

УДК 57.016.4, 57.054, 57.033, 612.215.4, 612.784, 612.789.2, 612.789.4, 612.782.4, 616.28-76

ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ СЛУХОПРОТЕЗИРОВАНИЯ В ФОРМИРОВАНИИ ПЛОЩАДИ АКУСТИЧЕСКОГО ПОЛЯ ГЛАСНЫХ

© 2021 г. А. Н. Коваленко¹, И. В. Кастыро^{1,*}, Академик РАН И. В. Решетов², В. И. Попадюк¹

Поступило 15.10.2020 г.
После доработки 02.01.2021 г.
Принято к публикации 03.01.2021 г.

Был использован метод преобразования акустических треугольников гласных звуков (АТГ) /а/, /и/, /у/ для объективной оценки акустических особенностей гласных в речевой продукции 20 лиц с длительным нарушением слуха (ДНС). Проводилось для каждого испытуемого логарифмирование значений двух первых формант каждого гласного ($\log F_1$, $\log F_2$). АТГ преобразовывались в прямоугольные треугольники, вершины звука /у/ которых были перемещены в начало координат, а катеты совмещены с осями координат. У пациентов с ДНС, как правило, уменьшались размеры треугольников, и они растягивались вдоль одной из осей, что, вероятно, имеет зависимость не только от тяжести снижения слуха, но и от длительности слухопротезирования. Представленный подход к нормализации АТГ позволяет выделить как минимум три группы людей с ДНС: в первой группе треугольники гласных вытянуты вдоль оси $\log F_1$, во второй – треугольники гласных вытянуты вдоль оси $\log F_2$, в третьей – АТГ симметричны.

Ключевые слова: акустическое поле гласных, глухие, логарифмическое преобразование

DOI: 10.31857/S2686738921020141

ВВЕДЕНИЕ

Нормальный голос обладает достаточным тембральным, звуковысотным и динамическим диапазоном, а также способен к гибкому изменению этих характеристик [1]. Различные нарушения голоса и речи характеризуются пониженной громкостью голоса и нарушенной артикуляцией гласных звуков [2]. Потеря слуха является серьезным фактором, искажающим нормальные параметры голоса и вызывающим его нарушения [3]. Даже при наличии здоровых дыхательной системы, гортани и органов артикуляции люди с потерей слуха имеют заметные дефекты голосообразования и фонационного оформления речи [4]. Длительное нарушение слуха (ДНС) или его полное отсутствие влечет за собой системное нарушение речи вследствие принципиально различных процессов.

Площадь акустических треугольников гласных звуков (АТГ) является акустическим параметром, который доказал свою эффективность в количе-

ственной оценке артикуляторных особенностей взрослых с психологическими и неврологическими расстройствами [5, 6]. На площадь АТГ влияют проблемы со стороны артикуляционной подсистемы, нарушение слуха, поскольку слух обеспечивает необходимую обратную связь для контроля над речевой деятельностью, а пространство гласных при этом часто отличается уменьшением размеров [7].

Несмотря на значительное количество научной литературы, касающейся АТГ звуков, существует мало исследований, которые посвящены речи русскоговорящих взрослых людей с ДНС.

Цель исследования: определить роль слухопротезирования и его длительности на конфигурацию АТГ и их площадь.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Группа пациентов состояла из 20 участников (10 женщин и 10 мужчин в возрасте от 23 до 38 лет) с сенсоневральной тугоухостью без сопутствующих расстройств со степенью III, IV и глухота. Все они, за исключением одного мужчины, сообщили, что у них опыт использования слухового аппарата составлял не более 1 года или их не использовали. Контрольную группу составил 31 участник (16 женщин и 15 мужчин, от 20 до 32 лет) с нормальным слухом. Пороговые уровни

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, Россия

² ФГАОУ ВО Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова (Сеченовский университет), Москва, Россия

*e-mail: ikastyro@gmail.com

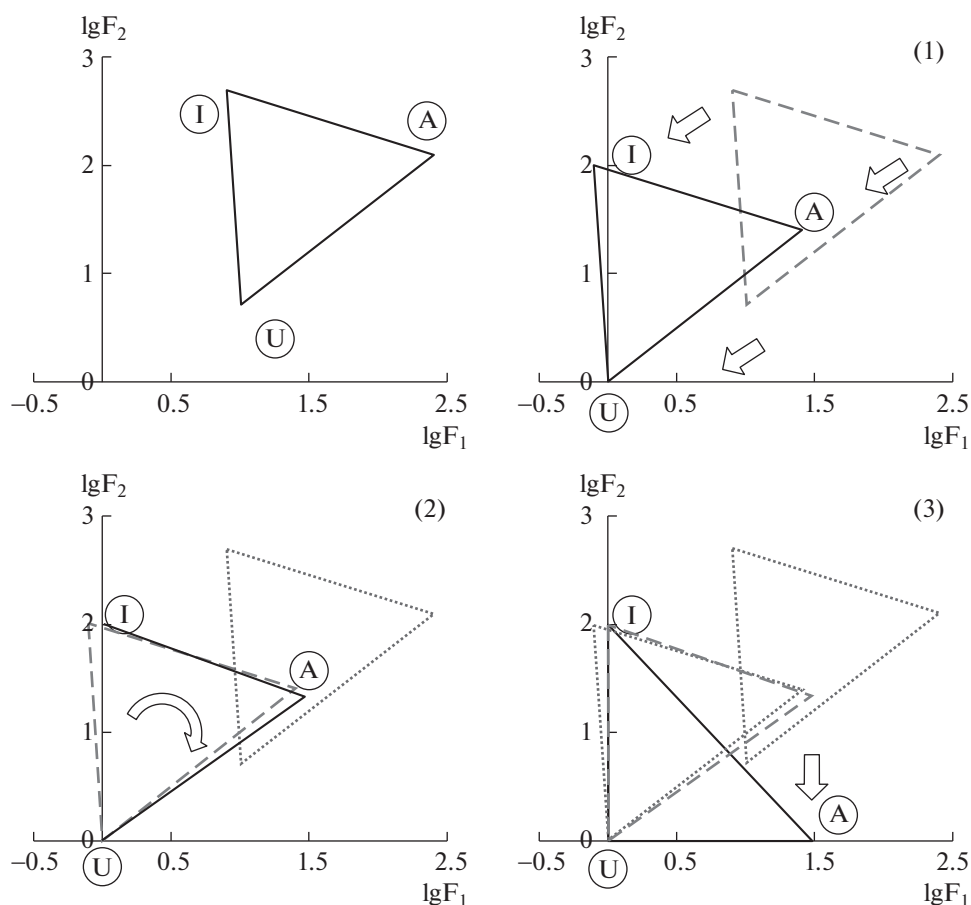


Рис. 1. Схематическое представление трех шагов преобразования акустического треугольника гласных.

слуха на речевых частотах у пациентов измеряли с помощью клинического аудиометра (AA220, Interacoustics/Denmark) с оценкой уровня слышимости звука на 500, 1000, 2000 и 4000 Гц. Для представления среднего порога слуха для каждого субъекта пороги слуха для обеих ушей на всех частотах были усреднены. Все испытуемые длительно произносили русские кардинальные гласные /а/, /и/ и /у/ на комфортном уровне интенсивности голоса. Запись голоса производилась с использованием конденсаторного кардиоидного микрофона на расстоянии 30 см от рта до микрофона (Behringer C-1, Behringer/Germany). Для расчета формант гласных F_1 и F_2 использовали 3 сек из среднего сегмента аудиозаписей после их обработки с помощью программного обеспечения PRAAT. Значения формант были преобразованы в десятичный логарифм (\log) и использованы для построения АТГ и их дальнейшего преобразования.

Преобразование АТГ. Начало координат совмещали с углом звука /у/ АТГ. Производили поворот системы координат, который совмещал ось $\log F_2$ со стороной треугольника /у/-/и/. Размещали вершины звука /а/ треугольника АПГ на оси $\log F_1$ (рис. 1).

Подобное преобразование сохраняет площади исходных АТГ и одновременно придает двум другим его параметрам – евклидову расстоянию между вершинами /у/ и /и/ и евклидову расстоянию между вершиной /а/ и отрезком /у/-/и/ – более простой и ясный вид. Первый параметр определяется относительно новой системы координат как $\log F_2'$, а второй – как $\log F_1 a'$. Площадь АТГ вычисляется при этом простым умножением этих значений, а $\log F_2' / \log F_1 a'$ является мерой симметрии АТГ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБСУЖДЕНИЕ

Преобразованные АТГ показаны на рис. 2 в сравнении с данными Lejska M. [4]. По конфигурации акустических треугольников гласных среди пациентов было условно выделено три группы. В первую группу вошли 7 пациентов с тяжелой сенсоневральной тугоухостью (от III степени потери слуха до глухоты) без слухопротезирования или с небольшим сроком использования слуховых аппаратов (от 2 до 3 мес).

У этих пациентов площадь АТГ была очень мала – 0.015 ± 0.009 (на рис. 2 АТГ отмечен красной

ховые аппараты от 6 до 12 мес. АТГ контрольной группы были сопоставимы со справочными значениями [8].

Средние значения снижения слуха, по данным аудиометрии, были нанесены на график в сопоставлении с площадями АТГ. Метод линейной регрессии выявил сильную линейную зависимость между АТГ и степенью снижения слуха (рис. 3). Коэффициент детерминации был равен 0.719.

Моторный контроль двигательной активности гортани более тесно связан с движением нижней челюсти, чем с движением губ и языка [9]. Тонкие и быстрые изменения в деятельности ороральных мышц, связанные с выработкой речевых согласных, в значительной степени координируются, но также не зависят от сложной ларингоспираторной деятельности [10]. До сих пор было проведено всего несколько исследований, посвященных оценке параметров акустического пространства гласных у взрослых с нарушениями слуха [11]. Большинство работ сообщают об уменьшении области АПГ [7, 11], что также подтверждается данным исследованием. Площадь АТГ в логарифмических координатах оказалась чувствительной к незначительному снижению остроты слуха у человека без жалоб на слух. Исследование акустических характеристик гласных показало, что говорящие с длительным снижением слуха произносят гласные менее дифференцированно, а площадь их акустического пространства имеет тенденцию к уменьшению [12]. Другие авторы не сообщали о наличии каких-либо заметных внутригрупповых различий у пациентов с ДНС.

Представленная в настоящем исследовании процедура преобразования АТГ показала, что пациенты с ДНС, вероятно, не являются полностью однородной группой. Для уточнения этих результатов необходимы дальнейшие исследования с большим количеством участников исследования.

Таким образом, приведенная в данной статье методика обследования пациентов с ДНС подтверждает теорию о том, что на голосообразование и, как следствие, качество речи у пациентов с длительным нарушением слуха могут оказывать значительное влияние не только степень потери слуха, но и длительность слухопротезирования [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Различные сроки использования слуховых аппаратов людьми с ДНС оказывают влияние и на формирование гласных звуков в речеобразующем аппарате. Длительное и качественное слухопротезирование способствует увеличению площади и формированию конфигурации АТГ близким к таковым у хорошо слышащих людей.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Boone D.R., McFarlane S.C., Von Berg S.L. The voice and voice therapy. Boston: Pearson // Allyn & Bacon. 2005.
2. Sapir S., Ramig L., Spielman J., Fox C. Acoustic Metrics of vowel articulation in Parkinson's disease: vowel space area (VSA) vs. vowel articulation index (VAI). // Claudia Manfredi (edited by), Models and analysis of vocal emissions for biomedical applications: 7th international workshop. 2011. P. 173–175.
3. Kasbi F., Sadollahi A., Bakhtiyari J., Ghorbani R., Maddah M., Mokhlesin M. The Effect of Hearing Loss on the Vocal Features of Children. // Middle East J Rehabil Health. 2014. V. 1 (1). P. e20844
4. Lejska M. Voice Rang and Place of Conversational Voice by Profoundly Hearing Impaired Person. // J. Head and Neck Dis. 2002. V. 6. P. 40.
5. Scherer S., Morency L., Gratch J., Pestian J. Reduced vowel space is a robust indicator of psychological distress: A cross-corpus analysis. // IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP). 2015. P. 4789–4793.
6. Whitfield J.A., Goberman A.M. Articulatory-acoustic vowel space: Application to clear speech in individuals with Parkinson's disease. // J. Commun. Disord. 2014. V. 51. P. 19–28.
7. Verhoeven J., Hide O., De Maeyer S., Gillis S., Gillis S. Hearing impairment and vowel production. A comparison between normally hearing, hearing-aided and cochlear implanted Dutch children. // J. Commun. Disord. 2016. V. 59. P. 24–39.
8. Derkach M.F., Gumetskii R.Y., Guba B.M., Chaban M.E. Dinamicheskie spektry rechevykh signalov (The dynamic spectrograms of speech signals). Lvov: Vysshaya Shkola. 1983.
9. Dromey C., Nissen S.L., Roy N., Merrill R.M. Articulatory Changes Following Treatment of Muscle Tension Dysphonia: Preliminary Acoustic Evidence. // Journal of Speech, Language, and Hearing Research. 2008. V. 51. P. 196–208.
10. Davis P.J., Zhang S.P., Winkworth A.L., Bandler R. Neural control of vocalization: Respiratory and emotional influences. // Journal of Voice. 1996. V. 10. P. 23–38.
11. Choi E.-A., Seong C.-J. The Articulation Characteristics of the Profound Hearing-Impaired Adults' Korean Monophthongs: with Reference to the F1, F2 of Acoustic Vowel Space. // Phonetics Speech Sci. 2010. V. 2 (4). P. 229–238.
12. Ryalls J., Larouche A., Giroux F. Acoustic comparison of CV syllables in French-speaking children with normal hearing, moderate-to-severe and profound hearing impairment. // Journal of Multilingual Communication Disorders. 2003. V. 1. P. 99–114.
13. Diab Kh.M., Daikhes N.A., Kaibov A.A., Pashchinina O.A., Arabi A. Surgical treatment of patients with otosclerosis with grade IV hearing loss and deafness. // Head and neck. Russian Journal. 2020. V. 8 (3). P. 35–43.

INVESTIGATION OF THE ROLE OF HEARING AIDS IN THE FORMATION OF THE AREA OF THE ACOUSTIC FIELD OF VOWELS

A. N. Kovalenko^a, I. V. Kastyro^{a,†}, Academician of the RAS I. V. Reshetov^b, and V. I. Popadyuk^a

^a Peoples' Friendship University of Russia (RUDN University), Moscow, Russian Federation

^b I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University), Moscow, Russian Federation

[†]e-mail: ikastyro@gmail.com

The method of transformation of acoustic triangles of vowel sounds (ATW) /a/, /i/, /u/ was used for an objective assessment of the acoustic features of vowels in the speech production of 20 persons with long-term hearing impairment (LHI). The logarithm of the spectral values of the first formants of each vowel ($\log F_1$, $\log F_2$) was carried out for each subject. ATWs were transformed into right-angled triangles, the vertices of the sound /u/ which were moved to the origin of coordinates, and the legs were aligned with the coordinate axes. In patients with LHI, as a rule, the size of the triangles decreased, and they were stretched along one of the axes, which probably depends not only on the severity of hearing loss, but also on the duration of hearing aids. The presented approach to the normalization of ATW makes it possible to distinguish at least three groups of people with LHI: in the first group, vowel triangles are extended along the $\log F_1$ axis, in the second, vowel triangles are extended along the $\log F_2$ axis, and in the third, ATW are symmetric.

Keywords: vowel acoustic field, voiceless, logarithmic transformation