

Особенности акустического анализа голоса у детей

М.Р.Богомильский, Е.Ю.Радциг, Д.В.Дегтярева

*Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н.И.Пирогова,
кафедра оториноларингологии педиатрического факультета, Москва
(зав. кафедрой — чл.-кор. РАМН, проф. М.Р.Богомильский)*

Объективные методы исследования широко применяются для диагностики дисфонии различного генеза. В течение последних десятилетий отмечается неуклонный рост числа детей с подобными состояниями. Акустический анализ позволяет получить основные данные для оценки голоса. Это исследование может применяться как скрининговый метод с целью выявления патологии гортани. Данные акустического анализа голоса незаменимы при дифференциальной диагностике различных заболеваний, а также при осуществлении контроля качества проводимого лечения.

Ключевые слова: дети, акустический анализ голоса, дисфonia

Features of Acoustic Voice Analysis in Children

М.Р.Богомильский, Е.Ю.Радциг, Д.В.Дегтярева

*Pirogov Russian National Research Medical University,
Department of Otolaryngology of Pediatric Faculty, Moscow
(Head of the Department — Corr. Member of RAMS, Prof. M.R.Bogomilskiy)*

Objective methods of research are widely used for the diagnosis of various origins dysphonia. Over the last decades there has been a steady increase in the number of children with these conditions. Acoustic analysis provides the basic data for the evaluation of voice. This study can be used as a screening method to identify the pathology of the larynx. Acoustic voice analysis data are irreplaceable in the differential diagnosis of various diseases, as well as in monitoring the quality of the treatment.

Key words: children, acoustic voice analysis, dysphonia

Неинвазивная объективная диагностика голосовых расстройств начала свое развитие с середины XX века. Волновые параметры, описывающие частоту и амплитуду, при анализе голоса стали использоваться с 1960 г. [1, 2]. Многочисленные исследования показали, что акустические волновые параметры голоса являются важным диагностическим критерием, позволяющим оценить состояние голосового аппарата. По данным разных авторов [1–3], в 95% случаев выявленная патология гортани сопровождалась изменением акустических параметров голоса. Эти показатели являются важным диагностическим критерием и в спорных ситуациях, возникающих при решении вопроса о наличии или отсутствии патологии со стороны гортани. Кроме того, следует отметить, что современные компьютерные технологии позволяют передавать записанные данные в любую точку мира, делая возможным проведение анализа полученной информации и оценки нарушения голоса дистанционно, в отдаленных регионах.

Для корреспонденции:

Дегтярева Дарья Витальевна, аспирант кафедры отоларингологии педиатрического факультета Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И.Пирогова

Адрес: 119049, Москва, 4-й Добрининский пер., 1

Телефон: (495) 959-8771

E-mail: doctor-queen@yandex.ru

Статья поступила 22.04.2013, принята к печати 04.09.2013

Метод акустического анализа голоса позволяет получить основные данные для его оценки. На сегодняшний день значительный объем накопленной информации еще мало обработан и исследования в этой области немногочисленны [4]. Таким образом, в настоящее время существует необходимость в обработке нормативных показателей акустического анализа голоса, особенно в детской популяции. Нормативные показатели голоса варьируют в широких пределах, и это связано не только со способом записи голоса и используемым оборудованием, но и с личностными характеристиками. Голос — индивидуальная особенность, он уникален и не похож ни на какой другой. На процесс голосообразования влияют особенности работы дыхательной и сердечно-сосудистой систем, нейромышечного аппарата грудной клетки и гортани, а также их физиологическое состояние.

Начиная с середины XIX века, в связи с развитием физиологических и акустических методов исследования, стало возможным научное обоснование механизма голосообразования, и многие ученые пытались осветить данный вопрос. К этому времени относится создание миоэластической теории фонации, основоположником которой считают Феррана. Согласно этой теории, голосовые складки колеблются пассивно, в результате прохождения между сомкнутыми краями тока воздуха, создаваемого энергетическим аппаратом; и частота их колебаний зависит от эластических свойств

тканей голосовых складок. Таким образом, согласно теории Феррана, основными факторами голосообразования являются давление воздуха под голосовыми складками и тонус внутренних мышц гортани. В момент голосообразования между сомкнутыми голосовыми складками, напряжением их мышц и подскладковым давлением устанавливается тесное взаимодействие: давление столба воздуха в трахее тем сильнее, чем большее сопротивление оказывают складки. Частота колебаний воспринимается как высота звука, а энергия прорывающихся порций воздуха — как сила звука. Благодаря резонаторным явлениям в полостях, лежащих выше и ниже голосовой щели, происходит усиление определенных групп обертонов звука (образование формант), влияющих на формирование тембра и позволяющих отличать один гласный звук от другого. Голосообразование осуществляется в результате желания сформировать возникший в представлении звук, что на основе предыдущего опыта ведет к соответствующему действию мышц дыхательных путей, гортани, артикуляционного аппарата. Сложная система «дыхательных» мышц рефлекторно поддерживает воздушное давление на определенном уровне, необходимом для произнесения того или иного звука. Голосовые складки не находятся в полной зависимости от величины воздушного давления; они своей активной деятельностью регулируют тонус мышц органов дыхания при постоянном контроле со стороны ЦНС. Как только возникает необходимость в изменении величины подскладкового давления, кора головного мозга «принимает срочные меры», изменяя тонус внутренних мышц гортани и голосовых складок, повышая или понижая частоту колебаний последних. Этот процесс регулируется сложным рефлекторным путем по принципу обратной связи при участии слухового анализатора. Следует заметить, что миоэластическая теория голосообразования стала популярной.

В середине XX века получила распространение нейрохронаксическая теория, которую, основываясь на результатах изучения физиологии голосообразования, обосновал французский ученый Р.Юссон [5]. Сторонники этой теории отводят более самостоятельную роль голосовым складкам. Согласно нейрохронаксической теории, голосовые складки не пассивно колеблются под действием потока воздуха, а периодически сокращаются и расслабляются под влиянием нервных импульсов, поступающих из коры головного мозга по нижнегортанному нерву. Основываясь на экспериментальных данных, авторы установили, что сокращение мышц голосовых складок — активный процесс. Частота нервных импульсов, идущих к голосовой мышце по нижнегортанному (возвратному) нерву, равна частоте колебаний голосовых складок, т.е. в точности соответствует частоте основного тона голоса человека. Таким образом, воздушная струя, образующаяся во время выдоха, является не движущей силой колебательных движений голосовых складок (как объясняет миоэластическая теория), а материалом, из которого генерируется энергия — звук. Теория Юссона вызывала много споров и отрицалась многими учеными, однако до сих пор существует наряду с миоэластической.

Неинвазивные объективные методы оценки голосовой функции играют особую роль в педиатрической практи-

ке. При этом возникает ряд трудностей, с которыми врачи «взрослой» практики зачастую не сталкиваются. В связи с незрелостью нейромышечных структур гортани и наличием треугольной щели в задних отделах голосовой щели повышается обращаемость родителей к врачам различных специальностей с жалобами на «осиплость/охриплость». Напряжение, резкое форсирование голоса до высоких нот также часто наблюдается у детей, особенно во время развлекательных мероприятий. Такие ситуации часто интерпретируются родителями как нарушение голоса. При других обстоятельствах (особенно если нарушения голоса возникли в раннем возрасте) эти симптомы не вызывают волнения у родителей, что ведет к поздней диагностике причины дисфонии.

Объективные методы исследования широко применяются для диагностики дисфонии различного генеза. В течение последних десятилетий отмечается неуклонный рост числа детей с подобными состояниями. При этом зачастую возникают сложности при проведении дифференциального диагноза, так как со сходной симптоматикой могут протекать различные заболевания. Трудности в уточнении причины дисфонии в раннем возрасте появляются также вследствие нежелания родителей проводить диагностическую ларингоскопию с целью исключения патологии гортани. Технические сложности, возникающие при проведении видеоларингоскопии, негативная реакция и, как следствие, отсутствие взаимодействия детей с врачом во время этой процедуры делают крайне необходимым и важным более широкое внедрение неинвазивных объективных методов диагностики голосовой функции у детей в педиатрическую практику.

Показатели, регистрируемые при проведении акустического анализа голоса, позволяют исследователям, с одной стороны, более детально описывать характеристики голоса ребенка в норме и при патологии, с другой — дают возможность клиницистам осуществлять контроль за эффективностью проводимого лечения голосовых расстройств.

Частота вибрации голосовых складок измеряется как число вибраций в секунду. Время, в течение которого происходит один вибрационный цикл голосовых складок, называется периодом (рис. 1). Таким образом, частота вибрации — это число периодов в секунду, измеряется в герцах. Человеческая речь в основном варьирует в пределах частот 100–10000 Гц. Частота вибрации воспринимается человеческим ухом как высота голоса и зависит от возраста и пола. Чем выше частота, тем выше голос и наоборот.

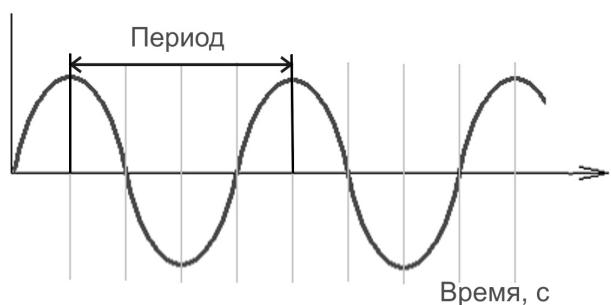


Рис. 1. Схематичное изображение вибрационного цикла.

Наиболее широко используемыми параметрами в объективной и неинвазивной диагностике голосовых расстройств являются:

- Jitter — пертубация тона, показывающая незначительные непроизвольные изменения в частоте смежных вибрационных циклов голосовых складок. Фактически, это мера частотной вариабельности по отношению к частоте основного тона.
- Shimmer — мера, характеризующая изменения, вариабельность амплитуды голосовых нот. Часто в литературе она обозначается как амплитудная пертубация. Таким образом, это показатель, описывающий интенсивность смежных вибрационных циклов.
- Соотношение сигнал/шум (HNR). Звук, образующийся во время колебаний голосовых складок — это совокупность периодических (регулярных и повторяющихся) и апериодических (иррегулярных и неповторяющихся) звуковых волн. Последние — это случайный шум, возникающий вследствие несимметричного закрытия голосовых складок. Шум ухудшает чистоту звука, и при высокой степени его выраженности диагностируется охриплость. Соотношение периодических и апериодических волн выражается в соотношении сигнал/шум (рис. 2).
- Частота основного тона (SF_0 , Гц) — число вибрационных периодов/с.
- Частотный диапазон (F_{delta} , Гц) — это разница между F_{max} и F_{min} .

Высокое качество голосового сигнала является важным фактором для обеспечения правильной интерпретации полученных данных, следовательно, для оценки голоса. Качество записи голоса и последующий его анализ зависят от разных факторов. Было установлено, что на амплитуду и высоту влияют тип микрофона и его размещение [6]. Погрешности, возникающие при несоблюдении техники записи голоса, мо-

гут привести к неправильной трактовке полученных данных. Для успешного проведения исследования необходимо заранее объяснить пациенту ход процедуры. Очень важно подчеркнуть в беседе с ребенком или его родителями, что это неинвазивный метод, необходимый для диагностики и контроля лечения заболевания. Следует попросить соблюдать тишину, отключить все посторонние источники звука. Основные трудности возникают при работе с детьми. Желательно заранее наладить контакт между ребенком и врачом, описать ход процедуры в игровой форме. Если в кабинете присутствуют родители, то сначала акустический анализ голоса можно провести им, а уже потом ребенку. Перед проведением исследования необходимо посадить ребенка так, чтобы микрофон находился на расстоянии 30 см от рта (рис. 3). После этого необходимо попросить, чтобы он потянул на выдохе звук «а» в течение 5 с непрерывно, в удобной для него тональности, без напряжения. Затем попросить произвести аналогичные действия, но со звуком «и». В конце исследования пациенту нужно предложить прочитать небольшой текст (если пациент умеет читать). Разговорный голосовой профиль позволяет установить речевой диапазон для голоса средней интенсивности, тихого и громкого голоса [7]. Если ребенок еще не может прочитать текст, достаточно небольшого отрывка стихотворения. В случае, если исследование проводится детям грудного возраста, следует производить запись всех звуков, в том числе плача.

Во время записи голоса акустические параметры регистрируются автоматически. Их информативность зависит от того, насколько качественно было проведено исследование. Зачастую при сравнении двух последовательных записей голоса одного пациента отмечаются отклонения показателей. Перед компьютерной обработкой показателей необходимо вырезать участок, который будет анализироваться. Согласно исследованиям I.R.Titze (1995), акустический анализ необходимо применять только к периодическим волнам, и это зависит от того участка записи, который будет выбран [8]. Таким образом, выбор наиболее стабильного участка записи голоса обеспечивает качественную и объективную диагностику (рис. 4). В настоящее время большинство исследователей считают, что максимально нестабильные звуковые волны регистрируются в начале и конце записи вследствие изменения аэродинамических и нейромышечных параметров, возникающих в начале и в конце фонации [8, 9]. Это приводит к искажению показателей амплитуды и частоты благодаря быстро меняющейся частоте основного тона. Неправильная трактовка полученных результатов может привести к гипо- или гипердиагностике и повлиять на тактику ведения пациента.

Акустический анализ голоса — незаменимый метод диагностики голосовых расстройств. Объективный и неинвазивный, он позволяет быстро и качественно оценить степень нарушения голоса. Существует ряд заболеваний гортани, эндоскопическая картина которых не в полной мере отражает реальное состояние структур. Например, при ушибе гортани клиническая картина может быть стертой и по данным эндоларингоскопии изменения могут быть не выявлены. В этом случае акустический анализ голоса — незаменимый метод и с диагностической точки зрения. Обнаружение отклонения от нормативных показателей станет показанием для назначения лечения.

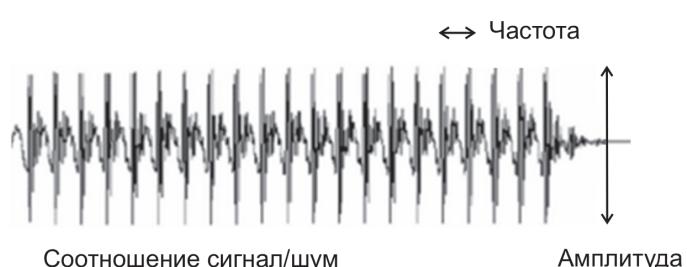


Рис. 2. Схематичное изображение параметров акустического анализа голоса.



Рис. 3. Техника проведения записи голоса.

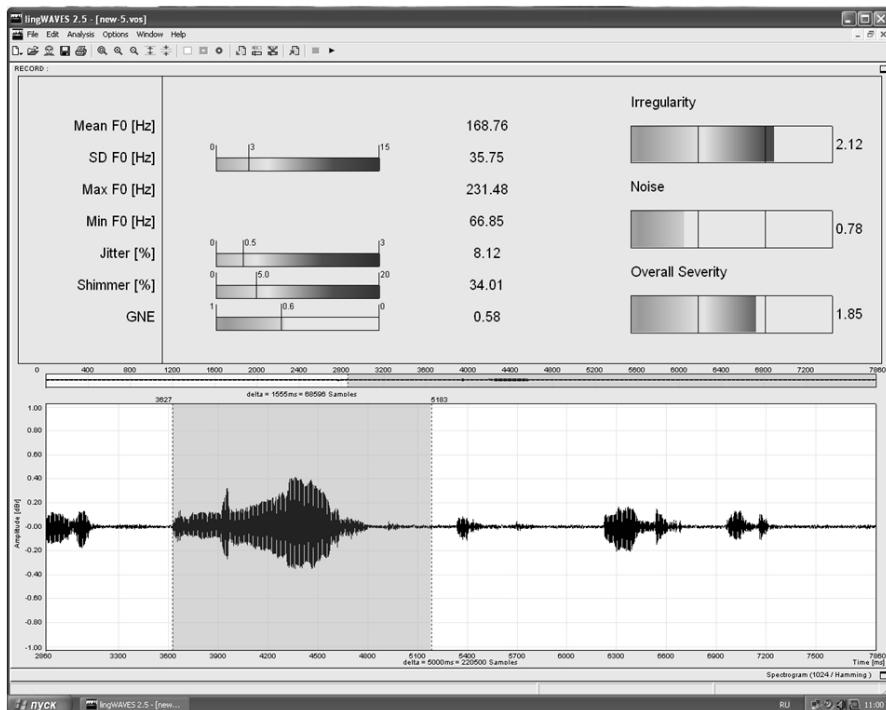


Рис. 4. Графическое изображение записанных звуков и числовых параметров их оценки.

В ряде случаев при использовании акустического анализа как скринингового метода исследования могут выявляться различные изменения со стороны голосового аппарата, что, в свою очередь, служит показанием к диагностической эндоскопии гортани и дальнейшему обследованию пациента. Необходимо отметить, что акустический анализ голоса незаменим в качестве метода контроля качества проводимого лечения. Для ребенка процедура эндоскопии гортани может быть неприятна и вызывать негативную реакцию, для ее проведения требуется соблюдение ряда условий. Акустический анализ голоса является неинвазивным методом и для ребенка может проводиться в игровой форме неограниченное число раз за курс лечения.

Заключение

Акустический анализ голоса является объективным неинвазивным методом оценки голосовой функции у детей. Данное исследование может применяться как скрининговый метод с целью выявления патологии гортани. Данные акустического анализа голоса незаменимы при дифференциальной диагностике различных заболеваний, а также при осуществлении контроля качества проводимого лечения. Для получения точных данных необходимо соблюдать ряд условий и правильно осуществлять технику проведения исследования.

Литература

1. McAllister A. Acoustic, perceptual and physiological studies of ten-year-old children's voices // TMH-QPSR. 1997. V.38. P.76–79.

2. Andrews M.L. Manual of Voice Treatment. San Diego: Singular Publishing Group, 2001. P.504–506.
3. Hecker M.H., Kreul E.J. Descriptions of the speech of patients with cancer of the vocal folds. Part I: Measures of fundamental frequency // J Acoust Soc Am. 1970. V.34. P.1275–1282.
4. Bielamowicz S., Kreiman J., Gerratt B.R. et al. Comparison of voice analysis systems for perturbation measurement // J Speech Hear Res. 1996. V.39 (1). P.126–129.
5. Ермакова И.И. Коррекция речи и голоса у детей и подростков. 2-е изд. М.: Просвещение: АО «Учебная литература», 1996. 143 с.
6. Kent R.D., Vorperian H.K., Kent J.F. et al. Voice dysfunction in dysarthria: application of the multi-dimensional voice program // Journal of Communication Disorders. 2003. V.36. P.281–306.
7. Шиленкова В.В., Коротченко В.В. Акустический анализ голоса у поющих детей // Вестн. оторинолар. 2010. №1. С.46–48.
8. Aronson A.E. Clinical Voice Disorders (Fourth Edition). New York: Thieme Medical Publishers, 2009. P.151, 164.
9. Maryn Y., Roy N., De Bodt M. et al. Acoustic measurement of overall voice quality: A meta-analysis // J Acoust Soc Am. 2009. V.126 (5). P.2621–2634.

Информация об авторах:

Богомильский Михаил Рафаилович, член-корреспондент РАМН, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой отоларингологии педиатрического факультета Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И.Пирогова
Адрес: 119049, Москва, 4-й Добрынинский пер., 1
Телефон: (495) 959-8759
E-mail: bogomilskiy@mail.ru

Радциг Елена Юрьевна, доктор медицинских наук, профессор кафедры отоларингологии педиатрического факультета Российского национального исследовательского медицинского университета им. Н.И.Пирогова
Адрес: 119049, Москва, 4-й Добрынинский пер., 1
Телефон: (495) 959-8759
E-mail: radena@rambler.ru