

И. В. Новикова, Е. Е. Ляксо

АКУСТИЧЕСКИЙ И ПЕРЦЕПТИВНЫЙ АНАЛИЗ РАННИХ ВОКАЛИЗАЦИЙ НОРМАЛЬНО РАЗВИВАЮЩИХСЯ МЛАДЕНЦЕВ И ДЕТЕЙ С ОТЯГОЩЕННЫМ АНАМНЕЗОМ

Введение. К настоящему времени положение о том, что речевое развитие является показателем общего психофизиологического статуса ребенка, является общепринятым. Первый год жизни ребенка, названный довербальным периодом развития, характеризуется последовательной сменой разных типов вокализаций, каковыми являются – рефлексорные фонации, гуление, лепет, предслова или квази-слова, первые слова [22]. Появление гуления в возрасте 1,5–2 месяцев отражает нормативный тренд развития ребенка. У детей с нарушением развития, или депривированных младенцев, возникновение гуления сдвигается на 2–3 месяца [3, 18]. Перинатальными повреждениями центральной нервной системы обусловлены многие особенности физической и интеллектуальной сфер развивающегося организма, сказывающиеся в дальнейшем на психическом и когнитивном развитии [18]. А.А. Баранов указывает [1] на возрастающую частоту перинатальных заболеваний у младенцев, достигающую на данный момент 15–20 % от общего числа заболеваний новорожденных. Поэтому в последнее время актуальным становится изучение вокализаций младенцев, имеющих в анамнезе различные нарушения центральной нервной системы.

Особый интерес представляют исследования, направленные на разработку методов оценки физиологического состояния детей, испытывших отрицательное воздействие в пренатальном и раннем постнатальном периодах, которое повлияло на последующее становление нервной системы по характеристикам их звуковых сигналов. По вокализациям ребенка можно судить о его состоянии. В частности, было показано, что, новорожденные, помещенные сразу после рождения вместе с мамой, плачут меньше по сравнению с младенцами, контактирующими с мамой только во время кормления [8]. Плач является одним из важнейших показателей общей активности и физиологической зрелости ребенка. Для здорового новорожденного характерен громкий, пронзительный крик [19]. В.А. Ковшиков указывает [7], что уже на 2-м месяце жизни крик ребенка позволяет матери распознать его состояние. Педиатрами [18, 19] описаны разные по звучанию типы плача при разных заболеваниях. Слабый крик отмечается при всех неврологических и соматических заболеваниях, сопровождающихся синдромом угнетения центральной нервной системы (ЦНС). Раздраженный крик характерен для всех неврологических и метаболических состояний, которые сопровождаются повышенной нервно-рефлекторной возбудимостью или повышением внутричерепного давления [19]. При декомпенсированной гидроцефалии и выраженном снижении мышечного тонуса крик-плач описывают как тихий, слабый, вялый, иногда «беззвучный»; короткий по продолжительности и без пауз; с признаками генерализации – общим напряжением, гиперемией лица и кожных покровов [5]. Для детей больных менингитом характерен монотонный крик, прерываемый при нарастании внутричерепного давления отдельными более резкими вскрикиваниями [19]. Монотонный крик ребенка может свидетельствовать о врожденной гидроцефалии и билирубинии. «Гнусавый» оттенок крик приобретает при поражении каудальной группы краниальных нервов или надъядерных волокон, снабжающих эти нервы [18]. В работах группы скандинавских ученых было показано, что на слух и по акустическим характеристикам различаются крики здоровых ново-

рожденных детей и детей с желтухой, асфиксией, синдромом Дауна [24]. Однако в ряде случаев взрослые затрудняются определить причину детского плача. Так, при наблюдении за детьми из Дома малютки, страдающими нарушением пищевого поведения в тяжелой форме, было выявлено отсутствие интонационной окрашенности их плача, не позволяющее персоналу определить его причину [4].

Разные исследователи используют различные методы анализа вокализаций детей – перцептивный [16], спектрографический [21, 24], автоматизированный компьютерный, основанный на анализе динамических спектрограмм [25]. Широко распространен метод слуховой идентификации плачей детей с церебральными нарушениями [16, 17]. В этих исследованиях выявлена [16] способность аудиторов воспринимать и описывать болевые крики детей набором перцептивно различительных признаков (хриплый, скрипучий, монотонный, сдавленный и т.д.). В специальном исследовании [17] проверяли способность аудиторов соотносить звуки в составе болевых криков детей с церебральными нарушениями разной этиологии и различной степени тяжести с соответствующими фонемами русского языка. Было показано наличие специфических особенностей в составе звуков и в значениях длительности болевых криков детей с разной тяжестью церебральных нарушений и типом ведущего двигательного дефекта. Определено, что выраженность таких признаков, каковыми являются наличие согласных в крике и/или включение в начало крика согласного или закрытого гласного, различна в вокализациях здоровых и больных детей.

Наши исследования проводятся в общем ключе выявления акустических признаков в звуковых сигналах детей, которые могли бы служить в качестве дополнительных методов оценки функционального и/или патологического состояния ребенка. На начальном этапе работы [9, 10] на основе экспресс-анализа вокализаций детей с нарушением ЦНС первых месяцев жизни, воспитывающихся в Доме ребенка, и домашних здоровых детей был выявлен ряд отличий. Экспресс-анализ состоял в оценке длительности вокализаций и пауз между ними, глубины амплитудной модуляции, частоты встречаемости сигналов с динамическими спектрограммами, характеризующимися деструктурированным распределением энергии. Было показано, что у младенцев с диагнозом перинатальная энцефалопатия (ПЭ) тяжелой и средней тяжести и полной материнской депривацией (ПМД) выявлены «мяукающие» и «скулящие» звуки, не встречающиеся в вокализациях здоровых младенцев. Показано, что вокализации младенцев с ПЭ тяжелой степени и ПМД характеризуются преобладанием слабо модулированных сигналов, по сравнению с данными, полученными на здоровых детях. Выявлено, что частота встречаемости сигналов с деструктурированным распределением энергии (т.е. с шумовыми включениями) в плаче и спокойных «неконтактных» вокализациях достоверно выше у детей из Дома малютки с тяжелой формой ПЭ по сравнению с данными для здоровых детей такого же возраста, воспитывающихся в домашних условиях.

Цель настоящей работы – более детальный анализ акустических характеристик: типов динамических спектрограмм, значений спектральных максимумов (амплитудных и частотных). В качестве рабочей гипотезы проверяется положение о существовании отличий в типах динамических спектрограмм и значениях формантных частот в звуковых сигналах здоровых детей и детей с ЭП и ПМД. Задачи исследования: 1) выявление возможности описания в терминах гласных русского языка вокализаций детей с диагнозом ПЭ; определение возможности распознавания аудиторами характера плача детей с диагнозом ПЭ и воспитывающихся в условиях ПМД; 2) описание акустических характеристик звуковых сигналов детей с ЭП и ПМД и сравнение их с соответствующими характеристиками вокализаций домашних здоровых детей.

Методика. Проведена регистрация вокализаций пяти младенцев, живущих в домашних условиях, в возрасте 1 и 3 месяца. По данным неонатологов и анкетированию по КИД-шкале все дети развивались в соответствии с нормативными показателями. Осуществлена запись звуковых сигналов пяти

детей в возрасте от 1 месяца 5 дней до 1 месяца 22 дней ($1,1 \pm 0,06$ месяца) с диагнозом ПЭ средней степени тяжести и пяти детей в возрасте от 2 месяцев 22 дней до 3 месяцев 10 дней ($2,7 \pm 0,5$ месяцев) с диагнозом ПЭ тяжелой степени, воспитывающихся в Доме малютки № 10 Санкт-Петербурга. Неврологический статус детей определялся в роддоме детским невропатологом в момент рождения младенца и был подтвержден детским невропатологом во время записи вокализаций.

Запись звуковых сигналов домашних детей проводили в домашних условиях в разных ситуациях взаимодействия – ребенка с мамой и без нее. Для дальнейшего анализа в данной работе были выбраны сигналы детей вне ситуации взаимодействия с мамой. При записи больных детей с ПМД невозможно было четко выбрать временной интервал записи, поэтому регистрацию проводили, когда младенцы плакали. Запись звуковых сигналов детей проводили на магнитофоны «Pioneer CT-W704RS», «Marantz PMD222» с выносными микрофонами «SENNHEIZER e835S» МД-59. Микрофон во времени записи находился на расстоянии 15–20 см от лица ребенка. Запись сигналов производилась на аудиокассеты «Sony», «Maxell».

Для анализа длительности сигналов и их спектральных характеристик использовали специализированную программу «COOL EDIT PRO» (Synttrillium Soft. Corp., USA). Учитывали типы динамических спектрограмм и частоту их встречаемости в вокализациях детей. Анализировали спектральные характеристики и длительность гласноподобных звуков: измеряли значения частоты основного тона (F0), формантных частот (F1, F2, F3), амплитуд соответствующих формант. Строили графики расположения F1 и F2 на двухформантной плоскости в координатах F1 (по горизонтальной оси) F2 (по вертикальной оси). В качестве дополнительных признаков использовали отношение между наиболее энергетически выраженными спектральными максимумами [3, 11]. Учитывали частоту встречаемости согласноподобных звуков в вокализациях детей. Все измерения и описания звуковых сигналов заносились в таблицы в программе Access. Перцептивный анализ детских вокализаций осуществлялся путем прослушивания аудиторами тестовых последовательностей и заполнения специально разработанных анкет. В основу перцептивного анализа теста был положен принцип, разработанный ранее при анализе звуковых сигналов здоровых младенцев [12]. Тест состоял из последовательностей 41 сигнала, произвольным образом выбранных из непрерывных записей четырех младенцев, в возрасте от 1 месяца 5 дней до 1 месяца 22 дней. Каждый однородный сигнал повторялся 3 раза через промежуток времени 4 с, интервал между разными сигналами составлял 13 с. Аудиторы (табл. 1) распределялись на две группы: первую группу ($n = 4$) составили аудиторы, условно названные – специалисты, имеющие опыт работы не менее пяти лет по обработке звуковых сигналов детей, вторую группу ($n = 30$) составили аудиторы, условно названные – неспециалисты, имеющие бытовой опыт общения с детьми или без опыта. Перед аудиторами стояло две задачи: 1) прослушать звуковые сигналы детей и охарактеризовать их по следующим параметрам: описать слышимый звук с помощью букв русского алфавита (эта инструкция давалась 34 аудиторам), 2) дать характеристику сигналов произвольным образом (без инструкции) и оценку возможного состояния ребенка (тест прослушивали 15 аудиторов-неспециалистов); дать характеристику сигнала на основе полученной ими инструкции. На выбор давалось девять типов плача, при выборе использовалась как разработанная ранее классификация [16], так и собственная: 1) мяуканье/вяканье, 2) карканье, 3) скрипение, 4) скуление, 5) кряхтение; крики: 6) дребезжащий, 7) однотонный, 8) двойной, 9) сдвоенный. Тест прослушивали неспециалисты ($n = 15$) и аудиторы-специалисты ($n = 4$).

Контрольный тест содержал 40 сигналов выбранных произвольным образом из плача четырех здоровых домашних младенцев в возрасте одного месяца. Организация теста была аналогична описанной выше. Аудиторам ($n = 10$, см. табл. 1) давалась инструкция записать в анкету буквами русского алфавита, слышимые в вокализациях детей звуки; описать сигналы на основе инструкции; вписать в графу анкеты «Примечание» – предполагаемое состояние ребенка. Статистический анализ данных проводили в программах Excel и пакете статистических программ ANOVA по непараметрическим критериям.

Результаты и обсуждения. Основной акцент в работе сделан на исследование вокализаций детей первого месяца жизни, воспитывающихся в условиях ПМД и имеющими в анамнезе – диагноз ЭП в связи с тем, что диагностика перинатальных заболеваний у новорожденных детей, как правило, затруднена и требует дополнительных исследований.

Таблица 1. Информация об аудиторах

Количество аудиторов		
	34	10
	Тест по детям с перинатальной энцефалопатией	Тест по здоровым детям
Возраст (год)		
Женщины	19–43	20–31
Мужчины	20–35	18–24
Опыт взаимодействия с детьми		
Специалисты	4	—
Бытовой опыт	11	4
Без опыта	19	6
Образование		
Высшее	16	1
Н/высшее	15	9
Среднее	3	—
Пол		
Женщины	17	5
Мужчины	17	5
Наличие детей		
Женщины	5	1
Мужчины	6	—

Примечание. «—» означает отсутствие описания для данной строки (то же для таблиц 2, 3, 4).

1. Данные перцептивного анализа

Оценка возможности описания звуков, слышимых в вокализациях детей с ЭП, с помощью букв русского языка. На основе анализа анкет, заполненных аудиторами, показано, что в звуковых сигналах детей, аудиторы выделяли звуки, содержащие один гласный [а] или [э] и их комбинации [аэ], [уа], [эя], [кха], [ува], а также гласноподобные [ы] и [я] в сочетаниях с другими звуками [вя], [ня], [уя], [аоы]. В таблице (табл. 2) представлены гласные и согласные звуки, выделяемые каждой группой аудиторов в тестах (даже, если сигнал описывал один аудитор) детей с ЭП и ПМД и домашних здоровых детей. Все аудиторы во всех тестах с высокой вероятностью выделяли в вокализациях детей гласноподобные [а] и [э]. При описании звуков в тесте больных детей выявлено большое расхождение между аудиторами-специалистами и неспециалистами в интерпретации звука [у]. В целом аудиторами-специалистами выделен меньший набор гласных. При описании согласных звуков специалистами в сигналах детей с ЭП и ПМД выделяли только четыре типа согласных в сигналах, звучащих как [вя], [ня], [кха] преимущественно в сигналах двух детей (Д. и Н.). Аудиторы-неспециалисты описывали звуки этих младенцев большим количеством различных согласных (см. табл. 2), встречающихся с высокой вероятностью. Следует отметить, что аудиторы-неспециалисты выделяли согласные звуки в плаче здоровых домашних детей, однако их частота встречаемости была ниже, чем при описании вокализаций больных детей. Значимым отличием при описании аудиторами вокализаций детей с ЭП и ПМД является большое количество звуков, которые аудиторы не смогли описать с помощью букв русского алфавита. Все звуковые сигналы здоровых детей, содержащиеся в тесте, были описаны аудиторами. С вероятностью более 75% аудиторами выделялись только гласноподобные звуки [а], [э], [у] (рис. 1).

Таблица 2. Гласные и согласные звуки, выделенные аудиторами в сигналах (%)

Звуки	Дети с перинатальной энцефалопатией		Здоровые дети
	Аудиторы (n = 4)	Аудиторы (n = 30)	Аудиторы (n = 10)
Гласные			
[а]	95	100	100
[у]	34	90	90
[э]	100	98	95
[я]	31	88	75
[о]	—	17	28
[ы]	37	73	50
[ю]	—	2	—
[и]	—	68	68
Согласные			
[р]	—	32	25
[с]	—	2	—
[к]	2	66	40
[л]	—	15	—
[п]	—	22	—
[х]	12	93	50
[м]	—	80	53
[ф]	—	20	—
[г]	—	76	18
[в]	10	80	33
[н]	20	51	15
[й]	—	32	60
Невозможность описания			
Все звуки	37	83	—

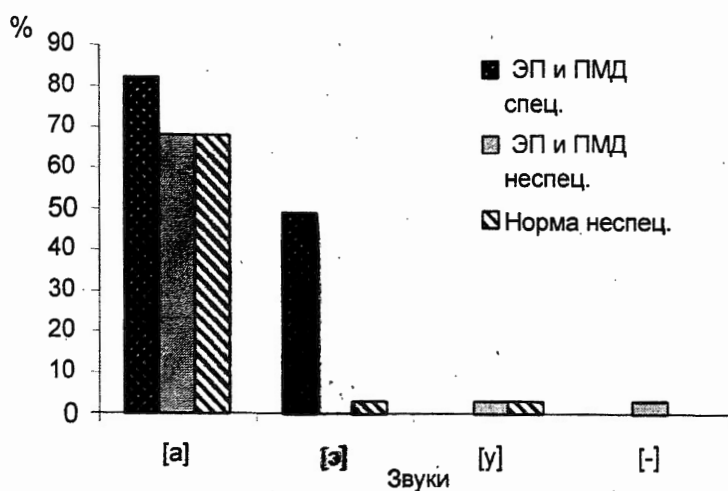


Рис. 1. Количество звуков (%), выделяемых аудиторами в тестах детей с вероятностью более 75%.

Полученные данные согласуются с результатами других исследований [17], указывающими на преобладание гласноподобных звуков [а], [э] и [у] в вокализациях новорожденных с диагнозом ЭП. Существенно, что аудиторы такие же гласноподобные звуки выделяли с высокой вероятностью и в плаче здоровых детей. Это, по-видимому, может косвенно свидетельствовать о недостаточности только этого признака при описании вокализаций больных и здоровых детей. Наиболее значимым признаком явилась высокая частота встречаемости согласноподобных звуков у детей с ЭП и ПМД, что отмечено и другими исследователями [16, 17].

Описание вокализаций детей аудиторами без инструкции. Все аудиторы ($n = 15$) описывали сигналы детей, как сигналы дискомфорта, используя следующую терминологию: испуганные (38%), недовольные (87%), обиженные (38%), некоторые звуки описывали как мяукающие/вякающие (47%), болевые (47%). В случаях, когда невозможно было дать характеристику сигнала, аудиторы соотносили сигналы ребенка со звуками, встречающимися в повседневной жизни (например: скрип тормозов, птичий крик) – 29%. Несмотря на определение звуков как дискомфортных, в целом аудиторы затруднялись в оценке состояния ребенка. Они отмечали, что прослушивание теста вызвало у них неприятные ощущения. С большей вероятностью аудиторы определяли недовольные, хриплые, требовательные звуки. В таких терминах аудиторами (с вероятностью 65–87%) было описано 4 звуковых сигнала ребенка (Д.) и 2 вокализации другого ребенка (Н.) – 71%. С вероятностью более 25% аудиторы описывали звуки детей (Н.– $n = 5$ сигн.; В.– $n = 1$ сигн.), как мяукающие; как болевые (Н.– $n = 2$ сигн.; Нас.– $n = 5$ сигн.; Д.– $n = 1$ сигн.). Последующий инструментальный анализ показал, что выделенные аудиторами сигналы характеризуются следующими типами динамических спектрограмм (табл. 3).

Таблица 3. Типы динамических спектрограмм в звуковых сигналах детей с ЭП и ПМД, выделенных аудиторами-неспециалистами при прослушивании теста без инструкции с вероятностью более 25%

Тип спектра	Мяуканье	Недовольный	Болевой	Обиженный
2	20	5	18	10
2+5	46	25	34	29
2+11	—	6	—	3
2+12	7	10	3	5
3	—	—	—	—
3+5	7	2	—	3
3+11	—	—	—	2
4	—	9	8	—
4+12	—	—	3	3
5	—	6	3	8
5+6	7	4	3	2
6	—	—	3	5
6+12	—	1	—	—
11	13	13	18	15
12	—	16	7	15
11+12	—	3	—	—

Описание вокализаций аудиторами с инструкцией. При прослушивании теста с инструкцией аудиторами-неспециалистами с вероятностью больше 75% звуковые сигналы (Н.) были отнесены к мяукающим/вякающим, а плач охарактеризован как монотонный. На основе перцептивного анализа показано, что все эти звуковые сигналы начинались с гласного [у], за

которым следовал гласный [а], в одном случае – [э]. Анализ динамических спектрограмм этих сигналов выявил наличие в них фрагментов с деструктурированным распределением энергии внутри частотного диапазона (тип спектра 5) и четко выраженные шумовые фрагменты (тип спектра 11). Клинические исследования показали [2, 13], что данные типы звуков могут служить характеристикой неврологического заболевания ребенка. Плач ребенка (Д.) охарактеризован аудиторами-неспециалистами как слабый, скрипучий – с вероятностью более 60%, специалистами – с вероятностью более 75%. Звуковые сигналы этих детей содержали гласные звуки в сочетании с согласными [ува], [мау], [кхуа]. Описание сигналов остальных детей характеризовалось большим набором типов плача в пределах инструкции.

В других исследованиях показано [21], что «шумовые» спектры могут характеризовать сигналы боли или вокализации детей с патологией дыхательных путей или кардиопатологией [21], а также являться показателем стрессорного состояния ребенка [25].

Аудиторами-специалистами звуковые сигналы детей (Д. и Н.) были отнесены к скрипучим (Д.) и мяукающим (Н.). Описание звучания вокализаций детей (Нас. и В.) не имело четко-го определения и характеризовалось по-разному. Несмотря на то, что в ряде случаев специалисты и неспециалисты относили к одной категории разные сигналы, инструментальный анализ этих сигналов показал наличие в них сходных типов динамических спектрограмм (табл. 4).

Таблица 4. Типы динамических спектрограмм в звуковых сигналах детей с ЭП, выделенных аудиторами при прослушивании теста с инструкцией с вероятностью более 75%

Тип спектра	Мяуканье		Карканье		Скрипение		Скуление		Дребезжащий		Двойной крик	
	Спец.	Неспециал.	Спец.	Неспециал.	Спец.	Неспециал.	Спец.	Неспециал.	Спец.	Неспециал.	Спец.	Неспециал.
2	14	23	16	–	9	–	–	–	13	–	–	–
2+5	39	23	16	–	9	–	–	–	25	–	–	–
2+6	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2+11	6	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2+12	6	–	34	–	9	–	–	–	12	–	66	–
3	2	4	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3+5	–	–	–	–	–	–	50	–	–	–	–	–
3+11	3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
3+12	2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
5	3	26	–	–	9	–	–	–	25	–	–	–
5+6	–	–	–	–	–	–	50	–	–	–	–	–
6+12	–	–	–	–	3	–	–	–	–	–	–	–
11	14	20	–	–	22	–	–	–	25	–	34	–
12	6	–	34	–	30	–	–	–	–	–	–	–
11+12	2	–	–	–	9	–	–	–	–	–	–	–

При анализе сигналов здоровых детей, несмотря на то что фрагменты были выбраны из плача, аудиторы пытались указать на физиологическое состояние ребенка, например: «мок-рый», «голодный», но не как болевой и хриплый/скрипучий. Однако с недостоверной вероят-ностью аудиторы выделяли каркающие, вякающие, скулящие звуки. Только один сигнал с ве-роятностью 90% аудиторы описали как кряхтение.

2. Данные инструментального анализа.

Проанализировано 268 сигналов (1100 фрагментов) домашних здоровых детей в возрасте одного месяца; 442 сигнала (1906 фрагментов) месячных детей с ЭП и ПМД; 254 сигнала (948 фрагментов) здоровых трехмесячных детей, воспитывающихся в домашних условиях; 470 сигналов (1352 фрагмента) детей в возрасте трех месяцев с ЭП и ПМД.

Значения частоты основного тона для гласноподобных звуков детей первого месяца жизни составили: для домашних здоровых младенцев – 434 ± 107 (334–840) Гц в плаче, 320 ± 215 (268–621) Гц – в спокойных неконтактных сигналах; для младенцев с ЭП и ПМД – 540 ± 211 (206–1132) Гц в плаче, 521 ± 162 (307–874) Гц в недискомфортных сигналах. Значения F0 в вокализациях больных депривированных детей выше в плаче (на уровне тенденции) и в недискомфортных звуках ($p < 0,05$) по сравнению с этими значениями в вокализациях домашних здоровых младенцев. Для гласноподобных звуков трехмесячных детей значения F0 составили: для здоровых детей – 437 ± 113 (215–1091) Гц – плаче, 342 ± 161 (250–740) Гц – в неконтактных сигналах; для детей с ЭП и ПМД – 497 ± 100 (340–890) Гц – в плаче, 344 ± 126 (310–620) Гц – в недискомфортных звуках. По значениям частоты основного тона гласноподобных звуков трехмесячные младенцы больные и здоровые не различались. Однако вокализации депривированных больных детей названы недискомфортными условно на основе критерия длительности вокализации и паузы между сигналами [10]. У детей длительность пауз между спокойными вокализациями превышала длительность фонаций и длительность пауз между отдельными сигналами в плаче. Паузы в звуковых последовательностях младенцев с тяжелой формой ПЭ были наиболее длительными, (1872 ± 1024 мс). Высокие значения частоты основного тона в целом свойственны вокализациям детей первого года жизни [8, 11, 12]. Выявленные в настоящей работе данные о более высоких значениях F0 в звуковых сигналах детей с ЭП и ПМД можно сопоставить с данными, указывающими на высокие значения частоты основного тона в вокализациях детей с различными заболеваниями. По данным К. Михельсон [23], максимальный пик частоты основного тона в вокализациях ребенка, страдающего кислородным голоданием в возрасте от 0 до 3 дней, составил 1320 Гц, при минимальных значениях 640 Гц. В вокализациях ребенка, больного бактериальным менингитом, минимальные значения F0 составили 560 Гц. В работах других исследователей [24] показано, что в звуковых сигналах младенцев с диагнозом гипербилирубинемия в возрасте от 0 до 15 дней максимальные значения частоты основного тона в среднем составляют 2120 Гц, минимальные – 960 Гц. Следует также учитывать и фактор материнской депривации для обследованных нами детей, который оказывает замедление общего развития ребенка и приводит в сочетании с фактором заболевания к отставанию в становлении вокализаций [6, 13, 20].

Анализ значений двух первых формант гласноподобных звуков и расположение средних значений на двухформантной плоскости (в координатах F1, F2) позволил выявить различия в этих характеристиках звуков для здоровых домашних детей и депривированных младенцев с диагнозом ЭП (см. рис. 2). Частоты формант гласноподобных звуков детей с ЭП и ПМД на двухформантной области сдвинуты в более высокочастотную область (рис. 2, II, 2, IV) по сравнению с областью расположения соответствующих значений гласноподобных звуков из вокализаций домашних детей (рис. 2, I, 2, III). Выявлены значимые различия между характеристиками звуков домашних детей и детей с ЭП и ПМД: в значениях F1 для гласноподобного [и] ($p < 0,05$) для звуков младенцев месячного возраста, в значениях F1 и F2 ($p < 0,05$) для звуков трехмесячных детей. Показаны более высокие (на уровне тенденции ($p < 0,07$)) значения второй форманты гласноподобного [у] в вокализациях месячных детей с ЭП и ПМД по сравнению с данными для домашних здоровых детей. Достоверные различия в значениях F2 показаны для гласноподобного [е] трехмесячных детей. Следует также отметить, что у депривированных детей с ЭП отсутствовали гласноподобные звуки, интерпретируемые как [о].

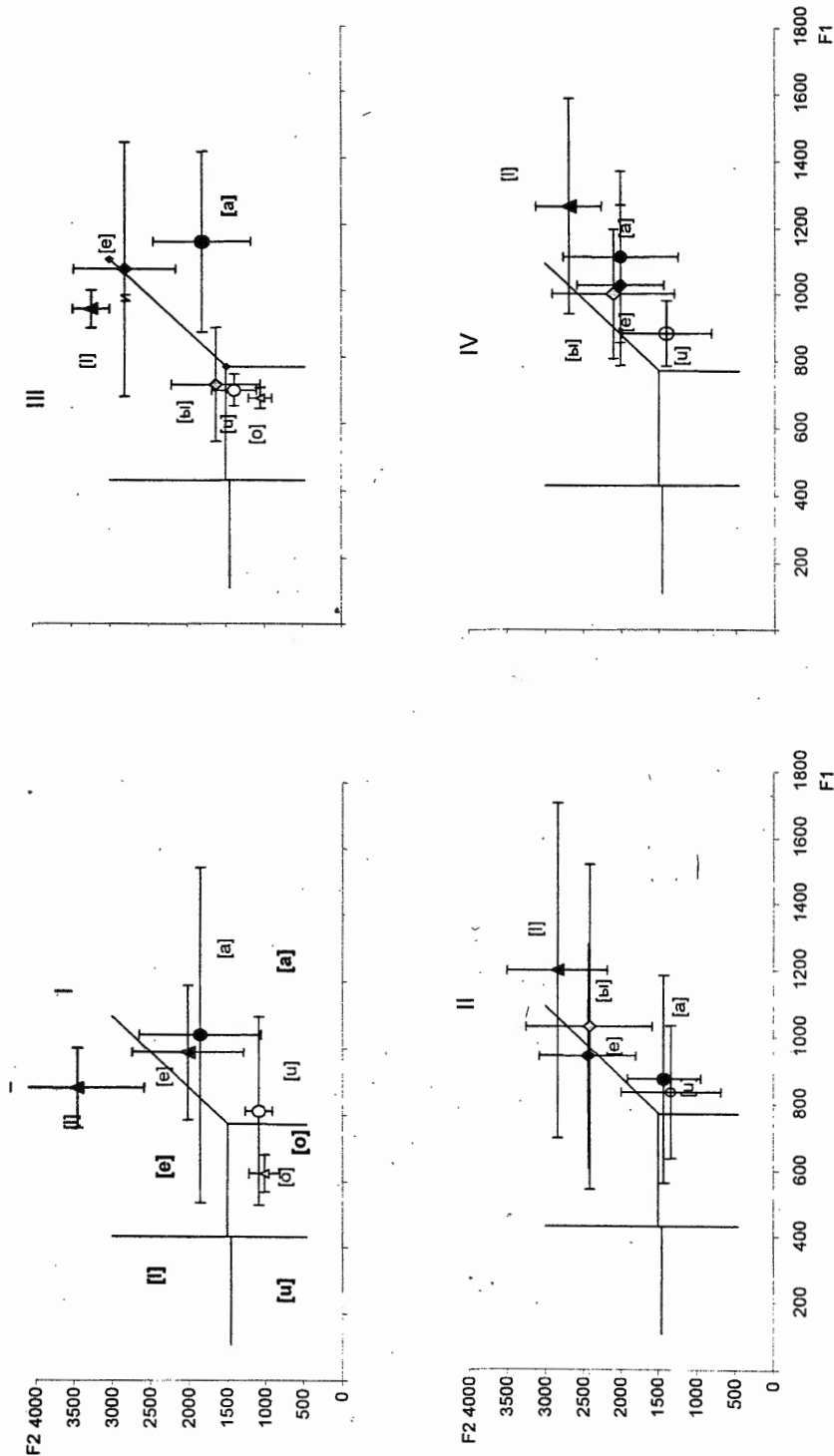


Рис. 2. Значения двух первых формант гласноподобных звуков детей на двухформантной плоскости.
 I – данные для домашних детей первого месяца жизни, II – данные для месячных детей с ЭП и ПМД, III – данные для домашних детей третьего месяца жизни, IV – данные для трехмесячных детей с ЭП и ПМД.

На двухформантной плоскости отмечены фонемные границы между гласными взрослой речи (по данным [12, 13]). Горизонтальные линии – значения стандартного отклонения для F1, вертикальные линии – значения стандартного отклонения для F2.

Аудиторами были выявлены различия в определении звучания сигналов детей с ЭП и ПМД. Поэтому нами были рассмотрены значения формантных частот на стационарном участке динамического спектра для гласного [а] (рис. 3) в разных типах звуков, выделенных аудиторами. Выбор гласноподобного [а] обусловлен наибольшей частотой встречаемости этого звука в

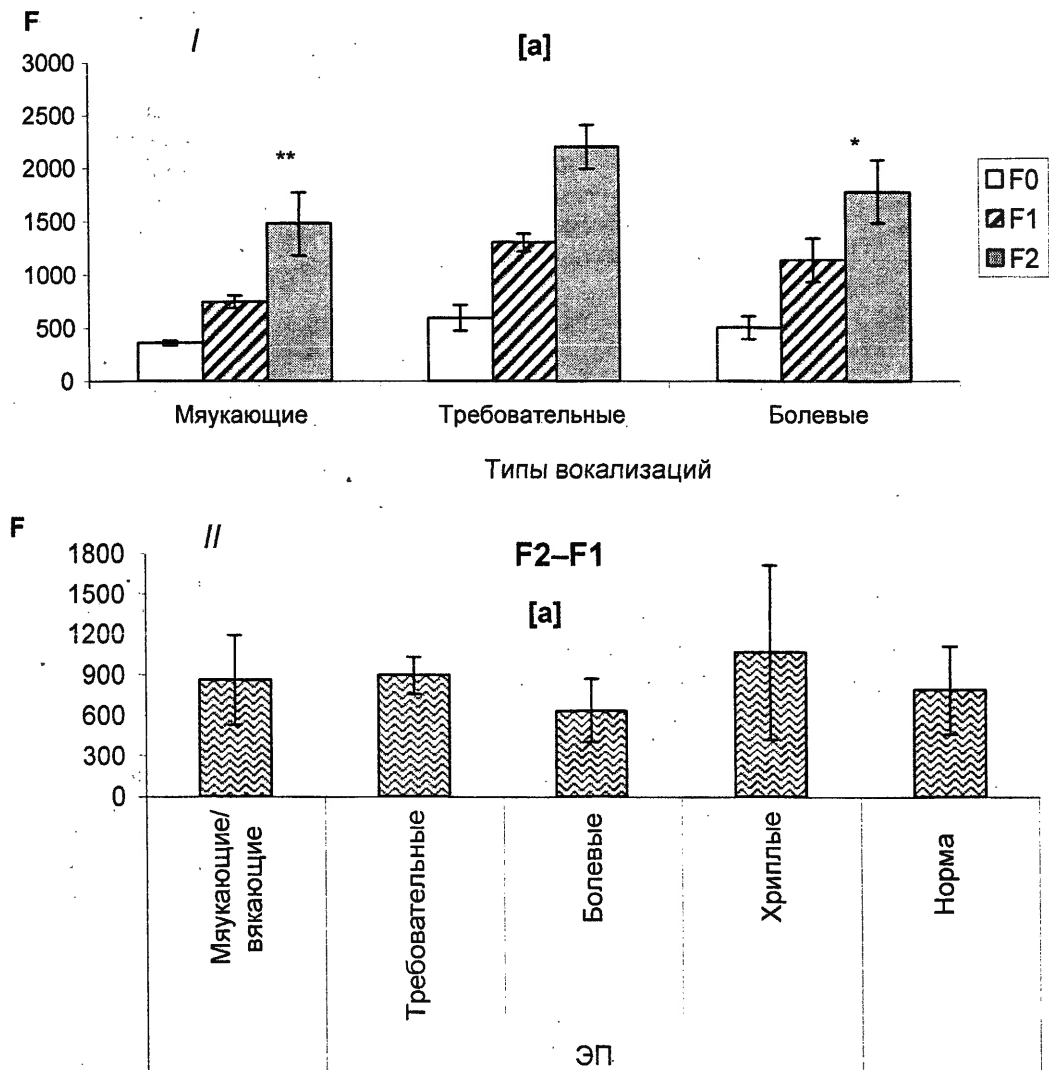


Рис. 3. Частотные характеристики гласноподобного [а] (на стационарном участке динамического спектра) в разных типах звуковых сигналов, отнесенных аудиторами к соответствующим категориям, и сигналах плача здоровых домашних детей (норма).

I – гистограммы средних значений частоты основного тона (F0) и двух первых формант (F1, F2) для разных типов вокализаций. II – гистограммы средних значений разности между второй и первой формантой (F2-F1) для гласноподобного [а] из разных типов сигналов. Вертикальными линиями на гистограммах (рис. 2, I и 2, II) указаны значения стандартного отклонения. Достоверность различий по критерию Манна – Уитни при: * $p < 0,05$; ** $p < 0,001$.

анализируемых типах сигналов. Выявлены достоверные различия ($p < 0,001$) в значениях второй форманты гласноподобного [а] в сигналах, интерпретируемых аудитором как требовательные. Значения второй форманты для [а] гласноподобного значимо выше ($p < 0,05$) в требовательных сигналах и по сравнению с сигналами, описываемых аудитором в качестве болевых (рис. 3, I). В звуковых сигналах, определяемых аудитором как хриплые значения частоты основного тона составляют 520 ± 55 Гц, значения формант определяются не во всех сигналах (35%), а имеет место распределение частот в полосе от 800 до 1500 Гц (т.е. наблюдается как бы слияние двух формант), либо шумовой фрагмент охватывает диапазон частот 750–3500 Гц. При анализе гласноподобных звуков детей первого года жизни было показано, что значения разности между формантами могут являться одной из характеристик, применяемых при описании данного гласноподобного звука [3, 11]. Этот признак был использован и для выявления возможных различий между характеристиками формант гласноподобного [а] в разных типах сигналов (рис. 3, II). Значимых различий между разными типами звуков в плаче больных детей с ПМД, а также нормой, т.е. для домашних здоровых детей на основе данного признака, не выявлено.

Более информативной характеристикой при описании сигналов разных типов явились значения амплитуд формант (рис. 4). Показано, что мяукающие/вякающие и требовательные звуки отличаются от звуковых сигналов, интерпретируемых как болевые, по выраженности амплитуды второй форманты. В болевых сигналах значения амплитуды второй форманты превышают значение амплитуды частоты основного тона, а в мяукающих и требовательных – эти значения меньше значения амплитуды частоты основного тона (см. рис. 4). При анализе амплитудных характеристик гласноподобных звуков нормально развивающихся детей на протяжении первого года жизни было высказано предположение [11], что звуки, генерируемые в состоянии эмоционального возбуждения независимо от знака эмоции, характеризуются высоким уровнем интенсивности формант, значимых для определения данного гласноподобного звука, что обуславливает контрастность профиля расположения спектральных максимумов. Спокойно произносимые звуки имеют более сглаженный профиль расположения спектральных максимумов. Данные, полученные в ходе настоящего исследования, подтверждают результаты, рассматриваемые в качестве предварительных.

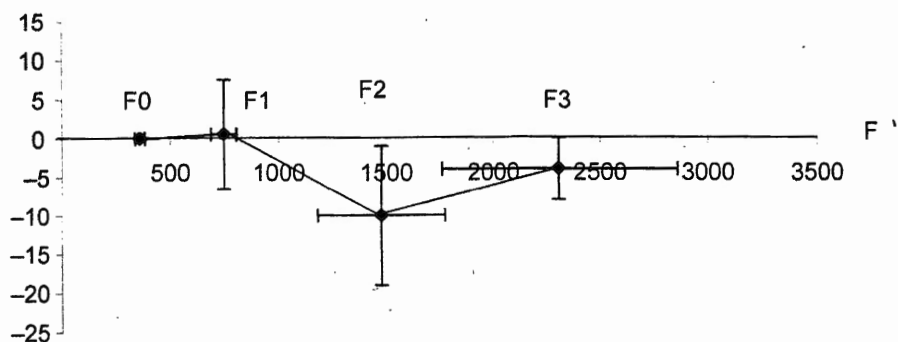
Таким образом, представленные данные указывают на возможность использования инструментального анализа звуков не только для определения различий между вокализациями здоровых детей и детей с отягощенным анамнезом, но и для определения различий между разными типами вокализаций.

Выводы. 1. Показана возможность описания в терминах гласных русского языка вокализаций детей с диагнозом ПЭ и ПМД. Выявлено отсутствие значимых различий в частоте встречаемости гласноподобных звуков в вокализациях домашних здоровых детей и депривированных детей с диагнозом ЭП по данным аудиторского анализа. Согласноподобные звуки выделены в вокализациях детей с ЭП и ПМД и домашних здоровых детей. Однако показано большее количество согласноподобных звуков в вокализациях детей с ЭП и ПМД по сравнению с данными для домашних здоровых детей по результатам аудиторского анализа. **2.** Определена возможность распознавания аудитором характера плача детей с диагнозом ПЭ и воспитывающихся в условиях ПМД. **3.** Выявлены различия в значениях формантных частот гласноподобных звуков детей с ЭП и ПМД и соответствующих характеристик вокализаций домашних здоровых детей. **4.** Показано, что частотные и амплитудные значения второй форманты гласноподобного звука [а] значимо различаются в звуковых сигналах детей с ЭП и ПМД, интерпретируемых аудитором как разные типы дискомфортных вокализаций.

Авторы приносят искреннюю благодарность заведующему и врачам-невропатологам Дома ребенка № 10 за предоставленную возможность работы, а также родителям и их детям контрольной группы и аудиторам.

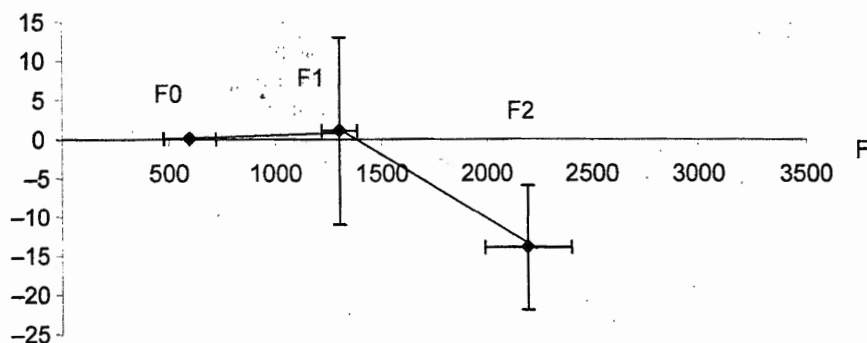
En/E0

Мяукающие/вякающие звуки



En/E0

Требовательные сигналы



En/E0

Болевые сигналы

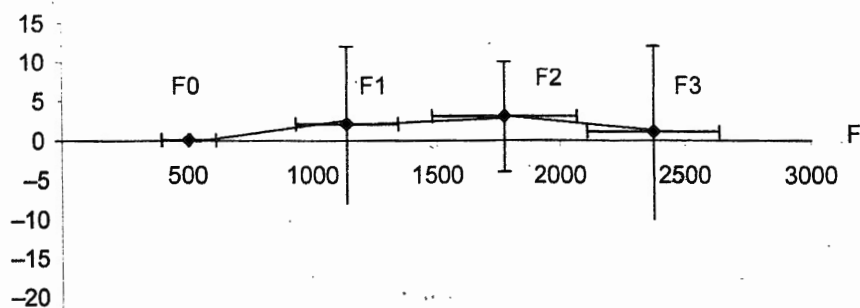


Рис. 4. Значения амплитуд частоты основного тона и формант, нормированные по отношению к значениям амплитуды частоты основного тона, для гласноподобного [а] на стационарном участке спектра в разных типах сигналов, выявленных аудитором.

По оси абсцисс – частотные характеристики (F), по оси ординат – относительные значения амплитуд формант по отношению к значению амплитуды частоты основного тона (E_n/E_0).

Summary

Novikova I.V., Lyakso E. E. Acoustic and perception analysis vocalizations of normally development infants and vocalizations of orphans with neuro pathological.

Temporal and spectral characteristics of vocalizations of orphans with neuro pathological and vocalizations of normally developed infants at home during the first three months of life were analyzed.

More consonant-like sounds are found in vocalizations of risk-group infants versus normally developed infants vocalizations. The differences in formants and amplitude values in vowel-like sounds in cry by normally developed babies and by risk-group infants were revealed. Auditors are able to define the types of cry of orphans with neuro pathological based on listening to infants' vocal signals. The introduced data specify the possibility of using the instrumental analysis of sounds not only for the definition of differences between vocalizations of normally developed healthy infants and infants with burdened anamnesis, but also for the definition of differences between different types of cry.

Литература

1. Баранов А.А. Государственный доклад о состоянии здоровья населения Российской Федерации 1993 г. // Здравоохран. РФ. 1995. С.3–6.
2. Вильсон Д. Нарушение голоса у детей. М., 1990. 3.
- Галунов В.И., Ляксо Е.Е. Формирование акустического образа звуковых сигналов на ранних этапах развития // Труды XI сессия РАФ. Акустика речи и биологическая акустика. 2001. Т.3. С.20–24.
4. Гречаный С.В. Нарушения предречевого поведения у младенцев в условиях полной материнской депривации: Автореф. канд. дис. СПб., 1998. 11с.
5. Гречаный С.В., Микиртумов Б.Е. Типология невербального поведения младенцев в условиях материнской депривации // Тез. докл. и сообщ. IV Междун. конф. «Ребенок в современном мире». СПб., 1997. С.172–175.
6. Журба Л.Т., Мастюкова Е.М. Нарушения психомоторного развития детей первого года жизни. М., 1981.
7. Ковшиков В.А. Генезис семантических функций звуковой коммуникационной системы у детей в довербальный период усвоения языка // Труды семинара. Семиодинамика. 1994. С.34–41.
8. Ляксо Е.Е. Характеристика невербальных вокализаций младенцев на ранних этапах «доречевого» периода развития // Новости оторинолар. и логопатол. 1998. № 4 (16). С.23–31.
9. Ляксо Е.Е. Сравнительный анализ звуковых сигналов здоровых «домашних» детей и детей из Дома Малютки с диагнозом перинатальная энцефалопатия // Психофизиологические основы социальной адаптации ребенка. СПб., 1999. С.67–74.
10. Ляксо Е.Е., Новикова И.В. К вопросу об оценке состояния ребенка по характеристикам его звуковых сигналов. // Новости оторинолар. и логопатол. (приложение № 1 1999 г.) Расстройства речи. 1999. С.111–125.
11. Ляксо Е.Е. Характеристики гласноподобных звуков детей в течение первого года жизни // Труды X сессии Российской акустического общества. Т. 2. Акустика речи. Медицинская и биологическая акустика. Атмосферная акустика. 2000. С.261–264.
12. Ляксо Е.Е., Петрикова Н.А., Челибанова О.В., Остроухов А.А., Разумихин Д.В. Звуки русских детей первого года жизни и их восприятие взрослыми // Детская речь: психолингвистические исследования. / Под ред. Т.Н. Ушакова, Н.В. Уфимцева. М., 2001. С.65–87.
13. Мастюкова Е.М. Основные формы двигательных, речевых и интеллектуальных нарушений у детей с перинатальным поражением мозга // Дефектология. 1977. № 5. С.33–37.
14. Слепокурова Н.А. О положении фонемной границы между гласными [i]–[e], [ü]–[ö] и [u]–[o] // Анализ речевых сигналов человеком. Проблемы физиологической акустики. Т. 7. Л., 1971. С. 136–138.
15. Слепокурова Н.А. О процедуре распознавания стационарных гласных // Сенсорные системы. Вопросы теории и методов исследования восприятия речевых сигналов. Вып.3. Л., 1972. С. 156–168.
16. Столярова Э.И. О возможности дифференциальной оценки болевых вокализаций при слуховом анализе // Сенсорные системы. 1998. Т.12, № 3. С.303–311.
17. Столярова Э.И. Слуховая идентификация болевых криков детей раннего возраста с нарушением центральной нервной системы взрослыми // Детская речь: психолингвистические исследования / Под ред. Т.Н. Ушакова, Н.В. Уфимцева. М., 2001. С.157–174.
18. Пальчик А.Б. Эволюционная неврология. СПб., 2002.
19. Тур А.Ф. Пропедевтика детских болезней. М., 1955.
20. Якунин Ю.А., Ямпольская Э.И., Киприс С.Л., и др. Болезни нервной системы у

новорожденных и детей раннего возраста. М., 1979. С.62–68. 21. *Kaskinen H. and Michelsson K.* Voces amicorum Sovijarvi. Helsinki, 1982. 22. *Koopmans-van Beinum, van der Stelt J.M.* Early stages in the development of speech movement in precursors of early speech / Ed. by B. Lindblom and R. Zetterstrom. Stockton; New-York, 1986. 23. *Michelsson K., Raes J., Thoden C.-J.* Sound spectrographic cry analysis in neonatal diagnostics. An evaluative study // J. Phonetics. 1982. Vol.10. P.79–88. 24. *Wasz-Hocert O., Partanen T., Vuorenkoski V.* Effect of training on ability to identify preverbal vocalization // Develop. Med. and Child Neurol. 1964. Vol.6, N4. P.393. 25. *Xie Q., Ward R.K., Laszlo C.A.* Automatic assessment of infants' levels-of-distress from the cry signals // IEEE Trans. on Speech and Audio Proc. 1996. Vol.4, N4. P. 253–265.

Статья поступила в редакцию 14 декабря 2003 г.