

УДК [612.886+85]

ДАНИЛОВА Раиса Игнатьевна, доктор биологических наук, профессор, заведующая кафедрой социальной работы и социальной безопасности института комплексной безопасности Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор более 180 научных публикаций, в т. ч. 4 монографий

СОБОЛЕВ Сергей Викторович, аспирант института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 8 научных публикаций

ВЕРТИКАЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ ДЕТЕЙ 7–9 ЛЕТ С НАРУШЕНИЕМ СЛУХА В УСЛОВИЯХ СНИЖЕНИЯ ПРОПРИОЦЕПТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

Развитие ребенка с различными нарушениями всегда имеет свои особенности. При поражении слуха у детей заметно проявляются особенности возрастной динамики физического развития и двигательной сферы. Поддержание равновесия, т. е. баланса тела в основной стойке – активный, динамический процесс, в котором задействуются многие системы организма. В первую очередь это проприоцептивная, зрительная, вестибулярная сенсорные системы. Нарушение баланса тела проявляется в виде отклонения от вертикального положения в состоянии покоя. Причинами могут быть поражения вестибулярной системы, лабиринта, проприорецепторов, мозжечка и структур центральной нервной системы. Малоизученной остается сфера вертикальной устойчивости у тугоухих детей. Для оценки уровня устойчивости используется метод стабилотрии. Особое значение для диагностики различных патологий сенсорных систем имеют специальные функциональные пробы, позволяющие в условиях соответствующей провокации обнаружить более отчетливые изменения. При помощи метода стабилотрии исследовались реакции механизмов поддержания вертикальной устойчивости у детей с нарушением слуха на снижение проприоцептивной чувствительности. Снижение проприоцептивной чувствительности осуществлялось при помощи специального поролонового коврика, располагаемого на поверхности стабилотрической платформы. Установлено, что снижение проприоцептивной чувствительности приводит к снижению вертикальной устойчивости. Полученные данные свидетельствуют о выраженной тенденции к снижению вертикальной устойчивости у детей с нарушением слуха по сравнению со здоровыми сверстниками. Вероятно, это связано с нарушением в работе вестибулярного аппарата тугоухих детей. Компенсация нарушения вертикальной устойчивости у тугоухих детей происходит главным образом с помощью проприоцептивной системы.

Ключевые слова: нарушение слуха у детей, детская тугоухость, вертикальная устойчивость детей, поддержание устойчивости тела, проприоцепция, стабилотрический метод.

Способность к сохранению равновесия является одним из важнейших условий жизнедеятельности человека и его взаимодействия с окружающей средой [1, 2, 3]. Поддержание равновесия – динамический процесс, в котором задействованы многие функциональные системы организма, в т. ч. опорно-двигательная, центральная и периферическая нервные системы. Среди органов чувств, участвующих в процессе поддержания устойчивого положения тела, в первую очередь необходимо выделить проприоцептивную и зрительную системы, которые физиологически несут основную нагрузку, также большое значение имеет и вестибулярный аппарат.

Работа с детьми с различными нарушениями требует всестороннего изучения особенностей их развития. Однако проблема вертикальной устойчивости детей с нарушением слуха недостаточно изучена в настоящее время. Исследовать особенности развития механизмов поддержания вертикальной устойчивости человека позволяет стабилметрия [4, 5, 6].

Целью работы являлось исследование вертикальной устойчивости детей с нарушением слуха в условиях снижения проприоцептивной чувствительности.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие учащиеся младших классов общеобразовательных и специальных (коррекционных) школ Архангельской и Вологодской областей, а также воспитанники специального детского сада компенсирующего вида г. Архангельска. Общее количество обследованных – 181 ребенок в возрасте от 7 до 9 лет (табл. 1).

Из них контрольную группу составил 101 ребенок (60 девочек и 41 мальчик), группу с нарушением слуха – 80 детей (35 девочек и 45 мальчиков). В группу с нарушением слуха вошли дети с различной степенью тугоухости (I–IV): отсутствие значимых различий в вертикальной устойчивости между ними позволило объединить их.

Для оценки устойчивости вертикальной позы применялся метод стабилметрии, заключающийся в регистрации положения проекции общего центра тяжести на плоскость опоры [4].

Изучались следующие показатели вертикальной устойчивости:

- средний разброс (средний радиус) отклонения центра давления (R);
- средняя скорость перемещения центра давления (V);
- площадь эллипса статокинезиограммы (S);
- качество функции равновесия (КФР).

Регистрацию показателей вертикальной устойчивости проводили с помощью стабиланализатора компьютерного «Стабилан-01-2», разработанного ОКБ «Ритм» (г. Таганрог). Для исследования и оценки вертикальной устойчивости в условиях снижения проприоцептивной чувствительности в соответствии с методическим руководством [7] был использован поролоновый коврик толщиной 15 см. При стоянии на такой опорной поверхности снижается импульсация от механорецепторов подошвенной поверхности стоп, которые имеют существенное значение для коррекции колебаний тела.

При сборе материала соблюдались все необходимые условия: использовалось отдельное

Таблица 1

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБСЛЕДОВАННЫХ ДЕТЕЙ ПО ГРУППАМ

| Возраст | Контрольная группа | | Дети с нарушением слуха | |
|---------|--------------------|----------|-------------------------|----------|
| | Девочки | Мальчики | Девочки | Мальчики |
| 7 лет | 20 | 12 | 10 | 17 |
| 8 лет | 15 | 17 | 12 | 13 |
| 9 лет | 25 | 12 | 13 | 15 |
| Итого | 60 | 41 | 35 | 45 |

**ПОКАЗАТЕЛИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У ДЕТЕЙ 7 ЛЕТ
В ПРОБЕ СО СНИЖЕНИЕМ ПРОПРИОЦЕПТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ**

| Показатели | Девочки контроль (n = 20) | Девочки с тугоухостью (n = 10) | Мальчики контроль (n = 12) | Мальчики с тугоухостью (n = 17) |
|--------------------|------------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|
| R, мм | **7,2 (6,0; 8,7) | 9,4* (8,3; 11,7) | **6,8 (6,2; 8,7) | 12,8 (8,5; 18,1) |
| V, мм/с | **20,2 (14,4; 25,2) | 28,9 (23,9; 34,9) | **24,9 (22,3; 28,3) | 39,1 (26,8; 62,0) |
| S, мм ² | **456,8 (312,6; 627,5) | 820,0 (576,5; 1264,0) | **424,5 (344,7; 649,5) | 1527,3 (647,0; 2852,3) |
| КФР, % | **44,8* (36,0; 62,5) | 31,8 (22,2; 36,5) | **33,8 (28,7; 38,5) | 22,3 (9,8; 32,1) |

Примечание. * – статистическая достоверность различий между девочками и мальчиками ($p < 0,05$), ** – достоверность различий внутри групп мальчиков и девочек (** $p < 0,05$).

помещение, исследование проводилось в первой половине дня, при максимальном физическом и психическом покое обследуемых, без посторонних звуков и визуальных помех [7, 8]. Время регистрации стабиллограммы составляло 30 с во всех пробах, с перерывом между ними в 60 с.

Обработка данных осуществлялась с помощью статистического пакета программ «SPSS 17 for Windows». Распределение признаков на нормальность производилось с использованием критерия Шапиро–Уилка. Для выявления различий между показателями у сравниваемых групп использовали критерий Манна–Уитни для независимых выборок. Критический уровень значимости (p) при проверке статистических гипотез в исследовании принимали равным 0,05. Для описательной статистики признаков использовали медиану (Me) и интервал от первого ($Q1$) до третьего ($Q3$) квартиля.

Результаты и обсуждение. Анализ полученных результатов выявил достоверные различия в изученных стабиллометрических показателях между мальчиками и девочками 7-8 лет

как в контрольной, так и в изучаемой группе тугоухих детей (табл. 2, 3). Так, в контрольной группе девочки 7 лет достоверно опережают мальчиков по качеству функции равновесия (44,8 % у девочек против 33,8 % у мальчиков). В 8 лет у девочек достоверно лучше результаты измерения вертикальной устойчивости в сравнении с мальчиками по показателям среднего разброса отклонения центра давления (5,9 мм у девочек и 7,9 мм у мальчиков), средней скорости перемещения центра давления (17,8 мм/с у девочек и 23,2 мм/с у мальчиков), площади эллипса статокинезиограммы (296,3 мм² у девочек и 591,1 мм² у мальчиков), качества функции равновесия (49,4 % у девочек и 37,5 % у мальчиков).

В группах тугоухих детей у девочек достоверно лучшие результаты по сравнению с мальчиками: в 7 лет – по показателю среднего разброса отклонения центра давления (9,4 мм у девочек против 12,8 мм у мальчиков), в 8 лет – по показателям средней скорости перемещения центра давления (24,5 мм/с у девочек против 36,1 мм/с у мальчиков), качества функции

Таблица 3

**ПОКАЗАТЕЛИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У ДЕТЕЙ 8 ЛЕТ
В ПРОБЕ СО СНИЖЕНИЕМ ПРОПРИОЦЕПТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ**

| Показатели | Девочки, контроль (n = 15) | Девочки, тугоухость (n = 12) | Мальчики, контроль (n = 17) | Мальчики, тугоухость (n = 13) |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| R, мм | **5,9* (4,9; 7,2) | 10,1 (7,8; 12,5) | **7,9 (6,9; 9,6) | 10,8 (9,6; 15,4) |
| V, мм/с | **17,8* (13,7; 19,4) | 24,5* (21,0; 32,5) | **23,2 (20,4; 26,7) | 36,1 (30,3; 46,4) |
| S, мм ² | **296,3* (219,8; 394,6) | 856,6 (535,8; 1447,2) | **591,1 (461,6; 746,2) | 1059,6 (796,7; 2008,9) |
| КФР, % | **49,4* (46,4; 65,1) | 37,9* (27,6; 46,5) | **37,5 (32,0; 45,3) | 24,0 (17,9; 31,9) |

Примечание. * – статистическая достоверность различий между девочками и мальчиками (*p < 0,05), ** – достоверность различий внутри групп мальчиков и девочек (**p < 0,05).

равновесия (37,8 % у девочек против 24,1 % у мальчиков).

При сравнении вертикальной устойчивости детей из контрольных групп с тугоухими детьми были получены достоверные различия. В частности, у тугоухих девочек 7 и 8 лет результаты измерения устойчивости достоверно ниже по сравнению со здоровыми сверстницами по всем показателям (табл. 2, 3).

Обращает на себя внимание то, что площадь эллипса статокинезиограммы у тугоухих девочек 7 лет практически в 2 раза больше, чем у здоровых, и качество функции равновесия снижено на 13 %, а у тугоухих девочек 8 лет площадь эллипса статокинезиограммы больше практически в 3 раза, чем у здоровых, средний разброс отклонения центра давления больше в 2 раза, качество функции равновесия снижено на 11,5 %. В 9 лет девочки с нарушением слуха также отстают по уровню устойчивости по сравнению со здоровыми сверстницами. Так, средняя скорость перемещения центра давления у тугоухих девочек больше на 4,7 мм/с, а качество функции равновесия ниже на 10,7 %.

У 7-8-летних тугоухих мальчиков показатели схожи. Они достоверно уступают своим здоровым сверстникам по всем показателям, характеризующим способность к сохранению устойчивого вертикального положения тела (табл. 2, 3). Так, в 7 лет показатель площади эллипса статокинезиограммы у тугоухих мальчиков больше, чем у здоровых, практически в 4 раза, в 8-летнем возрасте средняя скорость перемещения центра давления у тугоухих мальчиков выше более чем в 1,5 раза, а качество функции равновесия ниже на 13,5 %. Однако достоверных различий в вертикальной устойчивости между 9-летними тугоухими и здоровыми мальчиками обнаружено не было (табл. 4).

Отсутствие достоверных различий может быть связано с тем, что у тугоухих мальчиков в 9-летнем возрасте происходит «скачок» в развитии процессов, связанных с поддержанием равновесия, в то время как у здоровых мальчиков этот период произошел ранее и к 9 годам уже достиг определенного уровня. При этом следует отметить тенденцию к преобладанию

ПОКАЗАТЕЛИ ВЕРТИКАЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ У ДЕТЕЙ 9 ЛЕТ В ПРОБЕ СО СНИЖЕНИЕМ ПРОПРИОЦЕПТИВНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

| Показатели | Девочки, контроль (n = 25) | Девочки, тугоухость (n = 13) | Мальчики, контроль (n = 12) | Мальчики, тугоухость (n = 15) |
|--------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| R, мм | 7,8 (5,4; 10,1) | 8,3 (6,3; 9,9) | 8,3 (6,8; 10,3) | 8,7 (6,3; 12,0) |
| V, мм/сек | **20,4 (16,3; 23,9) | 25,1 (20,0; 30,5) | 20,4 (19,8; 22,8) | 24,2 (19,5; 34,5) |
| S, мм ² | 513,9 (271,3; 772,3) | 626,3 (361,7; 901,8) | 524,3 (408,0; 859,5) | 689,1 (359,9; 1382,8) |
| КФР, % | **45,6 (36,9; 56,8) | 34,9 (30,0; 44,3) | 44,1 (37,8; 45,5) | 36,3 (26,1; 49,8) |

Примечание. * – статистическая достоверность различий между девочками и мальчиками (*p < 0,05), ** – достоверность различий внутри групп мальчиков и девочек (**p < 0,05).

здоровых мальчиков по показателям устойчивости. Известно, что физическое развитие тугоухих детей происходит с неким отставанием от здоровых [5, 9, 10].

Таким образом, установлено, что снижение проприоцептивной чувствительности приводит к снижению вертикальной устойчивости. При снижении импульсации от механорецепторов стопы устойчивое положение тела в основном обеспечивают зрительный анализатор и вестибулярный аппарат. Вероятно, что снижение устойчивости у тугоухих в пробе со снижением проприоцептивной чувствительности происходит вследствие нарушения в работе вестибулярного аппарата, которое компенсиру-

ется главным образом с помощью проприоцептивной системы.

Выводы:

1) уровень вертикальной устойчивости у детей с нарушением слуха в условиях снижения проприоцептивной чувствительности значительно ниже, чем у их здоровых сверстников;

2) снижение уровня вертикальной устойчивости у тугоухих детей связано с нарушением в работе вестибулярного аппарата;

3) Компенсация нарушения вертикальной устойчивости у тугоухих детей происходит преимущественно с помощью проприоцептивной системы.

Список литературы

1. Агаян Г.Ц. Изучение динамики колебаний тела человека при поддержании вертикальной позы и критерии ее оценки // Кибернетические аспекты изучения работы мозга. М., 1970. С. 75–76.
2. Гурфинкель В.С. Физиология двигательной системы // Успехи физиолог. наук. 1994. Т. 25, № 2. С. 83–88.
3. Shumway-Cook A. Motor Control: Translating Research into Clinical Practice: 4th ed. Philadelphia, 2011. 656 p.

4. Грибанов А.В., Шерстеникова А.К. Физиологические механизмы регуляции пострурального баланса человека (обзор) // Вестн. Сев. (Арктич.) федер. ун-та. Сер.: Мед.-биол. науки. 2013. № 4. С. 20–29.
5. Самыличев А.С. Оздоровительное направление в учебно-воспитательном процессе специальной коррекционной школы-интерната II вида // Дефектология. 2000. № 4. С. 71–73.
6. Punakallio A. Balance Abilities of Workers in Physically Demanding Jobs. With Special Reference to Firefighters of Different Ages // J. of Sports Science and Medicine. 2005. Vol. 4, № 8. P. 1–47.
7. Скворцов Д.В. Стабилметрическое исследование: крат. рук. М., 2010. 174 с.
8. Усачёв В.И., Мохов Д.Е. Стабилметрия в постурологии: учеб. пособие. СПб., 2004. 20 с.
9. Байкина Н.Г., Сермеев Б.В. Физическое воспитание в школе глухих и слабослышащих детей. М., 1991. 64 с.
10. Зайцев Д.В. Основы коррекционной педагогики: учеб.-метод. пособие. Саратов, 1999. 110 с.

References

1. Agayan G.Ts. *Izuchenie dinamiki kolebanij tela cheloveka pri podderzhanii vertikal'noj pozy i kriterii ee ocenki* [Studying the Dynamics of the Human Body Fluctuations While Maintaining Upright Posture and Criteria for Evaluation]. *Kiberneticheskie aspekty izuchenija raboty mozga* [Cybernetic Aspects of the Study of the Brain]. Moscow, 1970, pp. 75–76.
2. Gurfinkel V.S. Fiziologija dvigatel'noj sistemy [Physiology of the Neuromuscular System]. *Uspehi fiziologicheskikh nauk*, 1994, vol. 25, no. 2, pp. 83–88.
3. Shumway-Cook A. *Motor Control: Translating Research into Clinical Practice*. Philadelphia: Lippincott, 2011. 656 p.
4. Griбанov A.V., Sherstennikova A.K. Fiziologicheskie mehanizmy reguljacji postural'nogo balansa cheloveka (obzor) [Physiological Mechanisms of Regulation of Human Postural Balance]. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) universiteta. Ser.: Estestvennye nauki*, 2013, no. 4, pp. 20–29.
5. Samylichev A.S. Oздorovitel'noe napravlenie v учебно-воспитател'nom processe special'noj korrekcionnoj shkoly-internata II vida [Therapeutic Concept in the Educational Process of a Special Boarding School of Type II]. *Defektologija*, 2000, no. 4, pp. 71–73.
6. Punakallio A. Balance Abilities of Workers in Physically Demanding Jobs. With Special Reference to Firefighters of Different Ages. *Journal of Sports Science and Medicine*, 2005, vol. 4, no. 8, pp. 1–47.
7. Skvortsov D.V. *Stabilometricheskoe issledovanie: kratkoe rukovodstvo* [Stabilometric Research: a Brief Guide]. Moscow, 2010. 174 p.
8. Usachev V.I., Mokhov D.E. *Stabilometrija v posturologii: ucheb. posobie* [Stabilometry in Posturology]. St. Petersburg, 2004. 20 p.
9. Baikina N.G., Sermeev B.V. *Fizicheskoe vospitanie v shkole gluhih i slaboslyshashhih detey* [Physical Education in Schools for Deaf and Hard-of-Hearing Children]. Moscow, 1991. 64 p.
10. Zaitsev D.V. *Osnovy korrekcionnoj pedagogiki: ucheb.-metod. posobie* [Fundamentals of Correctional Pedagogy]. Saratov, 1999. 110 p.

Danilova Raisa Ignatyevna

Integrated Safety Institute, Northern (Arctic)
Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

Sobolev Sergey Victorovich

Institute of Medical and Biological Research,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov,
(Arkhangelsk, Russia)

VERTICAL STABILITY OF HEARING IMPAIRED CHILDREN OF 7–9 YEARS WITH THE PROPRIOCEPTIVE SENSORY DECREMENT

The evolution of a child with a variety of abnormalities always has its own aspects. At impairment of hearing in children different features of age dynamics of physical development and motion activity

БИОЛОГИЯ

are presented. The equilibrium control, the balance at a normal standing position is an active, dynamic process, and many body systems are involved in it. First of all it's proprioceptive, visual, vestibular sensory systems. The imbalance of the body occurs as a deviation from the vertical position at rest. The reasons can be the damage of the vestibular system, labyrinth, proprioceptors, tentorium and structures of the central nervous system.

Vertical stability of hearing impaired children is underinvestigated. To assess the level of stability the method of stabilometry is used. For the diagnosis of various pathologies of sensory systems there are some special functional tests allowing under appropriate provocation discover more distinct changes. By the method of stabilometry the reaction of mechanisms for maintaining vertical stability in children with hearing impairment to reduce proprioceptive sensitivity was studied. Proprioceptive sensory decrement was carried out with the help of a special foam pad located on the surface of a stabilometric platform. Proprioceptive sensory decrement leads to a decrease of vertical stability. The data indicate a tendency to decrease the vertical stability in children with hearing impairment in comparison with healthy peers. It is probably due to the disturbance of vestibular apparatus of hearing impaired children. Compensation of disbalance of hearing impaired children occurs mainly via the proprioceptive system.

Keywords: *hearing disorder in children, children's hearing loss, vertical stability of children, maintaining the stability of the body, proprioception, stabilometric method.*

Контактная информация:

Данилова Раиса Игнатьевна

адрес: 163012, г. Архангельск, ул. Кутузова, д. 8;

e-mail: rid65@inbox.ru

Соболев Сергей Викторович

адрес: 163012, г. Архангельск, ул. Кутузова, д. 8;

e-mail: ramires765@yandex.ru

Рецензент – *Щёголева Л.С.*, директор Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН, профессор кафедры экологической физиологии и биохимии института естественных наук и технологий Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова