

ФИЗИОЛОГИЯ

УДК 612. 014. 45 : 612. 821. 8 + 613. 164

А. Г. Аракелян, К. А. Панчулазян

Неспецифическая реакция организма на эквивалентные уровни  
акустической энергии

(Представлено академиком М.А.Давтяном 2/Х 2008)

**Ключевые слова:** гипотеза "равных энергий", энергетически эквивалентные уровни акустической энергии, доза шума, критическая частота световых мельканий

Постоянное усложнение современной жизни и возрастание уровня внешних раздражителей, в частности шума, делает все более актуальными экспериментальные исследования биологического воздействия акустической энергии.

В литературе имеется незначительное количество работ, посвященных проблеме гипотезы "равных энергий" (ГРЭ), согласно которой энергетически эквивалентные уровни шума эквивалентны по биологическому воздействию. При этом нет четкого определения математически вычисленной величины коэффициента эквивалентности  $q$  — числа децибел, на которое следует изменять уровень шума при каждом изменении длительности воздействия в 2 раза для обеспечения одинакового эффекта. По разным источникам величина  $q$ , необходимая для исследования фундаментального физиологического качественно-количественного соотношения "доза шума — биологический эффект" и для практического совершенствования гигиенического нормирования шума, колеблется от 3 до 10 дБ и более [1 - 6]. В наших работах, в которых исследовано воздействие эквивалентных уровней акустической энергии с коэффициентом эквивалентности  $q = 3$  с применением специфического (слухового) и ряда неспецифических индикаторов реактивности организма в комплексном эксперименте, доказано биологически довлеющее значение экспозиции воздействующей акустической энергии по сравнению с уровнем акустической энергии [7 - 11].

Целью настоящей работы явилось исследование реактивности организма на воздействие эквивалентных уровней акустической энергии по показателям критической частоты световых мельканий (КЧСМ) – индикатора селективного произвольного зрительного внимания с участием корково-ретикулярных механизмов, используемого при тестировании внутриклеточных и внутрицентральных связей организма.

Частота вспышек, при которой мигающий свет кажется глазу слитным, ровно горящим, для палочек составляет 15 вспышек в секунду, для колбочек 71 - 90 вспышек в секунду. Методика определения КЧСМ заключается в определении максимального количества перерывов в секунду, воспринимаемого испытуемыми как прерывистый свет, т.е. при дальнейшем увеличении частоты перерывов световых мельканий наступает момент, когда свет воспринимается как непрерывный, сплошной, поскольку зрительной системе присуще явление сохранения на некоторое время зрительного образа (зрительный эйдетизм). Эта максимальная частота последовательных вспышек света в секунду называется критической [12 - 14].

Исследование КЧСМ проведено на 20 испытуемых женского пола в возрасте от 20 до 40 лет с нормальной аудиограммой, у которых при обследовании терапевтом не было обнаружено обменных нарушений. Все серии экспериментов проводились в звукоизолированной безэховой акустической камере с принципиально новой системой размещения звукопоглощающих элементов и конструкций с фоновым уровнем 15 дБА. Перед каждой серией проводилась акустическая калибровка по звуковому давлению с помощью пистона 00003 (Robotron, Германия). Одновременно методом опроса определялось субъективное отношение испытуемых к акустической нагрузке, в зависимости от ее количественных и качественных параметров. Эффективный объем камеры составлял 42.2 м<sup>3</sup>, что позволило реализовать медико-биологические эксперименты в широком частотном диапазоне при минимальной неравномерности акустического поля (не более  $\pm 2.5$  дБ в диапазоне 125 - 16000 Гц). Время реверберации от 0.07 до 0.02 с, в зависимости от частоты, что исключает какие-либо искажения в ощущении восприятия сигналов, так как постоянная времени слуха спадает медленнее, чем затухает отзвук сигнала. Для воспроизведения шума использовались акустические системы, состоящие из 4 широкополосных электродинамических головок типа 4А-32, размещенных в фазоинвертеры, обеспечивающие воспроизведение частот от 50 до 14500 Гц. Суммарная мощность акустических излучателей позволила реализовать звуковое давление до 120 дБ на расстоянии 0.5 м от поля, в котором размещен объект исследования. Контроль за параметрами акустического поля в камере осуществлялся конденсаторным микрофоном

типа 4145, измерительным усилителем типа 2106 (Bruel & Kjaer, Дания), прецизионным измерителем уровня звука типа 00025 (Robotron, Германия) и анализатором в реальном масштабе времени типа 01012 (Robotron, Германия). Энергетическое моделирование шумовых нагрузок проводилось при параметре эквивалентности  $q = 3$ , принятом в Республике Армения и большинстве европейских стран. Все полученные экспериментальные данные были приведены к нормальным условиям (760 мм рт. ст. и 0°C) и подвергнуты статистической обработке по критерию  $t$  Стьюдента.

Испытуемые находились против рефлектора прибора, расположенного снаружи акустической камеры за светопрозрачным звукоизолированным окном на расстоянии 2 м. Обеспечивалась необходимая адаптация испытуемых к условиям эксперимента. На их коленях лежал лист белой бумаги, на который фотостимулятором типа ФС-02 направлялся световой пучок с энергией световой вспышки 0.3 Дж. Определялось максимальное количество перерывов в секунду, воспринимаемое испытуемыми как прерывистый свет, т.е. при дальнейшем увеличении частоты световых мельканий наступал момент, когда свет воспринимался как сплошной. КЧСМ у каждой испытуемой определялась до и после акустической нагрузки.

Статистическая обработка результатов тестирования КЧСМ у испытуемых по Стьюденту до и после озвучивания энергетически эквивалентными уровнями 94 дБА/30 мин и 100 дБА/7.5 мин постоянного широкополосного шума с коэффициентом эквивалентности  $q = 3 + 3$  (шаг в 3 дБА) выявила: 1) несущественную разницу между контролем 1 и контролем 2 ( $p > 0.05$ ); 2) достоверную разницу ( $p < 0.001$ ) между контролем 1 и КЧСМ<sub>0</sub> (КЧСМ, измеренная сразу после озвучивания) после дозы шума 100 дБА/7.5 мин; 3) достоверную разницу ( $p < 0.001$ ) между контролем 2 и КЧСМ<sub>0</sub> после дозы шума 94 дБА/30 мин; 4) существенное уменьшение ( $p < 0.001$ ) КЧСМ<sub>0</sub> после дозы шума 94 дБА/30 мин по сравнению с КЧСМ<sub>0</sub> после дозы шума 100 дБА/7.5 мин (таблица).

Вышеизложенное свидетельствует о более быстром утомлении произвольного внимания после озвучивания более продолжительным, но менее интенсивным шумом по сравнению с менее продолжительным, но более интенсивным.

На отсутствие возникновения у испытуемых в процессе эксперимента хронического утомления зрительного внимания с развитием тормозных состояний в структурах коры и ретикулярной формации головного мозга и длительным повышением порога чувствительности зрительного анализатора указывают идентичные результаты при повторном, посерийном определении КЧСМ и адекватные психоэмоциональные реакции испытуемых.

Показатели КЧСМ у испытуемых при озвучивании энергетически эквивалентными уровнями 100 дБА/7.5 мин и 94 дБА/30 мин: СП – статистические показатели;  $p_1$  – контроль 1 по сравнению с дозой шума 100 дБА/7.5 мин;  $p_2$  – доза шума 100 дБА/7.5 мин по сравнению с дозой шума 94 дБА/30 мин;  $p_3$  – контроль 2 по сравнению с контролем 1;  $p_4$  – контроль 2 по сравнению с дозой шума 94 дБА/30 мин.

Условия опыта	СП	КЧСМ, с
Контроль 1	$M \pm m$	$29.80 \pm 0.109$
	$p_1$	$< 0.001$
	$n$	20
100 дБА/7.5 мин	$M \pm m$	$22.95 \pm 0.096$
	$p_2$	$< 0.001$
	$n$	20
Контроль 2	$M \pm m$	$29.90 \pm 0.096$
	$p_3$	$< 0.05$
	$n$	20
94 дБА/30 мин	$M \pm m$	$19.05 \pm 0.068$
	$p_4$	$< 0.001$
	$n$	20

Сравнительный анализ результатов, приведенных к нормальным условиям (760 мм рт. ст. и 0° С), при тестировании КЧСМ как интегрального индикатора внутриклеточных связей организма на энергетически эквивалентные уровни акустического шума обнаружил статистически значимые ( $p < 0.001$  по критерию Стьюдента) различия между опытом и контролем, между двумя энергетически эквивалентными дозами шума. Полученные результаты свидетельствуют о более негативном влиянии на восприятие КЧСМ более продолжительного, но менее интенсивного шума по сравнению с действием менее продолжительного, но более интенсивного шума. Налицо более быстрое утомление после действия дозы шума 94 дБА/30 мин по сравнению с действием дозы шума 100 дБА/7.5 мин.

Нами получены экспериментально обоснованные достоверные идентичные результаты относительно биологической неподтвержденности ожидаемого, согласно ГРЭ, математического равенства  $q = 3$ , поскольку энергетически эквивалентные уровни шума не являются эквивалентными по причине биологического превалирования экспозиции шума над его уровнем.

Экспериментальные данные, полученные нами с использованием КЧСМ в качестве индикатора неспецифической зрительной реактивности организма на энергетически эквивалентную шумовую нагрузку, согласуются с результатами наших предыдущих исследований, где использовались специфический

слуховой — временный сдвиг порога слуха и неспецифические интегральные внеслуховые показатели ответной реакции организма на шум — вибрационная чувствительность и сдвиг объема потребляемого кислорода [7 - 11].

Наши эксперименты обнаружили тесную взаимосвязь между физиологическими и субъективными психологическими реакциями у испытуемых, о чем свидетельствует уменьшение интенсивности обеих реакций при воздействии кратковременным и более интенсивным шумом по сравнению с продолжительным и менее интенсивным шумом.

Таким образом, энергетически эквивалентные уровни шума не являются биологически эквивалентными, поскольку КЧСМ уменьшается после действия более длительного, но менее интенсивного шума. ГРЭ при коэффициенте эквивалентности  $q = 3$  не подтверждается и на уровне тестирования КЧСМ. Качественно-количественное соотношение "доза шума — биологический эффект" экспериментально не подтверждается.

**Выводы.** 1. Критическая частота световых мельканий является лабильным показателем адаптационно-защитных мер, используемых организмом в ответ на акустическое раздражение.

2. Гипотеза "равных энергий" при коэффициенте эквивалентности  $q = 3$  не обладает свойствами транзитивности тождества психофизиологических сдвигов организма.

3. Энергетически транзитивные дозы акустической энергии биологически нетождественны.

4. Математически тождественная акустическая энергия вызывает биологически нетождественные неспецифические реакции организма.

5. Экспозиция воздействующей акустической энергии является биологически довлеющим фактором по сравнению с уровнем.

Акустический научный центр МЗ РА

**А. Г. Аракелян, К. А. Панчулазян**

### **Неспецифическая реакция организма на эквивалентные уровни акустической энергии**

Обнаружены различия между энергетически эквивалентными уровнями акустического шума при тестировании критической частоты световых мельканий (КЧСМ). КЧСМ наступает раньше после действия более длительного, но менее интенсивного шума. Экспозиция шума оказалась биологически довлеющим фактором по сравнению с уровнем. ГРЭ при коэффициенте эквивалентности  $q = 3$  не подтверждается.

## Ա. Գ. Առաքելյան, Կ. Ա. Պանչուլազյան

### Օրգանիզմի ոչ մենահարուկ ռեակցիան ակուստիկ էներգիայի էկվիվալենտ մակարդակների դեպքում

Նաստարավել են էներգետիկ համարժեք ակուստիկ աղմուկների միջև փարբերություններ լուսային առկայծումների կրիտիկական հաճախականության (ԼԱԿՆ) թեստավորման ընթացքում: ԼԱԿՆ-ը ավելի վաղ ի հայտ է գալիս երկարատև, բայց պակաս ինտենսիվ աղմուկի ներգործությունից հետո: Աղմուկի մակարդակի համեմատությամբ էքսպոզիցիան կենսաբանորեն ճնշող գործոն է: ՆԷՆ-ը  $q = 3$  համարժեք գործակցի դեպքում չի հաստատվում:

## A. G. Arakelian, K. A. Panchulazian

### Non-Specific Reaction of the Organism to the Equivalent Levels of Acoustic Energy

Differences between energetically equivalent levels of acoustical noise have been revealed during the testing of critical frequency of flashing light (CFFL). CFFL occurs earlier after the longer, but with less intensity noise action. Acoustic noise exposure has been proved to be biologically dominant factor in comparison to the level. EEH, in the case of equivalence index of 3, has not been shown.

## Литература

1. *Суворов Г. А., Шкаринов Л. Н., Прокопенко Л. В.* - Гигиена и санитария. 1986. N 3. С. 42 - 45.
2. *Hay B.* - Applied Acoustics. 1982. V. 15. P. 61 - 69.
3. ISO, Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purposes. Norme ISO-1999. 1971.
4. *Pfander F., Bongartz H., Brigman H., Kietz H.* - J. Acoust. Soc. Amer. P. 1980. V. 67. P. 628 - 633.
5. *Poster R. W.* - Amer. J. Physiol. 1953. V. 172. P. 515.
6. *Ward W. D., Duvall A. J., Santi P. A., Turner C. W.* - Ann. Otolaryngil. 1981. V. 90. P. 584 - 590.
7. *Արաքելյան Ա. Գ., Պանչուլազյան Կ. Ա.* - Биол. ж. Армении. 1987. Т. 40. N 11. С. 933 - 937.
8. *Արաքելյան Ա.Գ., Պանչուլազյան Կ.Ա., Կոստանյան Լ.Լ., Րիշտունի Մ.Վ., Զաքուտով Գ.Գ.* - Тезисы докладов всесоюзной конференции. Москва. 28 - 29 июня 1988. Т. 1. В. 33. С. 22 - 24.
9. *Պանչուլազյան Կ. Ա.* - Вестник МАНЭБ. 2005. Т. 10. 5. 2. С. 175 - 177.
10. *Պանչուլազյան Կ. Ա.* - Доклады НАН РА. 2005. Т. 105. N 4, С. 395 - 402.

11. *Панчулазян К. А., Аракелян А. Г.* - Доклады НАН РА. 2006. Т. 106. N 1. С. 84 - 89.
12. *Гальперин С. И.* В кн.: Физиология человека и животных. М. Высшая школа. 1977. С. 616 - 617.
13. *Коробков А. В.* В кн.: Нормальная физиология. М. Высшая школа. 1980. С. 344.
14. *Суворов Г. А., Шкаринов Л. Н.* Экологическая физиология человека. Адаптация человека к экстремальным условиям среды. В серии: Руководство по физиологии. М. 1979. 240 с.