

## **МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТКАНЕЙ ГОРТАНИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТРЁХМЕРНОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ**

**Самиева Гульноза Уткуровна**

**Доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой патологической физиологии Самаркандского государственного медицинского университета**

**Эрназаров Асрорбек Эрназар угли**

**Самостоятельный научный соискатель Самаркандского государственного медицинского университета**

**Введение.** Гортань представляет собой сложный анатомо-функциональный орган, участвующий одновременно в дыхании, голосообразовании и защите нижних дыхательных путей. Её структура отличается высокой пространственной организацией: хрящевой каркас, мышечный аппарат, слизистая оболочка, голосовые складки и сосудисто-нервные элементы находятся в тесной функциональной взаимосвязи. Поэтому даже минимальные морфологические изменения в одной из этих структур могут приводить к выраженным клиническим проявлениям.

В традиционной клинической практике оценка состояния гортани чаще всего проводится с помощью непрямой или прямой ларингоскопии, видеоларингоскопии, стробоскопии, компьютерной томографии и гистологического исследования. Эти методы обладают высокой диагностической ценностью, однако каждый из них имеет определённые ограничения. Эндоскопия позволяет оценить поверхность слизистой оболочки, но не всегда даёт представление о глубинных тканевых изменениях. Гистология демонстрирует микроскопическую структуру, однако исследует лишь ограниченный участок ткани. Компьютерная томография хорошо визуализирует хрящевой каркас и просвет дыхательных путей, но стандартные двухмерные срезы не всегда удобны для понимания сложных пространственных взаимоотношений.

В связи с этим в последние годы возрастает интерес к трёхмерной реконструкции тканей гортани. Современные 3D-технологии позволяют создавать объёмные модели гортани на основе данных компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, микрокомпьютерной томографии, серийных гистологических срезов и эндоскопических изображений. Такие модели дают возможность не только визуально оценивать анатомические структуры, но и проводить количественный анализ объёма тканей, толщины слизистой оболочки, степени сужения просвета и характера деформации голосовых складок.

Особое значение трёхмерная реконструкция приобретает при хронических заболеваниях гортани, когда патологический процесс развивается постепенно и сопровождается remodelированием тканей. При хроническом ларингите, гиперпластических процессах, фиброзировании слизистой оболочки и рубцовых изменениях 3D-визуализация помогает лучше понять, как морфологические нарушения влияют на голосовую функцию и дыхание.

**Современное значение трёхмерной реконструкции в морфологии гортани.** Трёхмерная реконструкция гортани является не просто способом получения красивого изображения, а полноценным инструментом морфологического анализа. Она позволяет перейти от плоскостного восприятия органа к объёмному пониманию его строения. Это

особенно важно для гортани, поскольку её функциональная активность напрямую зависит от симметрии, подвижности и пространственного положения голосовых складок.

В работах, посвящённых 3D-моделированию голосовых складок и хрящей гортани, подчёркивается, что объёмные модели могут быть использованы как для научного изучения анатомии, так и для клинического планирования вмешательств. Например, реконструкция на основе компьютерной томографии позволяет оценивать форму щитовидного, перстневидного и черпаловидных хрящей, а также пространственное положение голосовых складок.

Микрокомпьютерная томография даёт ещё более детальную визуализацию мелких анатомических структур. В исследованиях показано, что 3D-модель гортани, полученная методом микро-СТ, позволяет точнее оценивать голосовые складки, мышечные структуры и их взаимное расположение, чем обычный осмотр макропрепарата.

**Основные методы 3D-визуализации тканей гортани.** Для трёхмерной реконструкции тканей гортани применяются различные методы, каждый из которых имеет свои преимущества и ограничения. Выбор метода зависит от цели исследования: клиническая диагностика, морфологический анализ, хирургическое планирование или научное моделирование.

**Таблица 1.**

**Основные методы трёхмерной визуализации тканей гортани**

Метод	Что позволяет оценить	Основные преимущества	Ограничения
Компьютерная томография с 3D-реконструкцией	Хрящевой каркас, просвет гортани, деформации	Доступность, хорошая визуализация плотных структур	Ограниченная детализация слизистой оболочки
МРТ-реконструкция	Мягкие ткани, мышцы, опухолевые и воспалительные изменения	Хорошая визуализация мягких тканей	Меньшая пространственная точность по сравнению с микро-СТ
Микро-КТ	Мелкие анатомические структуры, голосовые складки, мышцы	Высокое пространственное разрешение	Чаще используется в экспериментальных и анатомических исследованиях
3D-эндоскопия	Поверхность слизистой, форма голосовых складок	Возможность оценки in vivo	Ограниченная оценка глубинных структур
Серийная гистологическая реконструкция	Микроскопическая структура тканей	Детальный морфологический анализ	Трудоёмкость, невозможность рутинного применения

Компьютерная томография с последующей 3D-реконструкцией наиболее часто применяется в клинической практике. Она особенно полезна при оценке стенозов,

деформаций хрящевого каркаса, последствий травм, опухолевых процессов и послеоперационных изменений.

MPT имеет преимущество при изучении мягкотканых компонентов гортани. Она позволяет лучше оценивать мышцы, слизистую оболочку, подслизистый слой и патологические инфильтраты.

Микро-КТ обладает высокой детализацией, однако чаще применяется в научных исследованиях, поскольку требует специальных условий подготовки материала.

3D-эндоскопия является перспективным направлением для функциональной диагностики. Лазерные и высокоскоростные эндоскопические технологии позволяют оценивать не только форму голосовых складок, но и их динамику во время фонации. Такие методы особенно важны при изучении голосовых расстройств, поскольку обычная стробоскопия не всегда отражает сложную трёхмерную подвижность голосовых складок.

**Морфологические возможности 3D-реконструкции при хронических заболеваниях гортани.** При хронических заболеваниях гортани патологический процесс редко ограничивается только поверхностным воспалением. В течение длительного времени в тканях развиваются отёк, гиперплазия эпителия, сосудистая перестройка, фиброзирование и деформация голосовых складок. Эти изменения имеют пространственный характер, поэтому их полноценная оценка требует объёмной визуализации.

При хроническом ларингите 3D-реконструкция может использоваться для оценки толщины слизистой оболочки, степени симметрии голосовых складок, характера сужения просвета гортани и выраженности рубцово-фиброзных изменений. Объёмная модель позволяет врачу увидеть не только наличие утолщения, но и его протяжённость, глубину и влияние на просвет дыхательных путей.

Особенно важной является оценка голосовых складок. При хроническом воспалении они могут становиться утолщёнными, асимметричными, менее эластичными. В результате нарушается их смыкание и изменяется качество голоса. 3D-визуализация помогает показать, как локальные морфологические изменения превращаются в функциональную проблему.

При гипертрофическом ларингите объёмная реконструкция позволяет выявлять участки избыточного разрастания слизистой оболочки, локальные утолщения, неровность поверхности и деформацию голосовой щели. При атрофических изменениях можно оценивать истончение тканей, расширение просвета и уменьшение объёма слизистого компонента.

**Применение 3D-реконструкции при оценке голосовых складок.** Голосовые складки являются наиболее функционально значимой структурой гортани. Их нормальная работа зависит от точного соотношения массы, эластичности, симметрии и подвижности. Даже небольшое изменение толщины слизистой оболочки или подслизистого слоя может нарушать вибрацию и приводить к дисфонии.

Обычная эндоскопия позволяет видеть поверхность голосовых складок, но не всегда даёт возможность объективно измерить их объём, высоту, асимметрию и пространственное положение. Именно здесь 3D-реконструкция становится особенно ценной.

Лазерная 3D-эндоскопия и высокоскоростная видеорегистрация позволяют получать информацию о поверхности голосовых складок и их движении в трёх измерениях. В литературе отмечается, что такие методы позволяют более реалистично визуализировать голосовые складки и проводить абсолютные измерения их формы и положения.

При хроническом ларингите это может иметь большое значение, поскольку клиническая выраженность охриплости не всегда соответствует обычной эндоскопической картине. У пациента может наблюдаться умеренная гиперемия, но при этом 3D-анализ выявляет асимметрию складок, локальное утолщение или снижение амплитуды движения.

**Значение 3D-реконструкции для хирургического планирования.** Трёхмерная реконструкция гортани имеет важное значение не только для диагностики, но и для планирования лечебной тактики. Особенно это актуально при рубцовых изменениях, стенозах, опухолевых процессах, последствиях травм и сложных анатомических деформациях.

Объёмная модель помогает хирургу заранее оценить протяжённость патологического участка, его отношение к хрящевому каркасу и дыхательному просвету. Это снижает риск интраоперационных ошибок и позволяет выбрать более щадящий доступ.

В реконструктивной хирургии гортани 3D-модели могут использоваться для предоперационного моделирования вмешательства. В отдельных исследованиях подчёркивается, что 3D-модель даёт более наглядное представление о сложной анатомии гортани и может быть полезна при планировании ларинготрахеальной реконструкции и медиализационной ларингопластики.

При хронических воспалительных заболеваниях хирургическое вмешательство требуется не всегда. Однако при выраженных гиперпластических, фиброзных или рубцовых изменениях 3D-реконструкция может помочь определить объём вмешательства и избежать чрезмерного удаления тканей.

**Таблица 2.**

**Клиническое значение 3D-реконструкции при патологии гортани**

<b>Клиническая ситуация</b>	<b>Возможности 3D-реконструкции</b>	<b>Практическое значение</b>
Хронический ларингит	Оценка утолщения слизистой и асимметрии голосовых складок	Уточнение морфологической основы дисфонии
Гипертрофический ларингит	Визуализация локальных разрастаний и деформации просвета	Выбор лечебной тактики
Фиброзные изменения	Оценка плотности, протяжённости и влияния на подвижность складок	Прогноз восстановления голоса
Рубцовые стенозы	Определение степени сужения и протяжённости стеноза	Планирование хирургического лечения

Опухолевые процессы	Пространственная оценка распространения очага	Определение объёма операции
---------------------	---	-----------------------------

**Заключение.** Морфологическая визуализация тканей гортани с применением трёхмерной реконструкции является перспективным направлением современной оториноларингологии. Она позволяет глубже понять пространственную организацию гортани, оценить структурные изменения слизистой оболочки, голосовых складок, хрящей и мягких тканей.

При хронических заболеваниях гортани 3D-реконструкция имеет особую ценность, поскольку помогает выявлять не только поверхностные признаки воспаления, но и глубинные морфологические изменения: утолщение слизистой оболочки, деформацию голосовых складок, фиброзирование и нарушение просвета дыхательных путей.

Использование объёмной визуализации повышает точность диагностики, улучшает планирование лечения и способствует более объективной оценке функциональных нарушений. В будущем сочетание 3D-реконструкции, цифровой гистологии и искусственного интеллекта может стать важным инструментом персонализированной диагностики заболеваний гортани.

### **Adabiyotlar, References, Литературы:**

1. Bakhshaei H., Young J., Yang J.C., Mongeau L., Miri A.K. Three-dimensional reconstruction of human vocal folds and standard laryngeal cartilages using computed tomography scan data // *Journal of Voice*. — 2013. — Vol. 27. — №6. — P. 769-777.
2. Yi K.H., Lee J.H., Kim H.J. Observation of anatomical structures in the human larynx using micro-computed tomography // *Diagnostics*. — 2023. — Vol. 13. — №18. — Article 3005.
3. Tian J., Zhang Y., Wang X. Three-dimensional reconstruction of laryngeal cancer with molecular marked serial histological sections // *Scientific Reports*. — 2020. — Vol. 10. — Article 19014.
4. Semmler M., Döllinger M., Kniesburges S. Endoscopic laser-based 3D imaging for functional voice diagnostics // *Applied Sciences*. — 2017. — Vol. 7. — №6. — Article 600.
5. Desuter G., Dedry M., Schaar B. The larynx ruler to measure height and profile of vocal folds // *Medical Devices: Evidence and Research*. — 2017. — Vol. 10. — P. 37-45.
6. Huang C.Y., Wang C.C., Lee T.J. Novel airway-cartilage combined model for medialization laryngoplasty and laryngotracheal reconstruction // *Journal of the Chinese Medical Association*. — 2022. — Vol. 85. — №11. — P. 1076-1082.
7. Rubin J.S., Sataloff R.T., Korovin G.S. *Diagnosis and Treatment of Voice Disorders*. — San Diego: Plural Publishing, 2021. — 768 p.
8. Sataloff R.T. *Professional Voice: The Science and Art of Clinical Care*. — San Diego: Plural Publishing, 2022. — 912 p.
9. Rosen C.A., Simpson C.B. *Operative Techniques in Laryngology*. — Berlin: Springer, 2020. — 455 p.
10. Пальчун В.Т., Магомедов М.М., Лучихин Л.А. *Оториноларингология*. — Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. — 584 с.