

*М. И. Павликова, Е. Е. Ляксо*

## ОЦЕНКА МЕЛОДИЧЕСКОГО КОНТУРА В ВОКАЛИЗАЦИЯХ ДЕТЕЙ ВТОРОГО ПОЛУГОДИЯ ЖИЗНИ

Вокализации младенцев первого года жизни отличаются по длительности, интенсивности, спектральному составу, поэтому для их характеристики используют различные акустические параметры. Наиболее изученными являются спектральные и временные характеристики вокализаций младенцев, развивающихся в разных языковых средах [1, 2]. В ряде работ выделены типы динамических спектров [3, 4] и осуществлена попытка сопоставления состояния ребенка и типов динамических спектрограмм его вокализаций [5, 6].

Практически неизученными, по крайней мере на материале русскоязычных детей, являются интонационные характеристики вокализаций. Между тем известно, что интонация вокализаций детей первого года жизни передает важную информацию о состоянии ребенка. Так, было показано [7], что плач детей первого месяца жизни при прослушивании их матерями, воспринимался как интонационно-обиженный, успокаивающийся, терпеливый, протестующий. Это свидетельствует о том, что интонация оказывается значимой для слухового восприятия звуков младенцев окружающими их взрослыми уже на стадии новорожденности.

К концу первого — началу второго месяца жизни в вокальном репертуаре младенца появляются звуки, отличные от плачей, издаваемых в дискомфортном состоянии. Эти звуки, сопровождающие комфортное состояние ребенка [8] и называемые гулением, хорошо определяются на слух по их интонационным характеристикам.

На пятом месяце происходит очередное усложнение интонационной структуры вокализаций, увеличивается количество вокализаций со сложным мелодическим контуром в отличие от предшествующих вокализаций с простым мелодическим контуром [9]. Усложнение младенческих вокализаций обусловлено изменениями в строении и функционировании вокального тракта, связанными с изменениями формы нёба, приобретения им куполообразной формы и, как следствие, увеличением объема ротовой полости. Изменения, связанные с разделением мягкого нёба и надгортанника [10], дифференцировкой тканей в разных частях вокального тракта [11, 12], способствуют появлению неназализованных вокализаций, более четкой координации артикуляционных движений при звукогенерации [13]. В этот период ребенок начинает сидеть, изменяется система зрительного восприятия, что способствует расширению возможностей восприятия окружающей среды, в том числе и речевой.

Наиболее ярко влияние акустической среды проявляется к 8–9-месячному возрасту детей. К этому периоду вокализации нормально слышащих детей достоверно отличаются от вокализаций детей, имеющих нарушения слуха [14]. Сложный слоговый лепет нормально слышащих детей не появляется у детей с нарушением слуха, что свидетельствует о преобладающем влиянии звуковой окружающей среды на формирование вокализаций в этом периоде. Лепет нормально развивающихся слышащих детей

на стадии слогового (или канонического) характеризуется разнообразием интонаций, напоминающих по звучанию интонации взрослой речи. Существует представление о том, что именно с этого возраста у ребенка начинает формироваться интонация родного языка [15].

Во взрослой речи интонация позволяет различать такие оттенки, как повествовательное, повелительное, вопросительное и незавершенное значения фразы. Другой, не менее важной функцией интонации, является передача эмоций. Эмоциональный компонент интонации первичен в вокализациях младенцев, что обусловлено происхождением вокализаций как рефлекторных реакций на изменение физиологического состояния ребенка. Интонация имеет множество выразительных средств, таких как мелодика, ритм, темп, интенсивность, тембр и др. [16].

Одной из характеристик, существенных для описания интонации, является мелодический контур (МК). Мелодический контур представляет собой изменение частоты основного тона (ЧОТ) во времени. Для описания мелодического контура используются различные подходы. В частности регистрируют такие параметры, как направление, форма, интервал, диапазон, регистр (или тональный уровень), скорость и изменчивость мелодики [16]. В данной работе мы ограничились лишь одним из параметров, характеризующих мелодический контур, его формой.

Цель работы состояла в сравнении мелодического контура вокализаций 9–10-месячных младенцев, воспитывающихся в условиях семьи и Дома ребенка.

Конкретная задача исследования заключалась в описании МК в вокализациях младенцев второго полугодия жизни и включала:

- 1) определение изменения ЧОТ на протяжении вокализации и выделение мелодического контура по динамической спектрограмме и рисунку изменения ЧОТ;
- 2) классификацию основных типов МК;
- 3) сравнение МК вокализаций 9–10-месячных детей, нормально развивающихся и из Дома ребенка.

**Материалом исследования** послужили записи вокализаций восьми детей в возрасте 9–10 месяцев: домашних, развивающихся нормально по заключению педиатра ( $n = 4$ ) и детей из Дома ребенка ( $n = 4$ ), имеющих в анамнезе неврологические нарушения (Р 91.8 — другие уточненные нарушения со стороны мозга новорожденных по МКБ–10 [17]).

**Записи** вокализаций детей взяты из базы данных INFANT. RU, созданной Группой по изучению детской речи на кафедре Общей физиологии СПбГУ [18]. Длительность записей составляла до 30 мин. Записи были осуществлены в ситуации взаимодействия ребенка с матерью (для домашних детей) и экспериментатором (для детей из Дома ребенка). Возраст детей был выбран таким образом, чтобы в их записях встречались вокализации разных типов.

Анализ вокализаций проводили в программе для анализа речевых сигналов Praat vers. 4.3.

Обработка материала включала: 1) Выделение из непрерывных записей отдельных вокализаций. За вокализацию принимали звук, произведенный на выдохе и отделенный от другого звука акустической паузой длительностью более 100 мс. 2) Предварительную обработку вокализаций путем низкочастотной фильтрации для удаления постоянной шумовой составляющей. 3) Определение частоты основного тона на протяжении сигнала (вокализации), с целью выделения МК. ЧОТ определялась в программе Praat методом

расчета взаимной корреляции. В результате расчета были получены отсчеты ЧОТ с заданным временным шагом, по которым строился рисунок изменения ЧОТ на протяжении вокализации.

На основании литературных данных и собственных исследований была разработана классификация МК. Согласно данной классификации определяли типы МК-вокализаций.

Статистическую обработку данных проводили, используя критерий  $\chi^2$  [19], применяемый для сравнения распределений, и критерий Фишера с фи-преобразованием [20], позволяющего сравнивать доли признака.

### Результаты исследования

Проанализировано 658 вокализаций (507 для домашних детей и 151 для детей из Дома ребенка). Анализ вокализаций позволил выделить 12 типов мелодических контуров.

**Простые МК** (таблица, а) — контуры, характеризующиеся однонаправленным движением тона до точки максимума или минимума. При этом не учитывались мелкие колебания ЧОТ (вибрация) в пределах 20 Гц. Вокализации с простым МК имели, как правило, небольшую длительность, в среднем  $0,619 \pm 0,030$  с (среднее  $\pm$  ошибка средней):

- 1) подъем (нарастающий) — повышение ЧОТ на всем протяжении вокализации;
- 2) падение (спадающий) — понижение ЧОТ на всем протяжении вокализации;
- 3) плато (плоский) — относительно стабильная ЧОТ на всем протяжении вокализации. Скорость изменения ЧОТ на участке от минимальной до максимальной составляла менее 50 Гц/с;
- 4) куполообразный левосторонний — быстрый подъем и медленное понижение ЧОТ;
- 5) куполообразный симметричный — симметричный контур с нарастанием и понижением ЧОТ;
- 6) куполообразный правосторонний — медленный подъем и быстрое понижение ЧОТ;
- 7) вогнутый (воронкообразный) — падение, затем подъем ЧОТ.

**Сложные МК** (таблица, б) — контуры, характеризующиеся неоднократными изменениями ЧОТ на протяжении вокализации. Их длительность, как правило, превышала вокализации с простым МК и составляла в среднем  $1,264 \pm 0,049$  с.

- 8) левоударный (подъем в первой трети сигнала) — максимум ЧОТ находится в первой трети сигнала, далее происходит общее понижение ЧОТ;
- 9) центральноударный (подъем в середине сигнала) — максимум ЧОТ находится в середине сигнала, по краям общее понижение ЧОТ;
- 10) правоударный (подъем в последней трети сигнала) — максимум ЧОТ находится в последней трети сигнала, от начала до максимума наблюдается общее повышение ЧОТ.

11) синусоидальный — относительно равномерное чередование куполообразных подъемов и понижений ЧОТ, имеющих синусоидальный характер;

12) многоударный — несколько неравномерных подъемов и понижений ЧОТ.

Примеры реальных мелодических контуров приведены на рис. 1 и 2. Видно, что вокализации, отнесенные к одному и тому же типу МК, имели разную длительность и разную ЧОТ. ЧОТ вокализаций варьировалась от 100 до 2657 Гц.

## Форма мелодического контура

### Простой мелодический контур (а)

№	Форма мелодического контура	Описание	№	Форма мелодического контура	Описание
1		Подъем нарастающий	2		Падение (спадающий)
3		Плато (плоский)			
4		Левосторонний куполообразный	5		Симметричный куполообразный
6		Правосторонний куполообразный	7		Перевернутый куполообразный (воронкообразный)

### Сложный мелодический контур (б)

№	Форма мелодического контура	Описание	№	Форма мелодического контура	Описание
8		Левоударный (подъем в первой трети сигнала)	9		Центральноударный (подъем в середине сигнала)
10		Правоударный (подъем в последней трети сигнала)			
11		Синусоидальный (равномерное чередование подъемов и падений)	12		Многоударный (несколько неравномерных подъемов)

Наиболее низкая ЧОТ получена на участках вокализаций, для которых характерен динамический спектр типа удвоения гармоник, или в вокализациях типа кряхтения или хрипения, а наиболее высокая — на участках гиперфонации. Таким образом, в 9–10-месячном возрасте дети демонстрируют большую гибкость в генерации различного рода мелодики.

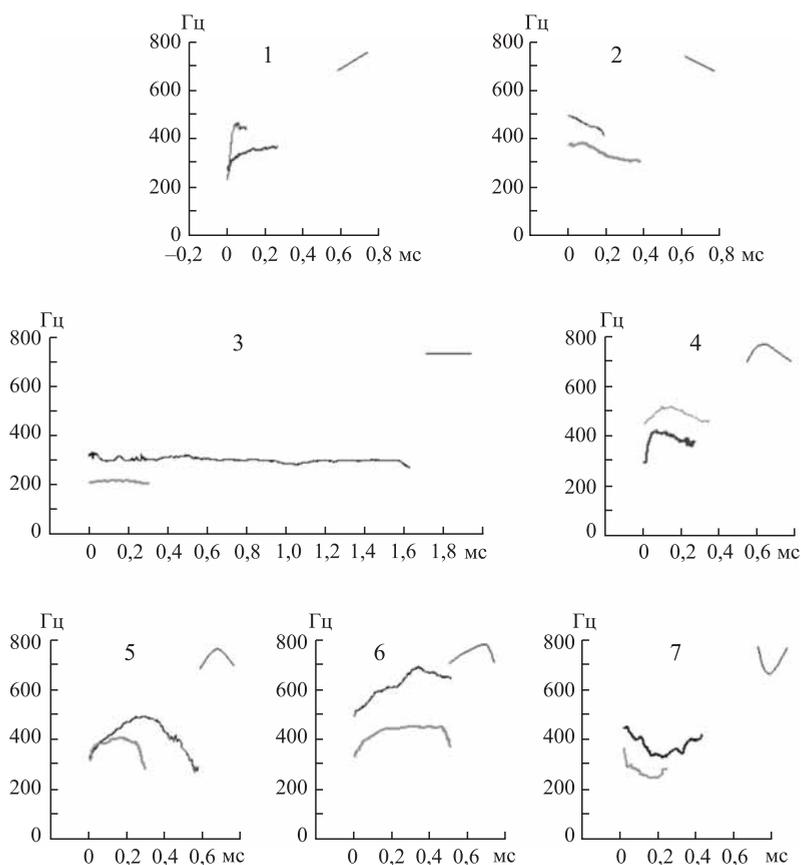


Рис. 1. Примеры простых мелодических контуров

На каждом графике приведены варианты изменения ЧОТ на протяжении двух разных вокализаций. По оси абсцисс — время (мс), по оси ординат — частота основного тона (Гц). Цифрами обозначены типы интонационных контуров (подробное описание см. в тексте). В верхнем правом углу каждого рисунка схематично обозначен тип МК. (То же для рис. 2).

**Индивидуальные особенности в группах домашних детей и детей из Дома ребенка.** Вокализации домашних детей содержали практически все выделенные МК: 12 типов (ребенок ИП) и 11 типов (дети АГ, Е, Д). Отсутствующие контуры относились к разным типам у каждого ребенка и представляли собой простые МК (типы 7 и 6 у детей АГ и Д соответственно) и сложный МК (тип 11 у ребенка Е).

У каждого ребенка преобладали разные типы контуров, однако общей тенденцией было равномерное распределение сложных и простых типов МК с незначительным (15–25% всех вокализаций) преобладанием одного-двух МК. Так у трех детей (АГ, ИП и Е) преобладающим типом был тип 10 (правоударный), у одного ребенка (Д) — тип 3 (ровный). Кроме того, у детей АГ и ИП (рис. 3, а) преобладал тип 7 (левоударный).

У детей из Дома ребенка в отличие от детей, развивающихся в домашних условиях, отмечается меньшее сходство в распределении МК. Итак, все типы МК присутству-

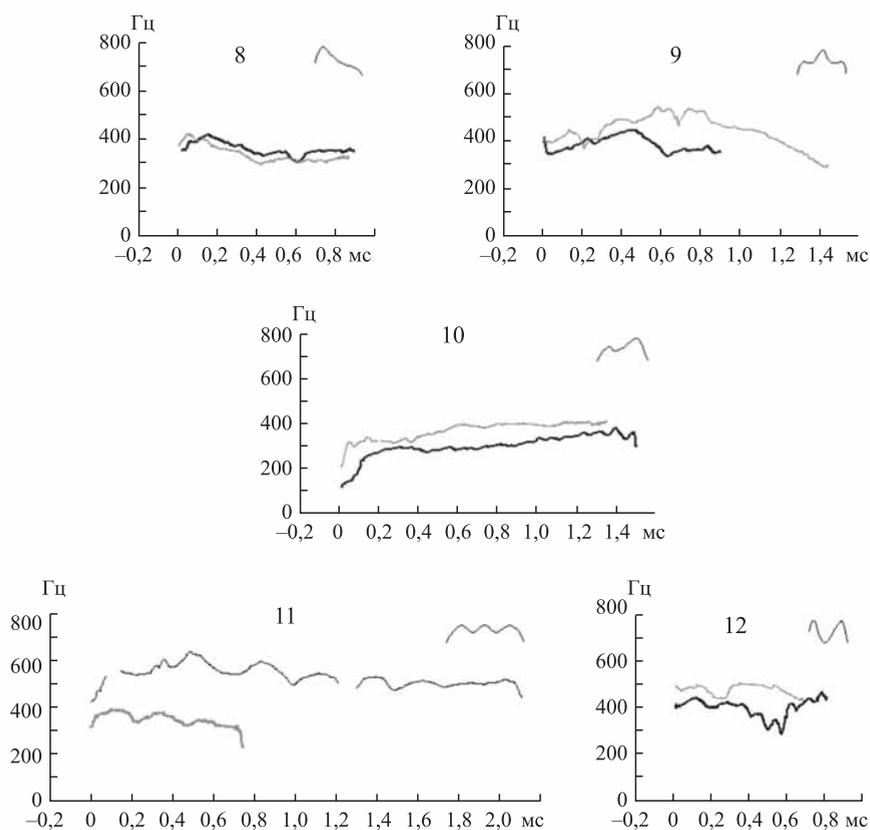


Рис. 2. Примеры сложных мелодических контуров

ют только у одного ребенка (А). У ребенка (О) отсутствовали типы 1 и 10. У двух детей (В и Д) отсутствовало семь типов МК из 12 (разных в каждом случае).

Основной особенностью вокализаций детей из Дома ребенка было значительное преобладание одного типа МК (от 35 до 60% всех вокализаций). Так у ребенка В преобладал тип 7, у ребенка Д — тип 2 (рис. 3, б), у ребенка О — тип 12. У ребенка А такого избыточного преобладания одного типа МК обнаружено не было. У трех детей выявлено преобладание простых МК.

На основании анализа динамики ЧОТ осуществлено объединение выделенных типов МК по принципу сходства направления движения ЧОТ на протяжении всего сигнала. Так, типы 1 (подъем), 6 (правосторонний куполообразный) и 10 (сложный правоударный) были объединены в восходящий контур. Типы 2 (спадающий), 4 (левосторонний куполообразный) и 7 (левоударный) объединены в нисходящий контур. Типы 5 (симметричный куполообразный) и 8 (центральноударный) в совокупности составили восходяще-нисходящий контур. Типы 10 (синусоидальный) и 12 (многоударный) объединены в сложный контур.

Распределение МК новых объединенных групп показало, что у большинства детей в вокализациях преобладает нисходящий контур. У одного ребенка (Е) из группы

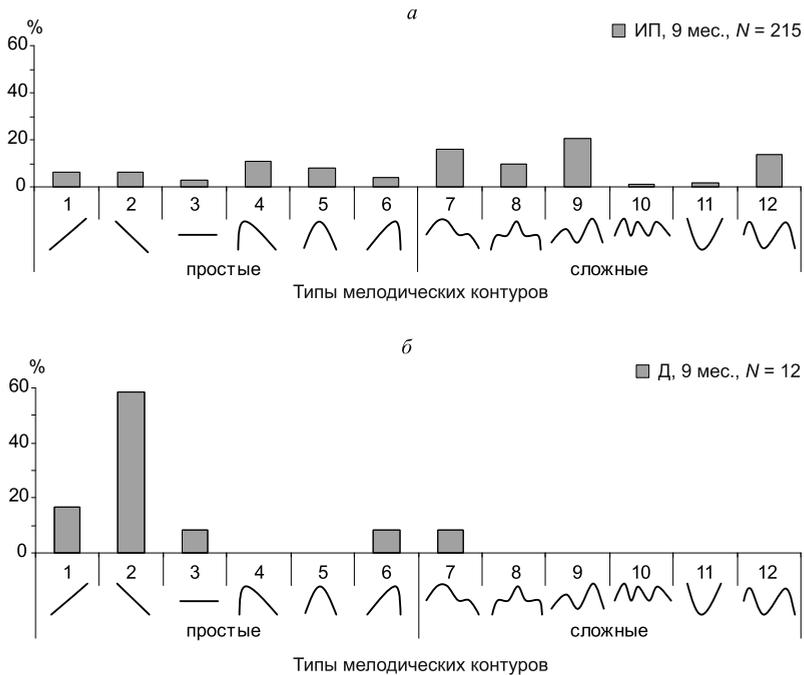


Рис. 3. Представленность различных типов мелодических контуров у нормально развивающегося ребенка (а) и младенца из Дома ребенка (б)

домашних в вокализациях преобладает восходящий МК, а у одного ребенка из Дома ребенка преобладает сложный МК.

**Обобщенные данные по группам домашних детей и детей из Дома ребенка.** Для выявления общих закономерностей в распределении различных мелодических контуров производили сравнения в группах домашних детей и детей из Дома ребенка. Объединение МК по принципу сходства направления движения ЧОТ привело к тому, что индивидуальные различия, наблюдаемые для большого количества МК, нивелировались (рис. 4). Статистически значимых различий в распределении всех объединенных МК в группах домашних детей и детей из Дома ребенка (см. рис. 4) выявлено не было (критерий  $\chi^2(6) = 7,2413, p > 0,05$ ). В целом в вокализациях всех детей нисходящий контур представлен более часто, чем восходящий ( $F(1,768) = 11,55, p < 0,01$ ). При этом при парном сравнении противоположных типов МК (нисходящий — восходящий), без учета представленности других типов МК, оказалось, что в вокализациях домашних детей восходящий МК встречается чаще, чем в вокализациях детей из Дома ребенка ( $F(1,383) = 6,68, p < 0,05$ ).

### Обсуждение результатов исследования

С учетом того, что для овладения ребенком звуками и речевыми конструкциями требуется раннее формирование взаимного внимания матери и ребенка [21], дети из Дома ребенка, лишённые такого взаимодействия, могут проявлять задержку вокального развития по сравнению с домашними детьми, что подтверждено и данными настоящего исследования. Нельзя также не учитывать тот факт, что у большинства детей

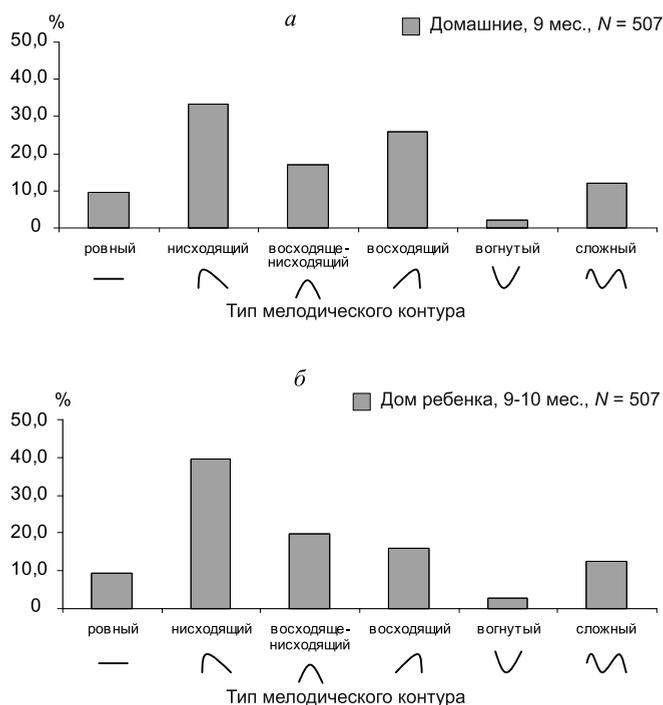


Рис. 4. Распределение объединенных типов мелодических контуров в группах домашних детей (а) и детей из Дома ребенка (б)

из Дома ребенка имелись неврологические нарушения, которые также приводят к отклонениям в речевом развитии. Наибольшую звуковую активность, сходную с домашними детьми, проявил тот ребенок, для которого в анамнезе показано отсутствие таких нарушений.

Мелодический контур детских вокализаций характеризуется большой сложностью и редко полностью повторяется от сигнала к сигналу. Большое количество (12) выделенных типов МК позволило не только наиболее полно охватить это разнообразие, но и составить первое впечатление об интонационных особенностях у нормально развивающихся детей и детей из Дома ребенка. Основные отличия выражаются в преобладающем присутствии в вокализациях детей из Дома ребенка мелодических контуров одного какого-либо типа, в то время как у домашних детей различные мелодические контуры представлены более широко и разнообразно.

Большое количество выделенных типов МК не позволило проверить достоверно ли различаются индивидуальные распределения типов МК. В связи с этим подход к объединению сходных по направлению изменений ЧОТ мелодических контуров в более крупные классы представляется оправданным. Тем более, что полученные в этом случае мелодические контуры оказываются сходными с теми, что известны из литературы о детях, воспитывающихся в нерусскоязычной среде [22]. При этом более крупные классы МК позволяют выявить общие тенденции в использовании различных мелодических контуров группой детей в целом, без учета индивидуальных различий.

Отдельный вопрос, который может быть рассмотрен в рамках проводимой работы, это вопрос о связи интонации детских вокализаций и интонации, специфичной для

родного (русского) языка. Существуют указания на то, что младенцы чувствительны к особенностям интонации их родного языка еще до того, как они начинают воспроизводить первые слова [23]. Показано, что слуховая сенсорная система способна к функционированию с 24-й недели пренатальной жизни [24]. Поэтому воздействие звуковой среды на слуховую систему ребенка начинается до его рождения [25]. Звуки интенсивностью более 80 дБ и с частотой до 300 Гц способны проникать в матку [26, 27]. Считается, что это обуславливает проникновение к плоду «смысловых образцов», т. е. ребенок подготовлен уже пренатально к восприятию интонации родного языка. У новорожденных следы ранних слуховых процессов обучения отражены в перцептивном предпочтении мелодий, с которыми они были ознакомлены пренатально [28, 29].

Было показано, что новорожденные дети могут в зависимости от окружающей их языковой среды демонстрировать различные по направлению мелодические контуры [30]. Так, франкоязычные новорожденные чаще использовали возрастающий мелодический контур, а немецкоязычные новорожденные нисходящий контур, что соответствовало произносительной норме каждого из языков. Полученные в нашей работе результаты указывают на то, что у большинства 9–10-месячных детей, воспитывающихся в русскоязычной среде, преобладает нисходящий мелодический контур. Это совпадает с мелодикой повествовательных предложений в русском языке [16]. Однако имеется еще одно объяснение преобладания нисходящего МК. Он может быть простым физиологическим следствием быстро уменьшающегося подглоточного давления во время выдыхательной фонации [30]. Это предположение может быть тем более верно, что у детей из Дома ребенка, для которых в других аспектах показано отставание предречевого развития [31], противоположный, восходящий МК встречается реже, чем у домашних. Несовершенство нейрофизиологических механизмов управления мышцами гортани может проявляться таким образом, что наиболее часто реализуется наименее управляемый тип мелодики.

Таким образом, примененный в работе подход позволил в общем виде описать мелодику вокализаций 9–10-месячных детей и сопоставить вокализации у нормально развивающихся детей и детей из Дома ребенка.

Продолжение настоящего исследования позволит рассмотреть вопрос о том, присутствуют ли выделенные МК в вокализациях младенцев с момента рождения, либо формируются в процессе развития и взаимодействия со взрослыми.

### **Выводы**

В вокализациях 9–10-месячных детей выявлено 12 типов мелодических контуров. Индивидуально в вокализациях детей из Дома ребенка, имеющих неврологические нарушения, показано преобладание какого-либо одного мелодического контура в отличие от домашних детей, широко использующих все разнообразие мелодических контуров.

В группах домашних детей и детей из Дома ребенка различий между распределениями типов мелодических контуров не выявлено.

\* \* \*

Работа выполнена при частичной финансовой поддержке гранта РГНФ № 11-06-12019в.

## Литература

1. Ляксо Е. Е. Невербальные вокализации младенцев на ранних этапах «доречевого» периода развития // Новости отоларингологии и логопатологии. 1998. № 4 (16). С. 23–31.
2. Vowel data of early speech development in several languages / Pols L. C. W., Lyakso E., van der Stelt J. M., Wempe T. G. and Zajdó K // Multiling. 2006. URL: [http://www.isca-speech.org/archive\\_open/ml06/ml06\\_010.html](http://www.isca-speech.org/archive_open/ml06/ml06_010.html) (дата обращения: 30.05.2011).
3. 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. Vol. 4, N 4. P. 253–265.
4. Куликов Г. А., Андреева Н. Г., Ляксо Е. Е., Павликова М. И. Речеподобные элементы звуков у детей первых месяцев жизни // Сенсорные системы. 1999. Т. 1. С. 62–71.
5. *The Infant cry*: a spectrographic and auditory analysis / Wasz-Hockert O., Lind J., Vuorenkovski V., Partanen T. J., Valanne E // Clin. Develop. Medicine. 1968. N 29. P. 1–42.
6. Michelsson K., Raes J., Thoden C. -J., Wasz-Hockert O. Sound spektrographic cry analysis in neonatal diagnostics. An evaluative study // J. Phonetics. 1982. Vol. 10. P. 79–88.
7. Кушнир Н. Я. Динамика плача ребенка в первые месяцы жизни // Вопросы психологии. 1994. № 3. С. 53–60.
8. Sedlackova E. Development of the acoustic pattern of the voice and speech in the newborn and infant / Praha. Acad. Naklad. Ceskoslovenske Akad. Ved. 1967. 111 p.
9. Hsu H., Fogel A., Cooper R. Infant vocal development during the first 6 month: speech quality and melodic complexity // Infant and Child Development. 2000. N 9. P. 1–16.
10. Kent R. D., Murray A. D. Acoustic features of infant vocalic utterances at 3, 6 and 9 months // J. Acoust. Soc. Am. 1982. Vol. 72. P. 353–365.
11. Kent R. D. Psychobiology of speech development: coemergence of language and a movement system // Am. J. Physiol. 1984. Vol. 246, N 6. P. 888–894.
12. Stark R. E. Stages of speech development in the first year of life // Child phonology / ed. by G. H. Yeni-Komshian, J. F. Kanavagh and C. A. Ferguson. Production. New York: Acad. Pr., 1980. Vol. 1. P. 73–92.
13. Bauer H. R., Kent R. D. Acoustic analyses of infant fricative and trill vocalizations // J. Acoust. Soc. Am. 1987. Vol. 81, N 2. P. 505–511.
14. Van der Stelt J. M., Wempe A. G. and Pols L. C. W. Comparing Deaf and Hearing Dutch Infants: changes in the vowel space in the first two years // Clin. Linguist. Phon. 2008. Vol. 22, N 10–11. P. 835–844.
15. Bloom K. and Masataka N. Japanese and Canadian impressions of vocalizing infants // Int. J. Behav. Develop. 1996. Vol. 19. P. 89–99.
16. Светозарова Н. Д. Интонационная система русского языка. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1982. 176 с.
17. Международная статистическая классификация болезней и проблем, связанных со здоровьем. 10-й пересмотр / ВОЗ. Женева; М.: Медицина по поручению МЗ Российской Федерации, 1998. Т. 2. 924 с.
18. *INFANTRU and CHILDRU*: Sounds and speech databases of Russian children / Lyakso E., Bogorad M., Ostrouhov A., Gromova A., Kurazhova A., Frolova O., Gaikova J. Specom. 2007. Vol. 2. P. 898–907.
19. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. СПб: Социально-психологический центр, 1996. 352 с.
20. Ивантер Э. В., Коросов А. В. Основы биометрии: введение в статистический анализ биологических явлений и процессов. Петрозаводск: Изд-во ПГУ, 1992. 168 с.
21. Tomasello M. Join attention and early language // Child Development. 1986. Vol. 57. P. 1454–1463.
22. Wermke K., Mende W. Musical elements in human infants' cries: in the beginning is the melody // Musicae Scientiae. 2009. Vol. 13. P. 151–175.
23. Boysson-Bardies B. How language comes to children: from birth to two years. Cambridge, MA: MIT Press, 1999.
24. Волохов А. А. Развитие нервной системы в раннем возрасте // Возрастная физиология: руководство по физиологии. Л.: Наука, 1975. С. 443–491.

25. Moon C., Cooper R.P., Fifer W.P. Two-day old infants prefer their native language // *Infant Behavior and Development*. 1993. Vol. 16. P. 494–500.
26. Rubel E. W. Strategies and problems for future studies of auditory development // *Acta Otolaryngol.* 1985. Suppl. 42. P. 114–128.
27. Sohner H., Freeman S. The pathway for the transmission of external sounds into the fetal inner ear // *J. Basic Clin. Physiol. Pharmacol.* 2001. Vol. 12. P. 91–99.
28. A precursor of language acquisition in young infants / Mehler J., Jusczyk P.W., Lambertz G., Halsted N., Bertoincini J., Amiel-Tison C. // *Cognition*. 1988. Vol. 29. P. 143–178.
29. Nazzi T., Floccia C., Bertoincini J. Discrimination of pitch contours by neonates // *Infant Behav. Dev.* 1998. Vol. 21. P. 779–784.
30. Mampe B., Friederici A. D., Christophe A., Wermke K. Newborns' cry melody is shaped by their native language // *Cur. Biol.* 2009. Vol. 19. P. 1994–1997.
31. Фролова О. В. Особенности вокально-речевого развития детей в условиях семьи и Дома ребенка: автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2008. 17 с.

Статья поступила в редакцию 10 октября 2011 г.