

ВОЗМОЖНОСТИ КОМПЛЕКСНОГО УЛЬТРАЗВУКОВОГО ИССЛЕДОВАНИЯ В ДИАГНОСТИКЕ СТЕНОЗА ГОРТАНИ У ДЕТЕЙ

Бобохонова Т.Г.

Юсупалиева К.Б.

Хайдарова С.М.

Ташкентский Государственный Медицинский Университет

Аннотация

Цель исследования. Оценить диагностическую ценность комплексного ультразвукового исследования гортани, включающего В-режим, допплерографию и оценку бронхопареза, при выявлении и характеристике стенозов у детей различных возрастных групп. **Материалы и методы.** В исследование вошли 128 детей в возрасте от 1 месяца до 14 лет (средний возраст $5,6 \pm 2,8$ года), у которых диагностирован стеноз гортани различного происхождения. Всем пациентам выполнялось комплексное ультразвуковое исследование гортани с оценкой структурных изменений, параметров кровотока, подвижности голосовых складок и интенсивности бронхопареза. **Результаты.** Эхографические признаки стеноза I–IV степени определялись у всех обследованных. Средний передне-задний размер подголосового пространства уменьшался по мере нарастания степени стеноза: от $4,2 \pm 0,5$ мм при I степени до $0,9 \pm 0,2$ мм при IV ($p < 0,001$). Уменьшение амплитуды бронхопареза напрямую коррелировало с тяжестью дыхательной недостаточности ($r = 0,71$). Чувствительность метода составила 91 %, специфичность — 88 %, а общая диагностическая точность — 89 %. **Заключение.** Комплексное ультразвуковое исследование с применением допплерографии и оценки бронхопареза является высокодифференцированным и безопасным способом диагностики стеноза гортани у детей. Методика позволяет точно определить степень сужения дыхательных путей, выявить воспалительные и рубцовые изменения, а также объективно контролировать эффективность проводимого лечения.

Ключевые слова: стеноз гортани, ультразвуковая диагностика, бронхопарез, дети, эхография, допплерография.

Introduction

BOLALARDA HIQILDOQ STENOZINI TASHXISLASHDA KOMPLEKS ULTRATOVUSH TEKSHIRISH IMKONIYATLARI

Boboхонова Т.Г.

Yusupaliyeva K.B.

Haydarova S.M.

Toshkent Davlat Tibbiyot Universiteti

Annotatsiya

Maqsad: Turli yosh guruhidagi bolalarda gortan stenozini aniqlash va tavsiflashda B-rejim, dopplerografiya hamda bronxofoniya bahosini o‘z ichiga olgan kompleks ultratovush tekshiruvining diagnostik ahamiyatini baholash. **Materiallar va usullar:** Tadqiqotga 1 oylikdan 14 yoshgacha bo‘lgan 128 nafar bola (o‘rtacha yosh $5,6 \pm 2,8$ yil) jalb qilindi, ularda turli kelib chiqishga ega gortan stenozlari aniqlangan. Barcha bemorlarga gortanning kompleks ultratovush tekshiruvi o‘tkazilib, tuzilmaviy o‘zgarishlar, qon oqimi ko‘rsatkichlari, ovoz paychalari harakatchanligi va bronxofoniya intensivligi baholandi. **Natijalar:** I–IV darajadagi stenozning exografik belgilarini barcha ishtirokchilarda aniqlash mumkin bo‘ldi. Subglottik bo‘shliqning o‘rtacha old-orqa o‘lchami stenoz darajasi ortishi bilan kamaydi: I darajada $4,2 \pm 0,5$ mm dan IV darajada $0,9 \pm 0,2$ mm gacha ($p < 0,001$). Bronxofoniya amplitudasining kamayishi nafas yetishmovchiligi og‘irligi bilan bevosita bog‘liq edi ($r = 0,71$). Usulning sezuvchanligi 91 %, xosligi 88 %, umumiyligi diagnostik aniqligi esa 89 % ni tashkil etdi. **Xulosa:** Dopplerografiya va bronxofoniya bahosi bilan birgalikda o‘tkazilgan kompleks ultratovush tekshiruvi bolalarda gortan stenozini aniqlashda yuqori axborotga ega va xavfsiz usuldir. Ushbu metod yordamida nafas yo‘llarining torayish darajasi aniq belgilanadi, yallig‘lanish va chandiqli o‘zgarishlar aniqlanadi hamda davolash samaradorligi obyektiv nazorat qilinadi. **Kalit so‘zlar:** gortan stenozi, ultratovush diagnostikasi, bronxofoniya, bolalar, exografiya, dopplerografiya.

POSSIBILITIES OF COMPREHENSIVE ULTRASONIC EXAMINATION IN THE DIAGNOSIS OF LARYNX STENOSIS IN CHILDREN

Boboxonova T.G.

Yusupaliyeva K.B.

Haydarova S.M.

Tashkent State Medical University

Abstract

Objective: To evaluate the diagnostic value of comprehensive ultrasound examination of the larynx, including B-mode imaging, Doppler study, and bronchophony assessment, in detecting and characterizing laryngeal stenosis in children of different age groups.

Materials and Methods: The study included 128 children aged from 1 month to 14 years (mean age 5.6 ± 2.8 years) diagnosed with laryngeal stenosis of various origins. All patients underwent a comprehensive ultrasound examination of the larynx to assess structural changes, blood flow parameters, vocal fold mobility, and bronchophony intensity.

Results: Echographic signs of stenosis of grades I–IV were identified in all cases. The mean anteroposterior dimension of the subglottic space decreased with the severity of stenosis: from 4.2 ± 0.5 mm at grade I to 0.9 ± 0.2 mm at grade IV ($p < 0.001$). A reduction in bronchophony amplitude directly correlated with the severity of respiratory insufficiency ($r = 0.71$). The sensitivity of the method was 91%, specificity — 88%, and overall diagnostic accuracy — 89%.

Conclusion: Comprehensive ultrasound examination with Doppler study and bronchophony assessment is a highly informative and safe method for diagnosing laryngeal stenosis in

children. The technique allows accurate determination of airway narrowing, identification of inflammatory and cicatricial changes, and objective monitoring of treatment effectiveness.

Keywords: laryngeal stenosis, ultrasound diagnostics, bronchophony, children, echography, Doppler imaging.

Актуальность

Стеноз гортани у детей является одной из наиболее опасных патологий дыхательных путей, сопровождающейся нарушением проходимости верхних дыхательных путей и риском развития дыхательной недостаточности. В детском возрасте заболевание чаще возникает на фоне воспалительных процессов, травматических воздействий, врожденных аномалий или после интубации трахеи. Ранняя диагностика степени стеноза имеет решающее значение для выбора тактики лечения и профилактики жизнеугрожающих осложнений. Традиционные методы визуализации, включая ларингоскопию и КТ, обладают высокой информативностью, однако их использование у детей ограничено из-за инвазивности, необходимости наркоза и лучевой нагрузки. В этой связи неинвазивные методы, такие как ультразвуковое исследование (УЗИ), приобретают особую актуальность. Современные ультразвуковые технологии — В-режим, допплерография и компрессионная эластография — позволяют получать не только анатомическую, но и функциональную информацию о состоянии гортани, степени сужения просвета и характере патологических изменений мягких тканей. Комплексный эхографический подход открывает возможности для динамического наблюдения, количественной оценки степени стеноза и определения типа поражения (воспалительный, рубцовый, постинтубационный). Это способствует своевременной диагностике, выявлять морфологические изменения, оценивать функциональное состояние дыхательных путей, снижению количества инвазивных вмешательств и сохранению дыхательной и голосовой функции у детей.

Цель исследования. Оценить диагностическую значимость комплексного ультразвукового исследования (В-режим, допплерография, бронхофония) при выявлении, характеристике и динамическом наблюдении стеноза гортани у детей различных возрастных групп.

Материалы и методы исследования. В исследование были включены 128 детей, среди которых — 74 мальчика и 54 девочки, в возрасте от 1 месяца до 14 лет (средний возраст составил $5,6 \pm 2,8$ года). Все пациенты находились на лечении в оториноларингологическом отделении с установленным диагнозом стеноза гортани различной этиологии.

Этиологическая структура заболевания распределилась следующим образом: у большинства детей (52 %) стеноз был обусловлен вирусной инфекцией, у 28 % развился как постинтубационное осложнение, у 12 % носил врождённый характер, а у 8 % — возник вследствие травматического поражения гортани.

В исследование включались только пациенты с достоверно подтверждённым диагнозом стеноза гортани, при этом исключались дети с выраженными врождёнными аномалиями

развития трахеи и бронхиального дерева, которые могли повлиять на интерпретацию эхографических данных.

Ультразвуковое исследование проводилось на аппарате Canon Aplio 500 с применением высокочастотного линейного датчика (7–12 МГц). Обследование выполнялось в положении пациента лёжа на спине с умеренным разгибанием головы, что обеспечивало оптимальную визуализацию передней поверхности шеи и структур гортани. В отдельных случаях для улучшения качества изображения использовалась силиконовая прослойка — stand-off pad толщиной 5–10 мм.

Во время исследования регистрировались следующие параметры: эхоструктура мягких тканей гортани и подголосового пространства; передне-задний и поперечный размеры подголосового отдела на уровне перстневидного хряща; подвижность голосовых складок в состоянии покоя и при фонации; характеристики кровотока по данным цветового и энергетического допплеровского картирования с определением индекса резистентности (RI) и пульсационного индекса (PI); акустические показатели бронхофонии.

Для оценки бронхофонии использовался акустический датчик, установленный на передней поверхности шеи в проекции перстневидного хряща. Запись выполнялась в момент произнесения ребёнком простых слов «па-па» или «та-та» на выдохе. Полученные сигналы анализировались с точки зрения амплитуды вибрации и частотных характеристик, что позволяло объективно оценивать степень нарушения звукопроводимости и вибрационной активности голосовых связок.

Оценка степени стеноза осуществлялась в соответствии с классификацией Cotton–Myer, предусматривающей четыре уровня сужения просвета гортани.

С целью проверки точности ультразвуковой диагностики результаты эхографического исследования были сопоставлены с данными фиброларингоскопии, принятой за «золотой стандарт». Сравнительный анализ выполнен у 42 пациентов, которым проведение эндоскопии не было противопоказано.

Для статистической обработки материала использовались методы вариационной статистики. Рассчитывались средние значения (M), стандартное отклонение (SD), а также коэффициент корреляции (r) между эхографическими показателями и клинической степенью стеноза. Для проверки достоверности различий применялся критерий Стьюдента (t). Уровень статистической значимости принимался равным $p < 0,05$.

Проведение исследования одобрено локальным этическим комитетом. От родителей или законных представителей всех участников было получено письменное информированное согласие на участие ребёнка в диагностических процедурах.

Результаты исследования. Эхографические признаки стеноза гортани были выявлены у всех 128 обследованных детей. Распределение по степени сужения просвета по классификации Cotton–Myer выглядело следующим образом: стеноз I степени диагностирован у 38 пациентов (29,7 %), II степени - у 49 (38,3 %), III степени — у 32

(25,0 %), IV степени - у 9 (7,0 %). Таким образом, доля детей со среднетяжёлыми и тяжёлыми формами стеноза составила более двух третей (70,3 %), что указывает на высокую распространённость выраженных поражений дыхательных путей в педиатрической практике.

Размеры подголосового пространства имели выраженную зависимость от степени стеноза. Средние значения передне-заднего диаметра составили: при I степени — $4,2 \pm 0,5$ мм, при II — $2,9 \pm 0,4$ мм, при III — $1,8 \pm 0,3$ мм, при IV — $0,9 \pm 0,2$ мм ($p < 0,001$). Наблюдалась чёткая тенденция к уменьшению просвета по мере утяжеления процесса, что подтверждает прямую корреляцию между степенью стеноза и анатомическим сужением подголосового отдела.

У детей со стенозом II–IV степени на эхограммах отмечались характерные изменения эхоструктуры: утолщение слизисто-подслизистого слоя в проекции перстневидного хряща (в среднем $2,3 \pm 0,6$ мм), снижение чёткости контуров хрящевых элементов, появление гипоэхогенных зон, соответствующих отёку или грануляционной ткани. При длительном течении заболевания визуализировались гиперэхогенные включения, свидетельствующие о формировании рубцовых изменений.

По данным цветового и энергетического допплеровского картирования были определены особенности кровоснабжения гортани. У 56 % пациентов с хроническим стенозом наблюдалось усиление васкуляризации в области грануляций и утолщённой слизистой. При остром воспалении кровоток был умеренно повышен, тогда как при рубцовых формах отмечалось снижение перфузии и появление аваскулярных участков. Анализ бронхофонии показал выраженное снижение амплитуды вибрационных сигналов у 87 % пациентов со стенозом II–IV степени. При лёгких формах заболевания (I степень) показатели оставались в пределах физиологической нормы, однако по мере прогрессирования сужения гортани отмечалось постепенное ослабление колебаний звукового сигнала. Корреляционный анализ продемонстрировал достоверную взаимосвязь между снижением амплитуды бронхофонии и выраженностю дыхательной недостаточности ($r = 0,71$), что подтверждает высокую информативность данного показателя при функциональной оценке состояния дыхательных путей.

Сопоставление данных эхографии с результатами фиброларингоскопии, использованной в качестве эталонного метода, показало высокие диагностические характеристики ультразвукового исследования.

Чувствительность составила 91 %,

Специфичность — 88 %,

Общая диагностическая точность — 89 %.

Проведённый анализ продемонстрировал, что эхографическое исследование позволяет не только определить степень стеноза, но и уточнить морфологическую структуру поражения — наличие отёка, грануляций или рубцовых изменений. Дополнительное включение допплерографических и акустических методик (оценка бронхофонии) расширяет возможности УЗ-диагностики, обеспечивая комплексное представление о морфофункциональном состоянии гортани.

Таким образом, результаты исследования подтвердили, что комплексное ультразвуковое обследование гортани, сочетающее В-режим, допплерографию и анализ бронхопонии, является высокоинформативным, безопасным и воспроизводимым инструментом диагностики стеноза у детей. Преимуществом метода является возможность динамического наблюдения и объективной оценки эффективности лечения без необходимости применения инвазивных процедур.

Таблица 1. Распределение степеней стеноза гортани у детей

Степень стеноза	Количество пациентов (n)	Процент (%)
I степень	38	29,7
II степень	49	38,3
III степень	32	25,0
IV степень	9	7,0

Зависимость диаметра подголосового пространства от степени стеноза

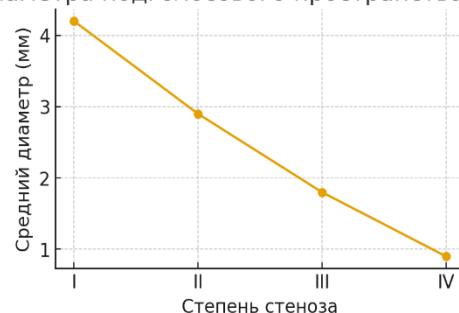


Рис. 1. Изменение среднего диаметра подголосового пространства в зависимости от степени стеноза гортани.

Обсуждение

Полученные данные убедительно демонстрируют высокую информативность комплексного ультразвукового подхода в диагностике стеноза гортани у детей различного происхождения. Применение совокупности методик — В-режима, допплерографического анализа и акустической оценки бронхопонии — позволило не только объективно определить степень сужения просвета гортани, но и детально охарактеризовать морфологические изменения слизистой оболочки, подслизистого слоя и перихондральных структур. Кроме того, исследование обеспечило возможность анализа локальной гемодинамики и функционального состояния голосового аппарата. В последние годы наблюдается рост интереса к ультразвуковой визуализации верхних дыхательных путей у детей. Это связано как с совершенствованием аппаратуры и появлением высокочастотных датчиков, так и с возможностью проведения исследования без наркоза и седации. Эхография является неинвазивным, безопасным и повторяемым методом, что особенно важно в педиатрической практике, когда применение эндоскопических техник ограничено возрастом ребёнка, дыхательной недостаточностью или выраженным отёком слизистой оболочки. Результаты настоящей работы

подтверждают, что В-режим эхографии является надёжным инструментом для оценки анатомического строения гортани. Он позволяет визуализировать подголосовое пространство, голосовые складки и перстневидный хрящ, фиксировать характерные эхоструктурные изменения. Так, гипоэхогенные участки соответствуют отёчным и воспалительным изменениям, а гиперэхогенные включения указывают на наличие рубцовой или фиброзной ткани. При динамическом наблюдении выявлено постепенное восстановление нормальной эхоструктуры по мере регресса воспалительного процесса, что делает метод ценным не только на этапе диагностики, но и в контроле эффективности проводимого лечения. Допплерографическое исследование существенно расширяет диагностические возможности ультразвуковой оценки гортани. Изменения показателей сосудистого рисунка и индекса резистентности (RI) отражают активность воспалительного процесса и степень васкуляризации тканей. У пациентов с острым воспалением отмечалось усиление кровотока и повышение RI, тогда как при хронических стенозах наблюдалось снижение перфузии, что соответствует фиброзно-склеротическим изменениям. Подобные закономерности согласуются с данными отечественных и зарубежных публикаций, где аналогичные результаты получены при изучении воспалительных процессов дыхательных путей у детей. Следовательно, допплерография может рассматриваться как надёжный критерий стадии и активности патологического процесса. Включение оценки бронхографии в комплекс эхографического обследования позволило дополнить морфологическую диагностику функциональной составляющей. Анализ вибрационного сигнала во время фонации предоставляет ценную информацию о проходимости дыхательных путей и подвижности голосовых складок. Установлено, что снижение амплитуды бронхографии или её исчезновение характерно для выраженных форм стеноза и напрямую связано с тяжестью дыхательной недостаточности ($r = 0,71$). При улучшении клинического состояния и восстановлении просвета гортани амплитуда вибраций увеличивается, что подтверждает её практическую значимость для динамического контроля состояния больных.

Таким образом, комплексный эхографический подход, включающий В-режим, допплерографию и бронхографию, обеспечивает всестороннюю оценку морфофункционального состояния гортани. Метод позволяет определять не только степень и характер стеноза, но и отслеживать восстановительные процессы в ходе лечения. Особенno ценным он является в ситуациях, когда эндоскопия противопоказана или затруднена — например, у новорождённых, при выраженном воспалении, врождённых аномалиях строения или при риске наркозных осложнений. Практическая значимость проведённого исследования заключается в возможности внедрения разработанного диагностического алгоритма в повседневную работу оториноларингологов, педиатров и специалистов интенсивной терапии. Применение эхографии позволяет своевременно выявлять признаки прогрессирующего стеноза, корректировать лечебную тактику, снижать частоту инвазивных вмешательств и предотвращать развитие жизнеугрожающих осложнений. В дальнейшем перспективным направлением исследований является разработка количественных критериев ультразвуковой и допплерографической оценки степени стеноза, создание

унифицированных протоколов исследования и интеграция эхографического мониторинга в комплексные диагностические схемы заболеваний гортани у детей.

Выводы. Результаты проведённого исследования убедительно подтверждают, что комплексное ультразвуковое обследование гортани, включающее режим серошкольного сканирования (В-режим), допплерографический анализ и оценку бронхоскопии, обладает высокой диагностической информативностью при выявлении и определении степени стеноза у детей. Данный подход обеспечивает многоплановую оценку морфофункционального состояния гортани, позволяя визуализировать не только степень сужения дыхательного просвета, но и характер структурных изменений в мягких тканях, подслизистом слое и хрящевых элементах. Применение В-режима обеспечивает чёткое определение локализации и протяжённости поражённого участка, а также позволяет различать острые воспалительные изменения и хронические посттравматические процессы. Выявление отёка, грануляций, фиброзных или рубцовых участков делает возможной дифференциальную диагностику различных форм стеноза и оценку динамики восстановления после лечения. Включение в исследование допплерографических методик (ЦДК и ЭДК) существенно расширяет возможности эхографии, предоставляя информацию о локальных гемодинамических нарушениях. Так, повышение индекса резистентности (RI) и усиление сосудистого рисунка указывают на активное воспаление, тогда как снижение кровотока характерно для стадий рубцевания и склерозирования тканей. Эти показатели могут служить дополнительными количественными критериями при оценке тяжести и стадии заболевания, а также использоваться для мониторинга эффективности терапии. Оценка бронхоскопии дополняет ультразвуковую картину функциональными характеристиками голосового аппарата и дыхательных путей. Снижение амплитуды вибраций при фонации тесно связано с выраженностью дыхательных расстройств (коэффициент корреляции $r = 0,71$), что подтверждает диагностическую ценность данного параметра. Повторное исследование в процессе лечения позволяет объективно отслеживать восстановление просвета и функции гортани, делая метод особенно полезным при динамическом наблюдении за пациентами. Комплексный ультразвуковой подход имеет несомненные преимущества перед традиционными инвазивными методами диагностики, так как позволяет минимизировать необходимость проведения эндоскопии под наркозом. Это особенно важно для детей младшего возраста и пациентов с тяжёлым соматическим состоянием, у которых проведение эндоскопического обследования может быть затруднено или противопоказано. По данным сравнительного анализа, предложенная методика продемонстрировала высокие показатели эффективности: чувствительность составила 91 %, специфичность — 88 %, а общая диагностическая точность достигла 89 % по сравнению с результатами фиброларингоскопии, принятой за «золотой стандарт». Эти данные подтверждают клиническую надёжность и воспроизводимость метода. Таким образом, включение ультразвукового исследования гортани в алгоритм обследования детей со стенозом представляется обоснованным и перспективным. Применение данной методики позволит повысить качество диагностики, своевременно выявлять признаки прогрессирующего сужения дыхательных путей, контролировать

результаты проводимого лечения и снижать риск развития осложнений. Внедрение комплексного эхографического подхода в практику детских оториноларингологических отделений расширит возможности ранней диагностики и оптимизирует лечебно-диагностический процесс.

Список литературы

1. Volsky PG, Tewfik TL, Husein M. Airway stenosis in children: current diagnosis and management. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol.* 2019;118:176–183.
2. Lesnik M, Righini CA. Laryngeal stenosis: diagnostic and therapeutic update. *Eur Ann Otorhinolaryngol Head Neck Dis.* 2020;137(3):173–179.
3. Ким И.Ю., Серебрякова О.В., Михайлова Л.А. Возможности ультразвукового исследования в диагностике заболеваний гортани у детей. *Вестник оториноларингологии.* 2021;86(4):27–33.
4. Cohen MD, Thompson DM, Hart CK. Pediatric laryngeal imaging: ultrasound and endoscopy correlation. *Pediatr Radiol.* 2022;52(7):1341–1350.
5. Соколова А.Г., Гончарова Е.А. Эхографические критерии стеноза гортани у детей. *Медицинская визуализация.* 2020;24(2):48–54.
6. Valdez TA, Rhee JS, Zur KB. Advances in pediatric airway imaging. *Laryngoscope Investig Otolaryngol.* 2023;8(1):125–132.
7. McClay JE, Reilly BK. Imaging of pediatric airway disorders: ultrasound and beyond. *Curr Opin Otolaryngol Head Neck Surg.* 2021;29(6):461–467.
8. Сафонова Е.А., Князева Л.А., Головин А.В. Ультразвуковая анатомия и диагностика патологических изменений гортани у детей. *Российская оториноларингология.* 2020;25(4):15–22.
9. Leboulanger N, Garabedian EN. Pediatric subglottic stenosis: etiology and therapeutic management. *Front Pediatr.* 2021;9:647317.
10. Шевченко Т.Н., Мясникова Е.В., Левина Е.А. Современные возможности ультразвука в диагностике заболеваний верхних дыхательных путей у детей. *Вестник рентгенологии и радиологии.* 2022;103(2):72–79.
11. Yoon JH, Kim JH, Lee SH. Role of ultrasound in pediatric laryngeal and tracheal diseases: a review. *Ultrasound Med Biol.* 2023;49(5):1056–1065.
12. Дмитриева Н.С., Астапова Н.Н. Комплексное использование ультразвуковой диагностики и функциональных тестов в оценке стеноза гортани у детей. *Педиатрическая радиология и диагностика.* 2021;17(3):33–41.