



Сравнительный анализ характеристик голоса и речи детей типично развивающихся, с расстройствами аутистического спектра, синдромом Дауна и умственной отсталостью

Елена Евгеньевна Ляко,

доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры ВНД и психофизиологии биологического факультета СПбГУ, руководитель группы по изучению детской речи

Ольга Владимировна Фролова,

кандидат биологических наук, кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры ВНД и психофизиологии биологического факультета СПбГУ, группа по изучению детской речи

Алексей Сергеевич Григорьев,

аспирант кафедры ВНД и психофизиологии биологического факультета СПбГУ, группа по изучению детской речи

Виктор Александрович Городный,

магистрант кафедры ВНД и психофизиологии биологического факультета СПбГУ, Группа по изучению детской речи

Аннотация

Целью исследования явилось выявление специфических особенностей голоса и речи детей с расстройствами аутистического спектра (РАС), синдромом Дауна (СД), умственной отсталостью разной степени выраженности (УО) по сравнению с типично развивающимися детьми (ТР). Анализ речи детей включал перцептивный эксперимент, направленный на выявление взрослыми значения слова, сказанного ребенком, и спектрографический анализ временных и частотных характеристик вокализаций и слов детей. Определяли длительность высказываний, слов, ударных и безударных гласных и их стационарных участков; значения частоты основного тона (ЧОТ) и диапазона ЧОТ высказываний и гласных, значения ЧОТ, формантных частот и их интенсивности на стационарных участках гласных. Выявлены акустические характеристики речи детей с синдромом Дауна, РАС, УО, отличные от соответствующих характеристик речи ТР детей.

Ключевые слова: детская речь, спектрографический анализ, индекс артикуляции, расстройства аутистического спектра, синдром Дауна, умственная отсталость

ВВЕДЕНИЕ

Проблема оценки состояния говорящего (в том числе и патологического) по характеристикам голоса и речи широко изучается с использованием различных методических подходов. Нарушение развития или атипичное развитие детей часто сопровождается нарушением речи и/или использованием речи в процессе коммуникации. Так дети с расстройствами аутистического спектра (РАС) характеризуются нарушением эмоционального, интеллектуального и социального развития, специфическими особенностями речи и повторяющимся репертуаром поведения [1]. Обобщенный диагноз — расстройства аутистического спектра включает ряд заболеваний, которые характеризуются различной степенью тяжести нарушений речи [2]. Детям с синдромом Дауна (СД), несмотря на сложности с артикуляцией, присуща развитая коммуникация, однако темпы формирования коммуникативных навыков ниже, чем у типично развивающихся сверстников.

В отношении акустических характеристик речи детей с РАС данные противоречивы. В одних работах отмечают монотонность речи [3], так показано, что у детей школьного возраста изменения частоты основного тона (ЧОТ) на основании оценки коэффициента вариативности значений ЧОТ в каждом слове высказывания меньше, чем у здоровых детей [3]. В других исследованиях указывают на увеличенный диапазон ЧОТ в речи детей с РАС 4–6,5 [4] и 4–10 лет, как и в обращенной ребенку материнской речи, что может, по мнению авторов, свидетельствовать о задержке речевого развития таких детей [5]. Установлена специфика спектра (на основе усреднения спектра записи речи на протяжении одной минуты) речи детей с РАС по сравнению с ТР детьми, что позволяет говорить о возможности использования особенностей спектральных характеристик в качестве количественных объективных биомаркеров речи детей с РАС [4]. Анализируют преимущественно речь детей с синдромом Аспергера [6] и высокофункциональным аутизмом [7, 8]. Характеристики речи детей с РАС, имеющих среднюю и тяжелую степень проявления аутистических расстройств, практически не изучены. Исследования акустических и перцептивных характеристик речи детей с РАС, воспитывающихся в русскоязычной среде, единичны [9, 10, 11, 12].

В зарубежной литературе широко представлены исследования характеристик речи детей с СД, в которых показано снижение разборчивости речи и чёткости артикуляции [13]. Обсуждается вопрос о том, можно ли считать специфику формирования речи детей с СД обусловленной общей задержкой развития или правильно рассматривать ее в качестве особого пути речевого развития вследствие особенностей строения речевого тракта и генетических нарушений [например, 13, 14]. Дети с СД при произнесении слов совершают ошибки, отличные от ошибок, характерных для детей с фонологическими нарушениями [15]. Подростки и взрослые с СД неправильно произносят согласные, с которыми у детей при нормативном развитии не возникает проблем: /d/, /t/, /n/ и /v/ [16]. Более сложные нарушения показаны у детей с СД по сравнению с детьми с аналогичной задержкой развития уже на стадии лепета [17]. В исследованиях с применением спектрографического метода анализа установлено уменьшение разницы между значениями формантных частот кардинальных гласных [18, 19]. В целом чёткость артикуляции и разборчивость речи у людей с СД ниже, чем в норме.



Акустические характеристики речи детей с умственной отсталостью (УО) практически не изучены. Одним из подходов к изучению речи детей с УО является сопоставление с речью детей с РАС [20]. Установлено, что произношение и фонематический слух у детей с РАС нарушены в меньшей степени, чем у детей с УО. Повторы, штампы, характерные для детей с УО, у детей с РАС сохраняются дольше. Дети с УО используют диалоговую речь, но практически не пользуются монологической речью.

Целью настоящего исследования явилось определение акустических характеристик речи детей, специфичных для РАС, СД и УО.

МЕТОДИКА

В исследовании приняли участие дети 5–12 лет — ТР по заключению педиатров ($n=60$), с РАС (F84 — по МКБ 10 пересмотра, 1998; $n = 30$); дети 5–7 лет — с СД (Q90, $n=4$), умственной отсталостью (F70, $n = 9$) и смешанными специфическими расстройствами психологического развития (ССР, F83, $n = 14$). Дети с РАС разделены на две группы: дети с регрессом в развитии в возрасте 1,5–3 года (группа РАС-1) и дети, у которых риск развития диагностирован при рождении, РАС являются сопутствующими основному заболеванию. В анамнезах детей группы-2 (РАС-2) имеются органические нарушения мозга, задержка психического и речевого развития, гиперактивность, умственная отсталость и т.д. Эти дети после роддома какое-то время (от 2 недель до месяца) находились в больнице. Для оценки тяжести аутистических расстройств использовали шкалу CARS [21]. В обе группы вошли дети с разной степенью тяжести по аутизму, баллы по шкале CARS для детей двух групп на момент начала исследования значительно не различались.

Запись речи проводили на цифровой рекордер “Marantz PMD222” с выносным микрофоном “SENNHEIZER e835S”, с параллельной видеозаписью поведения ребенка на камеру Sony Handycam HDR-CX330. Запись речи и поведения детей проводили в домашних условиях, в помещении лаборатории, в детском саду и школе. Использовали стандартизированные ситуации записи: игру со стандартным набором игрушек, беседу с экспериментатором, просмотр мультфильма по iPad и пересказ его сюжета, просмотр картинок и ответы на вопросы по ним, повторение за экспериментатором слов [10, 11].

Ситуации записи были по возможности максимально сходными для всех детей, однако дети с РАС до экспериментальной сессии плавали в бассейне для снятия напряжения, в дальнейшем запись их вокализаций/речи осуществляли в присутствии родителей.

Инструментальную обработку речевого материала осуществляли на основе спектрографического анализа в звуковом редакторе “Cool Edit Pro”. Из речи детей выделяли слова, в которых определяли значения ЧОТ (F_0), ее средние, максимальные и минимальные значения, вычисляли диапазон ЧОТ [$F_{0max}-F_{0min}$]; ударный и безударный гласный. Для ударного гласного определяли значение ЧОТ и выделяли стационарный участок. На стационарном участке гласного считали длительность,

значения ЧОТ и ее интенсивность (E_0), значения трех формантных частот (F_1 , F_2 , F_3) и их интенсивности (E_1 , E_2 , E_3); производили нормирование значений интенсивностей формант по отношению к значениям интенсивности ЧОТ (E_n/E_0). Строили формантные треугольники с вершинами значений кардинальных гласных /а/, /у/, /i/ и определяли их площади [22].

$$Area = 0,5 \times \{F_2[i] \times F_1[a] + F_2[a] \times F_1[u] + F_2[u] \times F_1[i] - (F_1[i] \times F_2[a] + F_1[a] \times F_2[u] + F_1[u] \times F_2[i])\}, \quad (1)$$

где $F_1[x]$ и $F_2[x]$ — значения первой и второй формант соответствующих гласных.

Индекс артикуляции гласных звуков (VAI) вычисляли по формуле:

$$VAI = (F_1[a] + F_2[i]) / (F_1[i] + F_1[u] + F_2[a] + F_2[u]), \quad (2)$$

где $F_1[x]$ и $F_2[x]$ — значения первой и второй формант соответствующих гласных [23].

Строили гистограммы зависимости частоты форманты и ее нормированной интенсивности по отношению к интенсивности ЧОТ (E_n/E_0).

Выбор для анализа определенного набора акустических признаков речевого сигнала обусловлен их информативностью при изучении акустических характеристик речи ТР детей и детей с РАС [9, 22].

Перцептивный эксперимент ($n = 500$ аудиторов в возрасте $22,2 \pm 4,8$ года) проводили с целью выявления возможности определения взрослыми значения слова ребенка, его эмоционального состояния, возраста, пола. В тестовых последовательностях каждое слово повторялось три раза, интервал между одинаковыми словами составлял 5 с, интервал между разными словами – 10 с. Эксперимент проводили в условиях открытого поля.

Статистическая обработка данных проведена в пакете «Statistica 10.0».

Исследование одобрено Этическим комитетом Санкт-Петербургского государственного университета.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ уровня речевого развития детей показал, что речь ТР детей включала слова, фразы и высказывания. Дети активно использовали речь в процессе коммуникации. С увеличением возраста детей в их лексиконе увеличивается количество слов, отражающих разное эмоциональное состояние. В речи ТР детей встречаются антонимы, представленные наречиями и прилагательными, глаголами.

Дети с СД употребляли простые слова и речевые конструкции с нечеткой артикуляцией, они активно вступали во взаимодействие с взрослым с использованием всех «речевых» возможностей.

Репертуар детей с УО и ССР включал простые слова, фразы и высказывания, состоящие из нескольких фраз, которые дети использовали в ответных репликах в диалогах с взрослым.

У детей с РАС наблюдали «нормальную» и «специфическую» речь. «Нормальная» речь детей с РАС представлена вокализациями, напоминающими лепетные конструкции, плачем, простыми словами и простыми фразами. Особенностью «нормальной» речи является несформированность разных уровней ее организации. Артикуляция, и/или просодика, и/или грамматика, и/или прагматика не соответствуют речи нормально развивающихся детей. «Специфическая речь» включает эхолалию — повторение слогов, слов и фраз, и «свой язык» (введен условный термин) — звукосочетания с нечеткой артикуляцией, значение которых не понятно даже в конкретной ситуации. Для детей группы-1 характерно наличие вокализаций (13% детей), речи (47%), специфической речи (20%). У 20% детей группы-1 наряду с нормальной речью имеется специфическая речь. В группе-2 при наличии вокализаций (10%), речи (40%), специфической и нормальной речи (50% детей) дети, использующие только специфическую речь, отсутствуют. Различие между группами по сформированности речи у детей заключается в большем количестве детей группы-1, использующих речь ($p < 0,05$ — критерий Манна-Уитни), и значимо меньшим числом детей, использующих одновременно специфическую и нормальную речь ($p < 0,01$). У детей с РАС коммуникация с родителями, экспериментатором и другими детьми могла отсутствовать (47% детей), либо в процессе коммуникации с взрослым дети (53%) использовали простые реплики, состоящие из слога, одного слова, простой фразы, повторения части реплики взрослого. Важной характеристикой речевой функции у детей с РАС является нежелание использовать речь. Значимо большее количество детей группы-1 ($p < 0,01$) характеризуется отсутствием желания говорить.

Анализ акустических характеристик речи детей выявил более высокие значения ЧОТ у детей с РАС-1, РАС-2 ($p < 0,001$), синдромом Дауна ($p < 0,005$) и УО ($p < 0,01$) по сравнению с значениями ЧОТ у ТР детей и детей с ССР. По значениям ЧОТ ТР дети и дети с ССР не различаются. Речь детей группы РАС-1 характеризуется максимальными значениями ЧОТ (рис. 1).

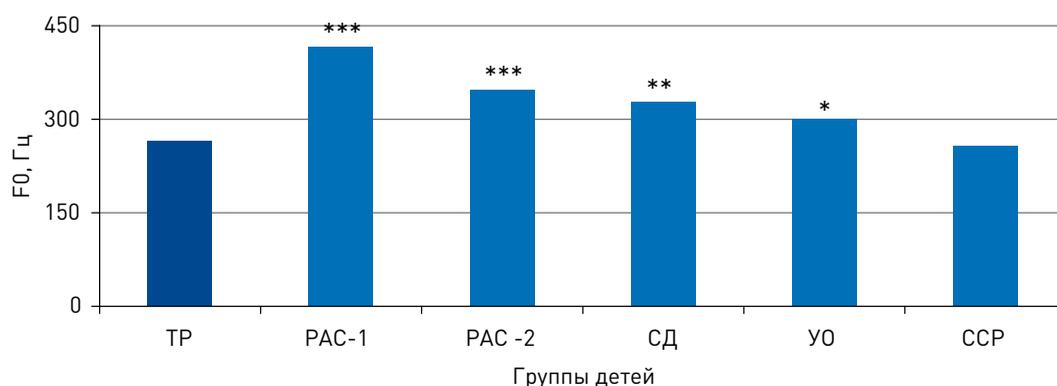


Рис. 1. Значения ЧОТ на стационарном участке ударных гласных из слов и речевых конструкций ТР детей, детей с РАС, СД, УО и ССР. По вертикальной оси — значения ЧОТ, Гц, по горизонтальной — группы детей; *** $p < 0,001$, ** $p < 0,005$, * $p < 0,01$ — критерий Манна — Уитни

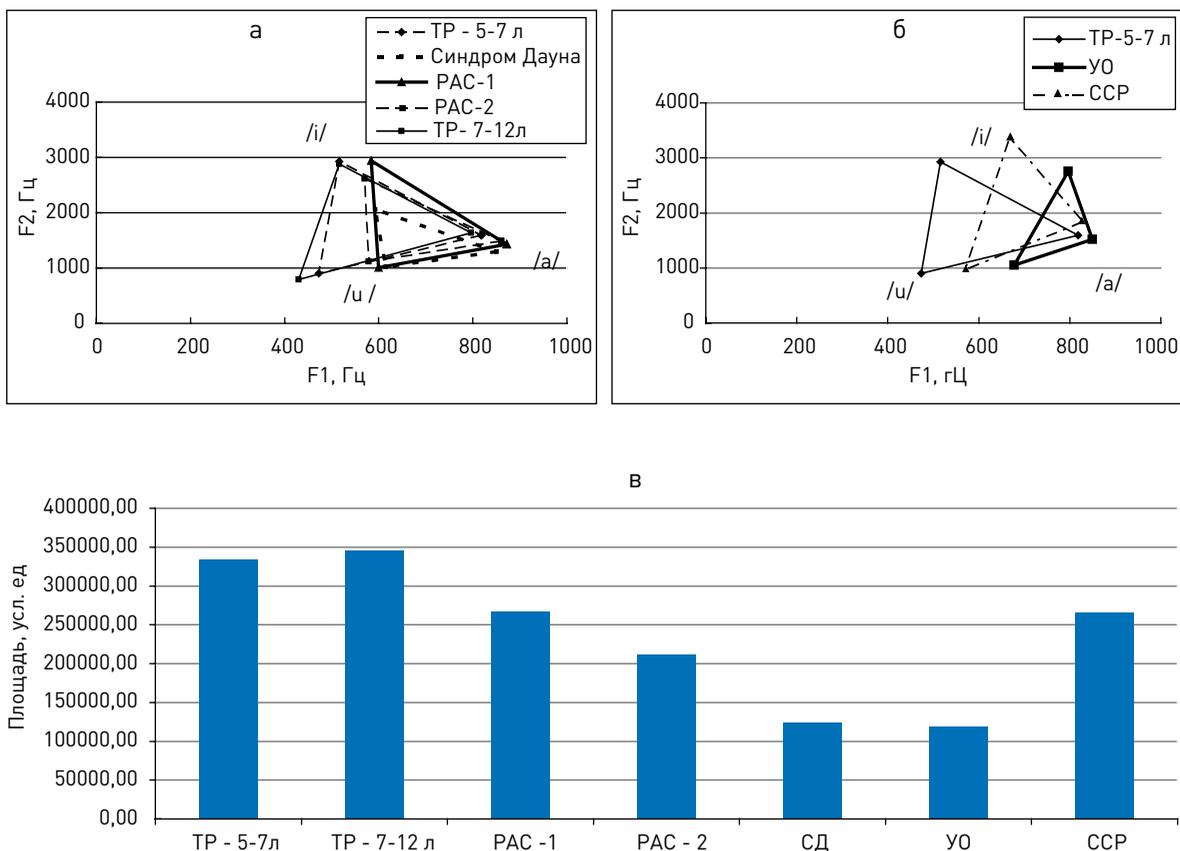


Рис. 2. Формантные треугольники ударных гласных /а/, /у/, /и/ из слов детей: ТР, с синдромом Дауна, РАС-1, РАС-2 (а), ТР, УО и ССР (б) на двухформантной плоскости с координатами F1, F2 и значения площадей формантных треугольников (в).
 На а, б – по горизонтальной оси – значения первой форманты – F1, Гц; по вертикальной – второй форманты – F2, Гц;
 на в – по вертикальной оси – значения площадей формантных треугольников гласных, в усл. единицах

Формантные треугольники ударных гласных /а/, /у/, /и/ из слов (ситуация повторение слов) детей ТР, СД и РАС (рис. 2, а), ТР детей и детей с УО и ССР (б) различаются по форме и ориентации (рис. 2, а, б). Максимальные различия обусловлены смещением в высокочастотную область F1 гласных /у/ и /и/ у детей с атипичным развитием по сравнению с данными для ТР детей. Значения двух первых формант гласного /а/ значительно не различаются у детей всех групп.

Значение индекса артикуляции гласных минимально для детей с СД, что отражает специфику их нечеткой артикуляции, значительно не различаются у ТР детей в возрасте 5–7 и 7–12 лет, детей с РАС-1 и ССР (рис. 3).

Спектрограммы гласных в словах и вокализациях детей с РАС и УО отличается от спектрограмм ТР детей и детей с СД и ССР выраженными высокочастотными составляющими. Значения частоты F3 гласных значительно выше у детей с РАС-1 ($p < 0,001$), РАС-2 ($p < 0,01$) и детей с УО ($p < 0,001$) по сравнению с соответствующей характере-

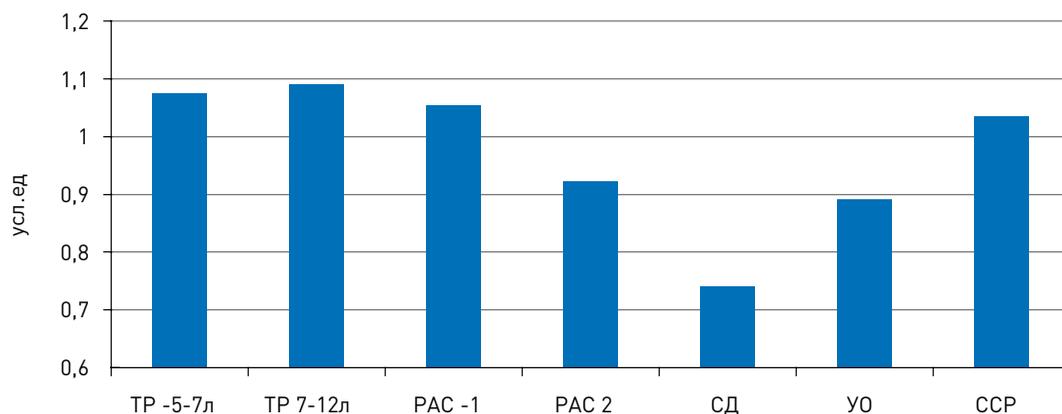


Рис. 3. Значение индекса артикуляции гласных в словах детей TP, с PAC, СД, УО и ССР. По вертикальной оси – значения площадей формантных треугольников гласных, в усл. единицах

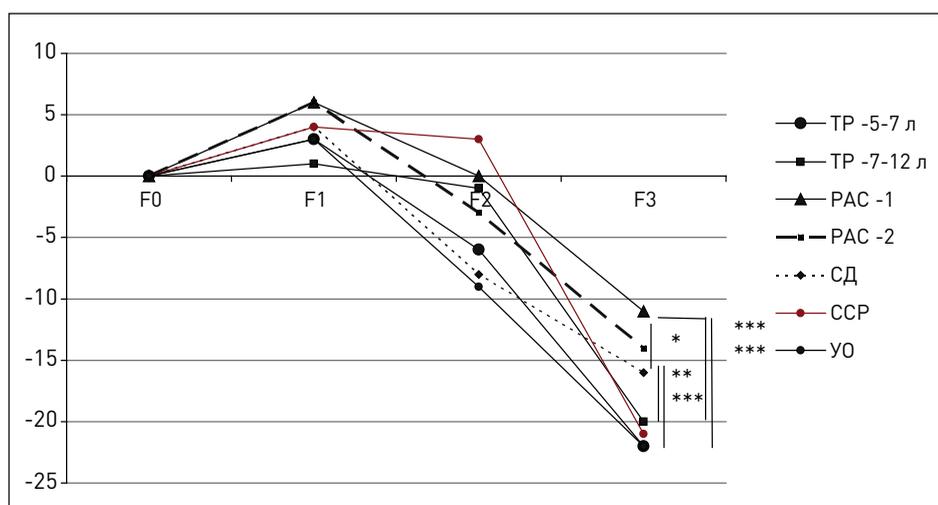
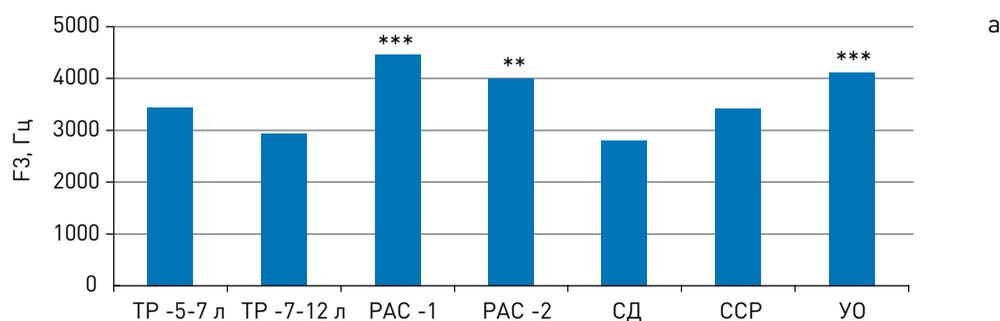


Рис. 4. Значения третьей форманты гласных (а) и интенсивности формантных частот гласного /а/, нормированные по отношению к интенсивности ЧОТ (б). На а – по вертикальной оси – значения F3, Гц; на б – по горизонтальной оси – значения частот (F1, F2, F3), по вертикальной – значения интенсивностей формант по отношению к значениям интенсивности ЧОТ (E_p/E_0)

ристикой гласных ТР детей и детей с ССР и СД (рис. 4, а). Интенсивность F3 (E3) гласных, нормированная по отношению к интенсивности ЧОТ, (E3/E0) выше у детей с РАС-1 ($p < 0,001$) и РАС-2 ($p < 0,001$) при более высоких значениях у детей РАС-1 ($p < 0,005$). Значения E3/E0 гласных в словах детей РАС-1 значимо выше ($p < 0,001$), чем соответствующие значения у ТР детей, детей с УО и ССР (рис. 4, б). Значения E3/E0 гласных в словах детей РАС-2 значимо выше, чем у ТР детей 7-12 лет и детей с ССР ($p < 0,005$), ТР детей 5-7-летнего возраста и УО детей ($p < 0,001$). Интенсивность (нормированная) третьей форманты в гласных из слов и речеподобных конструкций детей с СД значимо не отличается от соответствующих значений гласных из слов детей с РАС-2 и меньше ($p < 0,05$), чем у детей с РАС-1. Таким образом, интенсивность третьей форманты является одним из специфических признаков, характеризующих речь детей с РАС.

Для детей с РАС баллы по шкале CARS связаны со средними значениями ЧОТ — $F(1, 110) = 263,16$ $p < 0,0000$ (Beta = -0,83977, $R^2 = 0,70253$); значениями ЧОТ на стационарном участке — $F(1, 110) = 250,99$ $p < 0,0000$ (Beta = -0,8338, $R^2 = 0,69528$); значениями F1 — $F(3, 107) = 30,882$ $p < 0,0000$ (Beta = -0,48161, $R^2 = 0,46404$), и F3 (Beta = -0,40721).

Длительность гласных из слов спонтанной речи максимальна у детей с ССР и СД по сравнению с длительностью гласных в словах ТР детей 5-12 лет и детей РАС-1. Длительность ударных гласных /a/, /u/, /i/ в словах детей с РАС-2 выше ($p < 0,001$), чем у детей с РАС-1. При повторении слов длительность гласных уменьшается

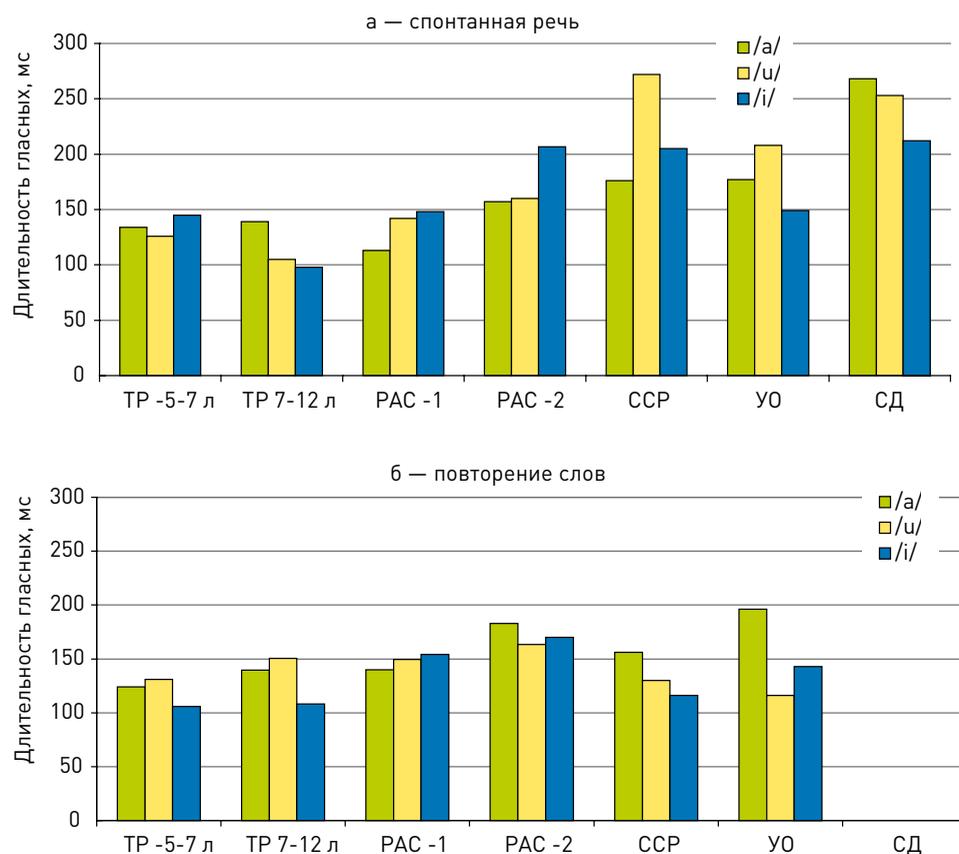


Рис. 5. Длительность ударных гласных из слов детей в спонтанной речи (а) и при повторении слов (б)

у всех детей по сравнению с спонтанной речью, при больших различиях в значениях у детей ССР и УО (рис. 5, а, б). Длительности ударных гласных в словах ТР и детей РАС-1 значимо не различаются.

Таким образом, сравнительный анализ акустических характеристик речи детей показал, что для детей с РАС характерны высокие значения ЧОТ, высокие значения F3 и E3/E0, характеризующие «атипичную» спектрограмму сигнала. Для детей с РАС, СД, УО и ССР выявлены различия по значениям ЧОТ, индексу артикуляции гласных и по площадям формантных треугольников гласных. Длительность гласных является значимым признаком только для детей с СД, УО и ССР.

Взрослые, носители русского языка, распознают значение повторяемых детьми слов лучше, чем слов из спонтанной речи (рис. 6, а, б). Значение большего количества слов ТР детей взрослые распознают при повторении (98,2 и 96,5% — слов детей 5–7 и 7–12 лет соответственно), чем в спонтанной речи (67 и 73% слов), и лучше, чем слов детей с РАС, УО, ССР и СД. В спонтанной речи детей с СД взрослые распознали 10,8% слов, в 55,5% речевых конструкций правильно определяли гласный, в 33,7% — несколько гласных. Фонетический анализ посредством транскрибирования в системе SAMPA слов и речевых конструкций детей с СД показал наличие всех гласных с частотой встречаемости /a/ — 0,44, /e/ — 0,12, /i/ — 0,155, /o/ — 0,048, /u/ — 0,092, /ɪ/ — 0,116 и редуцированных фонем /ʊ/ — 0,008, /ɪ/ — 0,02, шва — 0,028. Однако у каждого из детей количество гласных различно и составляет от двух до пяти и редуцированные фонемы.

Показана возможность определения взрослыми пола и возраста детей при прослушивании их речевых сигналов. Для данной выборки возраст де-

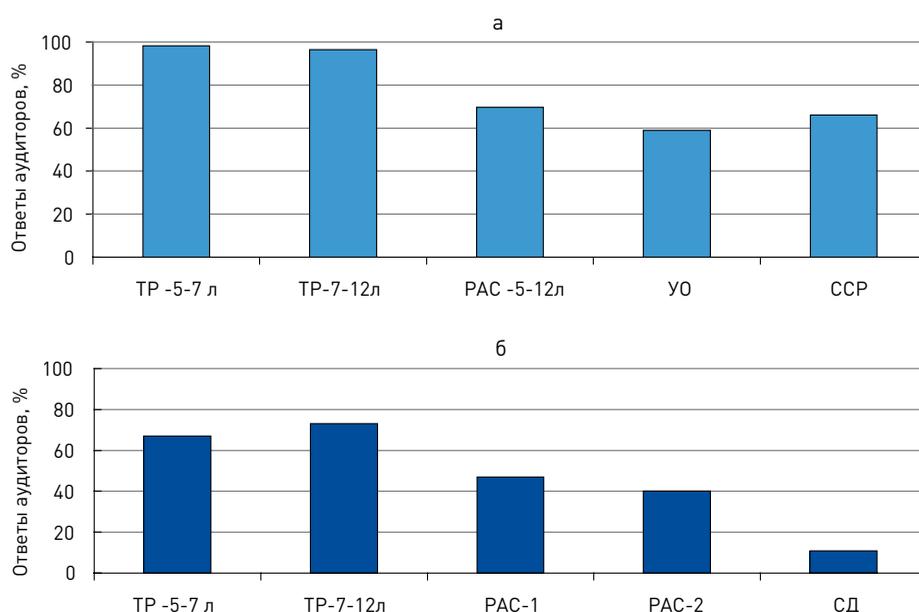


Рис. 6. Распознавание взрослыми значения слов детей при повторении (а) и из спонтанной речи (б). По горизонтальной оси — группы детей, по вертикальной — ответы аудиторов, %

тей с РАС аудиторы определяют ниже реального, для детей с СД — выше, детей с УО и ССР — в пределах возрастного диапазона (рис. 7). Предиктором распознавания взрослыми возраста ТР детей являются средние значения ЧОТ: $F(4, 272) = 4,077$ $p < 0,0000$ ($Beta = -0,5712$, $R^2 = 0,043$) — мультирегрессионный анализ. Распознавание возраста детей с СД (большего, чем реальный) связано со значениями ЧОТ: $F(4, 96) = 40,417$ $p < 0,0000$: ЧОТ по слову ($Beta = -1,149$ $R^2 = 0,612$), ЧОТ ударного гласного в слове $p < 0,008$ ($Beta = 0,610$ $R^2 = 0,612$), диапазоном ЧОТ $p < 0,03$ ($Beta = -1,161$). Предиктором для распознавания возраста детей с РАС являются длительность слова — $F(8, 24) = 27,851$ $p < 0,000$ ($Beta = 0,2503$ $R^2 = 0,8703$) и минимальные значения ЧОТ по гласному ($Beta = -0,769$, $R^2 = 0,8703$).

При определении пола ребенка в тестах, содержащих речь ТР в возрасте 7–12 лет, в ответах указывают на большее число мальчиков (60, 49% — ответ, тест соответственно), в тестах РАС указывают на большее число девочек (24, 5,5% — ответ, тест); для тестов, содержащих речь других детей, значимые отличия отсутствуют (рис. 8).

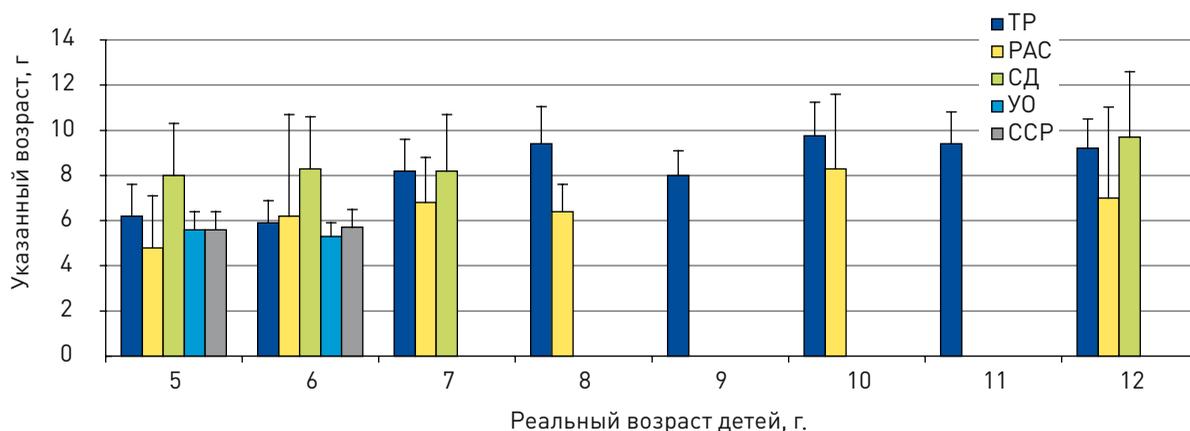


Рис. 7. Возраст детей, указанный аудиторами при прослушивании речевого материала. По горизонтальной оси обозначен реальный возраст детей, г.

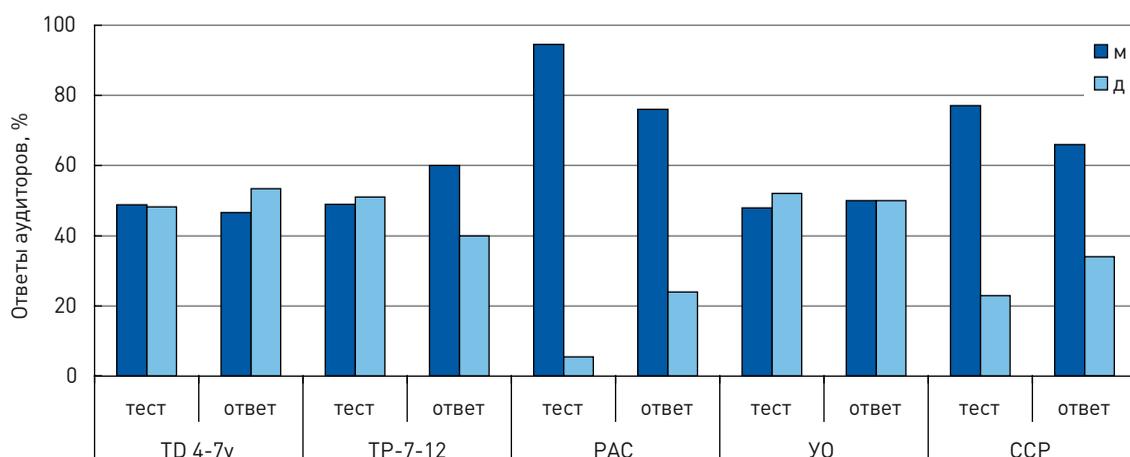


Рис. 8. Определение пола детей взрослыми при прослушивании тестовых последовательностей, содержащих их слова



Определение пола ТР ребенка связано со значениями ЧОТ $F(5, 271) = 11,2$ $p < 0,0000$ (Beta = 0,3081, $R^2 = 0,1712$), значениями F1 (Beta = -0,2087, $p < 0,0004$), F2 (Beta = 0,2573, $p < 0,0011$), F3 (Beta = 0,1920, $p < 0,02$) — мультирегрессионный анализ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проведенном исследовании выявлены отличия между детьми ТР и детьми с атипичным развитием по характеристикам голоса и речи. Акустические характеристики речи — значения ЧОТ, значения третьей форманты и ее интенсивность, длительность гласных — в совокупности могут быть использованы в качестве диагностических признаков нарушения развития ребенка. Способность взрослых к определению пола и возраста может быть использована при подборе персонала для работы с детьми с атипичным развитием. Дальнейшие исследования будут направлены на выявление специфики акустических характеристик речи для каждого из нарушений развития ребенка.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (№№18-013-01133а, 16-06-00024а), РФФИ — огон (№ 17-06-00503а).

ЛИТЕРАТУРА

1. *Schopler E., Mesibov G. B.* Communication problems in autism / E. Schopler, G. B. Mesibov. — New York, US: Plenum Press, 1985. — 335 p.
2. МКБ 10 — Международная классификация болезней 10-го пересмотра (версия: 2016, текущая версия) [Электронный ресурс] // URL: <http://mkb-10.com>
3. *Nakai Y., Takashima R., Takiguchi T. et al.* Speech intonation in children with autism spectrum disorder // *Brain and Development*, 2014. — Vol. 36. — № 6. — Pp. 516–522.
4. *Bonneh Y.S., Levanon Y., Dean-Pardo O. et al.* Abnormal speech spectrum and increased pitch variability in young autistic children // *Frontiers in Human Neuroscience*, 2011. — Vol. 4. — P. 237. — doi:10.3389/fnhum.2010.00237
5. *Sharda M., Subhadra T.P., Sahay S. et al.* Sounds of melody — Pitch patterns of speech in autism // *Neuroscience Letters*, 2010. — Vol. 478. — № 1. — Pp. 42–45
6. *Scharfstein L. A., Beidel D. C., Sims V. K. et al.* Social skills deficits and vocal characteristics of children with social phobia or Asperger's disorder: A comparative study // *Journal of abnormal child psychology*, 2011. — Vol. 39. — № 6. — Pp. 865–875
7. *Grossman R. B., Bemis R. H., Skwerer D. P. et al.* Lexical and affective prosody in children with high-functioning autism // *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 2010. — Vol. 53. — № 3. — Pp. 778–793
8. *Grossman R. B., Edelson L. R., Tager-Flusberg H.* Emotional facial and vocal expressions during story retelling by children and adolescents with high-functioning autism // *Journal of speech, language, and hearing research*, 2013. — Vol. 56. — № 3. — Pp. 1035–1044.
9. *Lyakso E., Frolova O., Grigorev A.* A Comparison of Acoustic Features of Speech of Typically Developing Children and Children with Autism Spectrum Disorders // *Lecture Notes in Computer Science*, 2016. — Vol. 9811. — pp. 43–50. — doi:10.1007/978-3-319-43958-7_4
10. *Lyakso E., Frolova O., Grigorev A. et al.* Reflection of the Emotional State in Verbal and Nonverbal Behavioral of Normally Developing Children and Children with

- Autism Spectrum Disorders // Proceedings of the 17th European Conference on Developmental Psychology (September 8–12, 2015, Braga, Portugal). — Medimond Publishing Company, 2016. — Pp. 93–98/
11. Ляксо Е.Е., Фролова О.В., Григорьев А.С. и др. Распознавание взрослыми эмоционального состояния типично развивающихся детей и детей с расстройствами аутистического спектра // Российский физиологический журнал им. И. М. Сеченова, 2016. — Т. 102. — № 6. — С. 729–741.
 12. Lyakso E., Frolova O., Grigorev A. Perception and Acoustic Features of Speech of Children with Autism Spectrum Disorders // Lecture Notes in Artificial Intelligence, 2017. — Vol. 10458. — pp. 602–612. doi:10.1007/978-3-319-66429-3_60
 13. Kent R.D., Vorperian H.K. Speech Impairment in Down Syndrome: A Review // Journal of Speech, Language, and Hearing Research, 2013. — Vol. 56. — № 1. — Pp. 178–210.
 14. Polišenská K., Kapalková S. Language profiles in children with Down Syndrome and children with Language Impairment: Implications for early intervention // Research in Developmental Disabilities, 2014. — Vol. 35. — № 2. — Pp. 373–382.
 15. Dodd B., Thompson L. Speech disorder in children with Down's syndrome // Journal of Intellectual Disability Research, 2001. — Vol. 45. — № 4. — Pp. 308–316.
 16. Sommers R. K, Reinhart R.W, Sistrunk D.A. Traditional articulation measures of Down syndrome speakers, ages 13–22 // Journal of Childhood Communication Disorders, 1988. — Vol. 12. — № 1. — Pp. 93–108.
 17. Sokol S.B., Fey M.E. Consonant and syllable complexity of toddlers with Down syndrome and mixed-aetiology developmental delays // International journal of speech-language pathology, 2013. — Vol. 15. — № 6. — Pp. 575–585. — URL: <http://dx.doi.org/10.3109/17549507.2013.781676>
 18. Moura C.P., Cunha L.M., Vilarinho H. et al. Voice parameters in children with Down syndrome // Journal of Voice, 2008. — Vol. 22. — № 6. — Pp. 34–42.
 19. Bunton K., Leddy M. An evaluation of articulatory working space area in vowel production of adults with Down syndrome // Clinical linguistics and phonetics, 2011. — Vol. 25. — № 4. — Pp. 321–334. — doi:10.3109/02699206.2010.535647
 20. Белоусова Е.Г., Кубасов А.В. Особенности устной речи детей с аутистическими расстройствами и с выраженной умственной отсталостью // Логопедические технологии в условиях инклюзивного обучения детей с нарушениями речи. Ч. 1. — Екатеринбург, 2013. — С. 40–45.
 21. Schopler E., Reichler R.J., DeVellis R.F. et al. Toward objective classification of childhood autism: Childhood Autism Rating Scale (CARS) // Journal of autism and developmental disorders, 1980. — Vol. 10. — № 1. — Pp. 91–103.
 22. Ляксо Е.Е., Григорьев А.С. Динамика длительности и частотных характеристик гласных на протяжении первых семи лет жизни детей // Российский физиологический журнал им. И.М. Сеченова, 2013. — Т. 99. — № 9. — С. 1097–1110.
 23. Roy N., Nissen S.L., Dromey C. et al. Articulatory changes in muscle tension dysphonia: Evidence of vowel space expansion following manual circumlaryngeal therapy // Journal of communication disorders, 2009. — Vol. 42. — № 2. — Pp. 124–135.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE VOICE AND SPEECH FEATURES OF CHILDREN TYPICALLY DEVELOPING, WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS, DOWN SYNDROME AND MENTAL RETARDATION

Elena E. Lyakso,

doctor of biological Sciences, Professor, Professor of the Department of internal Affairs and psychophysiology of the faculty of biology SPBU, head of the group for the study of children's speech



Olga V. Frolova,

candidate of biological Sciences, researcher of the Department of GNI and psychophysiology of biological faculty of St. Petersburg state University, group for the study of child language

Alexey S. Grigoriev ,

post-graduate student of the Department of internal Affairs and psychophysiology of the faculty of biology SPBU, group for the study of children's speech

Victor A. Gorodny ,

master's student of the Department of internal Affairs and psychophysiology of biological faculty St. Petersburg state U

Abstract

The goal of the study is to reveal the specific features of the voice and speech of children with autism spectrum disorders (ASD), Down syndrome (DS), mental retardation of varying severity (MR) compared to typical developing children (TD). The aim of the perceptual study is the review of listeners' (Russian native speakers, adults) recognition of words meaning, child age and gender on the base of speech samples. The spectrographic analysis of temporal and frequency features of child's vocalizations and words was included in speech analysis. The duration of utterances, words, stressed and unstressed vowels and their stationary parts; pitch values, pitch range of utterances and vowels; pitch, formant frequencies and their energy on the stationary part of vowels were estimated. The acoustic features of speech of children with Down syndrome, ASD, and MR vs. TD children were revealed.

Keywords: children's speech, spectrographic analysis, articulation index, autism spectrum disorders, Down syndrome, mental retardation