



# Акустические маркеры аутизма<sup>1</sup>

**Ляксо Елена Евгеньевна,**

*доктор биологических наук, профессор кафедры ВНД и психофизиологии биологического факультета СПбГУ, руководитель группы по изучению детской речи, lyakso@gmail.com*

**Фролова Ольга Владимировна,**

*кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры ВНД и психофизиологии биологического факультета СПбГУ, Группа по изучению детской речи, olchel@yandex.ru*

## Аннотация

Обзор посвящён анализу особенностей речи детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) и определению акустических характеристик речевого сигнала, которые в совокупности могут быть использованы в качестве диагностического критерия РАС. В обзоре рассматриваются разные подходы к изучению речи информантов с РАС, сходство и противоречивость полученных исследователями данных, касающихся разных уровней организации речи. Проводится сравнение речевого развития детей с РАС и умственной отсталостью (УО), т.к. эти два нарушения развития часто сопровождают друг друга и имеют сходную картину нарушения речи. На основе данных о наличии определённого сходства в речевых нарушениях детей с УО и РАС сделано заключение о нецелесообразности рассмотрения вербального компонента речи в качестве различительного признака заболеваний. Обосновывается использование методов инструментальной оценки параметров голоса и речи. Предлагается совокупность акустических характеристик голоса и спектральных характеристик речевого сигнала, которые могут являться биомаркером аутизма. В заключение мы ставим ряд вопросов, связанных с внедрением метода оценки состояния по характеристикам голоса в медицинскую практику.

**Ключевые слова:** речь, акустические характеристики речи, расстройства аутистического спектра, умственная отсталость

## ВВЕДЕНИЕ

При общении с человеком, даже слушая его голос по телефону, мы непроизвольно оцениваем состояние говорящего и его настроение ещё до получения полной вербальной информации. Задавая вопрос – все

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 18-18-00063

ли у тебя в порядке или что случилось, мы, не ожидая ответа, выносим суждение о состоянии собеседника, опираясь на основании своего жизненного опыта на определённые характеристики его голоса.

Изучение проблемы отражения состояния человека в параметрах голоса и речи начинается с работ Ч. Дарвина (Darwin, 1872) об отражении эмоционального состояния в характеристиках голоса человека. Оно включает пласт исследований характеристик плачей младенцев с разными заболеваниями (Ляко, 1998, Новикова, Ляко, 2004; Michelsson, 1971; Vohr et al., 1989; Koivisto, 1987) и создание систем автоматического распознавания состояния ребёнка по его плачам (Xie, Ward, Laszlo, 1996; Reyes-Galaviz et al., 2004; Amargo-Camargo, Reyes-García, 2007). Исследуются особенности речевой функции у людей в разном физиологическом состоянии (Мохотаева, 2009; Vicari, 2006), с различным психоневрологическим статусом (Fortunato-Tavares et al., 2015) и изменения характеристик речевого сообщения в зависимости от эмоционального состояния говорящего (Ververidis, Kotropulos, 2006; Kaya et al., 2017). Моделирование эмоциональных процессов привлекает внимание при исследовании мультиагентных сообществ (Batliner et al., 2004). Установлено, что паралингвистические характеристики выступают ведущими при распознавании состояния говорящего: темп, ритм, интонация, высота голоса.

В настоящее время исследования, проводимые разными коллективами, направлены на поиск речевых маркеров заболеваний, диагностика которых затруднена в силу разнообразной симптоматики. Одним из таковых нарушений развития являются расстройства аутистического спектра (РАС, F83 по МКБ-10). Поиск биомаркеров аутизма проводится по основным симптомам РАС: нарушение в социальной сфере через взаимодействие матери с ребёнком раннего возраста (Yirmiya, Charman, 2010) и речи взрослого, обращённой к ребёнку (Bone et al., 2014), двигательной сферы (Mody, Shui, Nowinski, 2017) и акустических характеристик речи (Vonneh et al., 2011). В данном обзоре мы остановимся на доказательстве возможности использования акустических характеристик речи в качестве биомаркера РАС.

### Особенности речи пациентов с расстройствами аутистического спектра

Множественная симптоматика нарушений, объединённая в «аутистическую триаду», включающую нарушение социального поведения и речи, ограниченность форм поведения и склонность к стереотипиям (Kanner, 1943, Wing 1993), степень её выраженности, возраст проявления всей характерной симптоматики, наличие ведущего симптомокомплекса, являются индивидуальными для детей с РАС. Разнообразие симптоматики связывают с абнормальным развитием и функционированием центральной нервной системы (ЦНС) (Casanova et al., 2009), указывая, что поражение ЦНС может происходить на ранних сроках беременности, начиная с пятой недели внутриутробной жизни (Courchesne, 1997), или в ранний постнатальный период (Casanova et al., 2009).

В отношении существования специфических речевых нарушений у индивидуумов с РАС все исследователи сходятся в едином мнении, расхождения касаются конкретных характеристик речи (например, Diehl, Paul, 2013; Vonneh et al., 2011; Nakai et al., 2014). Нейроанатомические исследования речевых областей коры головного мозга показали снижение плотности нейронов в области Вернике (поле

22 по Бродману) и угловой извилине (поле 39), увеличение плотности глиальных клеток в этих областях и в области Брока (поле 44) у пациентов с РАС по сравнению с типично развивающимися сверстниками (Lopez-Hurtado, Prieto, 2008). Структурные изменения в «речевых» областях коры головного мозга, нарушения и ослабление интегративной деятельности мозга (Just et al., 2007; Isler et al., 2010) могут быть ответственны за возникновение речевых и коммуникативных расстройств. Симптоматика РАС наиболее ярко выражена в детском возрасте, во взрослом – симптоматика более разнообразная, но менее отчётливая за счёт соматических (Tyler et al., 2011) и психических дефектов (Taurines et al. 2012).

Для детей с РАС описан широкий диапазон нарушений речи: от грубой задержки формирования до опережающего темпа развития. Преобладающее количество работ посвящено анализу речи детей с высокофункциональным аутизмом (ВФА) (Grossman, Edelson, Tager-Flusberg, 2013). На основании тяжести и характера нарушений речи выделены группы детей с РАС (Никольская, Баенская, Либлинг, 1997). Описаны особенности интонации, тембра, модуляций голоса, выявлены нарушения прагматики речи (Le Sourn-Bissaoui et al., 2013; Whyte, Nelson, 2015). Показано, что фонологические нарушения выражены в большей степени, чем лексические, при общем низком уровне сформированности речи (Alqhazo, Hatamleh, Bashtawi, 2018).

Начиная с первых описаний симптоматики аутистических расстройств (Kanner, 1943), в качестве основного признака выделяли аномальную просодику речи пациентов (Tager-Flusberg, 1981), что в дальнейшем было подтверждено многими исследователями (McCann, Peppé, 2003, Paul et al., 2005; Hubbard, Trauner, 2007; Shriberg et al., 2001, 2011; Vonneh et al., 2011). В ряде исследований отмечается невозможность пациентами контролировать высоту голоса, нетипичное словесное и фразовое ударение (Grossman et al., 2010; Diehl, Paul, 2012, 2013; Nadig, Shaw, 2012). Просодика играет ведущую роль в процессе вербальной коммуникации и установлении социальных контактов между людьми. Специфическая просодика, обусловленная постановкой ударения и выделением ударного слога в слове и слова во фразе, является характерной особенностью детей с РАС (Olivati, Assumpção, Misquiatti, 2017) и затрудняет вербальную коммуникацию. Однако вербальный ответ не заменяется жестом, т.к. отмечают сложности в использовании жестов у детей с РАС (Talbot et al., 2018). Следует отметить, что у ВФА преимущественно страдает прагматический уровень организации речи. В то же время в работах Р. Паула (Paul et al., 2005) просодические нарушения выявлены только у 47% из 30 взрослых с высокофункциональным аутизмом (ВФА). Они сравнивали ВФА и участников контрольной группы по выполнению разных задач, связанных с восприятием и проговариванием разных заданий со специфическими просодическими элементами. Результаты свидетельствуют о межгрупповых различиях как в восприятии, так и в производстве просодического ударения, предполагая, что как понимание, так и выработка соответствующих моделей ударения представляются трудными для участников с ВФА (Paul et al., 2005).

Нарушения просодики у детей с РАС может проявляться в спонтанной речи и при повторении речевого материала (Diehl, Paul, 2012). Повторение слов детьми с РАС базируется на специфической особенности речи этих детей – эхолалии (Kanner, 1943), и, как полагают, эта способность может быть использована при коммуникации с детьми с РАС (Saad, Goldfeld, 2009). Модели повторения разного речевого материала – фраз (Diehl, Paul, 2012, Hubbard, Trauner, 2007), слов (Lyakso, Frolova, Grigorev, 2017); двухсловных псевдослов (van Santen et al., 2010) широко используются при изучении речи детей с РАС.

### Сравнительный анализ речи детей с РАС и детей с умственной отсталостью

Одним из подходов к изучению речи детей с РАС является сопоставление с развитием речи у детей с умственной отсталостью (УО). По данным ВОЗ, у 50% детей РАС сопровождается умственной отсталостью. Умственная отсталость (F70-F79) – состояние задержанного или неполного умственного развития, которое характеризуется снижением навыков, возникающих в процессе развития, и навыков, которые определяют общий уровень интеллекта, то есть познавательных способностей, языка, моторики, социальной активности. По разным данным, дети с УО (F 70) составляют около 1% популяции детей 3-10 лет (Goli, Moniri, Wilhelm, 2016; Maulik et al, 2011; Pratt, Greydanus, 2007). УО может возникнуть на фоне другого психического или физического нарушения либо без него. У большинства детей с УО коммуникативные навыки находятся на уровне их ментального возраста (Rondal, 2001; Chapman, 1997). Показано, что при наличии соответствующей среды дети могут овладевать сложными формами коммуникативного поведения (Kaiser, Hester, McDuffie, 2001). Для детей с ограниченными интеллектуальными способностями характерна задержка в речевом развитии, которая касается разных областей: синтаксиса, словарного запаса, разборчивости речи (Kaiser, Hester, McDuffie, 2001; Facon, Facon-Bollengier, Grubar, 2002; Ypsilanti, Grouios, 2008; Barnes et al., 2009). У детей с РАС нечёткость произнесения связана с несформированностью согласных фонем при возможности чёткой артикуляции гласных в словах (Lyakso, Frolova, Grigorev, 2017). Согласно одной точке зрения – речевое развитие детей с УО имеет сходную с ТР детьми траекторию развития – понимание речевых высказываний у детей с УО аналогично восприятию типично развивающихся детей младшего возраста (Polisenska, Kapalková, Novotková, 2018); другой – детям с УО присущ свой путь речевого развития, обусловленный тем, что детям с УО требуется более обширный словарный запас для построения и понимания предложений, чем типично развивающимся детям (van der Schuit et al., 2011). Указывают на сходство речевых нарушений детей с УО и РАС. Для детей с УО и детей с РАС характерны повторы и штампы, но у детей с РАС они сохраняются и в более старшем возрасте, чем у детей с УО. Дети с УО используют диалоговую речь, но практически не пользуются монологической речью; говорящие дети с РАС имеют лучше развитую монологическую речь. Эти данные позволяют заключить, что наличие определённого сходства в речевых нарушениях детей с УО и РАС не позволяет использовать вербальный компонент речи в качестве различительного признака заболеваний.

### Акустические характеристики речи детей с РАС

При изучении особенностей речи информантов с РАС широко применяются методы инструментальной оценки параметров голоса и речи, однако в отношении

акустических характеристик речи детей с РАС сведения противоречивы. В пионерской работе Каннера (Kanner, 1943) речь пациентов с РАС описывается как монотонная, механическая, с ровной, плоской интонацией. Монотонность речи описывается и в другом исследовании, в котором показано, что у японских детей 4-9 лет с РАС изменения значений частоты основного тона (ЧОТ) (на основании оценки коэффициента вариативности значений ЧОТ тона в каждом слове высказывания) меньше, чем у здоровых детей (Nakai et al., 2014). Аналогичные данные об отсутствии значимых различий ЧОТ и её вариативности по сравнению с ТР сверстниками получены для ВФА в возрасте 7-17 лет (Grossman et al., 2010) и детей с синдромом Аспергера (Scharfstein et al., 2011).

Высокие значения частоты основного тона и её вариативность описаны другими исследователями: для 8-9-летних португальских детей (Filipe et al., 2014), для билингвов (Хинди – Английский) 4-10 лет (Sharda, et al., 2010), английских школьников с ВФА (Diehl et al., 2009), 4-6,5-летних израильских детей (Bonneh, et al., 2011), русских детей и подростков 4-16 лет (Lyakso, Frolova, Grigorev, 2016, 2017). Установлено, что высота голоса является характеристической особенностью детей аутистов и детей, для которых РАС является следствием основного психоневрологического заболевания, однако у детей аутистов значения ЧОТ значимо выше, чем у детей с РАС сопутствующей симптоматикой (Lyakso, Frolova, Grigorev, 2016, 2017). Полагают, что именно увеличенный диапазон ЧОТ может свидетельствовать о задержке речевого развития таких детей (Sharda, et al., 2010). Наряду с высокими значениями ЧОТ и её вариативностью отмечают атипичный спектр речевых сигналов (Bonneh et al., 2011). Установлена специфика спектра (на основе усреднения спектра одной минуты речи) речи детей с РАС по сравнению с соответствующей характеристикой речи с ТР детей, что позволяет говорить о возможности использования особенностей спектральных характеристик в качестве количественных объективных биомаркеров речи детей с РАС (Bonneh et al., 2011). Данные об атипичной спектрограмме речевого сигнала дополнены экспериментальными сведениями о выраженных высокочастотных составляющих спектра, за счёт высоких значений третьей (эмоциональной) форманты и амплитуды третьей форманты, нормированной по отношению к амплитуде частоты основного тона (Lyakso, Frolova, Grigorev, 2017). Таким образом, на материале разных языков получены сходные данные об акустических характеристиках голоса и особенностях спектра речевых сигналов информантов с РАС.

### Заключение

В представленном обзоре освещены основные направления исследований речи информантов с РАС и проведено сравнение особенностей речи детей с РАС и с УО (т.к. эти два нарушения развития часто сопровождают друг друга и имеют сходную картину нарушения речи).

Остановимся на основных преимуществах изучения речи в качестве маркера аутизма. Выбор речи в качестве ведущего индикатора состояния

ребенка обусловлен множественностью выполняемых ею функций, позволяющих рассматривать речь как системообразующий фактор поведения. Использование неинвазивных методов для оценки речевого сообщения на разных уровнях его организации позволяет провести исследование с привлечением информантов с РАС, сопровождающимся нарушением поведения.

Опираясь на данные, полученные разными исследовательскими коллективами, и результаты собственных исследований, мы предлагаем использовать акустические характеристики голоса и речевого сигнала, которые в совокупности могут являться диагностическим критерием РАС:

- 1) высокие значения частоты основного тона;
- 2) вариативность частоты основного тона, определяемая как разность между максимальными и минимальными значениями ЧОТ;
- 3) высокие значения третьей форманты и амплитуды третьей форманты, нормированной по отношению к амплитуде ЧОТ, обуславливающие атипичную спектрограмму речевого сигнала за счёт выраженных высокочастотных составляющих;
- 4) высокие значения индекса артикуляции гласных, свидетельствующие о возможности чёткого произнесения гласных звуков.

Выявленные акустические признаки, используемые в качестве биомаркеров, приводят к необходимости решения ряда вопросов, связанных с внедрением метода оценки состояния по характеристикам голоса в медицинскую практику.

*Работа выполнена при поддержке гранта РФФ № 18-18-00063.*

### Литература

1. Дарвин Ч.О выражении эмоций у человека и животных. СПб: Питер, 2001.
2. Ляко Е.Е. Невербальные вокализации младенцев на ранних этапах «доречевого» периода развития // Новости отоларингологии и логопатологии, 1998. — 4(16) — С. 23–31.
3. МКБ-10 — Международная классификация болезней 10-го пересмотра (версия: 2018, текущая версия) [Электронный ресурс]. URL: <http://mkb-10.com>
4. Мохотаева М.В. Акустические характеристики голоса детей с церебральным параличом // Сибирский педагогический журнал, 2009. — 2 — С. 440–448.
5. Никольская О.С, Баенская Е.Р., Либлинг М.М. Аутичный ребёнок. Пути помощи / М.: Теревинф, 1997.
6. Новикова И.В., Ляко Е.Е. Акустический и перцептивный анализ ранних вокализаций нормально развивающихся младенцев и детей с отягощённым анамнезом // Вестник Санкт-Петербургского университета, 2004 — 3(2) — С. 74–87.
7. Alghazo M.T., Hatamleh L.S., Bashtawi M. (2018). Phonological and lexical abilities of Jordanian children with autism // Applied Neuropsychology: Child, 2018. — pp. 1-9. doi:10.1080/21622965.2018.1534690
8. Amaro-Camargo E., Reyes-García C.A. Applying statistical vectors of acoustic characteristics for the automatic classification of infant cry / ICIC 2007, 2007. — LNCS, 4681 — pp. 1078–1085. doi:10.1007/978-3-540-74171-8\_109



9. Barnes E., Roberts J., Long, S.H., Martin G.E., Berni M.C., Mandulak K.C., Sideris J. Phonological accuracy and intelligibility in connected speech of boys with fragile X syndrome or Down syndrome // *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2009. — 52(4) — pp. 1048–1061. doi:10.1044/1092-4388(2009/08-0001)
10. Batliner A., Hacker C., Steidl S., Nöth E., Haas, J. From emotion to interaction: lessons from real human-machine dialogues / *ADS 2004*, 2004. — LNAI, 3068 — pp. 1–12. doi:10.1007/978-3-540-24842-2\_1
11. Bone D., Lee C.-C., Potamianos A., Narayanan Sh. S. An investigation of vocal arousal dynamics in child-psychologist interactions using synchrony measures and a conversation-based model / *Proceedings of Interspeech 2014*, 2014. — pp. 218–222.
12. Bonnef Y.S., Levanov Y., Dean-Pardo O., Lossos L., Adini Y. Abnormal speech spectrum and increased pitch variability in young autistic children // *Frontiers in Human Neuroscience*, 2011. — 4 (237) — pp. 1–7. doi:10.3389/fnhum.2010.00237
13. Casanova M.F., El-Baz A., Mott M., Mannheim G., Hassan H., Fahmi R., Giedd J., Rumsey J.M., Switala A.E., Farag A. Reduced gyral window and corpus callosum size in autism: possible macroscopic correlates of a minicolumnopathy // *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2009. — 39(5) — pp. 751–764. doi:10.1007/s10803-008-0681-4
14. Chapman R.S. (1997). Language development in children and adolescents with Down syndrome. *Mental Retardation and Developmental Disabilities // Research Reviews*, 1997. — 3 — pp. 307–312.
15. Courchesne E. Brainstem, cerebellar and limbic neuroanatomical abnormalities in autism // *Current Opinion in Neurobiology*, 1997. — 7(2) — pp. 269–278.
16. Diehl J.J., Watson D.G., Bennetto L., McDonough J., Gunlogson C. An acoustic analysis of prosody in high-functioning autism // *Applied Psycholinguistics*, 2009. — 30 — pp. 385–404. doi:10.1017/S0142716409090201
17. Diehl J.J., Paul R. Acoustic differences in the imitation of prosodic patterns in children with autism spectrum disorders // *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2012. — 6(1) — pp. 123–134. doi:10.1016/j.rasd.2011.03.012
18. Diehl J., Paul R. Acoustic and perceptual measurements of prosody production on the Profiling Elements of Prosodic Systems by children with autism spectrum disorders // *Applied Psycholinguistics*, 2013. — 34(1) — pp.135–161. doi: 10.1017/S0142716411000646
19. Facon B., Facon-Bollengier T., Grubar J. Chronological age, receptive vocabulary and syntax comprehension in children and adolescents with mental retardation // *American Journal of Mental Retardation*, 2002. — 107(2) — pp. 91–8. doi: 10.1352/0895-8017(2002)107<0091:CARVAS>2.0.CO; 2
20. Filipe M.G., Frola S., Castro S.L., Vicente S.G. Atypical prosody in Asperger syndrome: perceptual and acoustic measurements // *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2014. — 44(8) — pp. 1972–1981. doi:10.1007/s10803-014-2073-2
21. Fortunato-Tavares T., Andrade C.R., Befi-Lopes D., Limongi S.O., Fernandes F.D., Schwartz R.G. Syntactic comprehension and working memory in children with specific language impairment, autism or Down syndrome // *Clinical Linguistics & Phonetics*, 2015. — 29(7) — pp. 499–522., doi: 10.3109/02699206.2015.1027831

22. Goli D.N., Moniri F.S., Wilhelm R.Z. (2016). Intellectual disability in children; a systematic review // *International Archives of Health Science*, 2016. — 33(2) — pp. 27–36.
23. Grossman R.B., Bemis R.H., Skwerer D.P., Tager-Flusberg H. Lexical and affective prosody in children with high-functioning autism // *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2010. — 53(3) — pp. 778–793. doi:10.1044/1092-4388(2009/08-0127)
24. Grossman R.B., Edelson L.R., Tager-Flusberg H. (2013). Emotional facial and vocal expressions during story retelling by children and adolescents with high-functioning autism // *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2013. — 56(3) — pp. 1035–1044. doi:10.1044/1092-4388(2012/12-0067)
25. Hubbard K. Trauner D.A. Intonation and emotion in autistic spectrum disorders // *Journal of Psycholinguist Research*, 2007. — 36(2) — pp. 159–173. doi:10.1007/s10936-006-9037-4
26. Isler J.R., Martien K.M., Grieve P.G., Stark R.I., Herbert M.R. (2010). Reduced functional connectivity in visual evoked potentials in children with autism spectrum disorder // *Clinical Neurophysiology*, 2010. — 121(12) — pp. 2035–2043. doi:10.1016/j.clinph.2010.05.004
27. Just M.A., Cherkassky V.L., Keller T.A., Kana R. K, Minshew N.J. Functional and anatomical cortical underconnectivity in autism: Evidence from an fMRI study of an executive function task and corpus callosum morphometry // *Cerebral Cortex*, 2007. — 17(4) — pp. 951–961. doi:10.1093/cercor/bhl006
28. Kaiser A.P., Hester P.P., McDuffie A.S. Supporting communication in young children with developmental disabilities // *Mental Retardation and Developmental Disabilities Research Reviews*, 2001. — 7(2) — pp. 143–150. doi:10.1002/mrdd.1020
29. Kanner L. Autistic disturbances of affective contact // *Nervous Child*, 1943. — 2 — pp. 217–250.
30. Kaya H., Salah A.A., Karpov A., Frolova O., Grigorev A., Lyakso, E. Emotion, age, and gender classification in children's speech by humans and machines // *Computer Speech and Language*, 2017. — 46 — pp. 268–283. doi:10.1016/j.csl.2017.06.002
31. Koivisto M. (1987). Cry analysis in infants with Rh haemolytic disease // *Acta paediatrica Scandinavica Supplement*, 1987. — 335 — pp. 1–73. doi:10.1111/apa.1987.76.s335.6
32. Le Sourn-Bissaoui S, Aguert M., Girard P., Chevreuil C., Laval V. Emotional speech comprehension in children and adolescents with autism spectrum disorders // *Journal of Communication Disorders*, 2013. — 46(4) — pp. 309–320. doi: 10.1016/j.jcomdis.2013.03.002.
33. López-Hurtado E. Prieto J.J. (2008). A microscopic study of language-related cortex in autism // *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 2008. — 4(2) — pp. 130–145.
34. Lyakso E., Frolova O., Grigorev A.A. A comparison of acoustic features of speech of typically developing children and children with autism spectrum disorders // *Lecture Notes in Computer Science*, 2016. — 9811 — pp. 43–50. doi:10.1007/978-3-319-43958-7\_4
35. Lyakso E., Frolova O., Grigorev A. Perception and acoustic features of speech of children with autism spectrum disorders // *Lecture Notes in Computer Science*, 2017. — 10458 — pp. 602–612. doi:10.1007/978-3-319-66429-3\_60
36. Maulik P.K., Mascarenhas M.N., Mathers C.D., Dua T., Saxena S. (2011). Prevalence of intellectual disability: a meta-analysis of population-based studies // *Research in developmental disabilities*, 2011. — 32(2) — pp. 419–36. doi:10.1016/j.ridd.2010.12.018
37. McCann J., Peppé S. Prosody in autism spectrum disorders: a critical review // *International Journal of Language and Communication Disorders*, 2003. — 38(4) — pp. 325–350. doi:10.1080/1368282031000154204



38. *Michelsson K.* Cry analyses of symptomless low birth weight neonates and of asphyxiated newborn infants // *Acta Paediatrica*, 1971. — 60(216) — pp. 9–45.
39. *Mody M., Shui A.M., Nowinski L.A., Golas S.B., Ferrone C., O'Rourke J.A., McDougle C.J.* Communication deficits and the motor system: Exploring patterns of associations in autism spectrum disorder (ASD) // *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2017. — 47(1) — pp. 155–162. doi:10.1007/s10803-016-2934-y
40. *Nadig A., Shaw H.* Acoustic and perceptual measurement of expressive prosody in high-functioning autism: Increased pitch range and what it means to listeners // *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2012. — 42(4) — pp. 499–511. doi:10.1007/s10803-011-1264-3
41. *Nakai Y., Takashima R., Takiguchi T., Takada S.* Speech intonation in children with autism spectrum disorder // *Brain and Development*, 2014. — 36(6) — pp. 516–522. doi:10.1016/j.braindev.2013.07.006
42. *Olivati A.G., Assumpção F.B., Misquiatti A.R.* Acoustic analysis of speech intonation pattern of individuals with Autism Spectrum Disorders // *CoDAS*, 2017. — 29(2):e20160081. doi:10.1590/2317-1782/20172016081
43. *Paul R., Augustyn A., Klin A., Volkmar F.* (2005). Perception and production of prosody by speakers with autism spectrum disorders // *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2005. — 35(2) — pp. 205–220.
44. *Polišenská K., Kapalková S., Novotková M.* (2018). Receptive language skills in Slovak-speaking children with intellectual disability: Understanding words, sentences, and stories // *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2018. — 61(7) — pp. 1731–1742. doi:10.1044/2018\_JSLHR-L-17-0029
45. *Pratt H.D., Greydanus D.E.* (2007). Intellectual disability (mental retardation) in children and adolescents // *Primary Care: Clinics in Office Practice*, 2007. — 34(2) — pp. 375–386. doi:10.1016/j.pop.2007.04.010
46. *Reyes-Galaviz O.F., Verduzco A., Arch-Tirado E., Reyes-García C.A.* Analysis of an infant cry recognizer for the early identification of pathologies. Non-linear Speech Modeling // *Lecture Notes in Computer Science*, 2005. — 3445 — pp. 404–409. doi:10.1007/11520153\_25
47. *Rondal J.A.* Language in mental retardation: Individual and syndromic differences, and neurogenetic variation // *Swiss Journal of Psychology*, 2001. — 60(3) — pp. 161–178. doi:10.1024//1421-0185.60.3.161
48. *Saad A.G., Goldfeld M.* Echolalia in the language development of autistic individuals: a bibliographical review // *Pro-Fono*, 2009. — 21(3) — pp. 255–260. doi:10.1024//1421-0185.60.3.161
49. *Scharfstein L.A., Beidel D.C., Sims V.K., Rendon Finnell L.* Social skills deficits and vocal characteristics of children with social phobia or Asperger's disorder: A comparative study // *Journal of abnormal child psychology*, 2011. — 39(6) — pp. 865–875. doi:10.1016/j.rasd.2018.04.007
50. *Sharda M., Subhadra T.P., Sahaya S., Nagaraja Ch., Singh L., Mishra R., Sen A., Singhal N., Erickson D., Singh N.* Sounds of melody—Pitch patterns of speech in autism // *Neuroscience Letters*, 2010. — 478(1) — pp. 42–45. doi:10.1016/j.neulet.2010.04.066
51. *Shriberg L.D., Paul R., McSweeney J.L., Klin A., Cohen D.J., Volkmar F.R.* Speech and prosody characteristics of adolescents and adults with high functioning autism and Asperger

- syndrome // *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2001. — 44(5) — pp. 1097–1115.
52. *Shriberg L.D., Paul R., Black L.M., van Santen J.P.* The hypothesis of apraxia of speech in children with autism spectrum disorder // *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 2011. — 41(4) — pp. 405–26. doi:10.1007/s10803-010-1117-5
53. *Tager-Flusberg H.* On the nature of linguistic functioning in early infantile autism // *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 1981. — 11(1) — pp. 45–56. doi:10.1007/BF01531340
54. *Talbott M.R., Young G.S., Munson J., Estes A., Vismara L.A., Rogers S.J.* The developmental sequence and relations between gesture and spoken language in toddlers with autism spectrum disorder // *Child Development*, 2018. doi: 10.1111/cdev.13203
55. *Taurines R., Schwenck C., Westerwald E., Sachse M., Siniatchkin M., Freitag C.* ADHD and autism: differential diagnosis or overlapping traits? // *A selective review. Attention Deficit and Hyperactivity Disorders*, 2012. — 4(3) — pp.115–39. doi:10.1007/s12402-012-0086-2.
56. *Tyler C.V., Schramm S.C., Karafa M., Tang A.S., Jain A.K.* Chronic disease risks in young adults with autism spectrum disorder: forewarned is forearmed // *American Journal on Intellectual and Developmental Disabilities*, 2011. — 116(5) — pp. 371–80. doi:10.1352/1944-7558-116.5.371
57. *Van der Schuit M., Segers E., van Balkom H., Verhoeven L.* How cognitive factors affect language development in children with intellectual disabilities // *Research in Developmental Disabilities*, 2011. — 32 (5) — pp. 884–1894. doi:10.1016/j.ridd.2011.03.015
58. *Van Santen J.P., Prud'hommeaux E.T., Black L.M., Mitchell M.* Computational prosodic markers for autism // *Autism*, 2010. — 14(3) — pp. 215–36. doi:10.1177/1362361309363281
59. *Ververidis D., Kotropoulos C.* Emotional speech recognition: Resources, features, and methods // *Speech Communication Journal*, 2006. — 48(9) — pp. 1162–1181. doi:10.1016/j.specom.2006.04.003
60. *Vicari S.* Motor development and neuropsychological patterns in persons with Down syndrome // *Behavior Genetics*, 2006. — 36(3) — pp. 355–64. doi:10.1007/s10519-006-9057-8
61. *Vohr B.R., Lester B., Rapisardi G., O'Dea C., Brown L., Peucker M., Cashore W., Oh W.* Abnormal brain-stem function (brain-stem auditory evoked response) correlates with acoustic cry features in term infants with hyperbilirubinemia // *Journal of Pediatrics*, 1989. — 115(2) — pp. 303–308.
62. *Whyte E. M., Nelson K.E.* Trajectories of pragmatic and nonliteral language development in children with autism spectrum disorders // *Journal of Communication Disorders*, 2015. — 54 — pp. 2–14. doi:10.1016/j.jcomdis.2015.01.001.
63. *Wing L.* The definition and prevalence of autism: a Review // *European Child and Adolescent Psychiatry*, 1993. — 2(1) — pp. 61–74.
64. *Xie Q., Ward R.K., Laszlo C.A.* Automatic Assessment of Infants' Levels-of-Distress from the Cry Signals // *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, 1996. — 4(4) — pp. 253–265. doi:10.1109/TSA.1996.506929
65. *Yirmiya N., Charman T.* The prodrome of autism: early behavioral and biological signs, regression, peri- and post-natal development and genetics // *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 2010. — 51(4) — pp. 432–58. doi:10.1111/j.1469-7610.2010.02214.x
66. *Ypsilanti A., Grouios G.* Linguistic profile of individuals with Down syndrome: comparing the linguistic performance of three developmental disorders // *Child Neuropsychology*, 2008. — 14(2) — pp. 148–70. doi:10.1080/09297040701632209.

## ACOUSTIC MARKERS OF AUTISM

***Elena Lyakso,***

*Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Internal Medicine and Psychophysiology, Faculty of Biology, St. Petersburg State University, Head of the group for the study of children's speech, lyakso@gmail.com*

***Olga Frolova,***

*Candidate of Biological Sciences, Researcher of the Department of Internal Medicine and Psychophysiology of the Faculty of Biology of St. Petersburg State University, Group for the Study of Children's Speech, olchel@yandex.ru*

### **Abstracts.**

The review is devoted to the analysis of speech features of children with autism spectrum disorders (ASD). The combination of Acoustic features of the can be used as a diagnostic criterion of ASD are defined. This review considers different approaches to the study of ASD informant's speech. Similar and contradictory data obtained by researchers concerning the various levels of speech organization are discussed. The speech development of children with ASD and mental retardation (MR) is compared, because these two developmental disorders often accompany each other and have a similar picture of speech impairments. Based on the data about similarities in speech disorders of children with MR and ASD, the inadvisability of considering the verbal component of speech as a distinctive feature of diseases is concluded. We suggest alternative method based on the instrumental analysis of voice and speech features. The set of acoustic characteristics of the voice and spectral features of the speech is proposed as bio marker of autism. In conclusion, we pose the question about implementation of the method of the voice features assessment in medical practice.

**Keywords:** speech, acoustic features of speech, autism spectrum disorders, mental retardation

*The work is financially supported by Russian Science Foundation, project № 18-18-00063*