ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ДЛИНЫ ГОЛОСОВЫХ СКЛАДОК, ИЗМЕРЕННОЙ С ПОМОЩЬЮ УЛЬТРАЗВУКОВОГО СКАНИРОВАНИЯ, ОТ АНТРОПОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ У ДЕТЕЙ И ПОДРОСТКОВ

Субботина М.В.[1], Пыков М.И.[2]

1 – ФГБОУ ВО «Иркутский государственный медицинский университет» МЗ РФ. г. Иркутск, Россия.
2 – ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» МЗ РФ. г. Москва, Россия.

Цель исследования. Определить длину голосовых складок с помощью ультразвукового сканирования у детей и подростков без патологии гортани и её связь с антропометрическими показателями.

Материалы и методы. Проведено сплошное проспективное моноцентровое исследование, включающее ультразвуковое исследование гортани (УЗИ), осмотр оториноларингологом 1038 детей и подростков города Иркутска от 2 месяцев до 18 лет, не имеющих жалоб со стороны гортани в рамках медицинского осмотра в детской городской поликлинике №3, в 2 школах и 4 детских садах города Иркутска. УЗИ гортани проводили в поперечном направлении с помощью аппаратов Aloka 500 и SonoEye2 линейным датчиком 5–10 МГц. Пациентов осматривали в положении сидя, датчик располагали на передней поверхности шеи на уровне нижних отделов щитовидного хряща, по дыхательным движениям находили голосовые складки и эхогенные черпаловидные хрящи. Измеряли расстояние от места прикрепления голосовых складок к щитовидному хрящу до черпаловидных хрящей в миллиметрах при спокойном дыхании. В рамках медосмотра у пациентов проводили антропометрию тела: измеряли рост, вес, определяли индекс массы тела (ИМТ). С помощью программы Statistica 7.0 рассчитывали корреляцию длины голосовых складок с антропометрическими данными и полом, а методом множественной линейной регрессии создавали математическую модель длины голосовых складок в зависимости от антропометрии тела и пола, где за 1 был принят женский пол, за 2 – мужской.

Результаты. Длина голосовых складок у детей и подростков значимо коррелировала с возрастом (0,73), ростом (0,85), весом (0,81), ИМТ (0,63), полом (0,2). Математическая модель, составленная на основе множественной линейной регрессии для независимого показателя «длина голосовой складки», получилась удовлетворительного качества (коэффициент детерминации R=0,79): 10,53 + 0,44*возраст + пол (1 – жен., 2 – муж.)* 1,7 + вес* 0,2 – 0,39*ИМТ – 0,01*рост.

Обсуждение. Формулы для определения длины голосовых складок, предложенные на основании измерений гортани у трупов, с помощью компьютерной томографии и УЗИ у взрослых на основе множественного линейного регрессионного анализа, не выявили связи размеров голосовых связок с возрастом, ИМТ, этнической принадлежностью, только с ростом, полом и типом голоса. В нашем исследовании при осмотре детей и подростков, половые различия в длине голосовых складок стали выявляться с 15 лет, а длина голосовых складок зависела от возраста, пола, веса и ИМТ, незначимо – от роста. УЗИ – легкодоступный неинвазивный метод исследования, который может применяться с раннего детского возраста. Предложенная формула вычисления длины голосовых складок может использоваться для определения задержки развития гортани, типа голоса.

Заключение. Длина голосовых складок у детей, измеренная с помощью УЗИ, коррелирует с возрастом, весом, ростом, ИМТ, у подростков с 15 лет еще и с полом. На основании измерения голосовых складок у детей и подростков предложена формула для определения длины голосовых складок в зависимости от антропометрических показателей. Рост голосовых складок у подростков не закончен и происходит неравномерно, поэтому использовать данные формулы можно для приблизительных расчетов.

Ключевые слова: УЗИ, длина голосовых складок, дети и подростки, ультразвуковая диагностика.

Контактный автор: Субботина М.В., e-mail: lor-igmu@yandex.ru

Для цитирования: Субботина М.В., Пыков М.И. Определение зависимости длины голосовых складок, измеренной с помощью ультразвукового сканирования, от антропометрических показателей у детей и подростков. REJR 2025; 15(4):75-84. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-4-75-84.

Статья получена: 12.11.25 Статья принята: 08.12.25

DEPENDENCE DETERMINATION OF THE VOCAL FOLD LENGTH, MEASURED BY LARYNGEAL ULTRASOUND, FROM ANTHROPOMETRIC PARAMETERS IN CHILDREN AND ADOLESCENTS

Subbotina M.V.[1], Pykov M.I.[2]

1 - Irkutsk State Medical University. Irkutsk, Russia.
2 - Russian Medical Academy of Continuing Professional Education. Moscow, Russia.

Purpose. To determine the vocal folds length in using ultrasound scanning in children and adolescents and its relationship with anthropometric indicators.

Material and methods. A comprehensive prospective monocenter study was conducted, including laryngeal ultrasound (LUS) and ENT-examination of 1082 children and adolescents from 2 months to 18 years old with healthy larynx. LUS was performed in the transverse direction using Aloka 500 and SonoEye2 devices with a 5-10 MHz linear sensor. The patients were examined in a sitting position, the sensor was placed on the front surface of the neck at the level of the lower part of thyroid cartilage, vocal folds and echogenic arytenoid cartilages were found due to respiratory movements. The distance from the place of attachment of the vocal folds to the thyroid cartilage to the echogenic arytenoid cartilages was measured in millimeters with calm breathing. Then the body anthropometry was measured in patients: height, weight, body mass index (BMI). The correlation of the vocal fold's length with anthropometric data and sex according to Spearman was calculated using the Statistica 7.0 program. By the multiple linear regression the mathematical model of the vocal fold length was created depending on the anthropometry of the body and gender, where the female was taken as 1, the male as 2.

Results. The vocal fold length in children and adolescents was significantly correlated with age (0.73), height (0.85), weight (0.81), BMI (0.63), gender (0.2). The mathematical model based on multiple linear regression for the independent indicator " the vocal fold length" turned out to be of satisfactory quality (coefficient of determination R=0.79): 10.53 + 0.44*age + gender (1 - female, 2 – male)* 1.7 + weight* 0,2 – 0,39* BMI– 0,01*height.

Discussion. Formulas for determining of the vocal fold length in adults, proposed based on measurements of the corpses larynx, measurements of the larynx using computed tomography and ultrasound based on multiple linear regression analysis, did not reveal a relationship between the size of the vocal cords with age, BMI, ethnicity, only with height, gender and voice type. In our study, when examining children and adolescents, sex differences in the vocal folds' length began to be revealed from the age of 15, and the length of the vocal folds depended on age, gender, weight and BMI, but not significant on height. Ultrasound is an easily accessible noninvasive research method that can be used from early childhood. The proposed formula for calculating the vocal fold length can be used to determine the delay in the development of the larynx, the type of voice.

Conclusion. The length of the vocal folds in children, measured by LUS, correlates with age, weight, height, BMI, and in adolescents from the age of 15 - with gender. Based on the measurement of vocal folds in adolescent and children, a formula is proposed for determining the vocal fold length depending on anthropometric indicators. The growth of vocal folds in adolescents not finished and occurs unevenly, so it is proposed to use this formula for approximate calculations.

Keywords: LUS, laryngeal ultrasound, vocal fold length, children and adolescents, ultrasound diagnostics.

Corresponding author: Subbotina M.V., e-mail: lor-igmu@yandex.ru

For citation: Subbotina M.V., Pykov M.I. Dependence determination of the vocal fold length, measured by laryngeal ultrasound, from anthropometric parameters in children and adolescents. REJR 2025; 15(4):75-84. DOI: 10.21569/2222-7415-2025-15-4-75-84.

Received: 12.11.25 **Accepted:** 08.12.25

Функция органа нередко зависит от его размеров. Это положение в полной мере относится к гортани: высота голоса зависит от длины, ширины, упругости и натяжения голосовых складок. Знание их длины помогает определить тип певческого голоса у начинающих вокалистов, диагностировать голосовые нарушения. Измерить длину голосовых складок у детей раннего возраста можно во время наркоза при эндоскопии специально сконструированным и адаптированным зондом [1]. Эндоскопические измерения в гортани зависели как от расстояния между эндоскопом и объектом при ригидной или фиброларингоскопии [2], так и от вида анестезии при микроскопии под наркозом [3]. Повышала точность эндоскопических измерений система непрямой пространственной калибровки [4]. Измерения в гортани проводили с помощью градуированного в миллиметрах гортанного зеркала [5]. Во время выполнения эндоскопии успешно использовали лазерное измерительное устройство, но пока только в эксперименте [6]. Определяли длину голосовых складок при компьютерной томографии, отмечая укорочение парализованной складки по сравнению со здоровой [7-11]. Синхротронную рентгеновскую микротомографию высокого разрешения с фазовым восстановлением и первые трехмерные изображения тканей голосовых связок человека пока изучают в эксперименте [12]. Динамическая магнитно-резонансная томография позволяла получать многоплановую визуализацию гортани с высоким разрешением, анализировать колебания голосовых связок во время фонации [13]. Названные методы достаточно сложны и дорогостоящи, рентгенологические – сопровождаются лучевой нагрузкой. Ультразвуковое сканирование (УЗС) в отличие от них безопасно, позволяет увидеть черпаловидные хрящи, щитовидный хрящ, вестибулярные и голосовые складки [14], измерить их длину при дыхании и фонации у детей и взрослых [15-22].

Цель исследования.

Определить длину голосовых складок у детей и подростков без патологии гортани с помощью ультразвукового сканирования и её связь с антропометрическими показателями.

Материалы и методы.

С соблюдением этических норм проведено сплошное проспективное исследование, включающее ультразвуковое исследование гортани (УЗИ), осмотр оториноларинголога 1082 детей и подростков города Иркутска, не имеющих жалоб со стороны гортани в рамках очередного планового ежегодного медицинского осмотра в детской городской поликлинике №3, в 2 школах и 4 детских садах города Иркутска. УЗИ гортани проводили в поперечном направлении с помощью аппаратов Aloka 500 и SonoEye2 линейным датчиком 5–10 МГц. Пациентов осматривали в положении сидя. Ультразвуковое исследование выполняли в В-режиме по следующей методике. Датчик ультразвукового аппарата располагали по центру на передней поверхности шеи на уровне нижних отделов щитовидного хряща, который служил окном (рис. 1а). Если выступающий угол щитовидного хряща препятствовал плотному контакту датчика с кожей у мальчиков-подростков, то применяли косо-поперечное исследование (рис. 1б). При данных позициях датчика визуализировались: щитовидный хрящ в виде дуги с двойным контуром, эхонегативный просвет гортани, симметрично подвижные эхогенные черпаловидные хрящи и прикрепляющиеся к ним голосовые складки, которые находили по дыхательным движениям. При затруднении их визуализации во время спокойного дыхания просили пациентов фонировать звук «э» несколько раз подряд по 1-2 секунды для лучшей их идентификации. Фонацию звука «и» использовали тоже для наблюдения за движениями складок, но гортань при этом поднималась вверх, что требовало перемещения датчика тоже вверх для наблюдения за движениями складок.

Измеряли с помощью линейки прибора расстояние от места прикрепления голосовых складок к щитовидному хрящу до эхогенных черпаловидных хрящей в миллиметрах трижды при спокойном дыхании, затем фиксировали среднее арифметическое этих измерений (рис. 2).

Наряду с измерением длины голосовых складок у пациентов во время медосмотра проводили антропометрию тела: рост в сантиметрах, вес в килограммах, рассчитывали индекс массы тела (ИМТ). Распределение пациентов по полу и возрасту представлено в таблице №1.

Была составлена таблица Excel для всех

Рис. 1 а (Fig. 1 a)

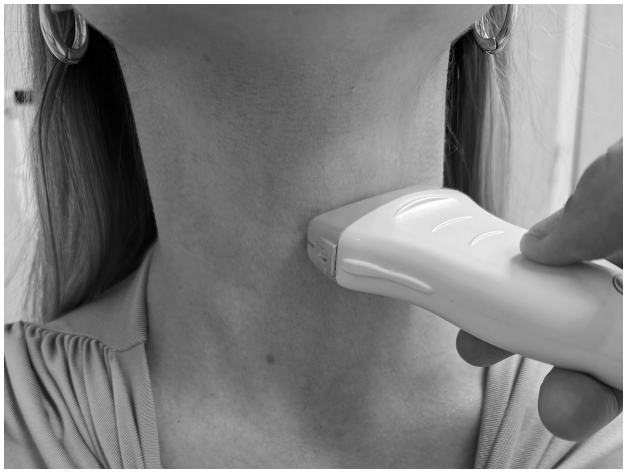

Рис. 1 б (Fig. 1 b)

Рис. 1. Фотографии.

Расположение датчика на шее при УЗИ гортани: а – поперечное сканирование, б – косо-поперечное сканирование.

Fig. 1. Photos.

Location of the sensor on the neck during ultrasound of the larynx: a – transverse scan, b – oblique-transverse scan.

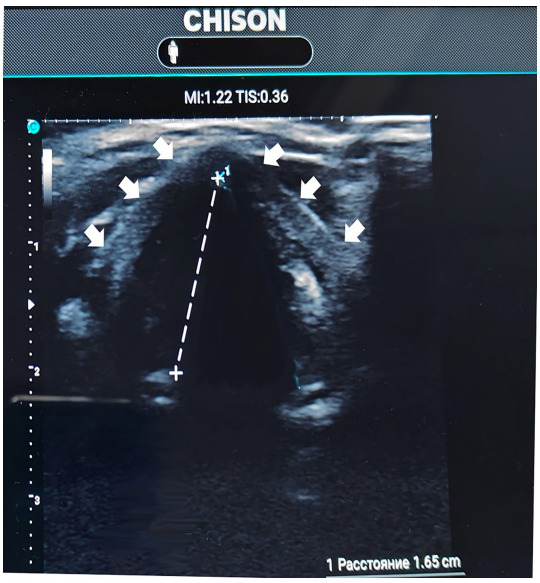

Рис. 2 а (Fig. 2 a)

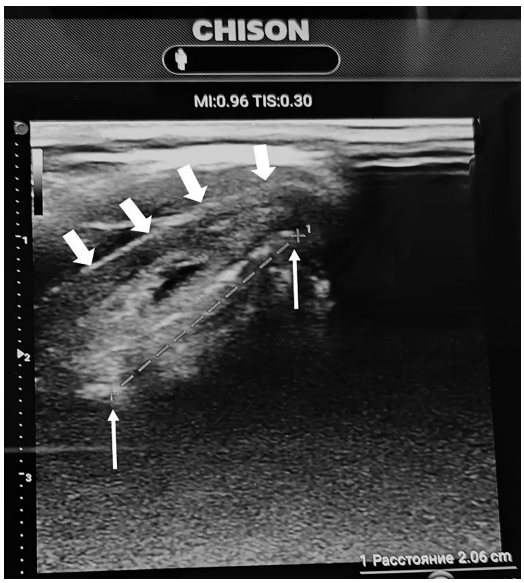

Рис. 2 б (Fig. 2 b)

Рис. 2. Эхограмма гортани В-режим.

а – ультразвуковое исследование гортани в поперечной плоскости, б – косо-поперечное сканирование через правую пластину щитовидного хряща, где пунктирной линией обозначена длина складки (от передней комиссуры до черпаловидного хряща – на них указывают узкие стрелки), наружный контур щитовидного хряща помечен короткими широкими стрелками.

Fig. 2. Ultrasonography of the larynx, B-mode.

a – ultrasound examination in the transverse plane, b – oblique-transverse scan, where the dotted line indicates the length of the fold (from the anterior commissure to the arytenoid cartilage – narrow arrows point to them), the outer contour of the thyroid cartilage is marked with short wide arrows.

Таблица №1. Распределение пациентов по полу и возрасту.

Возраст\пол	девочки	мальчики	всего
0-7 лет	125	147	272 (25%)
8-14 лет	96	118	214 (20%)
15-18 лет	350	246	596 (55%)
всего	571 (53%)	511 (47%)	1082 (100%)

Таблица №2. Длина голосовых складок и антропометрические показатели у детей разных возрастных групп.

	Возраст (лет)	Пол (1 – женский, 2 – мужской)	Рост (см)	Вес (кг)	Длина голосовой складки (мм)	Длина голосовой складки (см)
Средние значения в группе детей от 0 до 7 лет M±σ (медиана)	6,2±1,2 (6)	1,5±0,5 (2)	119,0±10,3 (121)	22,2±5,2 (21,8)	12,9±1,5 (13)	1,3±0,1 (1,3)
Средние значения в группе детей от 8 до 14 лет M±σ (медиана)	12,6±1,6 (13)	1,5±0,5 (2)	158,5±14,7 (160,5)	50,7±15,8 (50)	18, 8±3,5 (18,8)	1,9±0,3 (1,9)
Средние значения в группе детей от 15 до 18 лет M±σ (медиана)	15,9±0,8 (16)	1,4±0,5 (1)	169,9±8,8 (169)	60,6±11,3 (59)	22,2±3,3 (21,7)	2,2±0,3 (2,2)

обследуемых с данными их роста, веса, пола (за цифру 1 был принят женский пол, за 2 – мужской), ИМТ. Корреляцию размеров складок с антропометрическими данными и полом по Спирмену, а также расчет формулы длины голосовых складок методом множественной линейной регрессии рассчитывали с помощью программы Statistica 7.0. Создавали математическую модель для зависимой переменной «длина складки» через независимые переменные (предикторы) пошагово: сначала через один показатель, а потом используя сразу несколько – возраст, вес, пол, ИМТ, рост.

Результаты.

Проведенные измерения длины складок и антропометрические данные у пациентов разного возраста отражены в таблице №2.

Коэффициенты корреляции Спирмена между длиной голосовой складки и антропометрическими показателями у 1082 пациентов со здоровой гортанью отражены в таблице №3.

С помощью коэффициентов корреляции Спирмена определено, что длина складки прямо пропорционально увеличивается с возрастом (0,728), ростом (0,849), весом (0,814), ИМТ (0,633) у детей и подростков.

Множественная линейная регрессия для оценки длины голосовой складки, исходя из антропометрических показателей, получилась с коэффициентом детерминации R2=0,79, что отражает удовлетворительное качество модели. Расчет длины складки представлен в таблице №4.

Из таблицы №4 видно, что при расчете длины голосовых складок значимые коэффициенты имеют все антропометрические показатели, кроме роста – его учитывали при создании формулы, но можно им пренебречь. О качестве созданной модели говорит не только коэффициент детерминации, но и распределение остатков, близкое к нормальному распределению, что видно по гистограмме остатков (рис. 3).

Формула для расчета длины голосовых

Таблица №3. Коэффициенты корреляции Спирмена между длиной голосовых складок и антропометрическими показателями у детей и подростков (* p≤0,05).

Spearman Rank Order Correlations (длина складок 1082) MD pairwise deleted Marked correlations are significant at p <,05000

	возраст	пол	рост	вес	длина складки мм	длина складки см	ИМТ
Возраст (лет)	1,0	-0,137*	0,706*	0,696*	0,728*	0,728*	0,579*
Пол	-0,137*	1,0	0,189*	0,139*	0,194*	0,198*	0,018
Рост (см)	0,706*	0,189*	1,0	0,878*	0,849*	0,853*	0,593*
Вес (кг)	0,696*	0,139*	0,878*	1,0	0,814*	0,816*	0,873*
Длина складки (мм)	0,728*	0,194*	0,849*	0,814*	1,0	0,995*	0,633*
Длина складки (см)	0,728*	0,198*	0,853*	0,816*	0,995*	1,0	0,634*
ИМТ	0,579*	0,018	0,593*	0,873*	0,633*	0,634*	1,0

Таблица №4. Множественная линейная регрессия для оценки длины голосовых складок через антропометрические показатели у детей и подростков (* p≤0,05).

Regression Summary for Dependent Variable: длина складки мм (длина складок 1082) R= ,88955920 R2= ,79131558 Adjusted R2= ,79034585 F(5,1076)=816,02 p= ,000

	Beta	Std.Err. - of Beta	Длина складок	Std.Err. - of B	t(1076)	p-level
Intercept			10,535*	2,290*	4,598*	0,0005*
возраст	0,382*	0,041*	0,44*	0,047*	9,316*	0,0005*
пол	0,173*	0,016*	1,70*	0,155*	10,957*	0,0005*
рост	-0,059	0,082	-0,01	0,016	-0,718	0,472
вес	0,811*	0,104*	0,20*	0,026*	7,801*	0,0005*
ИМТ	-0,298*	0,055*	-0,39*	0,071*	-5,464*	0,0005*

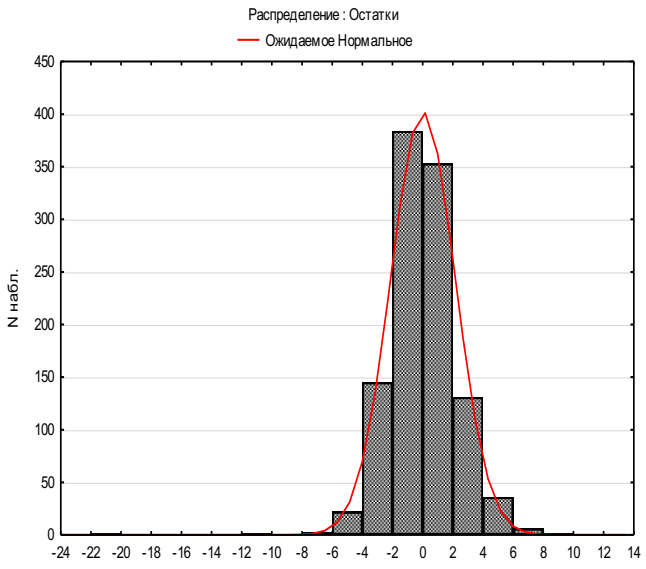

Рис. 3 (Fig. 3)

Рис. 3. Гистограмма остатков.

Распределение остатков, близкое к нормальному закону.

Fig. 3. Histogram of the residuals.

The normal probability graph of the residuals.

складок в мм у детей и подростков равна: 10,535 + 0,437 * возраст + пол (1 – жен., 2 – муж.) * 1,697 + вес * 0,2 – 0,39 * ИМТ – 0,01 * рост.

Пример расчета длины складки: у девушки 16 лет ростом 170 см, весом 65 кг и ИМТ 22,49 будет длина складки 21,59-21,81 (табл. №5), а реально измеренная длина складки у нее 21,1 мм.

Сравнение двух независимых групп по длине складки: девочек от 0 до 7 лет и мальчиков того же возраста, девочек и мальчиков 8-14 лет, подростков обоего пола 15-18 лет по критерию Манна-Уитни показало, что различия незначимы до подросткового возраста (табл. №6).

Сравнение длины складок детей от 0 до 7 лет не показало значимых различий (p=0,15) так же, как и с 8 до 14 лет (p=0,13). Длина складок стала различаться только с 15 лет у мальчиков и девочек.

Обсуждение.

Формулы для определения длины голосовых складок были предложены ранее при измерении гортани 39 трупов обоего пола с помощью цифрового пахиметра: y = 0,18x – 15,8 для мужчин и y = 0,24x – 28,1 для женщин, где y – длина межмембранной части

Таблица №6. Пример расчета длины голосовой складки с применением созданной формулы.

Предск. значения для (длина складок 1082) перемен.: длина складки мм

	B-Веса	Значение	B-Веса - * знач.
Рост	-0,011941	170,0000	-2,02998
Пол	1,697147	1,0000	1,69715
Возраст	0,437405	16,0000	6,99848
Вес	0,202628	65,0000	13,17080
ИМТ	-0,390337	22,4900	-8,77867
Св.член			10,53368
Предсказанные			21,59146
-95,0%ИС			21,36451
+95,0%ИС			21,81841

Таблица №7. Сравнение длины голосовых складок девочек и мальчиков разного возраста с помощью критерия Манна-Уитни (*p <0,05).

Mann-Whitney U Test (сравнение длины складок мальчиков и девочек до 7 лет) By variable Var1 Marked tests are significant at *p <0,050

	Rank Sum - Group 1	Rank Sum - Group 2	U	Z	p-level	Z - adjusted	p-level	Valid N - Group 1	Valid N - Group 2
Дети от 0 до 7 лет	16140,5	20987,5	8265,5	-1,42	0,15	-1,42	0,15	125	147
Дети от 8 до 14 лет	9637,5	13367,5	4981,5	-1,51	0,13	-1,515	0,13	96	118
Дети старше 15 лет	68566,5	109339,5	7141,5	-17,35*	0,005*	-17,35*	0,00*	350	246

голосовых складок в миллиметрах, а x – рост человека в сантиметрах [23]. Если применить данную формулу для нашей пациентки 16 лет, то длина складки у нее должна была быть 0,24*170 – 28,1 = 12,7 мм, а у нее измерено 21 мм. Посмертные измерения искажают размеры мышечных органов.

Измерения гортани 105 пациентов без её патологии с помощью компьютерной томографии на основе множественного линейного регрессионного анализа показали, что объем голосовых связок не был связан с возрастом, ИМТ или этнической принадлежностью, только с ростом и полом у взрослых пациентов [9]. В другом исследовании с помощью рентгенологического обследования певцов было обнаружено, что длина голосовых связок и голосового тракта, а также рост тела у сопрано, меццо-сопрано, альтов, теноров, баритонов и басов статистически различаются, что важно для консультирования преподавателей вокала и фониатров [24]. Измерение длины голосовых складок в спокойном состоянии с помощью ультразвука в B-режиме и в режиме цветового допплеровского картирования (ЦДК) у пациентов с парезом гортани позволило выявить укорочение на парализованной стороне [25, 26]. Еще в одном исследовании гортани с помощью высокочастотного ультразвукового сканирования 229 здоровых добровольцев определено, что длина, ширина и толщина вестибулярных и голосовых связок у 65 участников моложе 18 лет коррелировали с возрастом (r = 0,835-0,957; P < 0,001), а у взрослых существенной корреляции обнаружено не было. Отмечалось, что визуализация складок у мужчин была хуже, чем у женщин, и постепенно снижалась с возрастом из-за окостенения щитовидного хряща [17]. У мужчин складки были длиннее, чем у женщин, растягивались при фонации гласных звуков [18], корреляции их размеров с ростом, весом или ИМТ не было выявлено при обследовании 38 пациентов обоего пола [19]. Длину голосовых связок в Италии измерили с помощью УЗИ: 16-28 мм у женщин и 20-23 мм у мужчин, у певцов басов – 30-33 мм, а у теноров – 21-25 мм [20]. В Корее подобные исследования показали меньшие размеры: средняя длина голосовых складок была 17,1±2,6 мм при вдохе, 15,6±2,6 мм при выдохе у 21 тенора и

13,5±1,2 мм и 11,7±1,2 мм у 23 сопрано соответственно [21].

В нашем исследовании препятствий для осмотра складок из-за оссификации хрящей не выявили, половые различия в длине голосовых складок начинали выявляться с 15 лет. Необходимо отметить, что поворот головы в сторону приводил к тому, что ближе к датчику расположенная голосовая складка становилась длиннее другой, расположенной дальше. Поэтому при измерениях важно следить, чтобы датчик располагался строго по центру шеи при осмотре гортани спереди или не было поворота головы при косо-поперечном исследовании. УЗИ – легкодоступный неинвазивный метод исследования, который может применяться с раннего детского возраста. Предложенная формула вычисления длины голосовых складок может использоваться для определения отставания гортани в росте, как

причины запоздалой мутации голоса, в таком случае рассчитанная по формуле длина складок будет больше фактической, полученной при измерении гортани ультразвуком.

Заключение.

Длина голосовых складок у детей, измеренная с помощью УЗИ, коррелирует с возрастом, весом, ростом, ИМТ, у подростков еще и с полом. На основании измерения голосовых складок предложена формула для определения их длины в зависимости от антропометрических показателей. Рост голосовых складок у подростков не закончен и происходит неравномерно, поэтому использовать данные формулы можно для приблизительных расчетов.

Источник финансирования и конфликт интересов.

Авторы данной статьи подтвердили отсутствие финансовой поддержки исследования и конфликта интересов, о которых необходимо сообщить.

Список литературы:

1. Вязьменов Э.О., Водолазов С.Ю., Васина А.А., Радциг Е.Ю. Размер голосовых складок у детей первых лет жизни. Вестник оториноларингологии. 2015; 80 (5): 56-59. DOI: 10.17116/otorino20158056-59

2. Aboueisha M.A., Sauder C., Jaleel Z., Fatahallah Y., Adcock K., Al-Awadi H. et al. Endoscopic Distance and its Impacton Quantified Age-related Vocal Fold Atrophy Measures. Laryngoscope. 2024; 134 (11): 4649-4655. DOI: 10.1002/lary.31579.

3. Su M., Yeh T., Tan C., Lin C., Linne O., Lee S. Measurement of adult vocal fold length. The Journal of Laryngology & Otology. 2002; 116: 447-449.

4. Ghasemzadeh H., Deliyski D.D., Hillman R.E., Mehta D.D. Framework for Indirect Spatial Calibration of the Horizontal Plane of Endoscopic Laryngeal Images. Journal of Voice. 2024;38 (3): 595-611. DOI: 10.1016/j.jvoice.2021.11.019

5. Старостина С.В., Мареев О.В. Новый подход к инъекционной медиализации голосовой складки в лечении больных с односторонними параличами гортани. Российская оториноларингология. 2011; 52 (3): 137-141.

6. Desuter G., Mertens B., Delchambre A., van Lith-Bijl J., van Benthem P.P., Sjögren E. The larynx ruler to measure height and profile of vocal folds: a proof of concept. Medical devices (Auckland, NZ). 2017;10: 149-155. DOI: 10.2147/MDER.S136561

7. Storck C., Juergens P., Fischer C., Haenni O., Ebner F., Wolfensberger M. et al. Three-dimensional imaging of the larynx for pre-operative planning of laryngeal framework surgery. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2010; 267 (4): 557-63. DOI: 10.1007/s00405-009-1129-y

8. Vorik A., Unteregger F., Zwicky S., Schiwowa J., Potthast S., Storck C. Three-dimensional Imaging of High-resolution Computer Tomography of Singers' Larynges-A Pilot Study. Journal of Voice. 2017; 31 (1): 115.e17-115.e21. DOI: 10.1016/j.jvoice.2016.03.011

9. Alexander N.L., Wang K.Y., Jiang K.Z., Ongkasuwan J., Lincoln C.M. Volumetric Analysis of the Vocal Folds Using Computed Tomography: Effects of Age, Height, and Gender. Laryngoscope. 2021; 131 (1): E240-E247. DOI: 10.1002/lary.28750

10. Miyamoto M., Ohara A., Arai T., Koyanagi M., Watanabe I., Nakagawa H. et al. Three-dimensional imaging of vocalizing larynx by ultra-high-resolution computed tomography. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2019; 276 (11): 3159-3164. DOI: 10.1007/s00405-019-05620-4

11. Hamdan A.L., Khalifee E., Al Arab N., Asmar K., Hourani R. Volumetric measures of the paralyzed vocal fold using computerized tomography; its clinical implication. Logopedics Phoniatrics Vocology. 2021; 46 (1): 42-46. DOI: 10.1080/14015439.2020.1753809

12. Bailly L., Cochereau T., Orgéas L., Henrich Bernardoni N., Rolland du Roscoat S., McLeer-Florin A. et al. 3D multiscale imaging of human vocal folds using synchrotron X-ray microtomography in phase retrieval mode. Scientific Reports. 2018; 8 (1): 14003. DOI: 10.1038/s41598-018-31849-w

13. Derlatka-Kochel M., Kumoniewski P., Majos M.., Ludwisiak K., Pomorski L., Majos A. Assessment of vocal fold mobility using dynamic magnetic resonance imaging and ultrasound in healthy volunteers. Polish Journal of Radiology. 2019; 25 (84): 368-374. https://doi.org/10.5114/pjr.2019.89122

14. Субботина М.В. Определение длины голосовых складок у детей. Сибирский медицинский журнал. 2015; 8: 30-32.

15. Bergeret-Cassagne H., Lazard D.S., Lefort M., Hachi S., Leenhardt L., Menegaux F. et all. Sonographic Dynamic De-

scription of the Laryngeal Tract: Definition of Quantitative Measures to Characterize Vocal Fold Motion and Estimation of Their Normal Values. Journal of Ultrasound in Medicine. 2017; 36 (5): 1037-1044. DOI: 10.7863/ultra.16.05014

16. Куприн А.А., Комарова Ж.Е., Ветшева Н.Н., Аргунова Е.Р., Малюга Н.С., Мазур Н.Н. Полипозиционное ультразвуковое исследование голосовых складок в диагностике нарушений подвижности гортани. Вестник оториноларингологии. 2023; 88 (4): 25-39. DOI: 10.17116/otorino20228804125

17. Hu Q., Zhu S.Y., Luo F., Gao Y., Yang X.Y. High-frequency sonographic measurements of true and false vocal cords. Journal of Ultrasound in Medicine. 2010; 29 (7): 1023-30. DOI: 10.7863/jum.2010.29.7.1023

18. Rai S., Ramdas D., Jacob N.L., Bajaj G., Balasubramanium R.K., Bhat J.S. Normative data for certain vocal fold biomarkers among young normophonic adults using ultrasonography. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2023; 280 (9): 4165-4173. DOI: 10.1007/s00405-023-08025-6

19. Bright L., Secko M., Mehta N., Paladino L., Sinert R. Is there a correlation of sonographic measurements of true vocal cords with gender or body mass indices in normal healthy volunteers? Journal of Emergencies, Trauma, and Shock. 2014; 7 (2): 112-5. DOI: 10.4103/0974-2700.130881

20. Zappia F., Campani R. The larynx: ananatomical and functional echographic study. Journal of Radiology in Medicine. 2000; 99 (3): 138-44.

21. Cho W., Hong J., Park H. Real-time ultrasonographic assessment of true vocal fold length in professional singers. Journal of Voice. 2012; 26 (6): 819.e1-6. DOI: 10.1016/j.jvoice.2012.05.007

22. Yao J., Zhou F., Gao N. Quantitative Assessment of True Vocal Fold Movement by the Lateral-Approach Laryngeal Ultrasonography: A Pilot Study. Journal of Voice. 2024: 26 (6): 819.e1-819.e6. DOI: 10.1016/j.jvoice.2024.06.003

23. Filho J.A., de Melo E.C., Tsuji D.H., de Giacomo Carneiro C., Sennes L.U. Length of the human vocal folds: proposal of mathematical equations as a function of age gender and body height. Annals of Otology, Rhinology & Laryngology. 2005; 114 (5): 390-2. DOI: 10.1177/000348940511400510

24. Mürbe D., Roers F., Sundberg J. Voice classification in professional singers: the influence of vocal fold length, vocal tract length and body measurements. HNO. 2011; 59 (6): 556-62. (in German). DOI: 10.1007/s00106-011-2304-1.

25. Серова Н.С., Шебунина А.Б., Аветисян Э.Е. Роль КТ и МРТ в диагностике плоскоклеточной карциномы гортани. REJR 2019; 9(2):197-204. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-197-204.

26. Lu Y.A., Tsai Y.C., Lin W.N., Pei Y.C., Fang T.J. Pathophysiological Mechanisms Underlying Unilateral Vocal Fold Paralysis in Female Patients: An Ultrasonographic Study. Clinical and Experimental Otorhinolaryngology. 2023;16 (4): 395-402. DOI: 10.21053/ceo.2023.01046.

References:

1. Vyaz'menov E.O., Vodolazov S.Yu., Vasina A.A., Radtsig E.Iu. The size of the vocal folds in the children during the first years of life. Russian Bulletin of Otorhinolaryngology. 2015; 80 (5): 56-59 DOI: 10.17116/otorino20158056-59 (in Russian).

2. Aboueisha M.A., Sauder C., Jaleel Z., Fatahallah Y., Adcock K., Al-Awadi H. et al. Endoscopic Distance and its Impacton Quantified Age-related Vocal Fold Atrophy Measures. Laryngoscope. 2024; 134 (11): 4649-4655. DOI: 10.1002/lary.31579.

3. Su M., Yeh T., Tan C., Lin C., Linne O., Lee S. Measurement of adult vocal fold length. The Journal of Laryngology & Otology. 2002; 116: 447-449.

4. Ghasemzadeh H., Deliyski D.D., Hillman R.E., Mehta D.D. Framework for Indirect Spatial Calibration of the Horizontal Plane of Endoscopic Laryngeal Images. Journal of Voice. 2024;38 (3): 595-611. DOI: 10.1016/j.jvoice.2021.11.019

5. Starostina S.V., Mareev O.V. The new approach to injection medialisation a vocal cord in treatment of patients with unilateral paralyses of a larynx. Russian otorhinolaryngology. 2011; 52 (3): 137-141 (in Russian).

6. Desuter G., Mertens B., Delchambre A., van Lith-Bijl J., van Benthem P.P., Sjögren E. The larynx ruler to measure height and profile of vocal folds: a proof of concept. Medical devices (Auckland, NZ). 2017;10: 149-155. DOI: 10.2147/MDER.S136561

7. Storck C., Juergens P., Fischer C., Haenni O., Ebner F., Wolfensberger M. et al. Three-dimensional imaging of the larynx for pre-operative planning of laryngeal framework surgery. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2010; 267 (4): 557-63. DOI: 10.1007/s00405-009-1129-y

8. Vorik A., Unteregger F., Zwicky S., Schiwowa J., Potthast S., Storck C. Three-dimensional Imaging of High-resolution Computer Tomography of Singers' Larynges-A Pilot Study. Journal of Voice. 2017; 31 (1): 115.e17-115.e21. DOI: 10.1016/j.jvoice.2016.03.011

9. Alexander N.L., Wang K.Y., Jiang K.Z., Ongkasuwan J., Lincoln C.M. Volumetric Analysis of the Vocal Folds Using Computed Tomography: Effects of Age, Height, and Gender. Laryngoscope. 2021; 131 (1): E240-E247. DOI: 10.1002/lary.28750

10. Miyamoto M., Ohara A., Arai T., Koyanagi M., Watanabe I., Nakagawa H. et al. Three-dimensional imaging of vocalizing larynx by ultra-high-resolution computed tomography. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2019; 276 (11): 3159-3164. DOI: 10.1007/s00405-019-05620-4

11. Hamdan A.L., Khalifee E., Al Arab N., Asmar K., Hourani R. Volumetric measures of the paralyzed vocal fold using computerized tomography; its clinical implication. Logopedics Phoniatrics Vocology. 2021; 46 (1): 42-46. DOI: 10.1080/14015439.2020.1753809

12. Bailly L., Cochereau T., Orgéas L., Henrich Bernardoni N., Rolland du Roscoat S., McLeer-Florin A. et al. 3D multiscale imaging of human vocal folds using synchrotron X-ray microtomography in phase retrieval mode. Scientific Reports. 2018; 8 (1): 14003. DOI: 10.1038/s41598-018-31849-w

13. Derlatka-Kochel M., Kumoniewski P., Majos M.., Ludwisiak K., Pomorski L., Majos A. Assessment of vocal fold mobility using dynamic magnetic resonance imaging and ultrasound in healthy volunteers. Polish Journal of Radiology.

2019; 25 (84): 368-374. https://doi.org/10.5114/pjr.2019.89122

14. Subbotina M.V. Determination of the vocal folds' length in children. Siberian Medical Journal. 2015; 8: 30-32 (in Russian).

15. Bergeret-Cassagne H., Lazard D.S., Lefort M., Hachi S., Leenhardt L., Menegaux F. et all. Sonographic Dynamic Description of the Laryngeal Tract: Definition of Quantitative Measures to Characterize Vocal Fold Motion and Estimation of Their Normal Values. Journal of Ultrasound in Medicine. 2017; 36 (5): 1037-1044. DOI: 10.7863/ultra.16.05014

16. Kuprin A.A., Komarova Zh.E., Vetsheva N.N., Argunova E.R., Malyuga N.S., Mazur N.N. Polypositional transcutaneous ultrasound assessment of vocal folds mobility. Ultrasonographic sign of laryngeal dysfunction. Russian Bulletin of Otorhinolaryngology. 2023; 88 (4): 25-39. DOI: 10.17116/otorino20228804125 (in Russian).

17. Hu Q., Zhu S.Y., Luo F., Gao Y., Yang X.Y. High-frequency sonographic measurements of true and false vocal cords. Journal of Ultrasound in Medicine. 2010; 29 (7): 1023-30. DOI: 10.7863/jum.2010.29.7.1023

18.Rai S., Ramdas D., Jacob N.L., Bajaj G., Balasubramanium R.K., Bhat J.S. Normative data for certain vocal fold biomarkers among young normophonic adults using ultrasonography. European Archives of Oto-Rhino-Laryngology. 2023; 280 (9): 4165-4173. DOI: 10.1007/s00405-023-08025-6

19.Bright L., Secko M., Mehta N., Paladino L., Sinert R. Is there a correlation of sonographic measurements of true vocal cords with gender or body mass indices in normal healthy volunteers? Journal of Emergencies, Trauma, and Shock. 2014; 7 (2): 112-5. DOI: 10.4103/0974-2700.130881

20. Zappia F., Campani R. The larynx: ananatomical and functional echographic study. Journal of Radiology in Medicine. 2000; 99 (3): 138-44.

21. Cho W., Hong J., Park H. Real-time ultrasonographic assessment of true vocal fold length in professional singers. Journal of Voice. 2012; 26 (6): 819.e1-6. DOI: 10.1016/j.jvoice.2012.05.007

22. Yao J., Zhou F., Gao N. Quantitative Assessment of True Vocal Fold Movement by the Lateral-Approach Laryngeal Ultrasonography: A Pilot Study. Journal of Voice. 2024: 26 (6): 819.e1-819.e6. DOI: 10.1016/j.jvoice.2024.06.003

23. Filho J.A., de Melo E.C., Tsuji D.H., de Giacomo Carneiro C., Sennes L.U. Length of the human vocal folds: proposal of mathematical equations as a function of age gender and body height. Annals of Otology, Rhinology & Laryngology. 2005; 114 (5): 390-2. DOI: 10.1177/000348940511400510

24. Mürbe D., Roers F., Sundberg J. Voice classification in professional singers: the influence of vocal fold length, vocal tract length and body measurements. HNO. 2011; 59 (6): 556-62. (in German). DOI: 10.1007/s00106-011-2304-1

25. Serova N.S., Shebunina A.B., Avetisyan E.Ye. The role of CT and MRI in the diagnosis of squamous cell carcinoma of the larynx. REJR 2019; 9(2):197-204. DOI:10.21569/2222-7415-2019-9-2-197-204 (in Russian).

26. Lu Y.A., Tsai Y.C., Lin W.N., Pei Y.C., Fang T.J. Pathophysiological Mechanisms Underlying Unilateral Vocal Fold Paralysis in Female Patients: An Ultrasonographic Study. Clinical and Experimental Otorhinolaryngology. 2023;16 (4): 395-402. DOI: 10.21053/ceo.2023.01046.