

Волчек О.Д.,
канд. психол. наук,
доцент СПбИГО,
Санкт-Петербург,
volchekod@mail.ru

Энергодинамические характеристики вокальных гласных и их встречаемость

При обучении пению, в практике психотерапевта, а также во всех случаях сознательного и бессознательного использования силы слова, «волшебных слогов и звуков» [1, 3, 7], важным моментом является частота встречаемости звукобукв, их акустические и энергодинамические характеристики. Особый интерес представляют энергодинамические характеристики вокальных гласных, поскольку на их основе строится искусство пения, а сценическая и эмоциональная речь человека приближаются по своим показателям к пению.

Вокалоподобные гласные звуки появляются первыми в онтогенезе человека. Так установлен врожденный, генетически обусловленный характер звуков, которые издаются в первые месяцы жизни человека. Единство в проявлении голосовых, мимических и других двигательных компонентов эмоциональных реакций составляет основу общности развития речевой деятельности в этот период. Это единство, обуславливает сходство восприятия различительных признаков речевых сигналов у новорожденных разных национальностей. В частности, выявлены различия в акустических параметрах гласноподобных звуков младенцев и их близость к вокальным гласным. Известная значимость роли критических частот в слуховом восприятии имеет место и у детей первых месяцев жизни. Так в диапазоне 1080-9500 Гц относительные амплитуды максимумов, попадающих в одни и те же критические полосы, для [а]-, [э]- и [ы]-подобных звуков достоверно различаются. Сходство характеристик гласноподобных звуков младенцев и гласных вокальной речи позволяет предположить наличие универсальных признаков гласных для разных форм устной речи [5, 6].

Встречаемость гласных в русской речи имеет следующие показатели, в %: “А” – 32,5; “Е” – 19,6; “Ё” – 1,3; “О” – 14,6; “И” – 14,3; “У” – 7; “Ы” – 6,1; “Ю” – 0,6; “Я” – 2,8 % [10, с. 317].

С помощью рентгенологических исследований установлено, что при фонации “А” и “Э” речевые резонаторы представляют собой подобие воронкообразного рупора. Поэтому гласным “А” и “Э” соответствует оптимальный акустический импеданс (сопротивление при их фонации) и наибольшая излучаемая мощность. Акустический импеданс при фонации “И” и “У” из-за выраженного сужения ротовых резонаторов значительно возрастает, а излучаемая мощность снижается [2, 4]. Однако показатели встречаемости гласных “И” и “У” различаются более чем в два раза.

Следовательно, нельзя говорить о наличии прямой зависимости между величиной акустического импеданса и показателем встречаемости гласных.

Установлено, что эмоциональная экспрессивная речь по своим акустическим характеристикам приближается к пению. Данные по энергетике вокальных гласных в целом аналогичны вышесказанному. Наиболее сильными вокальными гласными в большинстве случаев являются “А”, “О”, “Э”, наименее сильными – “И”, “У”. Но степень этих различий в сравнении с речевыми гласными значительно меньше [3, 8, 9].

Логично выдвинуть следующую гипотезу: существует связь между употребимостью гласных в речи и пении и энергетическими затратами на их фонацию. В связи с высказанной гипотезой с помощью методики спироглотографии исследовались энергодинамические характеристики русских вокальных гласных с последующим сравнением их встречаемости.

Методика спироглотографии

Для регистрации колебаний голосовых связок¹ использовалась установка комплекса приборов с глотографом Фабра [14] конструкции Г. Г. Попова. Эта установка позволяла проводить визуальный анализ глотограмм, одновременную запись глотограмм и фонограмм, а также их графическую регистрацию. Вершина глотографической кривой соответствовала моменту максимального сопротивления (фаза раскрытия вокальных связок), основание кривой – моменту минимального сопротивления (фаза контакта вокальных связок).

Методика исследования энергетики вокальных гласных по геометрическим параметрам (ГП) глотограмм состояла в следующем. Испытуемый фонировал определенную гласную **на удобной** для него частоте, обычно совпадающей с частотой основного тона речи. Затем проводился сам эксперимент, когда на «удобной» частоте фонировались все гласные, а постоянство частоты фонации поддерживалось с помощью камертона. Контроль частоты фонации осуществлялся по данным глотограммы за период одного колебания голосовых связок.

Расход воздуха при фонации гласных исследовался методом *спироглотографии* [13] с помощью спирографа. Он заключался в одновременной регистрации частоты поперечных смыканий голосовых связок и расхода воздуха при фонации отдельных гласных.

Сама методика *спироглотографии* заключалась в следующем. На поверхность контактов датчика глотографа наносили специальную электропроводную пасту; затем фиксировали датчик на коже шеи испытуемого (в области проекции голосовых связок), предварительно обезжирив её. После чего проводилось подключение испытуемого к спирографу. Функциональное состояние дыхательных путей и лёгких определялось по соответствию динамических показателей вентиляционной

¹ Как и В.П.Морозов (2002) я предпочитаю вместо термина вокальные складки использовать термин вокальные связки.

функции лёгких показателям норм, с учетом пола, возраста, роста и веса каждого испытуемого.

При собственно спироглотографии, испытуемый, подключенный к спирографу и глотографу, делал максимально глубокий вдох и задерживал дыхание на 3-5 секунд. Затем он фонировал одну из ряда гласных "А", "О", "У", "Е", "И" на установленной ранее для него частоте. Фонация происходила в грудном регистре до полного израсходования всего объема жизненной емкости легких - ЖЕЛ. Каждая гласная пропевалась не менее трех раз с перерывами для восстановления нормального дыхания.

Расшифровка полученных данных состояла в определении частоты колебаний голосовых связок, анализа структуры глотограммы; расчете расхода воздуха, прошедшего через голосовую щель: а) за время фонации гласной, б) за одну секунду, в) за период одного колебания голосовых связок.

Всего в опытах участвовали 8 мужчин и 8 женщин. Получено более 500 глотограмм. Вычислены средние значения амплитуды микроструктуры глотограмм гласных, коэффициенты стабильности геометрических параметров (ГП) глотограмм К1 и К2, где

$$K1 = f(d/t); K2 = f(c/b)$$

Коэффициент стабильности принимали равным 1, если колебания численных значения d/t и c/b не превышали 15-20 %, в остальных случаях его считали равным нулю. (f – частота фонирования гласной, t – время фонации, d – период от фазы полного раскрытия до фазы контакта голосовых связок; b и c - параметры глотограммы по горизонтальной осевой линии)

Эксперименты проводились на кафедре отоларингологии Военно-медицинской академии.

Показатели встречаемости русских вокальных гласных были получены при анализе более 10 000 гласных из стихотворных текстов лучших произведений вокальной миниатюры – песен и романсов русских и советских авторов.

Результаты.

Анализ стихотворных текстов дал следующие значения встречаемости русских вокальных гласных: "А" – 30; "О" – 21; "И" – 13, 5; "Е" – 19, 5; "У" – 8,6 %. Существенное отличие по сравнению с данными встречаемости гласных в речи наблюдается лишь для гласной "О", ее показатель выше на 6,4 %; для остальных гласных эта разница не превышает 2,5 %.

Вычисленная средняя частота фонации составила 182 Гц для мужчин и 307 Гц для женщин. Полученные результаты сведены в таблицу, погрешность измерений не превышает 5 %.

Из табл.1 следует, что максимальная длительность фонации, независимо от пола, наблюдается для гласной "А", минимальная - для "У". В то же время, расход воздуха, проходящего через голосовую щель за одну секунду минимален для "А" и максимален для "И".

Таблица №1

Энергодинамические характеристики русских вокальных гласных по данным спироглогтографии

| Гласные | Длительность фонации (в секундах) | | | Количество воздуха, проходящего через голосовую щель (мл) | | | | | |
|----------|-----------------------------------|---------|---------|---|---------|---------|--------------|---------|---------|
| | | | | За период фонации | | | За 1 секунду | | |
| | Мужчины | Женщины | Среднее | Мужчины | Женщины | Среднее | Мужчины | Женщины | Среднее |
| А | 27,6 | 25,7 | 26,9 | 3890 | 2970 | 3520 | 157 | 120 | 142,5 |
| О | 27,9 | 23,4 | 26,0 | 3970 | 3060 | 3620 | 160 | 139,5 | 151,5 |
| У | 25,0 | 20,2 | 23,2 | 4050 | 2990 | 3620 | 175 | 154 | 161,5 |
| Е | 26,2 | 22,5 | 24,7 | 4050 | 3180 | 3700 | 173 | 165 | 170 |
| И | 25,0 | 23,9 | 24,6 | 4060 | 3130 | 3690 | 177 | 164 | 171,5 |

| Гласные | Амплитуда глоттограммы – N, в %, амплитуда «А» равна 100% | | | Стабильность геометрических параметров микроструктуры глоттограмм | | | | | |
|----------|---|---------|---------|---|---------|---------|----------|---------|---------|
| | | | | K1 (в %) | | | K2 (в %) | | |
| | Мужчины | Женщины | Среднее | Мужчины | Женщины | Среднее | Мужчины | Женщины | Среднее |
| А | 100 | 100 | 100 | 89 | 100 | 93 | 55 | 67 | 60 |
| О | 97,5 | 89,5 | 94,3 | 67 | 100 | 80 | 22 | 10 | 13 |
| У | 96,6 | 87,3 | 91,7 | 55 | 83 | 67 | 11 | 33 | 20 |
| Е | 89,5 | 97,3 | 92,5 | 67 | 100 | 80 | 22 | 17 | 20 |
| И | 94,8 | 85,5 | 91,0 | 100 | 83 | 93 | 22 | 17 | 20 |

Коэффициенты стабильности ГП или, иначе говоря, устойчивость ГП микроструктуры глоттограмм зависят от вида фонлируемой гласной и типа голоса испытуемого. Наиболее устойчивыми являются ГП гласной “А”, минимально устойчивы ГП гласных “У” и “О”.

Как известно, форма микроструктуры глоттограмм различных гласных есть отражение нейроронаксического кода гортани [12]. Полученные результаты позволяют говорить о различной степени устойчивости нейроронаксического кода гортани – стереотипа работы голосовых связок – при фонации тех или иных вокальных гласных. Тем самым, энергетические затраты на фонацию разных вокальных гласных при одной и той же интенсивности звучания зависят как от количества воздуха, проходящего через голосовую щель, так и от степени стабильности нейроронаксического кода гортани. Последнее часто имеет решающее значение, что подтверждается сравнением энергодинамических характеристик гласных “У”, “Е”, “О” с показателями их встречаемости. Максимальное использование гласной “А” в вокальной речи обусловлено оптимальными характеристиками энергозатрат при ее фонации. Это согласуется с бытующим у вокалистов мнением о гласной “А” как самой удобной, и подтверждает положение о более древнем по сравнению с другими гласными происхождении “А” в филогенезе человека [2, 11].

Но соотношение энергозатрат при фонации различных гласных для конкретного человека имеет свои особенности и зависит от типа его голоса. Помимо “А” «удобными» могут быть и иные гласные, например “У” или “И”. Свою роль играет и язык, на котором с детства говорит человек, например, в чукотском языке доминирует звук **Ы**.

Можно предположить, что энергодинамические характеристики гласных, как и их формантный состав, сказываются на фоносемантике.

Необходимо отметить, что в ходе эксперимента, продолжавшегося 1-2 часа, испытуемые, благодаря наблюдению своих глоттограмм по принципу действия биологической обратной связи, выравнивали интенсивность звучания гласных за счет корректировки работы вокальных связок. Подобные результаты позволяют рекомендовать метод глоттографии как метод обратной связи в практику занятий вокалистов для снятия пестроты звучания гласных.

Таким образом, установлено:

1. Частота встречаемости различных вокальных гласных определяется их энергодинамическими характеристиками: расход воздуха при фонации; степень стабильности работы голосовых связок – устойчивость стереотипа нейроронаксического кода гортани.
2. Максимальному проценту использования гласной “А” соответствует максимальная стабильность работы голосовых связок и минимальный расход воздуха при наибольшей интенсивности звучания, по сравнению с другими гласными.
3. Общность акустического алфавита речи и пения позволяет перечисленные выводы отнести и к речевым гласным.

Приношу свою искреннюю благодарность за возможность проведения этих экспериментов и их осуществление В.А.Курашвили и В.П.Цурикову.

Литература

1. Волчек О.Д., Алексина Л.А. Слово и практика его использования, проблемы психозологии //Ученые записки СПГМУ им. Ак. И.П.Павлова, Т.17, №1, 2010, С.5-13.
2. Дмитриев Л. Б. Голосообразование у певцов. - М.: Музгиз, 1962.
3. Дьюхерст-Мэддок О. Целительный звук / Пер. с англ. В. Козлова. – М.: КРОН-ПРЕСС, 1988.
3. Ермолаев В. Г., Лебедева Н. Ф., Морозов В. П. Руководство по фонииатрии. - Л.: Медицина, 1970.
4. Жинкин Н. И. О теории голосообразования. / Мышление и речь. - М.: Изд-во АПН, 1963.
5. Куликов Г. А., Андреева Н. Г., Ляксо Е. Е., Павликова М. И. Речеподобные элементы звуков у детей первых месяцев жизни// Сенсорные системы, 1999, Том 13, №1, С.62-71.
6. Куликов Г. А., Андреева Н. Г., Павликова М. И., Самокищук А. П. Характеристики гласноподобных звуков детей первого полугодия жизни// ДАН, 1999, Том 368, №6, С.843-845.
7. Мантэк Чиа. Космические звуки. Звуки, которые лечат. М.: Путь Востока, 2002 / <http://www.koob.ru..>
8. Морозов В.П. Биофизические основы вокальной речи. - Л.: “Наука”, 1977.
9. Морозов В.П. Искусство резонансного пения. Основы резонансной теории и техники. – М.: ИП РАН, МГК им. П.И.Чайковского, Центр «Искусство и наука», 2002.
10. Покровский Н. Б. Расчет и измерение разборчивости речи. - М.: Энергия, 1962. - 391 с.
11. Тонкова - Ямпольская Р. В. Сравнительная спектральная характеристика звука "А" новорожденных и детей первого месяца жизни. / От простого к сложному. - Л., 1964, С. 76-84.
12. Хромов Л. Н. О поиске информативных признаков для распознавания речи /Труды III Всес. конф. по информационно-поисковым системам и автоматизированной обработке научно-технической информации, III Т., М., 1967, С. 286-290.

- 13.Цуриков В. П., Попов Г. Г. Спироглоттография как метод оценки функции гортани.// Вестник оториноларингологии. №1, 1977.
- 14.Fabre P. Bull. acad. nat. med., 1957, №№3-4.