

© Team of authors, 2025 / © Коллектив авторов, 2025

3.1.3. Otorhinolaryngology, 3.1.6. Oncology, radiation therapy / 3.1.3. Оториноларингология, 3.1.6. Онкология, лучевая терапия

The clinical significance of high-speed videoendoscopy in assessing the condition of the pseudoglottis after laryngectomy

N.A. Daikhes¹, S.S. Reshulskii¹, M.L. Isaeva¹, V.V. Vinogradov^{1,2}, E.B. Fyodorova¹, S.M. Kochiyeva¹, R.R. Khabiev¹, A.I. Gafurova¹

¹FSBI The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia, Moscow, Russia

²The Russian National Research Medical University named after N.I. Pirogov, Moscow, Russia

Contacts: Maria Leonidovna Isaeva – e-mail: kuzukina@mail.ru

Клиническое значение высокоскоростной видеоэндоскопии в оценке состояния псевдоголосовой щели у ларингэктомированных

Н.А. Дайхес¹, С.С. Решульский¹, М.Л. Исаева¹, В.В. Виноградов^{1,2}, Е.Б. Федорова¹, С.М. Кочиева¹, Р.Р. Хабиев¹, А.И. Гафурова¹

¹ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства» России, Москва, Россия

²Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова Москва, Россия

Контакты: Исаева Мария Леонидовна – e-mail: kuzukina@mail.ru

喉切除术后评估假声门状态中高速视频内镜的临床意义

N.A. Daikhes¹, S.S. Reshulskii¹, M.L. Isaeva¹, V.V. Vinogradov^{1,2}, E.B. Fyodorova¹, S.M. Kochiyeva¹, R.R. Khabiev¹, A.I. Gafurova¹

¹俄罗斯联邦医学与生物学署联邦国家预算科研机构耳鼻咽喉头颈外科国家医学研究中心, 莫斯科, 俄罗斯;

²以N.I. 彼罗戈夫命名的俄罗斯国立研究型医科大学, 莫斯科, 俄罗斯

联系方式: Maria Leonidovna Isaeva — 邮箱: kuzukina@mail.ru

The aim of this study was to investigate the anatomical, morphological and dynamic characteristics of the pharyngoesophageal segment mucosa, as well as the features of pseudoglottis deformation during substitute phonation after total laryngectomy.

Material and methods. The study included 90 patients who had undergone laryngectomy and were stratified into 3 groups of 30 participants each, depending on the voice rehabilitation method (esophageal voice (EV, group I), tracheoesophageal voice prosthesis (TEV, group II), and electrolarynx (EL, group III)) from September 2021 to August 2023. All patients underwent endoscopic examination of the pharyngoesophageal segment and pseudoglottis during substitute phonation using a high-speed videoendoscopy system. Analysis of the pseudoglottis vibration parameters was carried out by visual assessment of kymograms and video recordings in slow motion. A number of parameters were assessed: the presence and amount of saliva in the pharyngoesophageal segment in the context of the influence on the visibility of the pseudoglottis, the shape of the pseudoglottis during the opening phase, the localization of visible vibration by prevalence on one or several walls, the presence, severity, and uniformity of the mucosal wave, the displacement of the pharyngoesophageal segment mucosa similar to the displacement of the vocal fold mucosa during physiological phonation, and the presence and relative duration of the pseudoglottis closure phase.

Results. The study revealed 5 different types of pseudoglottis: rounded, triangular, flat with the closure of the front and rear walls, flat with the closure of the lateral walls, and irregular. Comparing the occurrence of various forms of pseudoglottis in the study groups, no statistically significant differences were found between the groups (p -value=0.536). Comparing the groups in terms of the occurrence of various types of pseudoglottic closure (complete, incomplete, absent), no statistically significant differences were revealed (p -value=0.434). Vibration patterns were assessed in 2 study groups: I (EV) and II (TEV). In group 3 (EL), vibrations were not observed in any case due to the different biomechanics of substitute phonation, since the pharyngoesophageal segment is not a vibrating source of sound when an electrolarynx is used. Comparing the occurrence of various types of vibration patterns between groups I and II, no statistically significant differences were revealed in the localization of vibration (p -value=0.877), the strength of the mucosal wave (p -value=0.147), or the pattern of vibration (p -value=0.359).

Conclusion. High-speed videoendoscopy is a modern and effective method for objective assessment of the vibration characteristics of the pseudoglottis, allowing to study biomechanics of substitute phonation in laryngectomized patients. The absence of statistically significant differences between voice rehabilitation methods when comparing the distribution of vibration patterns across the three study groups seems to indicate that certain vibration characteristics, such as the shape and closure of the pseudoglottis, do not depend on the method of substitute phonation. The identified vibration patterns require further study and investigation of the relationships between the pseudoglottis vibration parameters and the acoustic characteristics of the pseudo-voice, as well as the features of the surgical technique, primarily the method of suturing the pharyngoesophageal anastomosis.

Keywords: larynx cancer, total laryngectomy, voice rehabilitation, esophageal voice, tracheoesophageal voice, electrolarynx, voice prosthesis

Conflicts of interest. The authors have no conflicts of interest to declare.

Financing. The study received no funding.

For citation: Daikhes N.A., Reshulskii S.S., Isaeva M.L., Vinogradov V.V., Fyodorova E.B., Kochiyeva S.M., Khabiev R.R., Gafurova A.I. The clinical significance of high-speed videoendoscopy in assessing the condition of the pseudoglottis after laryngectomy. *Head and neck. Russian Journal.* 2025;13(3):70–78

Doi: 10.25792/HN.2025.13.3.70-78

The authors are responsible for the originality of the data presented and the possibility of publishing illustrative material – tables, drawings, photographs of patients.

Цель исследования – изучить анатомо-морфологические и динамические характеристики слизистой оболочки глоточно-пищеводного сегмента (ГПС), а также особенности деформации псевдоголосовой щели (ПГЩ) в процессе субститутивной фонации.

Материал и методы. В исследование вошли 90 пациентов, перенесших ларингэктомию, которые были стратифицированы в 3 группы по 30 человек в зависимости от метода голосо-речевой реабилитации: группа I – пищеводный голос (ПГ), группа II – трахеопищеводное шунтирование (ТПШ) с голосовым протезированием, группа III – электрогортань (ЭГ) с сентября 2021 по август 2023 г. Всем пациентам проводили эндоскопическое исследование глоточно-пищеводной воронки и ПГЩ во время заместительной фонации с использованием системы высокоскоростной видеоэндоскопии. Анализ вибраторных параметров ПГЩ проводился путем визуальной оценки кимограмм и видеозаписи в замедленном воспроизведении. Оценивали ряд параметров: наличие и количество слюны в глоточно-пищеводной воронке в контексте влияния на видимость ПГЩ, форму ПГЩ по контуру отверстия во время фазы открытия, локализацию видимой вибрации по превалированию на одной или нескольких стенках, наличие, выраженность и равномерность слизистой волны, смещение слизистой оболочки ГПС по аналогии со смещением слизистой оболочки голосовых складок при физиологической фонации, наличие и относительную продолжительность фазы закрытия ПГЩ.

Результаты. В ходе исследования выявлено 5 различных типов ПГЩ: округлая, треугольная, плоская со смыканием передней и задней стенок, плоская со смыканием боковых стенок, неправильной формы. При сравнении встречаемости различных форм ПГЩ в группах исследования статистически значимых различий между группами не выявлено ($p\text{-value}=0,536$). При сравнении групп исследования по встречаемости различных типов замыкания ПГЩ (полное, неполное, отсутствует) статистически значимых различий не выявлено ($p\text{-value}=0,434$). Вибраторные паттерны оценивались в 2 группах исследования: I (ПГ) и II (ТПШ). В группе III (ЭГ) вибраторные колебания не наблюдались ни в одном из случаев в связи с отличающейся биомеханикой субститутивной фонации, поскольку при использовании голосообразующего аппарата ГПС не является вибрирующим источником звука. При сравнении I и II групп по встречаемости различных типов вибраторных паттернов не было выявлено статистически значимых различий по локализации вибрации ($p\text{-value}=0,877$), выраженности слизистой волны ($p\text{-value}=0,147$) и характеру вибрации ($p\text{-value}=0,359$).

Заключение. Высокоскоростная видеоэндоскопия является современным и эффективным методом объективной оценки вибраторных характеристик ПГЩ, что позволяет детально изучить биомеханику субститутивной фонации у ларингэктомизированных пациентов. Отсутствие статистически значимых различий между способами голосовой реабилитации при сравнении распределения вибраторных паттернов в 3 группах исследования, по-видимому, свидетельствует о том, что некоторые вибраторные характеристики, такие как форма и замыкание ПГЩ не зависят от способа субститутивной фонации. Выявленные вибраторные паттерны требуют дальнейшего изучения и поиска связей между вибраторными параметрами ПГЩ и

акустическими характеристиками псевдоголоса, а также особенностями хирургической техники в первую очередь способом ушивания глоточно-пищеводного анастомоза.

Ключевые слова: рак гортани, ларингэктомия, голосовая реабилитация, пищеводный голос, трахеопищеводное шунтирование с голосовым протезированием, электрогортань, голосообразующий аппарат

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование. Работа выполнена без спонсорской поддержки.

Для цитирования: Дайхес Н.А., Решульский С.С., Исаева М.Л., Виноградов В.В., Федорова Е.Б., Кочиева С.М., Хабиев Р.Р., Гафурова А.И. Клиническое значение высокоскоростной видеоэндоскопии в оценке состояния псевдоголосовой щели у ларингэктомизированных. *Head and neck. Голова и шея. Российский журнал.* 2025;13(3):70–78

Doi: 10.25792/HN.2025.13.3.70-78

Авторы несут ответственность за оригинальность представленных данных и возможность публикации иллюстративного материала – таблиц, рисунков, фотографий пациентов.

Цели:本研究旨在调查咽食管段黏膜的解剖学、形态学及动态特征，以及全喉切除术后替代发声期间假声门变形的特点。

材料与方法:研究纳入90例既往行喉切除术患者，按发声康复方式分为3组，每组30例（食管发声（EV，Ⅰ组）、气管—食管发声假体（TEV，Ⅱ组）和电子喉（EL，Ⅲ组）），研究时间为2021年9月至2023年8月。所有患者在替代发声时均采用高速视频内镜系统对咽食管段及假声门进行内镜检查。通过对条纹图（kymogram）和慢放视频的目测评估分析假声门振动参数。评估的参数包括：咽食管段唾液的存在与数量及其对假声门可见度的影响；假声门在开放期的形态；可见振动的定位（偏于一壁或多壁）；黏膜波的存在、强度与均匀性；咽食管段黏膜是否存在类似生理发声时声带黏膜位移的运动；以及假声门闭合期的存在与相对持续时间。

研究结果:研究识别出5种不同类型的假声门：圆形、三角形、前后壁闭合的扁平型、侧壁闭合的扁平型以及不规则型。比较各组不同假声门形态的发生频率，组间无统计学差异（ $p=0.536$ ）。比较不同类型假声门闭合（完全、不完全、缺如）的发生频率，组间同样无统计学差异（ $p=0.434$ ）。振动模式评估在Ⅰ组（EV）与Ⅱ组（TEV）中进行；由于替代发声的生物力学不同，在Ⅲ组（EL）中未观察到任何病例存在振动，因为使用电子喉时咽食管段并非声音的振动源。比较Ⅰ组与Ⅱ组不同振动模式的发生情况，在振动定位（ $p=0.877$ ）、黏膜波强度（ $p=0.147$ ）和振动模式类型（ $p=0.359$ ）方面均未发现统计学差异。

结论:高速视频内镜是客观评估假声门振动特征的现代且有效的方法，可用于研究喉切除患者替代发声的生物力学。在三组间比较振动模式分布时缺乏统计学差异，似乎提示某些振动特征（如假声门的形态与闭合）并不依赖于替代发声方式。所识别的振动模式尚需进一步研究，并探讨假声门振动参数与伪声的声学特征以及手术技术特点（尤以咽食管吻合口缝合方式为主）之间的关系

关键词: 喉癌，全喉切除术，声音康复，食管发声，气管—食管发声，电子喉，发声假体

利益冲突声明: 作者声明不存在利益冲突。

资助声明: 本研究由作者团队资助。

引用格式: Daikhes N.A., Reshulskii S.S., Isaeva M.L., Vinogradov V.V., Fyodorova E.B., Kochiyeva S.M., Khabiev R.R., Gafurova A.I. The clinical significance of high-speed videoendoscopy in assessing the condition of the pseudoglottis after laryngectomy. *Head and neck. Russian Journal.* 2025;13(3):70–78

Doi: 10.25792/HN.2025.13.3.70-78

作者声明: 作者对所提供数据的原创性及插图（表格、图片、患者照片）的发表合法性负责。

Введение

Формирование заместительной фонации в процессе голосовой реабилитации пациентов, перенесших ларингэктомию, требует всестороннего понимания процесса генерации звука в изменившихся анатомических условиях [1–3]. Качество трахеопищеводного и пищеводного псевдоголоса существенно

зависит от вибрации слизистой оболочки глоточно-пищеводного сегмента (ГПС), которая вибрирует под воздействием воздуха, генерируя звуковой сигнал [3–6].

Для изучения связи между вибрацией слизистой оболочки и качеством голоса вибраторные колебания слизистой оболочки псевдоголосовой щели (ПГЩ) должны быть проанализированы во время субститутивной фонации [3, 6, 7].

Видеоларингостробоскопия, повсеместно применяемая для оценки физиологической фонации, имеет ряд ограничений при проведении исследования у ларингэктомированных пациентов, т.к. вибрация слизистой оболочки сильно отличается в различных местах ПГЩ, а субститутивный псевдогласный звук представляет собой звуковой сигнал крайне аperiodического и хаотического типов [8–11].

Цель исследования – изучить анатомо-морфологические и динамические характеристики слизистой оболочки ГПС, а также особенности деформации ПГЩ в процессе субститутивной фонации ларингэктомированных пациентов при разных способах голосо-речевой реабилитации.

Материал и методы

В исследование были включены 90 пациентов, перенесших ларингэктомию. Набор в 3 группы по 30 человек в зависимости от метода голосо-речевой реабилитации (пищеводный голос, трахеопищеводное шунтирование с голосовым протезированием, электрогортань) проводился методом стратифицированной выборки с сентября 2021 по август 2023 г.

Всем пациентам проводили эндоскопическое исследование глоточно-пищеводной воронки и ПГЩ во время заместительной фонации с использованием системы высокоскоростной видеозендоскопии. Исследование проводилось с помощью высокоскоростной камеры с частотой кадров 4000 Гц и разрешением 256x256 пикселей (High-Speed Endocam, Wolf Corp., Книттлинген, Германия) (рис. 1). Одновременно записывали звуковой сигнал (микрофон: тип B&K 4129 Bruel & Kjaer Corp., частота дискретизации 44,1 кГц, разрядность 16 бит). Микрофон встроен в ригидный 900 ларингоскоп, использующийся для проведения высокоскоростной эндоскопии (рис. 2). Для записи фонации пациента просили фонировать гласный «А». Вибрации слизистой оболочки ПГЩ записывали сверху высокоскоростной камерой, соединенной с ригидным эндоскопом. Пациентов, использующих пищеводный голос, просили предварительно проглотить максимально возможный объем воздуха для фонации на основе рефлекса эруктации. Пациентам, использующим электрогортань, предлагали вызвать рефлекс эруктации. Пациентов с голосовым протезом просили фонировать, набрав максимально возможный объем воздуха в легкие и закрывая пальцем трахеостомическое отверстие.

Схема регистрации видео- и аудиосигнала у ларингэктомированных пациентов с различными типами субститутивной фонации представлена на рис. 3.

Частота записи в 4000 Гц (4000 кадров в секунду) позволяет последовательно зафиксировать деформации слизистой оболочки ГПС. На каждом кадре слизистая оболочка образует видимое отверстие, которое и называется ПГЩ. Кроме того, необходимо контролировать уровень яркости источника света и фокусное расстояние. Запись эндоскопического видеосигнала осуществляется автоматически после обеспечения визуального контроля технических параметров и нажатия кнопки и занимает 2 секунды. После записи происходит обработка видео- и аудиосигнала во встроенном в эндоскопическую систему программном модуле.

По завершении автоматической обработки проводилась оценка параметров ПГЩ путем визуальной оценки кимограмм и видеозаписи в замедленном воспроизведении. Оценивали ряд параметров: наличие и количество слюны в глоточно-пищеводной воронке в контексте влияния на видимость ПГЩ,



Рис. 1. Система высокоскоростной эндоскопии High-Speed Endocam
Fig. 1. High-Speed Endocam high-speed endoscopy system

форму ПГЩ по контуру отверстия во время фазы открытия, локализацию видимой вибрации по превалированию на одной или нескольких стенках, наличие, выраженность и равномерность слизистой волны, смещение слизистой оболочки ГПС по аналогии со смещением слизистой оболочки голосовых складок при физиологической фонации, наличие и относительную продолжительность фазы закрытия ПГЩ. Программное обеспечение позволяет синхронизировать в разных комбинациях и формировать визуальное представление различных параметров.

Статистическая обработка полученных результатов проводилась с использованием пакетов для математического модели-



Рис. 2. Ригидный эндоскоп 90 со встроенным микрофоном
Fig. 2. Rigid endoscope 90 with built-in microphone

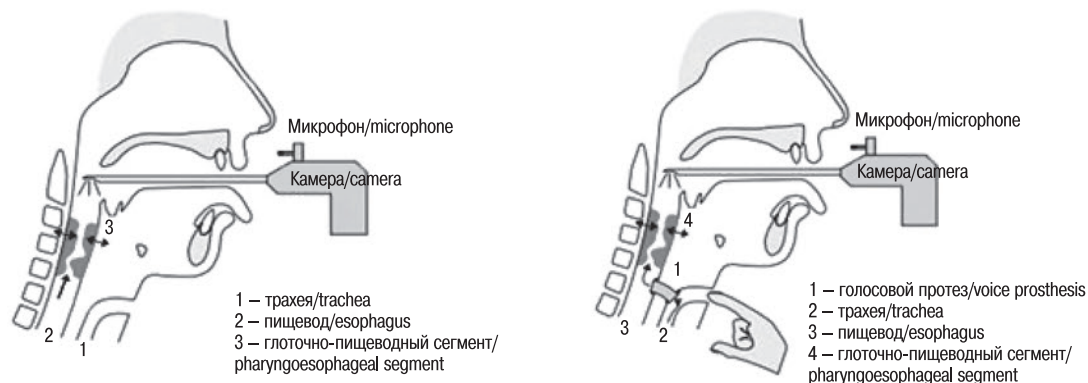


Рис. 3. Схема регистрации аудио- и видеосигнала
Fig. 3. Audio and video signal recording diagram

рования и статистического анализа языка программирования Питон (Python 3.10). Для первичной обработки данных использовались библиотеки NumPy, Pandas, расчет описательных статистик проводился с использованием модуля stats библиотеки Scipy, визуализация данных – с использованием библиотек Matplotlib и Seaborn. Для проверки данных на нормальность использовался критерий Шапиро-Уилка. При сравнении количественных переменных 3 групп сравнения использовался дисперсионный анализ ANOVA (Analysis of Variance). Результаты качественных признаков были выражены в абсолютных числах с указанием долей (%). Статистически значимыми считались различия при $p \leq 0,05$.

Результаты

При проведении высокоскоростной эндоскопии ГПС были описаны параметры ПГЩ и паттерны вибрации слизистой оболочки, характерные для субститутивной фонации у пациентов, перенесших ларингэктомию. Последовательное изменение формы ПГЩ во время субститутивной фонации пищеводным голосом, зарегистрированное во время высокоскоростной эндоскопии, представлено на рис. 4.

В ходе исследования выявлено 5 различных типов ПГЩ. Овальная щель выявлена в 16,7% ($n=5$) случаев в группе I (ПГ), в 10% ($n=3$) случаев в группе II (ТПШ) и в 23,3% ($n=7$) случаев в группе III (ЭГ). Треугольная щель выявлена в 13,3% ($n=4$) случаев в группе I (ПГ), в 6,6% ($n=2$) случаев в группе II (ТПШ) и в 3,3% ($n=1$) случаев в группе III (ЭГ). Плоская щель со смыканием боковых стенок выявлена в 10% ($n=3$) случаев в группе I (ПГ), в 16,7% ($n=5$) случаев в группе II (ТПШ) и в 10% ($n=3$) случаев в группе III (ЭГ), плоская со смыканием передней и задней стенок в 33,3% ($n=10$) случаев в группе I (ПГ), в 26,7% ($n=8$) случаев в группе II (ТПШ) и в 33,3% ($n=10$) случаев в группе III (ЭГ). ПГЩ неправильной формы выявлена в 26,7% ($n=8$) случаев в группе I (ПГ), в 40% ($n=12$) случаев в группе II (ТПШ) и в 30% ($n=9$) случаев в группе III (ЭГ). Сравнительная характеристика встречаемости различных типов ПГЩ в группах исследования представлена в табл. 1.

При сравнении встречаемости различных форм ПГЩ в группах исследования по критерию Краскела–Уоллиса с поправкой Бонферрони статистически значимых различий между группами не выявлено ($p\text{-value}=0,536$).

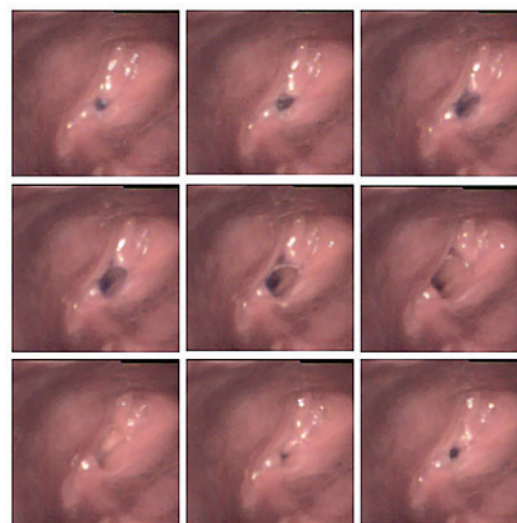


Рис. 4. Последовательное изменение формы ПГЩ во время субститутивной фонации пищеводным псевдогласом (слева направо, сверху-вниз)

Fig. 4. Sequential change in the shape of the pseudoglottis during substitutive phonation with an esophageal pseudo-voice (left to right, top to bottom)

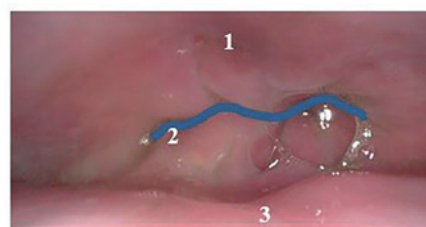


Рис. 5. ПГЩ неправильной формы

1 – задняя стенка глотки, 2 – ПГЩ (выделено синим), 3 – корень языка.

Fig. 5. Irregularly shaped pseudoglottis

1 – posterior pharyngeal wall, 2 – pseudoglottis (highlighted in blue), 3 – root of the tongue.

Таблица 1. Сравнительная характеристика встречаемости различных типов псевдоглоттисовой щели в группах исследования
Table 1. Comparative incidence of various types of pseudoglottis across the study groups

Типы псевдоглоттисовой щели <i>Pseudoglottis types</i>	Частота встречаемости различных типов псевдоглоттисовой щели в группах исследования, n (%) <i>Incidence of various types of pseudoglottis across the study groups, n (%)</i>		
	Группа I (ПГ) (n=30) <i>Group I (EV) (n=30)</i>	Группа II (ТПШ) (n=30) <i>Group II (TEV) (n=30)</i>	Группа III (ЗГ) (n=30) <i>Group III (EL) (n=30)</i>
Округлая <i>Rounded</i>	5 (16,7)	3 (10)	7 (23,3)
Треугольная <i>Triangle</i>	4 (13,3)	2 (6,6)	1 (3,3)
Плоская со смыканием боковых стенок <i>Flat with the closure of the lateral walls</i>	3 (10)	5 (16,7)	3 (10)
Плоская со смыканием передней и задней стенок <i>Flat with the closure of the front and rear walls</i>	10 (33,3)	8 (26,7)	10 (33,3)
Неправильной формы <i>Irregular-shaped</i>	8 (26,7)	12 (40)	9 (30)
p-value (по критерию Краскела-Уоллиса с поправкой Бонферрони) <i>p-value (Kruskal-Wallis test with Bonferroni correction)</i>	0,536		

Таблица 2. Сравнительная характеристика замыкания псевдоглоттисовой щели в группах исследования
Table 2. Comparative characteristics of pseudoglottis closure across the study groups

Замыкание псевдоглоттисовой щели <i>Pseudoglottis closure</i>	Частота встречаемости различных видов замыкания псевдоглоттисовой щели в группах исследования, n (%) <i>Incidence of various types of pseudoglottis closure across the study groups, n (%)</i>		
	Группа I (ПГ) (n=30) <i>Group I (EV) (n=30)</i>	Группа II (ТПШ) (n=30) <i>Group II (TEV) (n=30)</i>	Группа III (ЗГ) (n=30) <i>Group III (EL) (n=30)</i>
полное <i>complete</i>	13 (43,3)	15 (50)	10 (13,3)
частичное <i>partial</i>	7 (23,3)	4 (13,3)	5 (16,6)
отсутствует <i>absent</i>	10 (33,3)	11 (37,7)	15 (50)
p-value (по критерию Краскела-Уоллиса с поправкой Бонферрони) <i>p-value (Kruskal-Wallis test with Bonferroni correction)</i>	0,434		

Таблица 3. Сравнительная характеристика встречаемости различных типов вибраторных паттернов в I и II группах исследования
Table 3. Comparative incidence of various types of vibration patterns in groups I and II of the study

Вибраторные характеристики глоточно-пищеводного сегмента <i>Pharyngoesophageal segment vibration patterns</i>		Частота встречаемости различных вибраторных паттернов в группах исследования, n (%) <i>Incidence of various vibration patterns across the study groups, n (%)</i>		p-value (U-критерий Манна-Уитни) <i>p-value (Mann-Whitney U test)</i>
		Группа I (ПГ) (n=30) <i>Group I (EV) (n=30)</i>	Группа II (ТПШ) (n=30) <i>Group II (TEV) (n=30)</i>	
Локализация вибрации <i>Vibration localization</i>	задняя стенка <i>posterior wall</i>	3 (10)	4 (13,3)	0,877
	передняя стенка <i>anterior wall</i>	3 (10)	2 (6,6)	
	боковая стенка <i>lateral wall</i>	2 (6,6)	1 (3,3)	
	2 или 3 стенки <i>2 or 3 walls</i>	9 (30)	10 (30)	
	все стенки <i>all walls</i>	9 (30)	11 (33,3)	
	вибрация отсутствует <i>no vibration</i>	4 (13,3)	2 (6,6)	
Слизистая волна <i>Mucosal wave</i>	хорошо выражена <i>pronounced</i>	10 (33,3)	16 (53,3)	0,147
	слабо выражена <i>mild</i>	16 (53,3)	12 (40)	
	отсутствует <i>absent</i>	4 (13,3)	2 (6,6)	
Характер вибрации <i>Vibration pattern</i>	равномерная <i>uniform</i>	7 (23,3)	10 (33,3)	0,359
	неравномерная <i>irregular</i>	19 (63,3)	18 (60)	
	отсутствует <i>absent</i>	4 (13,3)	2 (6,6)	

Примеры некоторых типов ПГЩ представлены на рис. 5, 6.

Замыкание ПГЩ во время субститутивной фонации в группе I у 13 (43,3%) пациентов было полным, у 7 (23,3%) – частичным, у 10 (33,3%) отсутствовало. В группе II у 15 (50%) пациентов наблюдалось полное смыкание, у 4 (13,3%) – частичное, у 11 (37,7%) смыкание отсутствовало. В группе III замыкание ПГЩ оценивалось в процессе эруктации, при этом у 10 (33,3%) пациентов было выявлено полное смыкание, у 5 (16,6%) – частичное, смыкание отсутствовало у 15 (50%) больных. Сравнительная характеристика замыкания ПГЩ в группах исследования представлена в табл. 2.

При сравнении групп исследования по встречаемости различных типов замыкания ПГЩ по критерию Краскела–Уоллиса с поправкой Бонферрони статистически значимых различий не выявлено (p -value 0,434).

При оценке вибраторных характеристик было описано смещение слизистой оболочки ГПС, соответствующее квазипериодическому паттерну вибрации, что соответствует III (аперриодическому) типу голосового сигнала [10]. Слизистая волна в процессе субститутивной фонации пищеводным псевдогласом представлена на рис. 7.

Программное обеспечение системы высокоскоростной эндоскопии позволяет провести сравнительную оценку смещения слизистой оболочки ГПС, амплитуды и продолжительности фаз открытия и закрытия во времени (рис. 8).

Вибраторные паттерны оценивались в 2 группах исследования: I (ПГ) и II (ТПШ). В группе III (ЭГ) вибраторные колебания не наблюдались ни в одном из случаев в связи с отличающейся биомеханикой субститутивной фонации, поскольку при использовании голосообразующего аппарата ГПС не является вибрирующим источником звука. Были описаны локализация и характер вибрации слизистой оболочки, а также выраженность слизистой волны. При оценке локализации вибрирующих областей слизистой оболочки ГПС в группе I (ПГ) в 3 (10%) случаях была зарегистрирована вибрация задней стенки, в 3 (10%) – передней стенки, в 2 (6,6%) – боковой стенки, в 9 (30%) вибраторные колебания локализовались на 2 или 3 стенках, в 9 (30%) случаях вибрировали все стенки ГПС, в 4 (13,3%) случаях вибрация слизистой оболочки отсутствовала. В группе II (ТПШ) в 4 (13,3%) случаях была зарегистрирована вибрация задней стенки, в 2 (6,6%) – передней, в 1 (3,3%) – боковой стенки, в 10 (30%) случаях вибраторные колебания локализовались на 2 или 3 стенках, в 11 (33,3%) – вибрировали все стенки ГПС, в 2 (6,6%) случаях вибрация слизистой оболочки отсутствовала.

Смещение слизистой оболочки (слизистая волна) было хорошо выражено у 10 (33,3%) пациентов в группе I (ПГ) и у 16 (53,3%) – в группе II (ТПШ), слабо выражено у 16 (53,3%) в группе I и у 12 (40%) в группе II. Слизистая волна отсутствовала в 4 (13,3%) случаях в группе I, в 2 (6,6%) в группе II. При этом в группе I в 7 (23,3%) случаях наблюдалась равномерная вибрация слизистой оболочки, а в 19 (63,3%) – неравномерная. В группе II этот же показатель составил 33,3% ($n=10$) и 60% ($n=18$) соответственно.

Сравнительная характеристика встречаемости вибраторных паттернов в I и II группах исследования представлена в табл. 3.

При сравнении I и II групп исследования по встречаемости различных типов вибраторных паттернов не было выявлено статистически значимых различий по локализации вибрации (p -value=0,877), выраженности слизистой волны (p -value=0,147) и характеру вибрации (p -value=0,359).



Рис. 6. Плоская ПГЩ со смыканием передней и задней стенок
1 – задняя стенка глотки, 2 – ПГЩ (выделено синим).

Fig. 6. Flat pseudoglottis with closure of the anterior and posterior walls
1 – posterior pharyngeal wall, 2 – pseudoglottis (highlighted in blue).



Рис. 7. Смещение слизистой оболочки ГПС в процессе субститутивной фонации

Fig. 7. Shifting of the pharyngeal mucosa during substitutive phonation

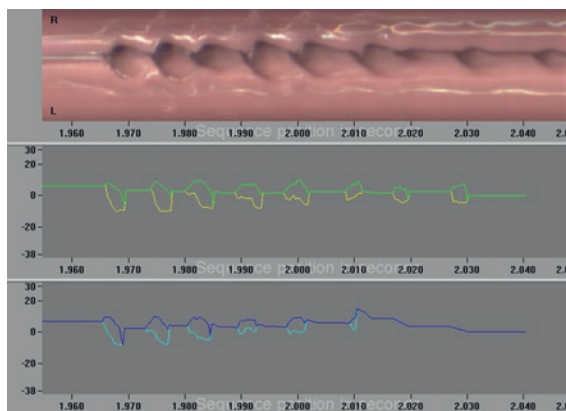


Рис. 8. Синхронизация слизистой волны, амплитуды и продолжительности фазы закрытия ПГЩ в протоколе анализа высокоскоростной эндоскопии ПГЩ

Fig. 8. Synchronization of the mucosal wave, amplitude, and duration of the pseudoglottis closure phase in the pseudoglottis high-speed endoscopy analysis protocol

Заключение

Высокоскоростная видеоэндоскопия является современным и эффективным методом объективной оценки вибраторных параметров ПГЩ, что позволяет детально изучить биомеханику субститутивной фонации у пациентов, перенесших ларингэктомию. Отсутствие статистически значимых различий между способами голосовой реабилитации при сравнении распределения

вibratorных паттернов в 3 группах исследования, по-видимому, свидетельствует о том, что некоторые vibratorные характеристики, такие как форма и замыкание ПГЩ не зависят от способа субститутивной фонации. Выявленные vibratorные паттерны требуют дальнейшего изучения и поиска связей между vibratorными параметрами ПГЩ и акустическими характеристиками псевдоголоса, а также особенностями хирургической техники в первую очередь способом ушивания глоточно-пищеводного анастомоза. Проведение исследования требует продвинутых эндоскопических навыков, поскольку обеспечение полного обзора глоточно-пищеводной воронки и ПГЩ во время субститутивной фонации представляет определенную трудность.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Балацкая Л. Н., Чойнзонов Е.Л., Чижевская С.Ю., Кульбакин Д.Е. Голосовая реабилитация больных раком гортани после органосохраняющих операций. Злокачественные опухоли. 2016;4S1(21):91–192. [Balatskaya L. N., Choinzonov E. L., Chizhevskaya S. Yu., Kulbakina D. E. Voice rehabilitation of laryngeal cancer patients after organ-preserving surgery. Zlokachestvennye opukholi. 2016;4S1(21):91–192 (In Russ.)]
2. Дайхес Н.А., Осипенко Е.В., Орлова О.С. и др. Методы формирования устной речи у ларингэктомизированных пациентов (обзор литературы). Оториноларингология. Восточная Европа. 2021;11(3):334–47. [Daikhes N.A., Osipenko E.V., Orlova O.S., et al. Methods of formation of oral speech in laryngectomized patients (literature review). Otorhinolaryngology. Eastern Europe. 2021;11(3):334–47. (In Russ.)]
3. Дайхес Н.А., Виноградов В.В., Решульский С.С. и др. Комплексная реабилитация пациентов после ларингэктомии: Основные вехи развития. Рос. оториноларингология. 2022;21(1):93–104. [Daikhes N. A., Vinogradov V. V., Reshul'skii S. S., et al. Comprehensive rehabilitation of patients after total laryngectomy: major developmental milestones. Rossiiskaya otorinolaringologiya. 2022;21(1):93–104. (In Russ.)]
4. Кожанов А.Л. Современные аспекты лечения и реабилитации больных при раке гортани. Опухоли головы и шеи. 2016;6(2):17–25. [Kozhanov A.L. Current aspects of treatment and rehabilitation of patients with pharyngeal cancer. Head and Neck Tumors (HNT). 2016;6(2):17–25. (In Russ.)]
5. Письменный В.И. Зависимость осложнений результатов реабилитации качества жизни больных от объема и формы неоглотки после ларингэктомии. Вестник СамГУ. 2006;4(44):227–37. [Pismenny V.I. Dependence of complications in rehabilitation outcomes and quality of life of patients on the volume and shape of the neopharynx after laryngectomy. Vestnik SamGU. 2006;4(44):227–37. (In Russ.)]
6. Arenaz Blá B., Olsson R., Westin U., et al. The pharyngoesophageal segment after total laryngectomy. Ann. Otol. Rhinol. Laryngol. 2017;126(2):138–45.
7. Bua B.A., et al. Voice and swallowing after total laryngectomy. Acta Otolaryngol. 2018;138(2):170–4.
8. Dejonckere P.A., et al. Basic protocol for functional assessment of voice pathology, especially for investigating the efficacy of (phonosurgical) treatments and evaluating new assessment techniques. Eur. Arch. Oto-Rhino-Laryngol. 2001;258(2):77–82.
9. Focht K.L., Martin-Harris B., Bonilha H.S. Stroboscopic parameters reported as voice outcome measures in patients treated for laryngeal cancer: a systematic review. J. Med. Speech Lang Pathol. 2013;21(3):5.
10. Jiang J., Zhang Y., McGilligan C. From Modeling to Measurement Chaos in Voice. J. Voice. 2006;20:2–17.
11. Sprecher A., Olszewski A., Jiang J.J., Zhang Y. Updating signal typing in voice: addition of type 4 signals. J. Acoust. Soc. Am. 2010;127(6):3710–6.

Вклад авторов. Н.А. Дайхес — разработка концепции научной работы, критический пересмотр с внесением ценного интеллектуального содержания.

С.С. Решульский — разработка концепции научной работы, коррекция и утверждение итогового варианта статьи. М.Л. Исаева — сбор и обработка данных, статистическая обработка, написание статьи. В.В. Виноградов — коррекция и утверждение итогового варианта статьи. Е.Б. Федорова, С.М. Кочиева, Р.Р. Хабиев, А.И. Гафурова — сбор и обработка данных.

Authors' contribution: N.A. Daikhes — study design and conception, critical review with the introduction of valuable intellectual content. S.S. Reshulskii — study design and conception, correction and final approval of the manuscript. M.L. Isaeva — data collection and analysis, study analysis, statistical analysis, drafting a manuscript. V.V. Vinogradov — correction and final approval of the manuscript. E.B. Fyodorova, S.M. Kochiyeva, R.R. Khabiev, A.I. Gafurova — data collection and analysis.

Информация об авторах:

Дайхес Николай Аркадьевич — д.м.н., профессор, член-корреспондент РАН, директор, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства».

Адрес: 123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2; тел.: +7 (499) 968-69-25; e-mail: admin@otolar.ru. ORCID: 0000-0001-5636-5082. Scopus: 6603347127

Решульский Сергей Сергеевич — д.м.н., заведующий отделением онкологии ЛОР-органов, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства».

Адрес: 123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2; тел.: 8 (968) 564-07-70; e-mail: rss05@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8600-1343. Scopus: 57208544747

Исаева Мария Леонидовна — м.н.с. научно-клинического отдела онкологии ЛОР-органов ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства».

Адрес: 123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2; тел.: +7 (906) 736-05-84; e-mail: kuzukina@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4764-9865. Scopus: 57888113500

Виноградов Вячеслав Вячеславович — д.м.н., доцент, руководитель научно-клинического отдела онкологии ЛОР-органов, ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства».

Адрес: 123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2; профессор кафедры оториноларингологии, Российский национальный исследовательский медицинский университет им. Н. И. Пирогова. Адрес: Москва; тел.: 8 (499) 968-69-12; e-mail: onco@otolar-center.ru. ORCID: 0000-0002-7808-5396. Scopus: 16680264000

Федорова Елена Борисовна — м.н.с. научно-клинического отдела онкологии ЛОР-органов ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства».

Адрес: 123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2; e-mail: elena.fe12@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-5078-8594.

Кочиева Сабина Махарбеговна — аспирант научно-клинического отдела онкологии ЛОР-органов ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства».

Адрес: 123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2; тел.: +7 (989) 744-43-66; e-mail: kochiyeva_sabina@mail.ru. ORCID: 0009-0006-0936-6326.

Хабиев Руслан Ринатович — врач-оториноларинголог поликлинического отделения ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства».

Адрес: 123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2; тел.: +7 (900) 113-40-48; e-mail: ruslan.khabiev@gmail.com. ORCID: 0009-0003-2910-3476.

Гафурова Амина Игоревна — врач ультразвуковой диагностики, младший научный сотрудник НКО лучевой диагностики ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр оториноларингологии Федерального медико-биологического агентства».

Адрес: 123182, Москва, Волоколамское ш., 30, корп. 2; тел.: 8 (915) 350-80-47; e-mail: gafurova62919@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2377-3244.

Information about the authors:

Nikolai Arkadyevich Daikhes — Doctor of Medical Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Director, FSBI The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; tel.: +7 (499) 968-69-25; e-mail: admin@otolar.ru. ORCID: 0000-0001-5636-5082. Scopus: 6603347127

Sergey Sergeevich Reshulskii — Dr. Med. Sci., Head of the Department of Oncology of ENT Organs, FSBI The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; tel.: 8 (968) 564-07-70; e-mail: rss05@mail.ru. ORCID: 0000-0001-8600-1343. Scopus: 57208544747

Maria Leonidovna Isaeva — Junior Researcher, Scientific and Clinical Department of the ENT Oncology, FSBI The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; tel.: +7 (906) 736-05-84; e-mail: kuzukina@mail.ru. ORCID: 0000-0002-4764-9865. Scopus: 57888113500

Vyacheslav Vyacheslavovich Vinogradov — Dr. Med. Sci., Associate Professor, Head of the Scientific and Clinical Department of the ENT Oncology, FSBI The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; Professor, Department of Otorhinolaryngology, The Russian National Research

Medical University named after N.I. Pirogov. Address: Moscow; tel.: 8 (499) 968-69-12; e-mail: onco@otolar-center.ru. ORCID: 0000-0002-7808-5396. Scopus: 16680264000

Elena Borisovna Fyodorova — Junior Researcher, Scientific and Clinical Department of the ENT Oncology, FSBI The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; e-mail: elena.fe12@yandex.ru. ORCID: 0000-0001-5078-8594.

Sabina Makharbegovna Kochieva — Postgraduate Student, Scientific and Clinical Department of the ENT Oncology, FSBI The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; tel.: +7 (989) 744-43-66; e-mail: kochiyeva_sabina@mail.ru. ORCID: 0009-0006-0936-6326.

Ruslan Rinatovich Khabiev — Otorhinolaryngologist, Outpatient Department, The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; tel.: +7 (900) 113-40-48; e-mail: ruslan.khabiev@gmail.com. ORCID: 0009-0003-2910-3476.

Amina Igorevna Gafurova — Ultrasound Diagnostics Physician, Junior Researcher at the Radiology Scientific and Clinical Department, The National Medical Research Center for Otorhinolaryngology of the Federal Medico-Biological Agency of Russia. Address: 30 Volokolamskoe shosse, bldg. 2, 123182 Moscow; tel.: 8 (915) 350-80-47; e-mail: gafurova62919@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2377-3244.