

Бинауральный слух: Бинауральная суммация громкости

(Wayne Staab; *Hearing Health & Technology Matters*)

Феномен бинауральной суммации считается одним из практических преимуществ использования обеих ушей в процессе слушания.

Изучение бинауральной суммации громкости (бинауральной аддитивности) проводится уже многие годы. Помимо исследования собственно бинаурального ощущения громкости, производилось сравнение моноуральных и бинауральных порогов, а также моноуральных и бинауральных надпороговых функций громкости.

Уже в 1929 г. von Békésy [1] и Causse и Chavasse [2] обнаружили, что максимальная диотическая суммация составляет от 3 дБ около порога до 6 дБ при уровнях слышимости свыше 30 дБ. Fletcher и Munson [3] обнаружили, что максимум может быть еще выше – около 12 дБ при громкости 60 фон. В целом, можно остановиться на следующем правиле:

Бинауральная суммация громкости

Снижение порогов слышимости по сравнению с моноуральным слухом.

+3 дБ у порога

+6 дБ на 50 дБ ПС

+9 дБ на 90 дБ ПС

Восприятие суммации громкости зависит не только от интенсивности звука, но и от площади стимулируемого участка основной мембраны. Два разных по интенсивности и частоте звука могут восприниматься как равные по громкости.

А что происходит при асимметрии слуха? Может ли в этом случае проявиться суммация громкости? Доказано, что бинауральная суммация речи в шуме происходит даже при разности сигналов между ушами около 25-30 дБ [4].

Для ответа на вопрос о наличии или отсутствии суммационного эффекта при стимуляции правого и левого уха приходится прибегать к моноурально-бинауральным парадигмам. Несмотря на то, что факт существования бинауральной суммации не вызывает сомнений, экспериментальное обоснование этого феномена пока оставляет желать лучшего [5].

Сегодня общепризнано, что бинауральный слух благоприятно сказывается на громкости. Давно доказано, что звук, подаваемый в оба уха, воспринимается громче, чем тот же сигнал, подаваемый в одно ухо. Этот психофизический эффект носит название "бинауральная суммация громкости".

Анатомические корреляты

Звуковые сигналы улавливаются обеими улитками и преобразуются в электрические импульсы, поступающие в кохлеарные ядра. Двусторонние нейронные сигналы совмещаются в верхнеоливарном комплексе, после чего направляются дальше по слуховым проводящим путям. В итоге мозг использует информацию обеих половин слуховой коры для формирования слухового восприятия, в том числе, громкости.

Постоянна ли суммация громкости?

Обнаружена некоторая вариабельность суммации громкости, определяемая характером сигнала (речевой или тональный) и способом его предъявления (наушники или динамики) [6]. Epstein и Florentine (2009) пришли к выводу, что при использовании динамиков бинауральная суммация значительно меньше, чем в обычных лабораторных условиях, предполагающих использование наушников.

Суммация громкости и слуховые аппараты

Ward [7] представил доказательства того, что бинауральная суммация громкости вызывает большее сокращение мышц среднего уха и, соответственно, обеспечивает лучшую защиту от высоких уровней шума. Бинауральное звуковое воздействие приводит к меньшему временному сдвигу порогов, чем моноуральное; при этом наибольшие различия отмечаются на низких частотах. Отсюда следует, что при бинауральном использовании слуховых аппаратов понятие "громко" может быть смещено в сторону более высоких уровней в несколько большей степени, чем принято считать.

При подборе слуховых аппаратов бинауральная суммация является преимуществом, потому что для достижения нужной громкости требуется меньшее усиление. При меньшем усилении проще добиться целевых параметров. Кроме того, снижается риск возникновения акустической обратной связи. Соответственно, большинством формул настройки предусмотрено автоматическое снижение усиления на 3 дБ при бинауральном подборе слуховых аппаратов. Однако, как показано на приведенном выше рисунке, надпороговая бинауральная суммация выше, чем пороговая, а слуховые аппараты настраиваются на надпороговых, а не на пороговых уровнях.

При сравнении бинауральной суммации громкости у лиц с симметричной двусторонней сенсоневральной тугоухостью и нормально слышащих людей выяснилось, что при тугоухости бинауральная суммация не играет столь важной роли. В результате было высказано предположение о том, что бинауральную суммацию громкости не следует считать важным фактором при выборе максимального выходного уровня слуховых аппаратов [8].

Литература

1. von Békésy, G. (1929). Theorie des Horens. Physik. Zeits., 30, 721-745 (see Bekesy, G. *Experiments in Hearing Translation* and Ed. E.G. Wever, N.Y.: McGraw-Hill, 1960, Fig. 7-19, p. 224.
2. Causse, R. and Chavasse, P. (1942). Differences between binaural hearing threshold and monaural threshold for perception of super threshold intensities (French) Society de Biologie et de les Filiales. p. 136.
3. Fletcher, H., and Munson, W.A. (1933). Loudness, its definition, measurement, and calculation. *J. Acoust. Soc. Am.*, 5, 82-108.
4. Pollack, I. and Pickett, J.M. (1958). Stereophonic listening and speech intelligibility against voice babble. *J. Acoust. Soc. Amer.* 30, pp. 131-133.
5. Reynolds, G. S., and Stevens, S. S. (1960). Binaural summation of loudness, *J. Acoust. Soc. Am.* 32, 1337–1344.
6. Epstein, M. and Florentine, M. (2009). Binaural loudness summation for speech and tones presented via earphones and loudspeakers, *Ear and Hearing*, April, Vol. 30(2):234-237.
7. Ward, W.D. (1963). Auditory fatigue and masking. In J. Jerger (Ed.). *Modern developments in audiology* (pp. 240-286). New York: Academic Press.
8. Hawkins, D., Prosek, R., Walden, B., and Montgomery, A. (1987). Binaural loudness summation in the hearing impaired, *J. Speech Hear. Res.* (1987). March;30(1):37-43.