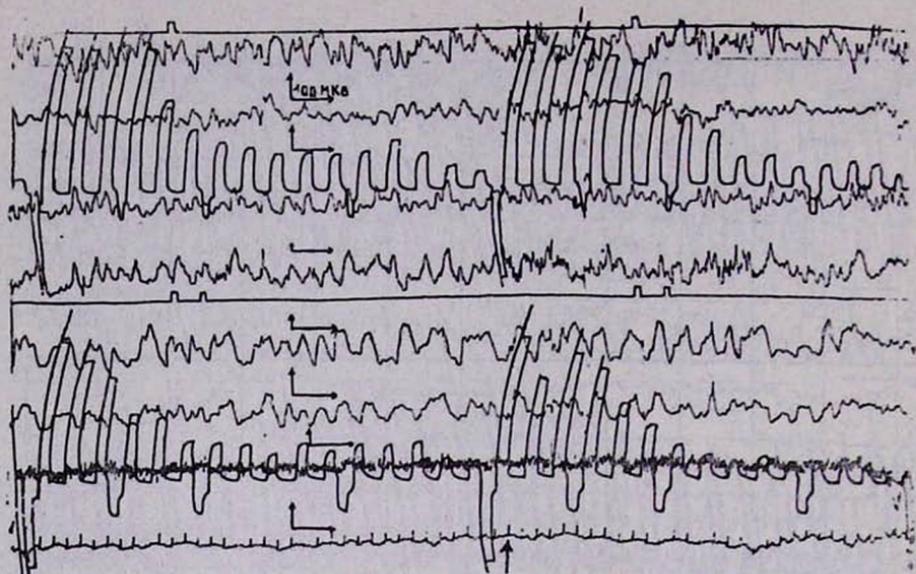


Рис. 4. Влияние 5-минутной вибрации на энцефалограмму нормального кролика на фоне действия аминазина. Стрелка вверх: начало воздействия вибрации. Сверху вниз: задний гипоталамус, сенсомоторная область коры, ретикулярная формация, лобная, височная, затылочная области коры, МГ, ЭКГ.

(15—20 мин.) вызывает противоположную реакцию—преобладание тормозных процессов в головном мозгу.

Сходные результаты были получены Л. Д. Лукьяновой [17] при изучении изменения окислительных процессов в тканях коры и подкорки крыс при воздействии вибрации. У большинства животных в первые 5 мин. воздействия вибрации обнаруживалось повышение возбудимости нервных клеток, которое при длительном воздействии переходило в состояние глубокого торможения.

Мы полагаем, что десинхронизация в энцефалограмме, вызванная вибрацией, является реакцией активации периферической импульсации с различными рецепторами независимо от того, является вибрация адекватным или неадекватным раздражителем, при котором нервные центры проявляют экзальтационную реакцию. При длительном воздействии, в особенности высокочастотной вибрации, периферическая импульсация оказывает пессимальное действие на нервные центры.

Вибрационная чувствительность контролируется многими уравнениями ЦНС, в связи с чем отмеченные функциональные изменения проходят по разным путям. Первый путь—раздражение вестибулярного аппарата, для которого вибрация является адекватным раздражителем. О повышении возбудимости вестибулярного аппарата при воздействии вибрации свидетельствуют локализованные биоэлектрические изменения в сенсомоторной, височной областях коры и повышение активности горизонтальной нистагмы.

Мы полагаем, что десинхронизирующие и синхронизирующие механиз-

мы ствола мозга в значительной степени связаны с влиянием восходящих путей верхних и медиальных вестибулярных ядер [21]. Десинхронизация или синхронизация на ЭЭГ связана как с изменениями специфической афферентации роstralной проекции ядер вестибулярного комплекса, так и опосредовано через восходящие пути ретикулярной формации.

Участие вестибулярных ядер в наблюдаемых нами изменениях на ЭЭГ при вибрации связано не только со специфическим возбуждением вестибулярного аппарата, но и с неспецифической активизацией вестибулярных ядер. Эти ядра являются релейными структурами, на которые максимально переключаются афферентации различной модальности [21].

По данным И. М. Гильмана [12], вестибулярные ядра образуют большое количество переключений и афферентных связей на единицу своего объема по сравнению даже с такой мотосенсорной структурой, как ретикулярная формация.

Нервные импульсы от различных экстеро-, интеро- и проприорецепторов также вызывают мощный поток восходящей афферентации, которая по специфическим и неспецифическим каналам меняет функциональное состояние коры и подкорки. Сперва преобладает возбуждательный процесс, ослабевающий затем при длительном воздействии вибрации и завершающийся развитием торможения в головном мозгу.

Учитывая, что в функциональных изменениях, вызываемых действием вибрации в высших отделах головного мозга, существенную роль играют холинергические и адренергические структуры ретикулярной формации среднего мозга, мы поставили перед собой задачу исследовать корковую электрическую активность при действии химического агента на ретикулярную формацию. Из полученных данных выяснилось, что у кроликов, которым предварительно вводился аминазин, воздействие кратковременной вибрации (5 мин.) не вызывало реакции десинхронизации в коре головного мозга. При этом наблюдалась реакция синхронизации, а в некоторых случаях гиперсинхронизация. Полученные факты свидетельствуют, что распространение вибрационного раздражителя было частично блокировано аминазином в области ретикулярной формации.

Таким образом, общая вертикальная вибрация является сильным биологическим раздражителем, могущим вызвать значительные изменения как в характере протекания основных нервных процессов, так и в регуляторных системах жизненно важных вегетативных функций организма.

В заключение следует указать, что при повторном многократном воздействии с дозированно нарастающей продолжительностью вибрации наблюдается изменение выносливости организма к действию этого стресс-агента, что выражается изменением времени наступления как фазы десинхронизации, так и синхронизации в электрической деятельности мозга.

В ы в о д ы

1. Вертикальная вибрация у нормальных кроликов вызывает значительные изменения биоэлектрической активности головного мозга и вегетативных функций. При этом характер и выраженность ответных реакций зависит от длительности воздействия раздражителя.

2. Кратковременная вибрация от 2 до 5 мин. вызывает:

а) повышение возбудимости в головном мозгу, что проявляется в ЭЭГ в виде реакции диффузной десинхронизации, активации тэта-ритма и дальнейшей концентрации возбуждения в определенных зонах коры (сенсомоторная, височная, затылочная);

б) активацию вегетативных функций: тахикардию и учащение дыхательных движений, повышение суммарной электрической активности шейных мышц, увеличение ритма и амплитуды горизонтальной нистагмы;

в) понижение порога судорожной активности, усвоение ритма на мелькание света смещается в сторону высоких частот.

3. Сравнительно длительная вибрация от 10 до 20 мин. вызывает:

а) в ЭЭГ реакцию синхронизации с преобладанием высокоамплитудных низкочастотных волн. При ритмичных световых раздражениях изменений на ЭЭГ не наблюдалось;

б) угнетение электрической активности шейных мышц и нистагмы, урежение дыхательных движений.

4. Кратковременная вибрация при предварительном введении амиनाзина не вызывала реакции десинхронизации. При этом наблюдалась синхронизация, а в некоторых случаях гиперсинхронизация. Число дыхательных движений уменьшается, а ЭКГ учащается.

Кафедра физиологии

Ереванского государственного университета

Поступило 3, VII 1970 г.

Ս. Ա. ՀԱՊՈՅԱՆ, Հ. Գ. ԲԱԿԼԱՎԱԶՅԱՆ, Ս. Մ. ՄԻՆԱՍՅԱՆ

ԸՆԴՀԱՆՈՒՐ ՈՒՂԱԶԱՅԱՑ ՎԻՐՐԱՑԻԱՅԻ ԱԶԳԵՑՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԵՆԴՐԱՆԻՆԵՐԻ
ԳԼԽՈՒՂԵՂԻ ԿԵՆՍԱԷԼԵԿՏՐՈՎԱՆ ԱԿՏԻՎՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ՄԻ ՔԱՆԻ
ՎԵԳԵՏՍԱՏԻՎ ՖՈՒՆԿՑԻՆԵՐԻ ՎՐԱ

Ա. մ փ ն փ ն լ մ

Փորձնական հետազոտությունները կատարվել են ճագարների վրա, խրոնիկ պայմաններում: Ուսումնասիրվել է 50 հզ հաճախականությամբ և 1,5 մմ ամպլիտուդայով վիբրացիայի ազդեցությունը նորմալ ճագարների գլխուղեղի կեղևի (ճակատային, քունքային, շարժիչ, ծոծրակային) և ենթակեղևի (ցանցաձև գոյացություն, հիպոթալամիկ շրջան) առանձին հատվածների կենսաէլեկտրական ակտիվության և շնչառության ու սրտի գործունեության վրա: Միաժամանակ գրի են առնվել վզի մկանների էլեկտրական ակտիվությունը և նիստազմոգրաման:

Ստացված տվյալները վկայում են, որ ուղղահայաց վիբրացիան առաջացնում է գլխուղեղի էլեկտրական ակտիվության և վեգետատիվ ֆունկցիաների փոփոխություն, որը կախված է գրգռիչի ազդեցության տևողությունից:

Կարճատև վիբրացիան (2—5') առաջացնում է գրգռականության բարձրացում, որն էէԳ-ում արտահայտվում է դեսինխրոնիզացիայով: Նկատվում է նաև տախիկարդիա, շնչառության հաճախացում, պարանոցային մկանների կենսահոսանքների ակտիվացում:

Համեմատաբար երկարատև վիբրացիան (15—20') առաջ է բերում գլխուղեղի կենսաէլեկտրական ակտիվության ճնշում, որն էէԳ-ում արտահայտվում է սինխրոնիզացիայով և հիպերսինխրոնիզացիայով:

Ամինադինի ներարկման պայմաններում վիբրացիան էէԳ-ի վրա թողնում է սինխրոնացնող ազդեցություն:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Апанасенко З. И. В кн.: Влияние ионизирующих излучений и динамических факторов на функции центральной нервной системы. М., 1964, стр. 92.
2. Артаманова В. Г. Тезисы докладов научной конференции по экспериментальным и клиническим обоснованиям применения нейротропных средств. Л., 1964, стр. 11.
3. Андреева-Галанина Е. Ц. Гигиена труда и профзаболеваний, 1963, 1, стр. 4.
4. Борщевский И. Я., Емельянов М. Д., Корешков А. А. Тезисы докладов I Всесоюзной конференции по борьбе с вибрацией. М., 1958, стр. 25.
5. Борщевский И. Я., Емельянов М. Д., Корешков А. А. Общая вибрация и ее влияние на организм человека. М., 1963.
6. Буреш Я., Петран М., Захар И. Электрофизиологические методы исследования. М., 1962.
7. Бутковская З. М. Автореферат. Л., 1952.
8. Бутковская З. М. Материалы о влиянии вибрации на организм человека. Л., 1957, стр. 88.
9. Волков А. М., Чирков В. Я. Тезисы докладов II научной конференции по вопросам физиологии труда. Киев, 1955, стр. 157.
10. Волков А. М., Кандаурова Е. И., Румянцев Г. И. В кн.: Вибрация и шум. М., 1960, стр. 110.
11. Гинзбург Д. А. Автореферат. М., 1964.
12. Гильман И. М. Журнал высшей нервной деятельности им. И. П. Павлова, 1970, 4, стр. 585.
13. Донская Л. В., Стома М. Ф. Труды Ленинградского санитарно-гигиенического института. Л., 1960, стр. 37.
14. Дрогичина Э. А., Рашевская А. М., Евгеньева М. В., Зорина Л. А. Пособие по периодическим медицинским осмотрам рабочих промышленных предприятий. М., 1961.
15. Кузнецова М. А. В кн.: Влияние ионизирующих излучений и динамических факторов на функции центральной нервной системы. М., 1964, стр. 113.
16. Лившиц Н. Н., Мейзеров Е. С. В кн.: Влияние факторов космического полета на функции центральной нервной системы. М., 1966, стр. 236.
17. Лукьянова Л. Д. В кн.: Влияние ионизирующих излучений и динамических факторов на функции центральной нервной системы. М., 1964, стр. 128.
18. Лукьянова Л. Д., Казанская Е. П. В кн.: Влияние факторов космического полета на функции центральной нервной системы. М., 1966, стр. 81.
19. Терентьев В. Г. Автореферат. М., 1958.
20. Усенко В. Р. Труды Ленинградского санитарно-гигиенического медицинского института. Л., 1961, 11, 1, стр. 22.
21. Wilson V. J., Wylie R. M., Marco L. A. J. Neurophysiologie, 1968, 31, 166.