

Видеостробокимография в диагностике заболеваний гортани

Т.В. Готовяхина[✉], <https://orcid.org/0000-0002-8477-9503>, t.gotovyakhina@niilor.ru

Ю.Е. Степанова, <https://orcid.org/0000-0003-1502-6337>, y.stepanova@niilor.ru

Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9

Резюме

Введение. Видеоларингоскопия и видеоларингостробоскопия являются «золотым стандартом» диагностики заболеваний гортани. Во время видеоларингоскопии проводят анатомо-функциональную оценку состояния гортани. Видеоларингостробоскопия визуализирует качественные показатели колебаний голосовых складок с целью более детальной функциональной оценки. Видеостробокимография позволяет выполнить качественный и количественный анализ вибраторного цикла.

Цель. Оценить показатели видеостробокимографии при функциональной и органической дисфонии.

Материалы и методы. Обследовали 9 пациентов. В одном случае патология гортани отсутствовала. Среди функциональных нарушений представлены два наблюдения гипотонусной и одно гипертонусной дисфонии. Органические заболевания: хронический катаральный ларингит, хронический отечно-полипозный ларингит, отечные узелки, ангиоматозный полип, послеоперационный монохордит. Выполнены видеоларингоскопия, видеоларингостробоскопия, видеостробокимография. Видеостробокимограммы оценивали качественно по наличию периодических колебаний голосовых складок, фазовой и амплитудной симметрии, смещению слизистой волны, форме латеральных и медиальных пиков, форме щели в фазе открытия. С целью количественного анализа определяли коэффициент открытия (ОQ), который объективно отражал длительность фазы открытия.

Результаты. В норме фазовая и амплитудная симметрия сохранены, визуализировалась слизистая волна, выражены латеральные и медиальные пики колебаний, форма щели в фазе открытия ромбовидная, ОQ составил 0,5. К патологическим изменениям видеостробокимограмм относили: уменьшение амплитуды колебаний, увеличение или уменьшение слизистой волны, фазовую и амплитудную асимметрию, изменение формы латеральных и медиальных пиков, формы щели в фазе открытия. Показатель ОQ менялся от 0,42 до 1 в зависимости от длительности фазы открытия при различных заболеваниях гортани.

Выводы. Видеостробокимография дает возможность более подробно оценить показатели вибраторного цикла, провести графический анализ, сравнить картину на разных уровнях голосовой щели, получить объективные данные. Метод может использоваться в углубленной диагностике и оценке результатов лечения заболеваний гортани в дополнение к видеоларингостробоскопии.

Ключевые слова: дисфония, видеоларингоскопия, видеоларингостробоскопия, стробоскопия, кимография гортани, стробокимография

Для цитирования: Готовяхина ТВ, Степанова ЮЕ. Видеостробокимография в диагностике заболеваний гортани. *Медицинский совет.* 2024;18(23):70–78. <https://doi.org/10.21518/ms2024-509>.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Videostrobokymography in the diagnosis of laryngeal diseases

Tatyana V. Gotovyakhina[✉], <https://orcid.org/0000-0002-8477-9503>, t.gotovyakhina@niilor.ru

Yulia E. Stepanova, <https://orcid.org/0000-0003-1502-6337>, y.stepanova@niilor.ru

Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia

Abstract

Introduction. Videolaryngoscopy and videolaryngostroboscopy are the “gold standard” for the diagnosis of laryngeal diseases. During a videolaryngoscopy, an anatomical and functional assessment of the state of the larynx is performed. Videolaryngostroboscopy visualizes the vibratory cycle of the vocal folds in order to provide a more detailed functional assessment. Videostrobokymography allows to perform a qualitative and quantitative analysis of the vibratory cycle.

Aim. To evaluate the indicators of videostrobokymography in functional and organic dysphonia.

Materials and methods. 9 patients were examined. In one case, there was no pathology of the larynx. Among the functional disorders, two cases of hypofunctional and one of hyperfunctional dysphonia are presented. Organic diseases: chronic catarrhal laryngitis, Reinke's edema, vocal fold nodules, vocal fold polyp, vocal fold injury after phonosurgery. Videolaryngoscopy, videolaryngostroboscopy, and videostrobokymography were performed. The strobokimograms were evaluated qualitatively by the presence of periodic oscillations of the vocal folds, phase and amplitude symmetry, mucous wave, the shape of lateral and medial peaks, and the shape of the gap in the opening phase. For the quantitative analysis, the opening quotient (OQ) was determined, which objectively reflected the duration of the opening phase.

Results. Normally, phase and amplitude symmetry were preserved, the mucous wave was visualized, lateral and medial peaks of vibrations were pronounced, the gap in the opening phase was in the shape of a rhomb, OQ was 0.5. Pathological changes included: a decrease in the amplitude of vibrations, an increase or decrease in the mucous wave, phase and amplitude asymmetry, a change in the shape of lateral and medial peaks, a change in the shape of the gap in the opening phase. The OQ index varied from 0.42 to 1 depending on the duration of the opening phase in various diseases of the larynx.

Conclusions. Videostrobokymography makes it possible to assess the indicators of the vibratory cycle in more detail, conduct a graphical analysis, compare the picture at different levels of the glottis, and obtain objective data. The method can be used in the in-depth diagnosis and evaluation of the results of treatment of diseases of the larynx in addition to videolaryngostroboscopy.

Keywords: dysphonia, videolaryngoscopy, videolaryngostroboscopy, stroboscopy, laryngeal kymography, strobokymography

For citation: Gotovyakhina TV, Stepanova YuE. Videostrobokymography in the diagnosis of laryngeal diseases. *Meditsinskiy Sovet.* 2024;18(23):70–78. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/ms2024-509>.

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

ВВЕДЕНИЕ

Ведущая роль в диагностике заболеваний гортани в современной оториноларингологии принадлежит видеоларингоскопии. С развитием эндоскопической техники стало возможным получение увеличенного изображения гортани высокого качества. Визуализация гортани с использованием ригидных и гибких эндоскопов различного диаметра и угла обзора позволяет осмотреть большинство пациентов.

В ходе выполнения видеоларингоскопии проводят анатомо-функциональную оценку гортани во время дыхания и фонации. Метод дает возможность анализировать состояние слизистой оболочки, анатомических структур всех отделов гортани, подвижность и тонус голосовых складок, выявлять патологические образования [1–3].

При исследовании причин, приводящих к нарушению голосовой функции, важна более детальная функциональная оценка голосовых складок в процессе фонации. Провести качественный анализ вибраторного цикла позволяет видеостробоскопия гортани [1, 2].

Увидеть колебания голосовых складок без специального оборудования невозможно из-за особенностей нашего зрительного восприятия. Частота разговорного голоса может варьировать от 85 до 340 Гц, у вокалистов достигая 1 024 Гц. Скорость записи видеостробоскопии составляет 25 кадров в секунду. При этом глаз человека различает последовательные изображения с интервалом не менее 0,2 сек [3–5]. Визуализация колебаний голосовых складок во время фонации возможна за счет стробоскопического эффекта, основанного на законе Тальбота. Периодичность вспышек света, генерируемых лампой стробоскопа, несколько меньше, чем частота колебаний голосовых складок, определяемая на основе измерения частоты основного тона голоса. В результате формируется оптическая иллюзия замедленного движения голосовых складок, так называемый режим движения [1, 3–7]. В этом режиме появляется возможность определить колебания голосовых складок, субъективно оценить их амплитуду (по величине и симметричности), частоту (регулярность), смещение слизистой оболочки свободного края голосовой складки (слизистую волну). В режиме неподвижного изображения периодичность вспышек света

лампы стробоскопа совпадает с частотой колебаний голосовых складок, за счет чего определяются фазы фонации: открытия, закрытия и контакта [1, 3, 4, 8].

Данные, полученные при видеоларингостробоскопии, используются в диагностике различных заболеваний гортани. Оценка вибраторного цикла голосовых складок позволяет выявить наличие функциональной дисфонии, являющейся одной из ведущих причин жалоб на качество голосовой функции у профессионалов голоса [2, 9]. Также видеоларингостробоскопия применяется в диагностике большого количества органических заболеваний гортани. Особенно важен анализ вибраторного цикла при такой патологии, как узелки голосовых складок, хронические гиперпластические ларингиты, ранние стадии новообразований голосового отдела гортани. По результатам видеоларингостробоскопии врач получает представление о процессе восстановления голосовой функции гортани после фонохирургических вмешательств [2, 5, 10].

Метод видеоларингостробоскопии остается наиболее часто используемым диагностическим инструментом в фониатрических отделениях всего мира, поскольку он наиболее доступен, достаточно прост в использовании и дает ценную информацию о вибраторном цикле голосовых складок [2, 3, 11].

Ограничения метода заключаются в следующем. Колебания голосовых складок, наблюдаемые при видеоларингостробоскопии, не являются их реальными движениями, а представляют собой иллюзорные замедленные изображения. Поэтому метод эффективен при наличии периодических колебаний голосовых складок с постоянной частотой фонации длительностью не менее 2 сек для настройки частоты стробоскопического света, иначе невозможно достижение стробоскопического комфорта. Оценка результатов носит субъективный характер [11, 12].

Видеоларингоскопия и видеоларингостробоскопия входят в «золотой стандарт» исследования гортани у пациентов, страдающих дисфонией [3].

На сегодняшний день существуют методы, на основании которых возможно провести оценку вибраторного цикла голосовых складок не только качественно, но и количественно. К ним относятся высокоскоростная видеоларингоскопия, кимография, электроглоттография [2, 5, 11, 13–18]. Сочетание нескольких методов

исследования гортани в норме и при патологии позволяет провести более детальную диагностику [19–21].

Кимография гортани (от греч. *kyma* – волна и *grapho* – изображать) – это способ объективной регистрации колебаний голосовых складок, представленный в виде графика в системе декартовых прямоугольных координат. Получаемое изображение называется кимограммой [13, 22].

Метод позволяет по видеоизображению гортани оценить колебания голосовых складок на определенном уровне голосовой щели по выбору врача. Как правило, изображения кимографии получают из области максимальной вибрации голосовых складок (в середине голосовой щели) либо из участков патологических изменений (кисты, полипы голосовых складок и т. д.). Кимография гортани дает более подробное представление о механизме нарушений голоса, а также позволяет проводить математическую и статистическую обработку получаемых результатов [13, 22].

Существуют различные виды кимографии гортани: видеостробокимография, 2D-сканирующая видеокимография, видеокимография, высокоскоростная цифровая кимография [11, 22–27]. Они отличаются используемым оборудованием, техническими особенностями выполнения, точностью визуализации, а также набором определяемых качественных и количественных показателей. Все эти методы информативны для оценки колебаний голосовых складок, но имеют некоторые ограничения в клинических условиях.

Видеостробокимография – метод исследования, при котором изображение видеостробокимограммы реконструируется на основании видеозаписи стробоскопии гортани. В ходе построения видеостробокимограммы камера фиксирует множество кадров видеоизображения стробоскопии. Программным обеспечением из полученных кадров выхватывается одна и та же линия, соответствующая выбранному врачом уровню голосовой щели. Далее линии из разных кадров объединяются в новое изображение, располагаясь одна за другой по оси времени. В результате колебания голосовых складок на этом уровне голосовой щели визуализируются как волнообразные искажения их границ по направлению к средней линии и от нее в течение определенного времени [13–15, 22].

Это наиболее простой в исполнении и рентабельный метод кимографии [24, 27]. Процесс построения и анализа видеостробокимограммы не требует длительного времени. У врача имеется возможность в любой момент вернуться к видеозаписи стробоскопии и выбрать другой участок исследования или уровень построения видеостробокимограммы. Не возникает проблем с хранением больших объемов цифровых данных. Стоимость используемого оборудования ниже по сравнению с другими методами кимографии. Имеются следующие ограничения. Видеостробокимограммы не являются реальным изображением колебаний голосовых складок, а отображают данные, полученные за счет реконструкции иллюзорных замедленных изображений видеостробоскопии. Метод эффективен только в случае периодических колебаний голосовых складок с постоянной частотой фонации длительностью

не менее 2 сек [11, 15, 23, 27, 28]. Несмотря на вышеперечисленные недостатки, видеостробокимография в большинстве случаев достаточно точно отражает морфологические характеристики голосовых складок и остается надежным методом детального и быстрого анализа вибраторного цикла [27].

В последнее десятилетие на основе метода видеостробокимографии разработана 2D-сканирующая видеокимография. Для исследования также используется видеостробоскопическая система, но камера оснащена подвижным затвором. Это позволяет записывать каждый кадр видео не на основе моментального снимка отдельного участка голосовой щели, как при видеостробокимографии, а путем сканирования по всей длине голосовых складок от передней до задней комиссуры с временными интервалами. Скорость записи составляет 25–30 кадров в секунду. За счет этого вся фаза вибраторного цикла отображается в одном кадре [11, 23, 25]. Система 2D-сканирования может извлекать динамические изображения всей голосовой складки в режиме реального времени [23, 25]. Метод не требует очень большого пространства для хранения изображений. Имеются определенные недостатки: в ходе исследования невозможно сравнить показатели вибраторного цикла на разных уровнях голосовой щели, сочетание пространственной и временной информации может затруднить определение того, являются ли патологические 2D-изображения следствием анатомических особенностей голосовых складок или нерегулярного характера колебаний [23].

Видеокимография – оптический высокоскоростной метод исследования колебаний голосовых складок на определенном линейном участке голосовой щели [11, 28, 29]. Видеокимографическая камера имеет возможность работать в двух режимах: стандартом (50 кадров в секунду) и высокоскоростном (8 000 кадров в секунду) [28]. Видеокимографические изображения выводятся на экран в режиме реального времени в виде стандартного видеосигнала хорошего качества. В отличие от видеостробоскопии гортани, метод дает возможность получить реальные изображения вибраторного цикла и анализировать аperiodические колебания голосовых складок. На практике широкое применение данного метода затрудняется следующим: высокая стоимость оборудования, недоступность выбора нескольких уровней построения видеокимограммы в ходе одного исследования, на экране визуализируется только один линейный участок голосовой щели [11, 23, 25].

Высокоскоростная цифровая кимография для построения кимограммы использует изображения, полученные во время выполнения высокоскоростной ларингоскопии [5, 11, 30]. Системы для высокоскоростной съемки воспроизводят от 2 000 до 4 000 кадров в секунду, что позволяет поэтапно наблюдать процесс вибраторных движений голосовых складок, в том числе при аperiodических колебаниях. Метод дает возможность построения кимограмм на разных уровнях голосовой щели в течение одного исследования [5, 11, 26, 30]. Высокоскоростная цифровая кимография имеет свои недостатки: значительный период ожидания обработки изображений, в связи

с большим объемом получаемой информации продолжительность видеозаписи составляет не более нескольких секунд, предъявляются высокие требования к объему хранения данных в памяти процессора [11, 23].

Таким образом, среди методов кимографии только видеокимография и высокоскоростная цифровая кимография полезны для анализа аperiодических колебаний голосовых складок. Видеокимография обеспечивает визуализацию реальных колебаний голосовых складок, в то время как высокоскоростная цифровая кимография, стробокимография и 2D-сканирующая кимография получают кимограммы за счет программной реконструкции изображений высокоскоростной ларингоскопии или видеостробоскопии гортани соответственно [11]. Методы кимографии используются в диагностике функциональных и органических заболеваний гортани, при динамическом наблюдении пациентов на фоне терапии, на до- и послеоперационном этапе фонохирургических вмешательств, в рамках профотбора и диспансеризации пациентов голосоречевых профессий [5, 13].

Результаты кимографии гортани могут быть оценены качественно и количественно. Основными качественными характеристиками являются: наличие или отсутствие колебаний голосовых складок, их регулярность (фазовая симметрия), симметричность (амплитудная симметрия), смещение слизистой волны, форма латеральных и медиальных пиков, форма щели во время фазы открытия [8, 11–15, 27].

Объективным количественным показателем является коэффициент открытия (opening quotient, OQ). Он рассчитывается как отношение длительности фазы открытия к общей длительности одного вибраторного цикла голосовых складок [8, 11, 13–15, 27]. Средние значения коэффициента открытия в норме, по различным данным, составляют около 0,5 и сопоставимы у мужчин и женщин [24, 31, 32]. Коэффициент OQ может быть определен при любом методе кимографии и является общепринятым, используемым в большинстве исследований показателем [24, 32]. Известно, что коэффициент закрытия (closing quotient, CQ) обратен коэффициенту открытия и определяется, соответственно, как отношение длительности фазы контакта к общей длительности одного вибраторного цикла голосовых складок. Поэтому рассчитывать эти два коэффициента одновременно нецелесообразно. В зависимости от используемого метода кимографии также могут определяться количественные показатели фазовой и амплитудной асимметрии, площадь щели в фазе открытия и некоторые другие [8, 11, 13–15, 27].

Таким образом, методы кимографии гортани позволяют получить углубленную информацию о вибраторном цикле голосовых складок в норме и при патологии.

Цель работы – оценить показатели видеоостробокимографии при функциональных и органических заболеваниях гортани.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В фониатрическом отделении ФГБУ СПб НИИ ЛОР обследовали 9 пациентов в возрасте от 28 до 53 лет. Из них 6 (66,7%) женщин и 3 (33,3%) мужчин. Все пациенты были представителями голосоречевых профессий.

Только одна пациентка была здорова. В остальных случаях больные обращались за помощью в связи с нарушением голосовой функции. В трех наблюдениях причиной являлась функциональная дисфония: у двух больных по гипотонусному, у одного – по гипертонусному типу. Органические заболевания гортани диагностировали у пяти пациентов: хронический катаральный ларингит, хронический отечно-полипозный ларингит Рейнке 1-й стадии, отечные узелки голосовых складок, ангиоматозный полип голосовой складки, послеоперационный монохордит.

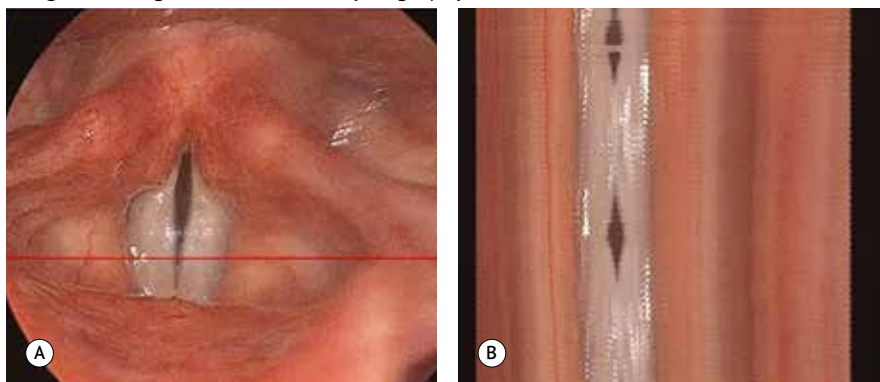
Всем пациентам проводили видеоларингоскопию, видеоларингостробоскопию, видеостробокимографию. Видеоларингоскопию и видеоларингостробоскопию выполняли по стандартной методике.

Для проведения видеостробокимографии первым этапом проводили видеоларингостробоскопию при произнесении звука «и» на удобной для пациента высоте и громкости. Частота стробоскопии составляла один вибраторный цикл в секунду. Вторым этапом переходили в модуль программного обеспечения, предназначенного для проведения видеостробокимографии. В нем параллельно отображались два окна – запись видеоларингостробоскопического исследования и окно построения и анализа видеостробокимограммы.

На экране видеоларингостробоскопического исследования выбирали участок видеозаписи для анализа. Необходимыми условиями были следующие: момент фонации, четкое изображение, строго вертикальное расположение срединной линии голосовой щели (от передней комиссуры до задней комиссуры), визуализация голосовых складок по всей длине и отсутствие на них отделяемого, длительность записи не менее 2 сек (2 вибраторных цикла), отсутствие смещения изображения за счет движения эндоскопа или глоточного рефлекса.

Определяли уровень построения видеостробокимограммы – в средней трети голосовой щели либо в месте локализации патологических изменений слизистой оболочки

● **Рисунок 1.** Этапы проведения видеостробокимографии гортани
● **Figure 1.** Stages of videostrobokymography



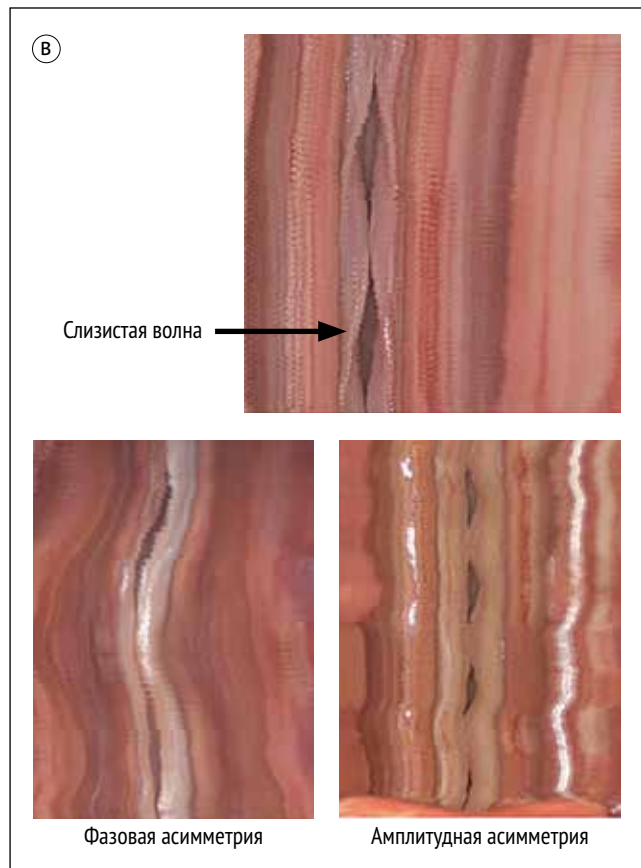
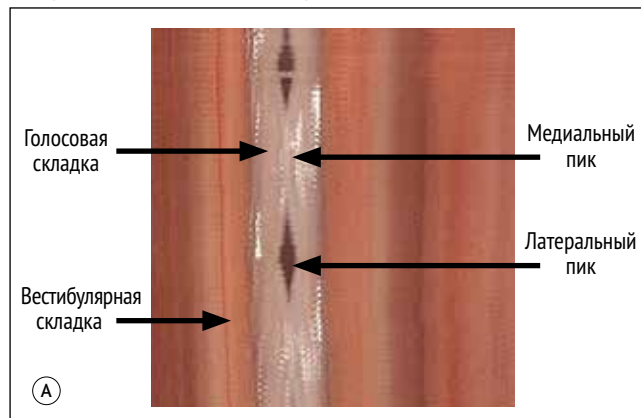
А – кадр видеозаписи ларингостробоскопии, горизонтальная красная линия в средней трети голосовой щели соответствует уровню построения видеостробокимограммы; В – видеостробокимограмма.

голосовых складок. Указывали длительность отрезка видеозаписи для анализа – от 2 до 4 сек (что соответствовало 2 либо 4 вибраторным циклам). Построение видеостробокимограммы происходило автоматически. Обработка данных программным обеспечением занимала менее 1 мин (рис. 1).

Затем проводили качественный анализ видеостробокимограммы по следующим показателям: наличие или отсутствие колебаний голосовых складок, регулярность (фазовая симметрия) и симметричность (амплитудная симметрия) колебаний, смещение слизистой волны, форма латеральных и медиальных пиков, форма щели во время фазы открытия (рис. 2).

● **Рисунок 2.** Видеостробокимограмма, качественные показатели

● **Figure 2.** Videostrobokymography, quality indicators



А – медиальный и латеральный пики колебаний голосовых складок; В – смещение слизистой волны, фазовая и амплитудная асимметрия.

Для проведения количественного анализа с определением ОQ в окне построения и анализа видеостробокимограммы устанавливали первые две отметки на начало и конец анализируемого вибраторного цикла, третью – на начало фазы открытия голосовых складок в данном вибраторном цикле. Программное обеспечение автоматически рассчитывало ОQ (рис. 3).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Здоровая пациентка

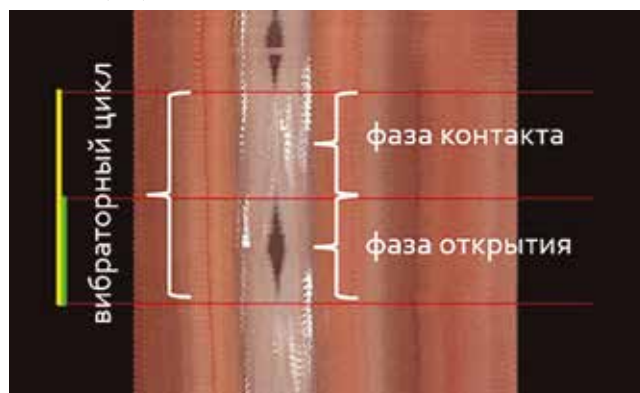
Пациентка В. 28 лет не предъявляла жалоб на голосовую функцию. Обратилась в фониатрическое отделение с целью профилактического осмотра перед началом занятий с педагогом по вокалу. Патологии гортани не выявлено. При видеоларингоскопии слизистая оболочка гортани розовая, голосовые складки белые, ровные, подвижные, при фонации полностью смыкаются. По данным видеоларингостробоскопии колебания голосовых складок симметричные, регулярные, слизистая волна выражена. По результатам видеостробокимографии на уровне средней трети голосовой щели фазовая и амплитудная симметрия колебаний голосовых складок сохранены, визуализируется смещение слизистой волны, хорошо выражены латеральные и медиальные пики колебаний, за счет чего форма щели во время фазы открытия ромбовидная. ОQ составлял 0,5, т. е. фаза контакта по длительности равна половине всего вибраторного цикла голосовых складок (рис. 4А).

Функциональные заболевания гортани

Функциональную дисфонию по гипотонусному типу диагностировали у пациентки М. 37 лет с утомляемостью голоса в течение 3 мес. Пациентка педагог, в течение последнего времени отмечала увеличение голосовой нагрузки. Слизистая оболочка гортани розовая, голосовые складки белые, ровные, при дыхании визуализируется нижняя поверхность голосовых складок, в момент фонации сохраняется узкая треугольная щель в задней трети голосовой щели. Колебания голосовых складок симметричные, регулярные, слизистая волна выражена.

● **Рисунок 3.** Видеостробокимограмма, вычисление коэффициента открытия (ОQ)

● **Figure 3.** Videostrobokymography, calculation of the opening quotient (OQ)



При анализе видеостробоскопических изображений на уровне средней трети голосовой щели фазовая и амплитудная симметрия сохранены, хорошо заметно уменьшение амплитуды колебаний голосовых складок, латеральные и медиальные пики сглажены, форма щели во время фазы открытия узкая веретенообразная. ОQ составлял 0,57, что говорит об увеличении продолжительности фазы открытия в общей длительности вибраторного цикла голосовых складок (рис. 4В).

Пациентка Г. 57 лет с функциональной дисфонией по гипотонусному типу жаловалась на постоянную осиплость, утомляемость голоса в течение полугода. До этого пациентка перенесла острое респираторное заболевание. Видеоларингоскопическое исследование выявляло отсутствие органической патологии гортани и наличие узкой треугольной щели по всей длине во время фонации. Колебания голосовых складок симметричные, регулярные, слизистая волна выражена. По результатам видеостробоскопии фазовая и амплитудная симметрия

сохранены, уменьшена амплитуда колебаний, сглажены латеральные пики, полностью отсутствовала фаза контакта голосовых складок, т. е. ОQ был равен 1 (рис. 4С).

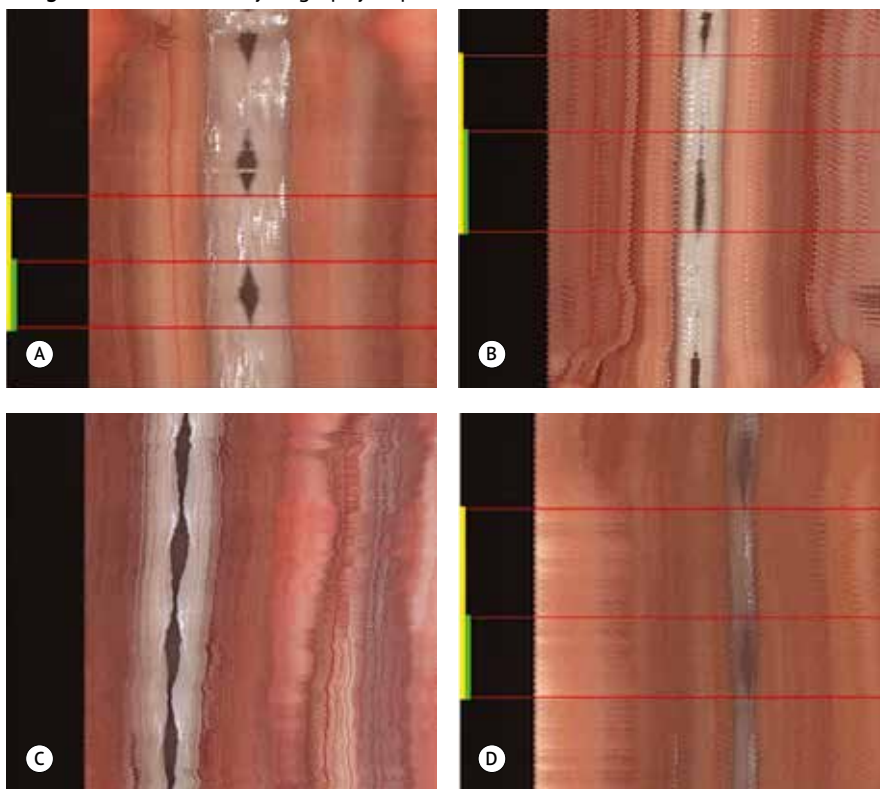
Функциональную дисфонию по гипертонусному типу выявили у пациента Л. 41 года, который обратился к фониатру в связи с осиплостью, утомляемостью голоса, дискомфортом в области мышц шеи во время голосовой нагрузки в течение года. Появление жалоб связывал с большими разговорными нагрузками на фоне стрессовых ситуаций. Слизистая оболочка гортани розовая, голосовые складки белые, ровные, во время фонации плотно смыкались, имелась гиперфункция вестибулярных складок. Колебания голосовых складок асимметричные, регулярные, слизистая волна выражена. По данным видеостробоскопии сохранена фазовая симметрия, отмечалась амплитудная асимметрия, сглажены латеральные и медиальные пики, форма щели в фазе открытия овальная. Вестибулярные складки частично прикрывали голосовые складки. ОQ составлял 0,42, т. е. большую часть вибраторного цикла голосовые складки находились в фазе контакта (рис. 4Д).

Органические заболевания гортани

Пациента С. 38 лет с хроническим катаральным ларингитом беспокоили осиплость, утомляемость голоса, першение в глотке при голосовой нагрузке в течение 3 лет. Из анамнеза жизни известно, что больной курит. Слизистая оболочка гортани умеренно гиперемирована, голосовые складки ровные, с сосудистой инъекцией, во время фонации сохранялась узкая линейная щель. Колебания

● **Рисунок 4.** Видеостробоскопические изображения пациентов

● **Figure 4.** Videostroboscopy of patients



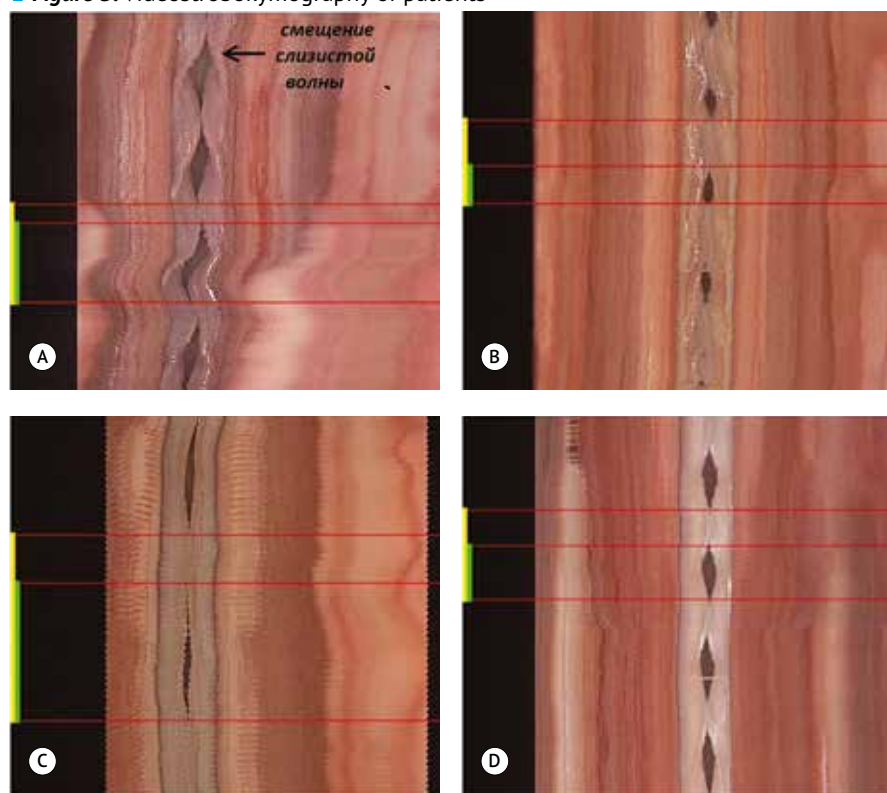
А – пациентка В., норма; В – пациентка М., функциональная дисфония по гипотонусному типу; С – пациентка Г., функциональная дисфония по гипотонусному типу; Д – пациент Л., функциональная дисфония по гипертонусному типу.

голосовых складок симметричные, нерегулярные, слизистая волна выражена. Видеостробоскопия, выполненная на уровне средней трети голосовой щели, демонстрировала фазовую асимметрию колебаний голосовых складок с уменьшением амплитуды, хорошо визуализировалось смещение слизистой волны за счет отека слизистой оболочки, сглажены латеральные пики, щель в фазе открытия неправильной формы. ОQ равен 0,8, т. е. фаза контакта укорочена (рис. 5А).

Хронический отечно-полипозный ларингит Рейнке – Гайека 1-й степени диагностировали у пациентки Р. 48 лет, обратившейся в фониатрическое отделение по поводу стойкой осиплости и утомляемости голоса на протяжении 2 лет. Стаж курения – более 20 лет. Слизистая оболочка гортани умеренно гиперемирована. Голосовые складки светло-розовые, веретенообразно утолщены за счет отека слизистой оболочки, с сосудистой инъекцией, во время фонации щель в форме песочных часов. Колебания голосовых складок симметричные, регулярные, слизистая волна хорошо выражена. По результатам видеостробоскопии на уровне средней трети голосовой щели фазовая и амплитудная симметрия сохранены, медиальные пики сглажены, форма щели в фазе открытия округлая. ОQ составлял 0,45, соответственно, фаза контакта удлинена (рис. 5В).

В случае отека голосовых складок пациентка А. 29 лет жаловалась на осиплость, утомляемость голоса, ощущение повышенного слезообразования в гортани, желание откашляться во время голосовой нагрузки.

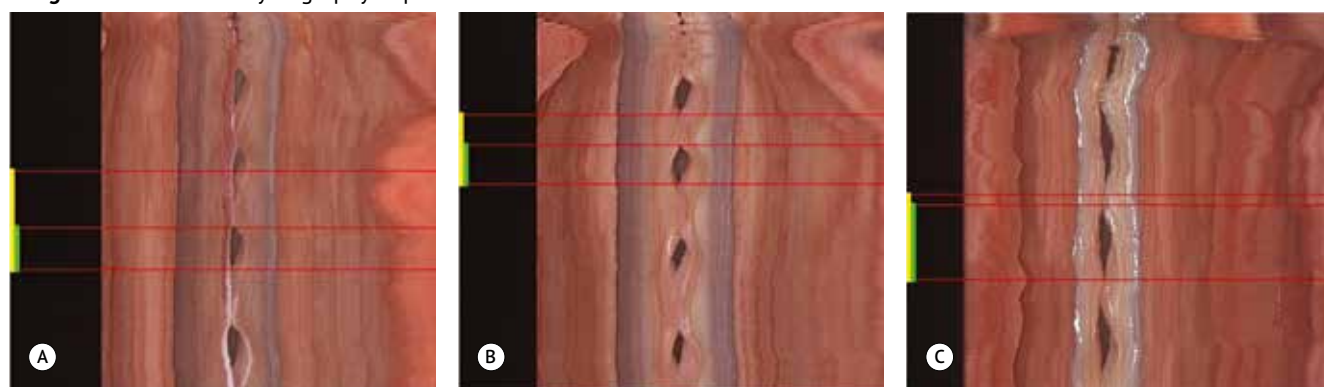
● **Рисунок 5.** Видеостробоскопические изображения пациентов
● **Figure 5.** Videostrobokymography of patients



А – пациент С., хронический катаральный ларингит; В – пациентка Р., хронический отечно-полипозный ларингит Рейнке – Гайека 1-й степени; С – пациентка А., отечные узелки голосовых складок, до лечения; D – пациентка А., узелки голосовых складок после лечения исчезли.

Жалобы возникли после использования крика. Слизистая оболочка гортани розовая, голосовые складки белые, в узловой точке визуализировали локальный отек слизистой оболочки обеих голосовых складок. Фонационная щель в форме песочных часов. Колебания голосовых складок симметричные, нерегулярные, слизистая волна выражена. При анализе видеостробоскопической картины на уровне узелков отмечали фазовую асимметрию колебаний, амплитудная симметрия сохранена, но амплитуда колебаний уменьшена, латеральные и медиальные пики сглажены, щель в фазе открытия веретеновидная. ОQ составлял 0,74, т. е. длительность фазы контакта в области узелков голосовых складок была укорочена (рис. 5С).

● **Рисунок 6.** Видеостробоскопические изображения пациентов
● **Figure 6.** Videostrobokymography of patients



А – пациент Д., ангиоматозный полип правой голосовой складки, передняя треть голосовой щели (место локализации образования); В – пациент Д., ангиоматозный полип правой голосовой складки, средняя треть голосовой щели; С – пациентка К., послеоперационный правосторонний монохордит.

Проведен курс консервативного лечения: голосовой покой в течение 10 дней, ингаляции глюкокортикостероидного препарата, физиологического раствора, физиотерапия. В результате лечения при осмотре через 2 нед. голос восстановился, достигнуто выздоровление. Голосовые складки белые, ровные, полностью смыкались во время фонации, колебания их симметричные, регулярные. Также изменилась картина видеостробоскопической картины, выполненной на том же уровне голосовой щели: восстановилась фазовая симметрия, увеличилась амплитуда колебаний, лучше выражены латеральные и медиальные пики колебаний, форма щели в фазе открытия веретеновидная. ОQ после лечения составлял 0,6, что свидетельствует об удлинении фазы контакта голосовых складок в течение вибраторного цикла (рис. 5D).

Причиной стойкой осиплости пациента Д. 48 лет был ангиоматозный полип правой голосовой складки. В анамнезе заболевания голосовые нагрузки на фоне острого ларинготрахеита. Слизистая оболочка гортани розовая. Голосовые складки с легкой сосудистой инъекцией, левая ровная, на медиальном крае правой в передней трети образование розового цвета, на широком основании, с гладкой поверхностью. Колебания голосовых складок отсутствовали в месте образования, в остальном были сохранены. Слизистая волна также отсутствовала в области полипа. Видеостробоскопические изображения выполняли в двух точках: на уровне полипа и на уровне средней трети голосовой щели (рис. 6А, В). На уровне полипа хорошо заметно отсутствие колебаний правой голосовой складки, ОQ составлял 0,43. На уровне средней трети голосовой щели колебания голосовых складок сохранены, отмечали фазовую асимметрию, амплитудная

симметрия сохранена, латеральные и медиальные пики колебаний выражены, ОQ составлял 0,56. Таким образом, фаза контакта более продолжительная в области полипа.

У пациентки К. 32 лет, перенесшей хирургическое вмешательство по поводу кисты правой голосовой складки 2 мес. назад, сохранялась осиплость в связи с послеоперационным монохордитом. Слизистая оболочка гортани светло-розовая. Голосовые складки розовые, ровные, на правой более выражена сосудистая инъекция, во время фонации смыкались в средней трети. Колебания голосовых складок асимметричные (уменьшена амплитуда справа), нерегулярные, слизистая волна хорошо выражена только на левой голосовой складке. Видеоостробокимография на уровне средней трети голосовой щели показала наличие фазовой и амплитудной асимметрии, латеральные и медиальные пики колебаний больше выражены на левой голосовой складке. Смещение слизистой волны было заметно на левой и отсутствовало на правой голосовой складке. ОQ составлял 0,88, что свидетельствует о заметном укорочении фазы контакта голосовых складок во время фонации (рис. 6С).

Таким образом, представленные результаты исследования свидетельствуют о существенных различиях видеоостробокимографической картины у пациентов с функциональными и органическими заболеваниями гортани.

ВЫВОДЫ

Видеоостробокимография – новый метод исследования, который позволяет провести углубленную дифференциальную диагностику функциональных и органических

заболеваний гортани. Отличительной особенностью метода является возможность оценить показатели вибраторного цикла голосовых складок не только качественно, но и количественно.

Различные патологические состояния гортани характеризуются фазовой и амплитудной асимметрией колебаний голосовых складок, изменением формы латеральных и медиальных пиков колебаний, формы щели в фазе открытия, увеличением или уменьшением слизистой волны.

Показатель ОQ объективно отражает длительность фазы открытия голосовой щели в течение вибраторного цикла и изменяется в зависимости от выраженности патологических изменений голосовых складок в процессе лечения.

Этот метод не может заменить видеоларингостробоскопию, т. к. патологические изменения слизистой оболочки голосовых складок (узелки, полипы, кисты и т. д.) не визуализируются на видеоостробокимограммах. Видеоостробокимография может использоваться в дополнение к видеоларингостробоскопии для контроля за процессом лечения, в исследовательской работе, для математической и статистической обработки данных.

Полученные результаты позволяют сделать выводы о важности использования видеоостробокимографии в фониатрической практике. Данное исследование является нашим первым опытом применения видеоостробокимографии гортани.



Поступила / Received 27.09.2024

Поступила после рецензирования / Revised 29.10.2024

Принята в печать / Accepted 08.11.2024

Список литературы / References

1. Степанова ЮЕ, Корень ЕЕ, Готовяхина ТВ. Клинико-диагностический алгоритм работы врача-оториноларинголога с профессионалами голоса. *Российская оториноларингология*. 2019;18(1):116–123. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-1-116-123>.
Stepanova YuE, Koren' EE, Gotovyakhina TV. Clinical and diagnostic algorithm for otorhinolaryngologist's work with voice professionals. *Rossiiskaya Otorinolaringologiya*. 2019;18(1):116–123. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2019-1-116-123>.
2. Степанова ЮЕ, Готовяхина ТВ. Видеоэндоскопические методы исследования гортани в современной фониатрии. *Медицинский совет*. 2022;16(20):8–15. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-20-8-15>.
Stepanova JuE, Gotovyakhina TV. Video endoscopic methods of laryngeal examination in modern phoniatry. *Meditsinskiy Sovet*. 2022;16(20):8–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-20-8-15>.
3. Степанова ЮЕ. Основы фониатрии (лекция). *Consilium Medicum*. 2023;25(3):187–193. <https://doi.org/10.26442/20751753.2023.3.202096>.
Stepanova JE. Fundamentals of phoniatry (lecture). *Consilium Medicum*. 2023;25(3):187–193. (In Russ.) <https://doi.org/10.26442/20751753.2023.3.202096>.
4. Василенко ЮС. *Голос. Фониатрические аспекты*. М.: Дипак; 2013. 394 с.
5. Осипенко ЕВ, Султонова КБ. Высокоскоростная съемка гортани как метод оценки вибраторных характеристик голосовых складок. *Российская оториноларингология*. 2013;4(4):98–102. Режим доступа: https://lornii.ru/upload/iblock/4eb/j_4_2013.pdf.
Osipenko EV, Sulstonova KB. High-speed video as a method to diagnose vibration characteristics of vocal folds. *Rossiiskaya Otorinolaringologiya*. 2013;4(4):98–102. (In Russ.) Available at: https://lornii.ru/upload/iblock/4eb/j_4_2013.pdf.
6. Максимов И. *Фониатрия*. М.: Медицина; 1987. 288 с. Режим доступа: https://marge-studio.ru/image/Docs/01_Maksimov-Foniatrya.pdf.
7. Степанова ЮЕ, Артюшкин СА, Готовяхина ТВ. *Заболевания гортани у лиц голосоречевых профессий*. СПб.: Полифорум; 2018. 84 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/xmnged>.
8. Eysholdt U, Rosanowski F, Hoppe U. Vocal fold vibration irregularities caused by different types of laryngeal asymmetry. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2003;260(8):412–417. <https://doi.org/10.1007/s00405-003-0606-y>.
9. Готовяхина ТВ, Степанова ЮЕ, Корень ЕЕ. Влияние пандемии COVID-19 на заболеваемость гортани. *Российская оториноларингология*. 2022;21(4):29–34. <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-4-29-34>.
Gotovyakhina TV, Stepanova YuE, Koren' EE. Impact of COVID-19 pandemic on laryngeal morbidity. *Rossiiskaya Otorinolaringologiya*. 2022;21(4):29–34. (In Russ.) <https://doi.org/10.18692/1810-4800-2022-4-29-34>.
10. Степанова ЮЕ. Функциональные и органические дисфонии у профессионалов голоса (лекция). *Consilium Medicum*. 2023;25(9):629–635. <https://doi.org/10.26442/20751753.2023.9.202387>.
Stepanova JE. Functional and organic dysphonia in voice professionals (lecture). *Consilium Medicum*. 2023;25(9):629–635. (In Russ.) <https://doi.org/10.26442/20751753.2023.9.202387>.
11. Park HJ, Kim W, Kim GH, Jeon GR, Lee BJ, Shin BJ et al. Imaging and Analysis of Human Vocal Fold Vibration Using Two-Dimensional (2D) Scanning Videokymography. *J Voice*. 2016;30(3):345–353. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2015.05.012>.
12. Kendall KA. High-speed laryngeal imaging compared with videostroboscopy in healthy subjects. *Arch Otolaryngol Head Neck Surg*. 2009;135(3):274–281. <https://doi.org/10.1001/archoto.2008.557>.
13. Kaplan SE, Bryson PC. Office-Based Videoimaging of the Larynx. *Curr Otorhinolaryngol Rep*. 2015;3:132–137. <https://doi.org/10.1007/s40136-015-0090-0>.
14. Vydrova J, Svec JG, Sram F. Videokymography (VKG) in Laryngologic Practice. *Journal of MacroTrends in Health and Medicine*. 2015;3(1):87–95. Available at: <https://macrojournals.com/assets/docs/8HM31Vr.32215729.pdf>.
15. Kim GH, Wang SG, Lee BJ, Park HJ, Kim YC, Kim HS et al. Real-time dual visualization of two different modalities for the evaluation of vocal fold vibration – laryngeal videostroboscopy and 2D scanning videokymography: preliminary report. *Auris Nasus Larynx*. 2017;44(2):174–181. <https://doi.org/10.1016/j.anl.2016.06.008>.
16. Herbst CT. Electroglottography – An Update. *J Voice*. 2020;34(4):503–526. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.12.014>.
17. Schlegel P, Kist A, Kunduk M, Dürr S, Döllinger M, Schützenberger A. Interdependencies between acoustic and high-speed videostroboscopy parameters. *PLoS ONE*. 2021;16(2):e0246136. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0246136>.

18. Nacci A, Macerata A, Bastiani L, Paludetti G, Galli J, Marchese MR et al. Evaluation of the Electroglottographic Signal Variability in Organic and Functional Dysphonia. *J Voice*. 2022;36(6):881.e5–881.e16. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2020.09.005>.
19. Bae IH, Wang SG, Kwon SB, Kim ST, Sung ES, Lee JC. Clinical Application of Two-Dimensional Scanning Digital Kymography in Discrimination of Diplophonia. *J Speech Lang Hear Res*. 2019;62(10):3643–3654. https://doi.org/10.1044/2019_JSLHR-S-18-0175.
20. Woo P. Objective Measures of Stroboscopy and High-Speed Video. *Adv Otorhinolaryngol*. 2020;85:25–44. <https://doi.org/10.1159/000456681>.
21. Kim KH, Wang SG, Ji YB, Tae K, Sung ES, Song CM. Evaluation of Voice and Vocal Fold Vibration after Thyroidectomy Using Two-Dimensional Scanning Digital Kymography and High-Speed Videolaryngoscopy. *J Voice*. 2023;37(3):471.e15–471.e22. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2021.01.005>.
22. Phadke KV, Vydrová J, Domagalská R, Švec JG. Evaluation of clinical value of videokymography for diagnosis and treatment of voice disorders. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2017;274(11):3941–3949. <https://doi.org/10.1007/s00405-017-4726-1>.
23. Wang SG, Park HJ, Cho JK, Jang JY, Lee WY, Lee BJ et al. The first application of the two-dimensional scanning videokymography in excised canine larynx model. *J Voice*. 2016;30(1):1–4. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2014.09.029>.
24. Sielska-Badurek EM, Jędra K, Sobol M, Niemczyk K, Osuch-Wójcikiewicz E. Laryngeal stroboscopy-Normative values for amplitude, open quotient, asymmetry and phase difference in young adults. *Clin Otolaryngol*. 2019;44(2):158–165. <https://doi.org/10.1111/coa.13247>.
25. Kim GH, Lee YW, Bae IH, Park HJ, Wang SG, Kwon SB. Usefulness of Two-Dimensional Digital Kymography in Patients With Vocal Fold Scarring. *J Voice*. 2019;33(6):906–914. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2018.06.003>.
26. Oliveira RCCD, Gama ACC, Genilhú PFL, Santos MAR. High speed digital videolaryngoscopy: evaluation of vocal nodules and cysts in women. *Codas*. 2021;33(3):e20200095. <https://doi.org/10.1590/2317-1782/2020200095>.
27. Du C, Yan Y, Wang L, Lu P. Application of videostrobokymography in analyzing factors affecting voice after surgery. *Lin Chuang Er Bi Yan Hou Tou Jing Wai Ke Za Zhi*. 2021;35(1):20–24. (In Chinese) <https://doi.org/10.13201/j.jissn.2096-7993.2021.01.005>.
28. Svec JG, Schutte HK. Videokymography: high-speed line scanning of vocal fold vibration. *J Voice*. 1996;10(2):201–205. [https://doi.org/10.1016/s0892-1997\(96\)80047-6](https://doi.org/10.1016/s0892-1997(96)80047-6).
29. Qiu Q, Schutte HK. A new generation videokymography for routine clinical vocal fold examination. *Laryngoscope*. 2006;116(10):1824–1828. <https://doi.org/10.1097/01.mlg.0000233552.58895.d0>.
30. Wittenberg T, Tigges M, Mergell P, Eysholdt U. Functional imaging of vocal fold vibration: digital multislice high-speed kymography. *J Voice*. 2000;14(3):422–442. [https://doi.org/10.1016/s0892-1997\(00\)80087-9](https://doi.org/10.1016/s0892-1997(00)80087-9).
31. Lohscheller J, Svec JG, Döllinger M. Vocal fold vibration amplitude, open quotient, speed quotient and their variability along glottal length: kymographic data from normal subjects. *Logoped Phoniatr Vocol*. 2013;38(4):182–192. <https://doi.org/10.3109/14015439.2012.731083>.
32. Krasnodębska P, Szkiełkowska A, Miśkiewicz B, Skarżyński H. Characteristics of euphony in direct and indirect mucosal wave imaging techniques. *J Voice*. 2017;31(3):383.e13–383.e18. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2016.08.021>.

Вклад авторов:

Концепция статьи – Ю.Е. Степанова

Концепция и дизайн исследования – Ю.Е. Степанова

Написание текста – Т.В. Готовяхина

Сбор и обработка материала – Т.В. Готовяхина

Обзор литературы – Т.В. Готовяхина

Анализ материала – Т.В. Готовяхина

Редактирование – Ю.Е. Степанова

Утверждение окончательного варианта статьи – Ю.Е. Степанова

Contribution of authors:

Concept of the article – Yulia E. Stepanova

Study concept and design – Yulia E. Stepanova

Text development – Tatyana V. Gotovyakhina

Collection and processing of material – Tatyana V. Gotovyakhina

Literature review – Tatyana V. Gotovyakhina

Material analysis – Tatyana V. Gotovyakhina

Editing – Yulia E. Stepanova

Approval of the final version of the article – Yulia E. Stepanova

Согласие пациентов на публикацию: пациенты подписали информированное согласие на публикацию своих данных.

Basic patient privacy consent: patients signed informed consent regarding publishing their data.

Информация об авторах:

Готовяхина Татьяна Васильевна, к.м.н., старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела патофизиологии голоса и речи, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; t.gotovyakhina@niilor.ru

Степанова Юлия Евгеньевна, д.м.н., доцент, заведующая научно-исследовательским отделом патофизиологии голоса и речи, Санкт-Петербургский научно-исследовательский институт уха, горла, носа и речи; 190013, Россия, Санкт-Петербург, ул. Бронницкая, д. 9; y.stepanova@niilor.ru

Information about the authors:

Tatyana V. Gotovyakhina, Cand. Sci. (Med.), Senior Researcher of the Department of Voice and Speech Pathophysiology, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; t.gotovyakhina@niilor.ru

Yulia E. Stepanova, Dr. Sci. (Med.), Associate Professor, Head of the Department of Voice and Speech Pathophysiology, Saint Petersburg Research Institute of Ear, Throat, Nose and Speech; 9, Bronnitskaya St., St Petersburg, 190013, Russia; y.stepanova@niilor.ru