

<https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-3-62-73>

УДК 616-053.6:612.78:001.89



Возрастные и антропометрические аспекты мутации голоса у подростков: наблюдательное одноцентровое когортное исследование

М.В. Субботина✉

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, ул. Красного Восстания, стр. 1, г. Иркутск, 664003, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. Сроки начала мутации голоса у мальчиков-подростков отличаются у разных народов и зависят от веса, генетических, географических и социально-экономических условий. У мальчиков-южан она начинается в 12–13 лет, у мальчиков-северян — в 14–15 лет. Иркутск относится к южным районам Восточной Сибири, на той же широте находятся Саратов и Оренбург, но по резко континентальному климату приравнен к районам Севера. Отсутствие данных о начале мутации у подростков в Сибири, о влиянии избыточного веса на ее начало, о связи длины голосовых складок с другими антропометрическими показателями в период пубертата, возможность точного измерения длины голосовых складок у подростков послужили поводом к проведению настоящего исследования. **Цель исследования** — определить возраст начала мутации голоса у подростков г. Иркутска, длину голосовых складок и угол щитовидного хряща до, во время и после мутации, а также их связь с весом, ростом, длиной стопы и окружностью шеи. **Методы.** Проведено наблюдательное одноцентровое когортное исследование в марте — мае 2024 г. с участием 77 мальчиков и 70 девочек — учеников 6–8 классов двух школ г. Иркутска специалистами кафедры оториноларингологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, с определением длины голосовых складок и угла щитовидного хряща методом ультразвукового сканирования гортани на аппарате ChisonSonoEye P2 (Chison, Китай) линейным датчиком 10 МГц. Голос мальчиков оценивался комиссией из трех оториноларингологов на слух, после чего они были распределены на группы в зависимости от голосового периода: домутиационного ($n = 29$), мутиационного ($n = 24$), постмутиационного ($n = 24$). Определяли возраст начала мутации, измеряли рост, вес, окружность шеи и длину стопы, индекс массы тела. На втором этапе для сравнительного анализа данных показателей между мальчиками и девочками распределение всех участников исследования осуществлялось по возрасту без учета изменения голоса: группа 1 А — подростки мальчики 12 лет ($n = 20$); группа 2 А — подростки мальчики 13 лет ($n = 30$); группа 3 А — подростки мальчики 14 лет ($n = 27$); группа 1 В — подростки девочки 12 лет ($n = 16$); группа 2 В — подростки девочки 13 лет ($n = 15$); группа 3 В — подростки девочки 14 лет ($n = 39$). Статистическая обработка данных производилась с использованием пакета программы Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, США). Статистически значимыми различия считали при уровне ошибки $p < 0,05$. **Результаты.** Мутация голоса у мальчиков г. Иркутска выявлена в возрасте 12–13 лет при длине голосовых складок больше 2 см. Выявлены значимые коэффициенты корреляции длины складки у мальчиков-подростков с возрастом ($r = 0,66$, $p = 0,03$), весом ($r = 0,53$, $p = 0,04$), ростом ($r = 0,68$, $p = 0,02$), длиной стопы ($r = 0,63$, $p = 0,04$), окружностью шеи ($r = 0,39$, $p = 0,03$), индексом массы тела ($r = 0,28$, $p = 0,04$), углом щитовидного хряща ($r = -0,43$, $p = 0,04$); у девочек-подростков — только с возрастом ($r = 0,59$, $p = 0,04$), весом ($r = 0,37$, $p = 0,02$) и индексом массы тела ($r = 0,32$, $p = 0,04$). В 14 лет складки у девочек были $20,1 \pm 2,1$ мм — значимо длиннее ($p = 0,001$), чем в 12 ($17,2 \pm 1,8$ мм) и 13 лет ($17,7 \pm 1,9$ мм). В 12 лет мальчики имели меньше угол щитовидного хряща ($94,2 \pm 9,4^\circ$, $p = 0,036$), чем девочки ($105,1 \pm 8,6^\circ$). С 13 лет подростки разного пола уже различались по длине голосовых складок ($19,3 \pm 2,6$ мм у мальчиков и $17,7 \pm 1,9$ мм у девочек, $p = 0,049$), длине стопы ($26,2 \pm 2,3$ и $23,7 \pm 1,2$ см соответственно, $p = 0,001$), окружности шеи ($31,6 \pm 2,8$ и $28,9 \pm 1,1$ см, $p = 0,001$), а с 14 лет — также по весу ($68,3 \pm 14,3$ и $55,1 \pm 10,7$ кг, $p = 0,001$) и росту ($175,7 \pm 7,4$ и $162,4 \pm 8,8$ см, $p = 0,001$). **Заключение.** Мутация голоса у мальчиков-подростков г. Иркутска происходит в 12–13 лет на фоне уменьшения угла щитовидного хряща при длине голосовых складок более 2 см, что можно измерить с помощью ультразвукового сканирования. Длина складок становится различной с 13 лет у мальчиков и девочек, она коррелирует с увеличением веса и индекса массы тела у обоих полов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: мутация голоса, длина голосовых складок, антропометрические показатели, ультразвуковое исследование гортани

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Субботина М. В. Возрастные и антропометрические аспекты мутации голоса у подростков: наблюдательное одноцентровое когортное исследование. *Кубанский научный медицинский вестник*. 2025;32(3):62–73. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-3-62-73>

ИСТОЧНИКИ ФИНАНСИРОВАНИЯ: автор заявляет об отсутствии спонсорской поддержки при проведении исследования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

ДЕКЛАРАЦИЯ О НАЛИЧИИ ДАННЫХ: данные, подтверждающие выводы этого исследования, можно получить у контактного автора по обоснованному запросу. Данные и статистические методы, представленные в статье, прошли статистическое рецензирование редактором журнала — сертифицированным специалистом по биостатистике.

СООТВЕТСТВИЕ ПРИНЦИПАМ ЭТИКИ: проведенное исследование соответствует стандартам Хельсинкской декларации, одобрено Локальным этическим комитетом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

© Субботина М. В., 2025

(ул. Красного Восстания, стр. 1, г. Иркутск, 664003, Россия) протокол № 1 от 20.02.2024. От законных представителей всех пациентов получено письменное информированное добровольное согласие на участие в исследовании.

ВКЛАД АВТОРА: М. В. Субботина — разработка концепции и дизайна исследования; анализ и интерпретация результатов; обзор литературы, проведение статистического анализа; составление рукописи и формирование окончательного варианта статьи перед публикацией. Автор выразил согласие нести ответственность за все аспекты работы, подразумевающую надлежащее изучение и решение вопросов, связанных с точностью и добросовестностью любой части работы.

✉ **КОРРЕСПОНДИРУЮЩИЙ АВТОР:** Субботина Мария Владимировна, кандидат медицинских наук, заведующая кафедрой оториноларингологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Адрес: ул. Красного Восстания, стр. 1, г. Иркутск, 664003, Россия. E-mail: lor-igmu@yandex.ru

Получена: 12.12.2024 / Получена после доработки: 17.04.2025 / Принята к публикации: 19.05.2025

Age-related and anthropometric aspects of voice mutation in adolescents: An observational single-center cohort study

Mariya V. Subbotina✉

Irkutsk State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation, Krasnogo Vosstaniya St., 1, Irkutsk, 664003, Russia

ABSTRACT

Background. The time of onset of voice mutation in adolescent boys varies among different peoples and depends on their weight, as well as genetic, geographic, and socioeconomic conditions. Boys from the South experience voice mutation at the ages of 12–13 years, while in boys from the North, it begins at the ages of 14–15 years. Although Irkutsk belongs to the southern regions of Eastern Siberia (lying in the same latitude as Saratov and Orenburg), in terms of its sharply continental climate, it is similar to the northern regions. The lack of data on the onset of voice mutation in Siberian adolescents, the effect of excess weight on its onset, the relationship between the vocal fold length and other anthropometric measures during puberty, and the possibility of an accurate measurement of the vocal fold length in adolescents prompted the present study. **Objective.** To determine the age of voice mutation onset in Irkutsk adolescents; vocal fold length and thyroid cartilage angle prior to, during, and after mutation, as well as the relationship between these parameters and weight, height, foot length, and neck circumference. **Methods.** An observational single-center cohort study was conducted by the specialists of the Otolaryngology Department of the Irkutsk State Medical University in March–May 2024; the study included 77 boys and 70 girls (6th–8th graders from two Irkutsk schools), whose vocal fold length and thyroid cartilage angle were measured via laryngeal ultrasound by means of a ChisonSonoEye P2 ultrasound machine (Chison, China) with a 10 MHz linear probe. The boys' voices were evaluated by ear by a panel of three otolaryngologists, after which they were divided into groups according to the stage of voice mutation: pre-mutation ($n = 29$), mutation ($n = 24$), and post-mutation ($n = 24$). The age of voice mutation onset was determined; height, weight, neck circumference, and foot length were measured, and body mass index was calculated. For a comparative analysis of these measures in boys and girls, all study participants were distributed by age without taking voice changes into account: Group 1A comprising adolescent boys aged 12 years ($n = 20$); Group 2A comprising adolescent boys aged 13 years ($n = 30$); Group 3A comprising adolescent boys aged 14 years ($n = 27$); Group 1B comprising adolescent girls aged 12 years ($n = 16$); Group 2B comprising adolescent girls aged 13 years ($n = 15$); Group 3B comprising adolescent girls aged 14 years ($n = 39$). Statistical processing of data was performed using Statistica 10.0 (StatSoft, Tulsa, USA). Differences were considered to be statistically significant at an error level of $p < 0.05$. **Results.** Irkutsk boys were found to experience voice mutation at the ages of 12–13 years, with the vocal fold length exceeding 2 cm. Significant correlation coefficients were found between vocal fold length in adolescent boys and age ($r = 0.66$, $p = 0.03$), weight ($r = 0.53$, $p = 0.04$), height ($r = 0.68$, $p = 0.02$), foot length ($r = 0.63$, $p = 0.04$), neck circumference ($r = 0.39$, $p = 0.03$), body mass index ($r = 0.28$, $p = 0.04$), and thyroid cartilage angle ($r = -0.43$, $p = 0.04$); in adolescent girls, between vocal fold length and age ($r = 0.59$, $p = 0.04$), weight ($r = 0.37$, $p = 0.02$), and body mass index ($r = 0.32$, $p = 0.04$). At the age of 14 years, the girls' vocal folds measured 20.1 ± 2.1 mm, i.e., were significantly longer ($p = 0.001$) than at 12 (17.2 ± 1.8 mm) and 13 years of age (17.7 ± 1.9 mm). At the age of 12 years, the boys had a smaller thyroid cartilage angle ($94.2 \pm 9.4^\circ$, $p = 0.036$) than the girls ($105.1 \pm 8.6^\circ$). From the age of 13 years, adolescents of both sexes already differed in vocal fold length (19.3 ± 2.6 mm in boys and 17.7 ± 1.9 mm in girls, $p = 0.049$), foot length (26.2 ± 2.3 and 23.7 ± 1.2 cm, respectively, $p = 0.001$), and neck circumference (31.6 ± 2.8 and 28.9 ± 1.1 cm, $p = 0.001$); from the age of 14 years, also in weight (68.3 ± 14.3 and 55.1 ± 10.7 kg, $p = 0.001$) and height (175.7 ± 7.4 and 162.4 ± 8.8 cm, $p = 0.001$). **Conclusion.** Irkutsk adolescent boys experience voice mutation at the ages of 12–13 years due to a decrease in the thyroid cartilage angle, with a vocal fold length of over 2 cm, which can be measured via ultrasound. From the age of 13 years, a difference is observed in the vocal fold length between boys and girls, correlating with increased weight and body mass index in both sexes.

KEYWORDS: voice mutation, vocal fold length, anthropometric measures, laryngeal ultrasound

FOR CITATION: Subbotina M.V. Age-related and anthropometric aspects of voice mutation in adolescents: An observational single-center cohort study. *Kuban Scientific Medical Bulletin*. 2025;32(3):62–73. <https://doi.org/10.25207/1608-6228-2025-32-3-62-73>

FUNDING: No funding support was obtained for the research.

CONFLICT OF INTEREST: The author declares no conflict of interest.

DATA AVAILABILITY STATEMENT: Data supporting the conclusions made in this study can be obtained from the corresponding author on a reasonable request. The data and statistical methods presented in the article were statistically reviewed by the editor of the journal, a certified biostatistician.

COMPLIANCE WITH ETHICAL STANDARDS: The study complies with the Declaration of Helsinki standards and was approved by the local ethics committee (Minutes No. 1 as of February 20, 2024) of the Irkutsk State Medical University (Krasnogo Vosstaniya St., 1, Irkutsk, 664003, Russia). Written voluntary informed consent to participate in the study was obtained from the legal representatives of all patients.

AUTHOR CONTRIBUTIONS: M.V. Subbotina — concept formulation and study design; analysis and interpretation of the obtained results; literature review and statistical analysis; drafting of the manuscript and preparation of its final version. The author agreed to be accountable for all aspects of the work, meaning that issues related to the accuracy and integrity of any part of the work are appropriately examined and resolved.

✉ **CORRESPONDING AUTHOR:** Mariya V. Subbotina, Cand. Sci. (Med.), Head of the Otolaryngology Department, Irkutsk State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation. Address: Krasnogo Vosstaniya St., 1, Irkutsk, 664003, Russia. E-mail: lor-igmu@yandex.ru

Received: 12.12.2024 / **Revised:** 17.04.2025 / **Accepted:** 19.05.2025

ВВЕДЕНИЕ

Мутация голоса в подростковом возрасте на фоне повышения уровня половых гормонов наступает в возрасте от 11 до 19 лет¹ [1], у мальчиков-северян с 14 до 15 лет, у южан — в 12–13 лет [2]. Изменение голоса проще всего использовать как показатель полового созревания мужчин [3]. В Сингапуре изменение голоса у мальчиков как начало пубертата наступает в 12 лет [4], в Германии только 19% мальчиков такого возраста вступают в мутацию, в 13 лет их уже 44%, в 14 лет — больше половины [5], в Южной Корее — мутация начинается с 14 лет [6]. Возраст начала полового созревания существенно снизился за последние несколько десятилетий [7], это может быть связано с ожирением [8]. Другие исследователи считают, что при ожирении изменения голоса наступают позже — с 14–15 лет [5].

Начало полового созревания у девочек и мальчиков зависит от их этнической принадлежности: афроамериканцы и испаноязычные жители Америки раньше вступают в пубертат, чем их белые сверстники, что выражено влияет на их адаптацию в обществе, ведет к рискованному поведению [9, 10]. В то же время у коренных жителей Боливии цыган половое созревание наступает позже [3].

Сроки начала мутации голоса у подростков в южных районах Восточной Сибири никто не изучал. Во время мутации констатируют увеличение размеров самой гортани, длины голосовых складок, которые определялись визуально приблизительно с помощью ларингоскопии [1]. Происходят ли мутационные изменения голоса при уже сформировавшейся взрослой гортани или в процессе роста голосовых складок — вопрос до конца не изученный. Точно измерить длину голосовых складок можно с помощью компьютерной томографии, магнитно-резонансной томографии, но это дорого и небезопасно [11, 12]. Измерения в гортани можно проводить с помощью ультразвукового сканирования [13, 14], но для оценки мутационных изменений оно ранее не применялось. Отсутствие данных о начале мутации у подростков в Сибири, о влиянии избыточного веса на ее начало, о связи длины голосовых складок с другими антропометрическими показателями в период пубертата, возможность точного измерения длины голосовых складок у подростков послужили поводом к проведению настоящего исследования.

Цель исследования — определить возрастные и антропометрические аспекты мутации голоса у подростков

города Иркутска: сроки ее начала, зависимость размеров гортани от антропометрических данных у подростков обоего пола.

МЕТОДЫ

Дизайн исследования

Проведено наблюдательное одноцентровое когортное исследование 147 школьников г. Иркутска обоего пола с 12 до 14 лет.

Условия проведения исследования

Исследование проводилось на базе двух общеобразовательных школ г. Иркутска, обследование осуществляли специалисты кафедры оториноларингологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации. Период проведения исследования — с 14.05.2024 по 31.05.2024. Выборка носила сплошной характер.

Критерии соответствия

Критерии включения

Критериями включения в исследование были: школьники обоего пола 12–14 лет, которым родители подписали добровольное информированное согласие на участие в исследовании и которым были проведены все запланированные измерения.

Критерии невключения

Школьники, которые отсутствовали на занятиях в дни проведения исследования.

Критерии исключения

Школьники, которым по различным причинам не могли быть проведены все запланированные измерения.

Описание критериев соответствия (диагностические критерии)

Физиологическая мутация голоса у мальчиков начинается в возрасте от 12 до 15 лет. Признаком ее является изменение голоса в виде понижения основного тона, которое распознается при прослушивании голоса [1]. При необходимости применяется непрямая ларингоскопия. Перечень исследований рекомендован методическими рекомендациями № 8 Экспертного совета по науке Департамента здравоохранения г. Москвы «Клиника, диагностика, лечение мутационной дисфонии» от 24.01.2024².

¹ Василенко Ю. С. *Голос. Фоноатрические аспекты*. М.: Дипак, 2013. 394 с.

² Крюков А. И., Кунельская Н. Л., Романенко С. Г., Павлихин О. Г., Лесогорова Е. В., Елисеев О. В., Курбанова Д. И., Красильникова Е. Н., Сафьяникова Е. А. *Клиника, диагностика, лечение мутационной дисфонии. Методические рекомендации*. Под редакцией А. И. Крюкова. М., 2024. 24 с.

Подбор участников в группы

Всего в исследование были включены 147 школьников: 70 девочек и 77 мальчиков. На первом этапе исследования подбор участников мальчиков в 3 группы производился в соответствии с оценкой изменения голоса: 1-я группа включала мальчиков до мутации с детским голосом ($n = 29$), 2-я группа включала подростков с мутацией голоса ($n = 24$), в 3-ю группу вошли школьники, голос которых соответствовал мужскому после мутации ($n = 24$). На втором этапе распределение всех участников исследования (мальчиков и девочек) осуществлялось по возрасту, без учета изменения голоса: группа 1 А — подростки мальчики 12 лет ($n = 20$); группа 2 А — подростки мальчики 13 лет ($n = 30$); группа 3 А — подростки мальчики 14 лет ($n = 27$); группа 1 В — подростки девочки 12 лет ($n = 16$); группа 2 В — подростки девочки 13 лет ($n = 15$); группа 3 В — подростки девочки 14 лет ($n = 39$).

Целевые показатели исследования

Основные показатели исследования

Основными показателями исследования считали определение возраста начала мутации (лет) и соответствующую длину голосовых складок (см), угол щитовидного хряща мальчиков-подростков в разные периоды полового созревания (градусы): домутационный, в период мутации и после нее, а также зависимость длины складки (см) от роста (см), веса (кг), окружности шеи (ОШ, см), длины стопы (см), пола (мужской, женский), индекса массы тела (ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$).

Дополнительные показатели исследования

Всех школьников, вошедших в исследование, опрашивали о наличии изменений голоса, при выявлении голосовых проблем выполняли непрямую ларингоскопию по стандартной методике.

Методы измерения целевых показателей

Проводили оценку голоса на слух мальчиков-подростков для определения голосового периода [1]: домутационного, мутационного, постмутационного. Голос записывался на профессиональный цифровой стереодиктофон Savetek GS-R06 (Китай) при чтении стандартного текста из 4 предложений (Л. Н. Толстой «Война и мир»), позже его оценка проводилась тремя независимыми оториноларингологами. Активно протекающую мутацию можно определить на слух: снижается частота основного тона речи, возникает характерная охриплость, фонация в грудном и фальцетном регистрах [15]. Измерение длины голосовых складок проводили с помощью ультразвукового сканирования гортани, которое осуществлялось на аппарате ChisonSonoEyeP2 (Chison, Китай) линейным датчиком с частотой 10 МГц в поперечной плоскости. Датчик располагали в нижней трети щитовидного хряща, визуализируя на экране эхогенный щитовидный хрящ в виде дуги и эхогенные симметричные черпаловидные хрящи, смещающиеся при дыхании. Измеряли: передний угол между пластинками щитовидного хряща (УЩХ) в градусах, длину голосовых складок от передней комиссуры до черпаловидных хрящей с помощью линейки прибора при спокойном дыхании (рис. 1). Также проводилась антропометрия тела: вес (кг), рост (см) с помощью ростомера, размер стопы (см), окружность шеи (ОШ в см) на уровне гортани, индекс массы тела ($\text{кг}/\text{м}^2$), дефицит или ожирение определяли по калькулятору Всемирной



Рис. 1. Ультразвуковая картина гортани в поперечном направлении (справа) и схема (слева), где: 1 — передняя комиссура, 2 — щитовидный хрящ, 3 — черпаловидный хрящ, расстояние 1–3 соответствует длине голосовой складки, угол 2–2 образован пластинками щитовидного хряща

Примечание: фотография выполнена автором.

Fig. 1. Transverse ultrasound of the larynx (right) and a schematic (left), where: 1 — anterior commissure, 2 — thyroid cartilage, 3 — arytenoid cartilage; the distance 1–3 corresponds to the vocal fold length; the angle 2–2 is formed by the laminae of the thyroid cartilage

Note: the figure was created by the author.

организации здравоохранения AnthroPlus (<https://www.who.int/tools/child-growth-standards/software>).

Переменные (предикторы, конфаундеры, модификаторы эффекта)

На результаты исследования могли оказать влияние гормональные нарушения.

Статистические процедуры

Принципы расчета размера выборки

Размер выборки предварительно не рассчитывался.

Статистические методы

Статистический анализ полученных результатов проведен с использованием пакета статистических программ Statistical10.0 (StatSoft, Inc., США): сравнение попарно двух независимых групп с помощью U -критерия Манна — Уитни, сравнение нескольких несвязанных групп с помощью H -критерия Краскела — Уоллиса, определение корреляции антропометрических данных между собой по Спирмену. Если распределение количественного показателя, проверенное на нормальность с помощью критерия Шапиро — Уилка, соответствовало нормальному, то выражали показатель через среднее значение M и стандартное отклонение SD ($M \pm SD$). Статистически значимыми различия считали при уровне ошибки $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Формирование выборки исследования

Формирование выборки исследования производилось сплошным методом. Из 147 подростков, включенных в исследование, было образовано последовательно 9 групп: по возрасту среди мальчиков и девочек, а также среди

мальчиков по голосу — вступившие в мутацию, до и после нее. Распределение по группам представлено на рис. 2.

Характеристика выборки (групп) исследования

Среди всех подростков жалобы на голос никто не предъявлял, происходящие изменения в процессе мутации все переносили спокойно, не считая это проблемой. Функцио-

нальная дисфония была выявлена у 1 мальчика при непрямой ларингоскопии.

Основные результаты исследования

Антропометрические показатели у подростков мужского пола в зависимости от начавшейся мутации представлены в таблице 1.

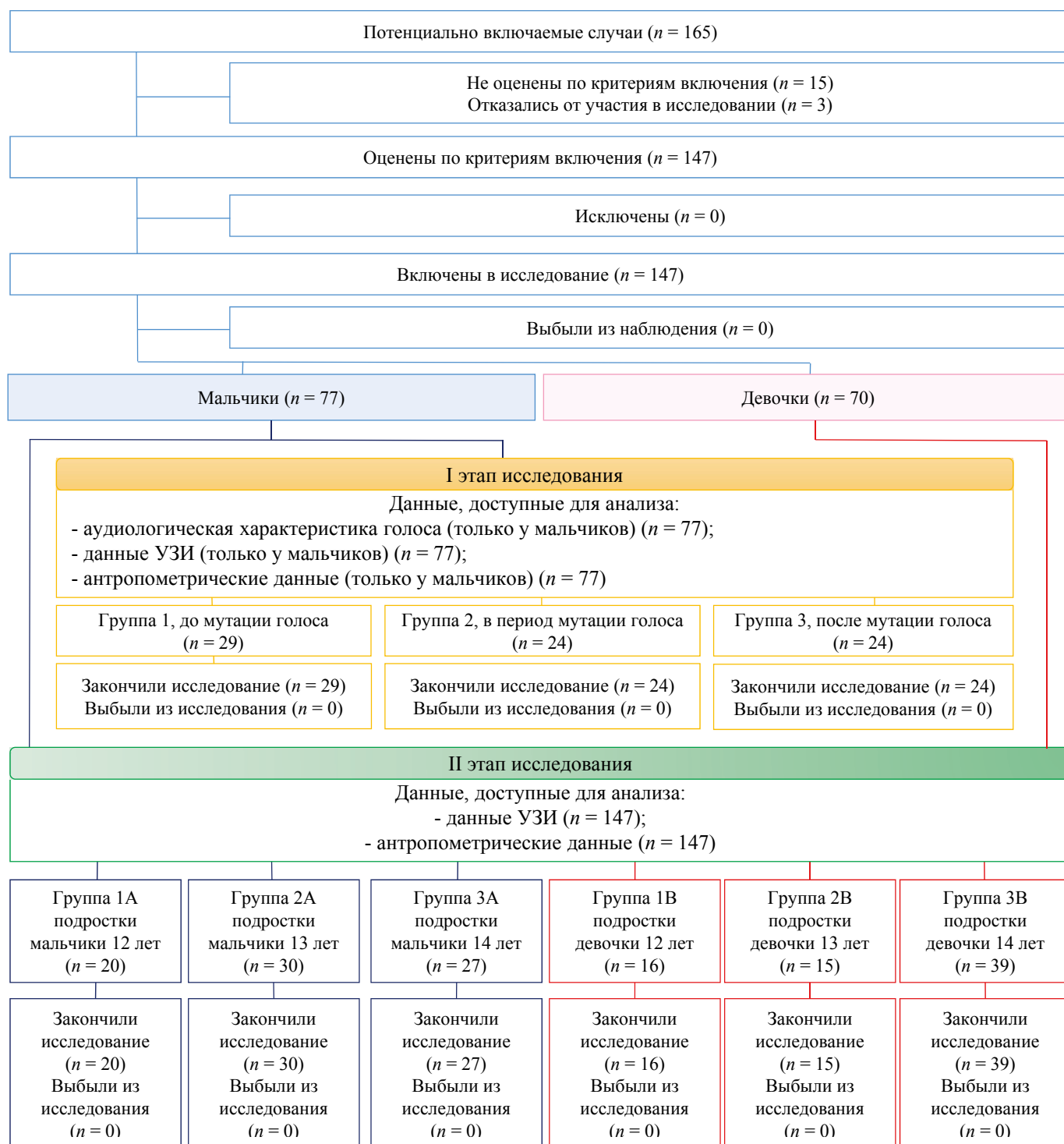


Рис. 2. Блок-схема дизайна исследования

Примечание: блок-схема выполнена авторами (согласно рекомендациям STROBE). Сокращение: УЗИ — ультразвуковое исследование.

Fig. 2. Block diagram of the study design

Note: the block diagram was created by the author (as per STROBE recommendations). Abbreviations: УЗИ — ultrasound investigation.

Таблица 1. Антропометрические показатели мальчиков-подростков ($M \pm SD$) в зависимости от проявлений мутации голосаTable 1. Anthropometric measures in adolescent boys ($M \pm SD$) at different stages of voice mutation

Показатели	1-я группа ($n = 29$)	2-я группа ($n = 24$)	3-я группа ($n = 24$)	Уровень статистической значимости различий, p
Возраст, лет	$12,5 \pm 0,5$	$13,1 \pm 0,7$	$13,8 \pm 0,5$	$p_{1,2}^* = 0,003$ $p_{2,3}^* = 0,001$ $p_{1,3}^* = 0,001$
Рост, см	$155,2 \pm 7,9$	$167,9 \pm 8,7$	$175,2 \pm 8,9$	$p_{1,2}^* = 0,001$ $p_{2,3}^* = 0,008$ $p_{1,3}^* = 0,001$
Вес, кг	$47,9 \pm 14,1$	$56,5 \pm 9,3$	$69,0 \pm 15,3$	$p_{1,2}^* = 0,003$ $p_{2,3}^* = 0,005$ $p_{1,3}^* = 0,001$
Длина складки, мм	$17,7 \pm 1,8$	$20,4 \pm 2,3$	$24,2 \pm 2,8$	$p_{1,2}^* = 0,001$ $p_{2,3}^* = 0,001$ $p_{1,3}^* = 0,001$
ОШ, см	$30,6 \pm 3,0$	$32,5 \pm 1,8$	$35,8 \pm 4,0$	$p_{1,2}^* = 0,001$ $p_{2,3}^* = 0,029$ $p_{1,3}^* = 0,001$
Длина стопы, см	$24,7 \pm 0,7$	$25,9 \pm 0,9$	$27,6 \pm 0,9$	$p_{1,2}^* = 0,001$ $p_{2,3}^* = 0,003$ $p_{1,3}^* = 0,001$
УЩХ, градусы	$94,6 \pm 8,1$	$89,0 \pm 7,3$	$88,8 \pm 9,6$	$p_{1,2}^* = 0,02$ $p_{2,3}^* = 0,9$ $p_{1,3}^* = 0,02$
ИМТ, $\text{кг}/\text{м}^2$	$19,7 \pm 4,8$	$20,0 \pm 3,3$	$22,4 \pm 3,8$	$p_{1,2}^* = 0,22$ $p_{2,3}^* = 0,018$ $p_{1,3}^* = 0,01$
Дефицит веса, число подростков, абс. (%)	6 (20,7%)	4 (16,7%)	0	$p_{1,3}^\# = 0,03$ $p_{2,3}^\# = 0,1$ $p_{1,2}^\# = 1,0$
Ожирение, число подростков, абс. (%)	3 (10,3%)	2 (8,3%)	5 (20,8%)	$p_{1,3}^\# = 0,44$ $p_{2,3}^\# = 0,42$ $p_{1,2}^\# = 1,0$

Примечание: таблица составлена авторами; * по критерию Манна — Уитни между группами, # по двустороннему точному критерию Фишера. Сокращения: ОШ — окружность шеи, УЩХ — угол щитовидного хряща, ИМТ — индекс массы тела.

Note: the table was compiled by the author; * Mann—Whitney U Test, # Fisher's two-sided exact test. Abbreviations: ОШ — neck circumference, УЩХ — thyroid cartilage angle, ИМТ — body mass index.

Возраст начала мутации у мальчиков г. Иркутска составляет 12–13 лет, длина складок при этом увеличивалась с $17,7 \pm 1,8$ мм в домутационном периоде до $20,4 \pm 2,3$ мм в период мутации и становилась $24,2 \pm 2,8$ мм по ее завершении. По критерию Манна — Уитни длина складок у мальчиков в домутационный период была значимо меньше ($p = 0,001$), чем в период мутации, а также значимо больше в постмутационный период, чем в период мутации ($p = 0,001$). Это же подтверждено при сравнении нескольких групп с помощью рангового критерия Краскела — Уоллиса: на диаграмме размаха (рис. 3) видно, что показатель «длина складки» различается в трех группах ($H = 43,53$, $p = 0,001$).

Из таблицы 1 видно, что у мальчиков-подростков в период мутации голоса по сравнению с мальчиками, не вступившими в мутацию (с детским голосом), отмечалось

значимое увеличение роста с $155,2 \pm 7,9$ до $167,9 \pm 8,7$ см ($p = 0,001$), увеличивались вес с $47,9 \pm 14,1$ до $56,5 \pm 9,3$ кг ($p = 0,003$), окружность шеи с $30,6 \pm 3,0$ до $32,5 \pm 1,8$ см ($p = 0,001$). Длина стопы становилась взрослой — росла с $24,7 \pm 0,7$ до $25,9 \pm 0,9$ см ($p = 0,001$). Угол щитовидного хряща уменьшался с $94,6 \pm 8,1^\circ$ до $89,0 \pm 7,3^\circ$ ($p = 0,02$). ИМТ при этом значимо не различался, хотя подростков с дефицитом массы тела было больше в группе с детским голосом. При сравнении мальчиков-подростков периода мутации голоса с уже ее завершившими сверстниками обнаружили, что возраст подростков, говорящих мужским голосом, был равен $13,8 \pm 0,5$ года, рост достигал уже $175,2 \pm 8,9$ см, вес $69,0 \pm 15,3$ кг. Окружность шеи значимо была больше в постмутационном периоде, $35,8 \pm 4,0$ см ($p = 0,029$), как и длина стопы ($27,6 \pm 0,9$ см, $p = 0,003$). Угол

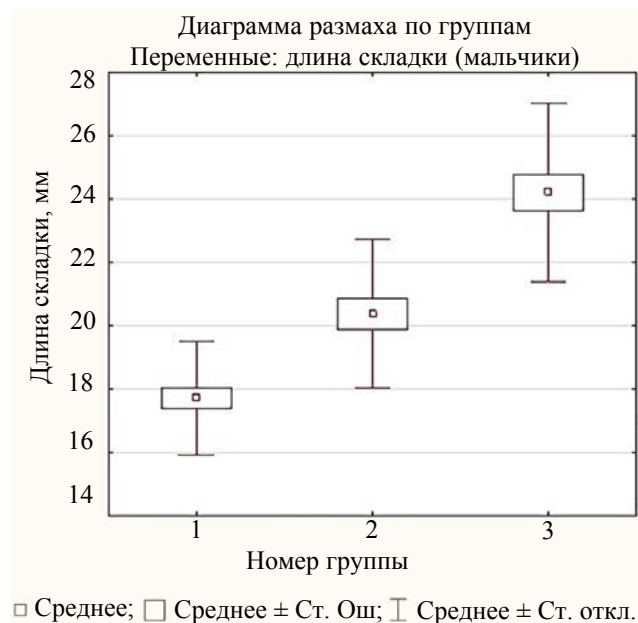


Рис. 3. Диаграмма размаха длины голосовой складки у мальчиков-подростков, где 1 — первая группа до мутации голоса, 2 — в период мутации, 3 — после нее
Примечание: рисунок выполнен автором.

Fig. 3. Box-and-whisker plot of vocal fold length in adolescent boys, where 1 — group comprising boys in the pre-mutation period, 2 — mutation period, 3 — post-mutation period

Note: the figure was created by the author.

щитовидного хряща, который стал острым еще в период мутации, уже значительно не изменялся после нее ($p = 0,9$). ИМТ в группе подростков с мужским голосом был значительно больше ($22,4 \pm 3,8 \text{ кг/м}^2$, $p = 0,018$), чем у мальчиков в период мутации ($20,0 \pm 3,3 \text{ кг/м}^2$), но число подростков с ожирением не различалось во всех трех группах по двустороннему точному критерию Фишера ($0,42-1,0$).

Сравнение антропометрических данных показывает статистически значимую сильную корреляцию по Спирмену между всеми антропометрическими показателями у мальчиков-подростков (табл. 2): выявлены значимые коэффициенты корреляции длины складки у мальчиков-подростков с возрастом ($r = 0,66$, $p = 0,03$), весом ($r = 0,53$, $p = 0,04$), ростом ($r = 0,68$, $p = 0,02$), длиной стопы ($r = 0,63$, $p = 0,04$), окружностью шеи ($r = 0,39$, $p = 0,03$), ИМТ ($r = 0,28$, $p = 0,04$), углом щитовидного хряща ($r = -0,43$, $p = 0,04$). В этом анализе голос детский был принят за 1, мутация — за 2, после нее голос оценен на 3.

Из таблицы 2 видно, что наиболее сильная корреляция у мальчиков-подростков наблюдалась между возрастом и ростом ($R = 0,66$, $p = 0,04$), длиной складок и ростом ($R = 0,68$, $p = 0,02$), ростом и весом ($R = 0,71$, $p = 0,04$), длиной стопы и ростом ($R = 0,83$, $p = 0,04$), весом и длиной стопы ($R = 0,78$, $p = 0,04$), окружностью шеи и весом ($R = 0,82$, $p = 0,02$), ростом и окружностью шеи ($R = 0,66$, $p = 0,02$), ИМТ и окружностью шеи ($R = 0,71$, $p = 0,02$). Изменения голоса зависели от всех антропометрических показателей. Корреляция значения голоса, принятого за 1 в домутационный период, за 2 — в период мутации и 3 — после нее, с длиной голосовых складок была значимой и сильной ($R = 0,76$, $p = 0,04$).

Таблица 2. Значение коэффициентов корреляции Спирмена между антропометрическими показателями у всех мальчиков-подростков

Table 2. Spearman's correlation coefficients between anthropometric measures in all the adolescent boys

Показатели	Возраст	Длина складок	Рост	Вес	ОШ	Длина стопы	Угол ЩХ	ИМТ	Голос
Возраст	1,0								
Длина складок	0,66* $p = 0,03$	1,0							
Рост	0,66* $p = 0,04$	0,68* $p = 0,02$	1,0						
Вес	0,53* $p = 0,04$	0,53* $p = 0,04$	0,71* $p = 0,04$	1,0					
ОШ	0,42* $p = 0,04$	0,39* $p = 0,03$	0,66* $p = 0,04$	0,82* $p = 0,02$	1,0				
Длина стопы	0,61* $p = 0,04$	0,63* $p = 0,04$	0,83* $p = 0,04$	0,78* $p = 0,04$	0,68* $p = 0,04$	1,0			
УЩХ	-0,30* $p = 0,04$	-0,43* $p = 0,04$	-0,11 $p = 0,7$	-0,23 $p = 0,6$	-0,15 $p = 0,8$	-0,23 $p = 0,9$	1,0		
ИМТ	0,30* $p = 0,04$	0,28* $p = 0,04$	0,30* $p = 0,04$	0,85* $p = 0,04$	0,71* $p = 0,02$	0,49* $p = 0,03$	-0,21 $p = 0,7$	1,0	
Голос	0,72* $p = 0,04$	0,76* $p = 0,03$	0,71* $p = 0,03$	0,57* $p = 0,04$	0,54* $p = 0,04$	0,67* $p = 0,04$	-0,24 $p = 0,7$	0,35* $p = 0,04$	1,0

Примечание: таблица составлена автором, * $p < 0,05$. Сокращения: ОШ — окружность шеи, УЩХ — угол щитовидного хряща, ИМТ — индекс массы тела.

Note: the table was compiled by the author; * $p < 0,05$. Abbreviations: ОШ — neck circumference, УЩХ — thyroid cartilage angle, ИМТ — body mass index.

Таблица 3. Антропометрические показатели ($M \pm SD$) мальчиков-подростков и девочек-подростков в зависимости от возрастаTable 3. Anthropometric measures ($M \pm SD$) in adolescent boys and girls in relation to age

Показатели	Группа 1 А ($n = 20$)	Группа 1 В ($n = 16$)	Группа 2 А ($n = 30$)	Группа 2 В ($n = 15$)	Группа 3 А ($n = 27$)	Группа 3 В ($n = 39$)	Уровень значимости различий, p^*
Рост, см	$155,9 \pm 8,7$	$158,2 \pm 8,4$	$163,1 \pm 10,5$	$160,8 \pm 7,7$	$175,7 \pm 7,4$	$162,4 \pm 8,8$	$p_{1A,2A} = 0,02$ $p_{2A,3A} = 0,001$ $p_{1A,3A} = 0,001$ $p_{1B,2B} = 0,56$ $p_{2B,3B} = 0,32$ $p_{1B,3B} = 0,90$ $p_{1A,1B} = 0,29$ $p_{2A,2B} = 0,41$ $p_{3A,3B} = 0,001$
Вес, кг	$48,7 \pm 14,1$	$48,9 \pm 10,4$	$53,1 \pm 12,9$	$49,5 \pm 7,7$	$68,3 \pm 14,3$	$55,1 \pm 10,7$	$p_{1A,2A} = 0,12$ $p_{2A,3A} = 0,001$ $p_{1A,3A} = 0,001$ $p_{1B,2B} = 0,89$ $p_{2B,3B} = 0,10$ $p_{1B,3B} = 0,09$ $p_{1A,1B} = 0,51$ $p_{2A,2B} = 0,44$ $p_{3A,3B} = 0,001$
Длина складок, см	$17,9 \pm 1,9$	$17,2 \pm 1,8$	$19,3 \pm 2,6$	$17,7 \pm 1,9$	$23,9 \pm 2,9$	$20,1 \pm 2,1$	$p_{1A,2A} = 0,27$ $p_{2A,3A} = 0,001$ $p_{1A,3A} = 0,001$ $p_{1B,2B} = 0,60$ $p_{2B,3B} = 0,001$ $p_{1B,3B} = 0,001$ $p_{1A,1B} = 0,27$ $p_{2A,2B} = 0,05$ $p_{3A,3B} = 0,001$
ОШ, см	$30,7 \pm 2,5$	$29,8 \pm 1,9$	$31,6 \pm 2,8$	$28,9 \pm 1,1$	$35,1 \pm 3,3$	$29,1 \pm 1,4$	$p_{1A,2A} = 0,29$ $p_{2A,3A} = 0,002$ $p_{1A,3A} = 0,001$ $p_{1B,2B} = 0,22$ $p_{2B,3B} = 0,85$ $p_{1B,3B} = 0,90$ $p_{1A,1B} = 0,30$ $p_{2A,2B} = 0,001$ $p_{3A,3B} = 0,001$
Длина стопы, см	$24,5 \pm 1,2$	$23,6 \pm 1,1$	$26,2 \pm 2,3$	$23,7 \pm 1,2$	$27,4 \pm 1,3$	$23,9 \pm 1,3$	$p_{1A,2A} = 0,23$ $p_{2A,3A} = 0,001$ $p_{1A,3A} = 0,001$ $p_{1B,2B} = 0,90$ $p_{2B,3B} = 0,57$ $p_{1B,3B} = 0,68$ $p_{1A,1B} = 0,17$ $p_{2A,2B} = 0,001$ $p_{3A,3B} = 0,001$
УЩХ, градусы	$94,2 \pm 9,4$	$105,1 \pm 8,6$	$91,6 \pm 7,3$	$102,9 \pm 8,7$	$85,3 \pm 8,2$	$100,4 \pm 5,9$	$p_{1A,2A} = 0,04$ $p_{2A,3A} = 0,9$ $p_{1A,3A} = 0,9$ $p_{1B,2B} = 0,42$ $p_{2B,3B} = 0,48$ $p_{1B,3B} = 0,08$ $p_{1A,1B} = 0,01$ $p_{2A,2B} = 0,001$ $p_{3A,3B} = 0,003$

Таблица 3. Продолжение
Table 3. Continued

Показатели	Группа 1 А (n = 20)	Группа 1 В (n = 16)	Группа 2 А (n = 30)	Группа 2 В (n = 15)	Группа 3 А (n = 27)	Группа 3 В (n = 39)	Уровень значимо- сти различий, p^*
ИМТ, кг/м ²	19,9 ± 4,7	19,3 ± 2,5	19,8 ± 4,1	19,1 ± 2,1	22,0 ± 3,5	20,8 ± 3,2	$p_{1A,2A} = 0,68$ $p_{2A,3A} = 0,004$ $p_{1A,3A} = 0,002$ $p_{1B,2B} = 0,62$ $p_{2B,3B} = 0,20$ $p_{1B,3B} = 0,08$ $p_{1A,1B} = 0,73$ $p_{2A,2B} = 0,92$ $p_{3A,3B} = 0,09$

Примечания: таблица составлена автором; * по Манну — Уитни. Сокращения: УЩХ — угол щитовидного хряща, ОШ — окружность шеи, ИМТ — индекс массы тела.

Notes: the table was compiled by the author; * Mann—Whitney U Test. Abbreviations: УЩХ — thyroid cartilage angle, ОШ — neck circumference, ИМТ — body mass index.

У девочек изменения голоса были не заметны, поэтому у них измеряли антропометрические показатели по возрастным группам, сравнивали попарно и с мальчиками того же возраста (табл. 3).

Наглядное выражение различий длины голосовых складок у девочек отражено на диаграмме размаха (рис. 4) при сравнении нескольких независимых групп по критерию Краскела — Уоллиса. По таблице 3 и рисунку 5 видно, что существуют значимые различия в длине голосовых

складок у 14-летних по сравнению с младшими девочками ($H = 24,67, p = 0,001$). У девочек-подростков 12, 13 и 14 лет не отмечалось различий в антропометрических показателях: рост увеличивался с $158,2 \pm 8,4$ см до $162,4 \pm 8,8$ см, вес — с $48,9 \pm 10,4$ до $55,1 \pm 10,7$ кг, длина складок — с $17,2 \pm 1,8$ мм в 12 лет до $17,7 \pm 1,9$ в 13 лет, и только в 14 лет она становилась $20,1 \pm 2,1$ мм. Окружность шеи не отличалась ($29,8 \pm 1,9$; $28,9 \pm 1,1$; $29,1 \pm 1,4$ см), как и длина стопы ($23,6$ – $23,9 \pm 1,3$ см) во всех трех группах девочек. Угол щитовидного хряща как был тупым в 12 лет ($105,1 \pm 8,6^\circ$), так и оставался таковым в 13 и 14 лет ($102,9 \pm 8,7^\circ$ и $100,4 \pm 5,9^\circ$ соответственно). ИМТ у всех девочек не превышал норму, и не было выраженного дефицита веса ($19,3 \pm 2,5$ – $20,8 \pm 3,2$).

В таблице 4 показана корреляция антропометрических показателей девочек-подростков. По ней видно, что длина складки статистически значимо коррелирует с возрастом, весом и ИМТ.

Из таблицы 4 видно, что наиболее сильная корреляция у девочек-подростков наблюдалась между ростом и весом ($R = 0,75, p = 0,04$), длиной стопы и ростом ($R = 0,74, p = 0,04$), весом и длиной стопы ($R = 0,68, p = 0,03$), окружностью шеи и весом ($R = 0,64, p = 0,02$), ростом и окружностью шеи ($R = 0,62, p = 0,03$). А корреляция между возрастом и ростом у девочек в отличие от мальчиков была слабая и незначимая ($R = 0,22, p = 0,08$ по сравнению с $0,66, p = 0,04$), также и между длиной складок и ростом ($R = 0,20$ и $0,68, p = 0,1$).

При сравнении антропометрических показателей мальчиков и девочек выявлено (табл. 3), что в 12-летнем возрасте девочки обгоняли мальчиков в росте. Вес подростков обоего пола не отличался в этом возрасте, как и длина складок, окружность шеи и длина стопы. Угол щитовидного хряща начинал различаться у подростков обоего пола уже в 12 лет: он был у мальчиков $94,2 \pm 9,4^\circ$ и у девочек $105,1 \pm 8,6^\circ$ ($p = 0,01$), и эти различия сохранялись до 14 лет. С 13 лет длина складок (у мальчиков $19,3 \pm 2,6$ и у девочек $17,7 \pm 1,9$ мм, $p = 0,049$), окружность шеи ($31,6 \pm 2,8$ и $28,9 \pm 1,1$ см соответственно, $p = 0,001$), длина стопы ($26,2 \pm 2,3$ и $23,7 \pm 1,2$ см соот-

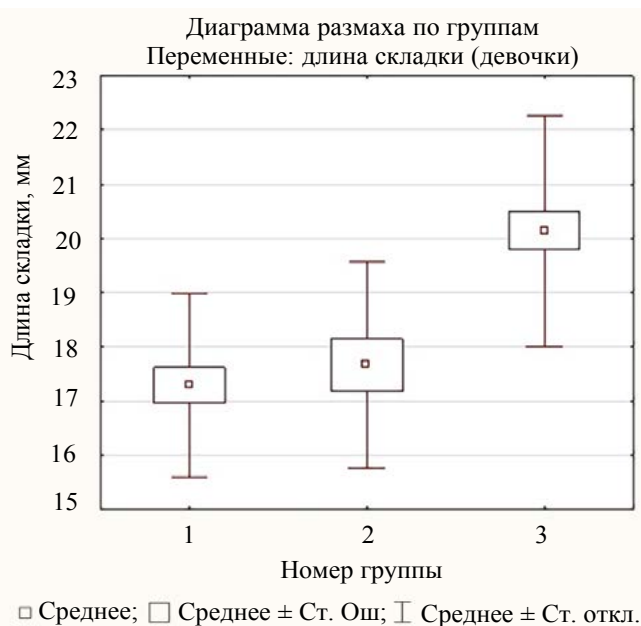


Рис. 4. Диаграмма размаха длины голосовой складки у девочек-подростков, где 1 — первая группа состояла из 12-летних, 2 — из 13-летних, 3 — из 14-летних школьников

Примечание: рисунок выполнен автором.

Fig. 4. Box-and-whisker plot of vocal fold length in adolescent girls, where 1 — group comprising 12-year-old schoolgirls; 2 — 13-year-old schoolgirls; and 3 — 14-year-old schoolgirls

Note: the figure was created by the author.

Таблица 4. Коэффициент корреляции антропометрических показателей у девочек разных возрастов по Спирмену
Table 4. Spearman's correlation coefficient between anthropometric measures in the girls of different ages

Показатели	Возраст	Длина складок	Рост	Вес	ОШ	Длина стопы	УЩХ	ИМТ
Возраст	1,0							
Длина складок	0,59* $p = 0,04$	1,00						
Рост	0,22 $p = 0,08$	0,20 $p = 0,1$	1,00					
Вес	0,23* $p = 0,04$	0,37* $p = 0,03$	0,75* $p = 0,04$	1,00				
ОШ	0,19 $p = 0,03$	0,28 $p = 0,04$	0,62* $p = 0,03$	0,64* $p = 0,02$	1,00			
Длина стопы	0,31* $p = 0,03$	0,17 $p = 0,01$	0,74* $p = 0,04$	0,68* $p = 0,03$	0,62* $p = 0,02$	1,00		
УЩХ	0,14 $p = 0,04$	-0,22 $p = 0,02$	0,23 $p = 0,04$	0,19 $p = 0,03$	0,40* $p = 0,03$	0,43* $p = 0,04$	1,00	
ИМТ	0,21 $p = 0,03$	0,32* $p = 0,01$	0,19 $p = 0,04$	0,73* $p = 0,03$	0,45* $p = 0,04$	0,34* $p = 0,04$	0,11	1,00

Примечания: таблица составлена автором, * $p < 0,05$. Сокращения: ОШ — окружность шеи, УЩХ — угол щитовидного хряща, ИМТ — индекс массы тела.

Notes: the table was compiled by the author; * $p < 0.05$. Abbreviations: ОШ — neck circumference, УЩХ — thyroid cartilage angle, ИМТ — body mass index.

ветственно, $p = 0,001$) начинали значимо различаться. В 14 лет наряду с этими показателями стали различаться рост ($175,7 \pm 7,4$ у мальчиков и $162,4 \pm 8,8$ см у девочек, $p = 0,001$) и вес ($68,3 \pm 14,3$ и $55,1 \pm 10,7$ кг соответственно, $p = 0,001$) в пользу мальчиков.

Возраст начала мутации голоса мальчиков графически представлен на рисунке 5.

Из рисунка 5 видно, что 12-летние мальчики в своем большинстве не вошли в период мутации: 75% из них имеют детский голос. В 13 лет уже половина подростков

мужского пола претерпевала изменения голоса, а половина еще сохраняла детский голос. В 14 лет 78% мальчиков уже говорили мужским голосом, подростков с детским голосом не было выявлено.

Дополнительные результаты исследования

Один подросток имел жалобы на осиплость голоса в течение 3 недель после простуды, при непрямой ларингоскопии были выявлены белесые голосовые складки, не смыкающиеся полностью в виде овала. Была диагностирована функциональная дисфония.



Рис. 5. Процентное соотношение мальчиков-подростков 12–14 лет в зависимости от изменений их голоса среди 77 обследованных

Примечание: рисунок выполнен автором.

Fig. 5. Percentage of adolescent boys aged 12–14 years at different stages of voice mutation among the 77 examined participants

Note: the figure was created by the author.

ОБСУЖДЕНИЕ

Резюме основного результата исследования

В результате исследования определены: возраст начала мутации у мальчиков-подростков г. Иркутска, длина голосовых складок в начале и конце мутации голоса, а также зависимость длины голосовых складок подростков обоего пола от величины угла щитовидного хряща, роста, веса, длины стопы, окружности шеи, ИМТ. У девочек подростков определен возраст значимого удлинения голосовых складок и антропометрических отличий от мальчиков-подростков.

Ограничения исследования

Полученные результаты измерений у подростков города Иркутска могут использоваться для оценки сроков полового созревания и начала мутации в Восточной Сибири и могут отличаться у жителей других регионов Российской Федерации.

Интерпретация результатов исследования

Полученные данные позволяют отнести мальчиков-подростков города Иркутска к южанам — мутация у них начинается с 12 до 13 лет, по данным литературы мутация начинается у северян на 2 года позже — с 14–15 лет [2]. У девочек мутация происходит раньше на 1–2 года [2]. Следует принять во внимание снижение возраста начала полового созревания в мире, что не обошло жителей Иркутской области. Как констатирует О.С. Орлова, мутация у современных подростков начинается несколько раньше, чем столетие назад [2]. По нашим данным, мутация голоса у мальчиков происходит на уже выросших голосовых складках длиной более 2 см, первоначально у них уменьшается угол щитовидного хряща — он становится острее. В процессе мутации голосовые складки продолжают расти: после ее окончания они достигают у мальчиков 2,5 см и значимо длиннее, чем в ее начале.

У мальчиков 14 лет больше были рост, вес, длина голосовых складок, длина стопы и окружность шеи по сравнению с 14-летними девочками и с 13-летними мальчиками, по сравнению с последними еще больше был ИМТ. В 13 лет мальчики и девочки не различались весом и ростом, но УЩХ был острее у мальчиков, чем у девочек, а длина голосовых складок, стопы и окружность шеи значимо больше. В 12 лет у мальчиков был более острым УЩХ, чем у девочек, а другие антропометрические показатели значимо не различались. Длина голосовых складок зависела от веса и ИМТ у девочек и мальчиков, но коэффициент корреляции Спирмена был невысокий: $R = 0,53$ и $R = 0,28$ у мальчиков, $R = 0,37$ и $R = 0,32$ у девочек соответственно.

По результатам опроса и обследования 3956 немецких мальчиков в возрасте 10–17 лет понижение тембра голоса

происходило в среднем в 15,1 года [16], в Корее в 14 лет [6], что позже, чем в Иркутске, но данные были получены еще в 2007 году и путем опроса самих подростков. Это согласуется и с полученными результатами, что мальчики, у которых раньше поменялся голос, в целом были выше, тяжелее и имели более высокий ИМТ [17].

По данным литературы, на раннее начало пубертата влияют также социально-экономические условия: их более низкий уровень был связан с более ранним началом полового созревания у девочек и мальчиков. Ранний пубертат у девочек также был связан с избыточным весом/ожирением [18], этнически и генетически детерминирован [19, 20]. Практическое применение полученных данных можно использовать в ситуации, когда подросток в 15–16 лет имеет детский голос, что означает у него наличие затянувшейся мутации или мутационной дисфонии [21, 22]. Причиной такого состояния могут быть психогенные причины, психологические особенности личности, стремящейся сохранить свои детские привычки, не взрослеть, чтобы не брать на себя ответственность. В таких случаях гортань соответствует взрослой по размерам. Если провести такому пациенту ультразвуковое исследование гортани, определить угол щитовидного хряща и длину складок, то сразу станет понятно, что с ростом гортани все хорошо, не надо искать гормональные нарушения как причину данного состояния. Если же при ультразвуковом исследовании гортань окажется небольших размеров, длина складок будет соответствовать детской — менее 1,8 см, а угол щитовидного хряща будет более 90 градусов, то в таком случае будет необходимо исключить задержку развития, определить уровень гормонов: половых и гипофиза, чтобы не пропустить серьезную эндокринную патологию. По данным авторов и литературы, раннее половое созревание сопряжено с повышенной массой тела, с увеличением ИМТ, такие дети раньше созревают и больше интересуются взрослыми вопросами пола, нежели их худые сверстники, что надо учитывать при воспитании подростков [1, 8, 20].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мутация голоса у мальчиков-подростков города Иркутска начинается с 12 до 13 лет на фоне увеличения роста, веса, окружности шеи и длины стопы, при достигшей 2 см длине голосовых складок и уменьшении УЩХ, которые можно измерить с помощью ультразвукового сканирования. Эти изменения продолжают увеличиваться до завершения мутации и возникают раньше при высоком ИМТ. У девочек на длину голосовых складок влияют вес и ИМТ. Мальчики и девочки в 13 и 14 лет уже различаются по длине голосовых складок, стопы, окружности шеи, а с 14 лет — также по весу и росту.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Zamponi V, Mazzilli R, Mazzilli F, Fantini M. Effect of sex hormones on human voice physiology: from childhood to senescence. *Hormones (Athens)*. 2021;20(4):691–696. <https://doi.org/10.1007/s42000-021-00298-y>
2. Орлова О.С., Эстрова П.А., Калмыкова А.С. Особенности развития детского голоса в онтогенезе. *Специальное образование*. 2013;4:92–104.
3. Orlova OS, Estrova PA, Kalmykova AS. The development of children's voice in ontogenesis. *Special education*. 2013;4:92–104 (In Russ.).
4. Hodges-Simeon CR, Gurven M, Cárdenas RA, Gaulin SJ. Voice change as a new measure of male pubertal timing: a study among Bolivian adolescents. *Ann Hum Biol*. 2013;40(3):209–219. <https://doi.org/10.3109/03014460.2012.759622>

4. Yip VC, Pan CW, Lin XY, Lee YS, Gazzard G, Wong TY, Saw SM. The relationship between growth spurts and myopia in Singapore children. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012;53(13):7961–7966. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-10402>
5. Kleber M, Schwarz A, Reinehr T. Obesity in children and adolescents: relationship to growth, pubarche, menarche, and voice break. *J Pediatr Endocrinol Metab*. 2011;24(3–4):125–130. <https://doi.org/10.1515/jpem.2011.089>
6. Hur YM. Common Genetic Influences on Age at Pubertal Voice Change and BMI in Male Twins. *Twin Res Hum Genet*. 2020;23(4):235–240. <https://doi.org/10.1017/thg.2020.65>
7. Brix N, Ernst A, Lauridsen LLB, Parner E, Støvring H, Olsen J, Henriksen TB, Ramlau-Hansen CH. Timing of puberty in boys and girls: A population-based study. *Paediatr Perinat Epidemiol*. 2019;33(1):70–78. <https://doi.org/10.1111/ppe.12507>
8. O’Keeffe LM, Frysz M, Bell JA, Howe LD, Fraser A. Puberty timing and adiposity change across childhood and adolescence: disentangling cause and consequence. *Hum Reprod*. 2020;35(12):2784–2792. <https://doi.org/10.1093/humrep/deaa213>
9. Hoyt LT, Niu L, Pachucki MC, Chaku N. Timing of puberty in boys and girls: Implications for population health. *SSM Popul Health*. 2020;10:100549. <https://doi.org/10.1016/j.ssmph.2020.100549>
10. Carter R, Seaton EK, Blazek JL. Comparing Associations Between Puberty, Ethnic-Racial Identity, Self-Concept, and Depressive Symptoms Among African American and Caribbean Black Boys. *Child Dev*. 2020;91(6):2019–2041. <https://doi.org/10.1111/cdev.13370>
11. Alexander NL, Wang KY, Jiang KZ, Ongkasuwan J, Lincoln CM. Volumetric Analysis of the Vocal Folds Using Computed Tomography: Effects of Age, Height, and Gender. *Laryngoscope*. 2021;131(1):E240–E247. <https://doi.org/10.1002/lary.28750>
12. Elders BBLJ, Hermelijn SM, Tiddens HAWM, Pullens B, Wielopolski PA, Ciet P. Magnetic resonance imaging of the larynx in the pediatric population: A systematic review. *Pediatr Pulmonol*. 2019;54(4):478–486. <https://doi.org/10.1002/ppul.24250>
13. Rai S, Ramdas D, Jacob NL, Bajaj G, Balasubramaniam RK, Bhat JS. Normative data for certain vocal fold biomarkers among young normophonic adults using ultrasonography. *Eur Arch Otorhinolaryngol*. 2023;280(9):4165–4173. <https://doi.org/10.1007/s00405-023-08025-6>
14. Cho W, Hong J, Park H. Real-time ultrasonographic assessment of true vocal fold length in professional singers. *J Voice*. 2012;26(6):819.e1–6. <https://doi.org/10.1016/j.jvoice.2012.05.007>
15. Чернобельский С.И. Акустические изменения речи у поющих мальчиков в предматационном периоде. *Вестник оториноларингологии*. 2016;81(2):57–58. <https://doi.org/10.17116/otorino201681157-58>
16. Chernobel’skiĭ SI. The acoustic changes of the voice in the singing boys during the permutation period. *Russian Bulletin of Otorhinolaryngology*. 2016;81(2):57–58 (In Russ.). <https://doi.org/10.17116/otorino201681157-58>
17. Hasebe K, Fujimura S, Kojima T, Tamura K, Kawai Y, Kishimoto Y, Omori K. The Effect of Noise on Deep Learning for Classification of Pathological Voice. *Laryngoscope*. 2024;134(8):3537–3541. <https://doi.org/10.1002/lary.31303>
18. Kahl H, Schaffrath Rosario A, Schlaud M. Sexuelle Reifung von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Ergebnisse des Kinder- und Jugendgesundheitssurveys (KiGGS) [Sexual maturation of children and adolescents in Germany. Results of the German Health Interview and Examination Survey for Children and Adolescents (KiGGS)]. *Bundesgesundheitsblatt Gesundheitsforschung Gesundheitsschutz*. 2007;50(5–6):677–685. German. <https://doi.org/10.1007/s00103-007-0229-3>
19. Mumm R, Hermanussen M, Scheffler C. New reference centiles for boys’ height, weight and body mass index used voice break as the marker of biological age. *Acta Paediatr*. 2016;105(10):e459–463. <https://doi.org/10.1111/apa.13488>
20. Oelkers L, Vogel M, Kalenda A, Surup HC, Körner A, Kratzsch J, Kiess W. Socioeconomic Status Is Related to Pubertal Development in a German Cohort. *Horm Res Paediatr*. 2020;93(9–10):548–557. <https://doi.org/10.1159/000513787>
21. Howard SR, Guasti L, Poliandri A, David A, Cabrera CP, Barnes MR, Wehkalampi K, O’Rahilly S, Aiken CE, Coll AP, Ma M, Rimmington D, Yeo GSH, Dunkel L. Contributions of Function-Altering Variants in Genes Implicated in Pubertal Timing and Body Mass for Self-Limited Delayed Puberty. *J Clin Endocrinol Metab*. 2018;103(2):649–659. <https://doi.org/10.1210/je.2017-02147>
22. Богомильский М.Р., Радциг Е.Ю., Радциг А.Н. Изменения голоса в период полового созревания. *Педиатрия им. Г.Н. Сперанского*. 2020;99(1):107–110. <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2020-99-1-107-110>
23. Bogomilsky MR, Radzig EYu, Radcig AN. Voice changes during puberty. *Pediatr n.a. G.N. Speransky*. 2020;99(1):107–110 (In Russ.). <https://doi.org/10.24110/0031-403X-2020-99-1-107-110>
24. Pedersen M, Jönsson AO, Larsen CF. Genetics and voice production in childhood and adolescence — a review. *Int J Pediatr Adolesc Med*. 2022;9(2):73–77. <https://doi.org/10.1016/j.ijpam.2021.02.005>

СВЕДЕНИЕ ОБ АВТОРЕ

Субботина Мария Владимировна ✉ — кандидат медицинских наук, заведующая кафедрой оториноларингологии федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Иркутский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

<https://orcid.org/0000-0002-3663-3577>

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Mariya V. Subbotina ✉ — Cand. Sci. (Med.), Head of the Otolaryngology Department, Irkutsk State Medical University, Ministry of Health of the Russian Federation.

<https://orcid.org/0000-0002-3663-3577>