

# ОСОБЕННОСТИ ВЕСТИБУЛОГЛАЗНОГО РЕФЛЕКСА У ДЕТЕЙ С ТРУДНОСТЯМИ В ОБУЧЕНИИ И НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ ДО И ПОСЛЕ ДВИГАТЕЛЬНОГО ТРЕНИНГА

## FEATURES OF THE VESTIBULO-OCULAR REFLEX IN CHILDREN WITH LEARNING DIFFICULTIES AND SPEECH DISORDERS BEFORE AND AFTER MOTOR TRAINING

A. Khasnutdinova

*Summary:* The article presents the results of an experimental study involving 343 children and adolescents with speech disorders and learning difficulties, aged from 3 to 16 years. The effect of motor training on the state of the vestibulo-ocular reflex of the subjects was assessed. Before the training, it was established by instrumental studies that all subjects had reduced sensory reactivity of the vestibular apparatus. To assess the vestibulo-ocular reflex, which reflects the quality of communication between the vestibular system and the oculomotor apparatus, a dynamic visual acuity test was conducted, as well as measuring the duration of post-rotational nystagmus. After individual motor training, which took place daily for 15 days, a repeated test of dynamic visual acuity was conducted. It was shown that the younger the child, the more pronounced changes in dynamic visual acuity were achieved during the training. The training indicators have a negative correlation with the post-rotational nystagmus assessment indicators. The worse the post-rotational nystagmus indices were before the training, the higher the effectiveness. The dynamic visual acuity test is simple and can be carried out in any educational institution to identify children at risk and to assess the effectiveness of training.

*Keywords:* children, vestibular system, dynamic visual acuity, vestibulo-ocular reflex, compensatory eye movements, learning difficulties, reading disorders, speech disorders.

**Хаснутдинова Антонина Леонидовна**

Аспирант, ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена»  
ant.khasnutdinova@yandex.ru

*Аннотация:* В статье представлены результаты экспериментального исследования, в котором приняли участие 343 ребенка и подростка с нарушениями речи и трудностями в обучении, возраст от 3-х до 16 лет. Оценивали влияние двигательного тренинга на состояние вестибулоглазного рефлекса испытуемых. До начала тренинга было установлено путем проведения инструментальных исследований, что у всех испытуемых снижена сенсорная реактивность вестибулярного аппарата. Для оценки вестибулоглазного рефлекса, который отражает качество связи между вестибулярной системой и глазодвигательным аппаратом, проводился тест динамической остроты зрения, а также измерение длительности поствращательного нистагма. После индивидуального двигательного тренинга, который проходил ежедневно в течение 15 дней, было проведено повторное тестирование динамической остроты зрения. Показано, что чем младше был ребенок, тем более выраженных изменения динамической остроты зрения удалось добиться во время тренинга. Показатели тренинга имеют отрицательную корреляцию с показателями оценки поствращательного нистагма. Чем хуже были показатели поствращательного нистагма до тренинга, тем выше была эффективность. Тест динамической остроты зрения простой и может проводиться в любом образовательном учреждении для выявления детей группы риска и для оценки эффективности тренингов.

*Ключевые слова:* дети, вестибулярная система, динамическая острота зрения, вестибулоглазной рефлекс, компенсаторные движения глаз, трудности в обучении, нарушения чтения, нарушения речи.

### Введение

За последние десятилетия значительно увеличилось количество детей, имеющих трудности в обучении. По разным данным в России и других развитых странах количество таких детей среди младших школьников составляет не менее 40% [8]. Наиболее распространенными являются трудности с освоением чтения. Достаточно часто эти трудности возникают у детей, которые в дошкольном возрасте имели нарушения речевого развития [7]. Если чтение не становится навыком в начальной школе, этот дефицит будет оказывать длительное негативное влияние на способность ребенка к обучению. Поэтому изучение психофизиологических механизмов, лежащих в основе возникновения наруше-

ний чтения у детей, является актуальным.

Одно из направлений изучения причин нарушений чтения у детей связано с представлениями о возможном влиянии на формирование навыка чтения вестибулярных дисфункций, которые достоверно часто выявляются у школьников с трудностями в обучении чтению [4,13].

Автор теории сенсорной интеграции Дж. Айрес считала вестибулярную систему основой развития ребенка [4].

Известно, что вестибулярная система выполняет две основные функции: вестибулоспиальную и вестибулоглазную. Цель настоящего исследования состояла в оценке влияния двигательного тренинга на вестибуло-

глазную функцию у детей с сенсорной гипореактивностью вестибулярной системы.

### Методика.

В исследовании участвовали 343 ребенка, в возрасте от 3 до 16 лет ( $M_{\text{возраст}} = 7.6, SD = 2.21$ ), 241 мальчика и 102 девочки. Исследование проводилось на базе детской неврологической клиники. Родители детей школьного возраста обратились в клинику по поводу трудностей в обучении; родители дошкольников по поводу нарушений речевого развития. Все дети были осмотрены неврологом и логопедом. Диагностика и развивающие занятия проводились по назначению врача с письменного согласия родителей.

Наличие сенсорной гипореактивности вестибулярной системы у испытуемых было установлено с помощью комплекса инструментальных исследований, который включал в себя: цервикальные вестибулярные вызванные потенциалы (цВМВП) и оценку поствращательного нистагма с окулограммой (ПВН).

цВМВП на звуковой щелчковый стимул проводили на нейроусреднителе «Нейро-МВП-4» («Нейрософт», Иваново). Оценивали латентный период пика P1 цВМВП слева и справа. Показатели P1 слева составили от 8.93 мс. до 14 мс. ( $M_{\text{цВМВП слева}} = 10.6, SD = 0.844$ ), справа от 9.01 мс. до 14.1 мс. ( $M_{\text{цВМВП справа}} = 10.6, SD = 0.850$ ).

Длительность ПВН оценивали с использованием устройства психофизиологического телеметрического «Реакор-Т» производства ООО НПКФ «Медиком-МТД» (г. Таганрог) в ПМО «Энцефалан-СА». Длительность ПВН слева составила от 1 сек. до 52 сек. ( $M_{\text{ПВН слева}} = 18, SD = 9.11$ ), справа от 1 сек. до 53 сек. ( $M_{\text{ПВН справа}} = 16.7, SD = 8.51$ ).

Помимо этих исследований, до и после двигательного тренинга проводился тест динамической остроты зрения (ДОЗ) с использованием стандартной таблицы Сивцева.

Первоначально измерялась статическая острота зрения, затем динамическая острота зрения в положении сидя и стоя. Для активации вестибулярной системы взрослый совершал быстрые движения головой ребенка из стороны в сторону. Дети, которые носят очки для коррекции зрения, проходили обследование в очках. Качество ДОЗ оценивали как разницу в количестве увиденных строк в таблице Сивцева в статике и динамике, сидя и стоя.

Изменение количества увиденных строк в статике стоя варьировались от -3 до 5 ( $M_{\text{Изм.ДОЗ стоя}} = 0.536, SD = 1.0$ ), изменение СОЗ в положении сидя от -3 до 4 ( $M_{\text{Изм.СОЗ сидя}} = 0.446,$

$SD = 0.989$ ), изменение количества строк ДОЗ в положении стоя от -4 до 4 ( $M_{\text{Изм.ДОЗ стоя}} = 0.746, SD = 1.19$ ) и изменение ДОЗ в положении сидя от -4 до 4 ( $M_{\text{Изм.ДОЗ сидя}} = 0.738, SD = 1.16$ ).

Далее каждый ребенок посещал двигательный тренинг, направленный на нормализацию вестибулоглазного рефлекса. Занятия проходили ежедневно, 15 дней, по 30 минут в индивидуальном режиме. Через 15 дней оценка СОЗ и ДОЗ проводилась повторно.

Статистическая обработка была выполнена с помощью программных продуктов Microsoft Excel 2016 и Jamovi (версия 2.3.28) (источник: <https://www.jamovi.org>). При анализе количественных показателей использовали тест Шапиро-Уилка для сравнения распределений с нормальным. Распределение в выборке носит характер отличный от нормального (критерий Шапиро-Уилка, уровень значимости ( $<0,001$ )) поэтому для дальнейшего анализа были использованы непараметрические методы.

### Результаты

В экспериментальную группу вошли дети с гипореактивностью вестибулярной системы, которая определялась по показателям цВМВП и ПВН на основе предыдущих исследований с участием детей групп сравнения [15].

Задачи исследования включали в себя поиск взаимосвязей между показателями ДОЗ после тренинга с возрастом испытуемых, а также поиск связи с показателями инструментальной диагностики, которая проводилась до тренинга. Для проверки гипотез о наличии возможных связей был использован корреляционный анализ Спирмена.

В результате был получен ряд значимых отрицательных корреляций (таблица 1). Так, возраст отрицательно связан с изменениями СОЗ в положении стоя ( $R_0 = -0.160, p = 0.002$ ), с изменениями СОЗ в положении сидя ( $R_0 = -0.157, p = 0.002$ ), с изменением ДОЗ в положении стоя ( $R_0 = -0.105, p = 0.026$ ), с изменением ДОЗ в положении сидя ( $R_0 = -0.093, p = 0.042$ ). Изменения СОЗ в положении стоя отрицательно коррелировали с длительностью ПВН слева ( $R_0 = -0.109, p = 0.022$ ). Изменения ДОЗ в положении стоя отрицательно коррелировали с длительностью ПВН слева ( $R_0 = -0.099, p = 0.034$ ) и с длительностью ПВН справа ( $R_0 = -0.115, p = 0.016$ ). Исходя из полученных результатов, можно сказать, что чем старше ребенок, тем ниже вероятность значительно улучшить статическую и динамическую остроту зрения путем двигательного тренинга.

Чем хуже у ребенка были показатели поствращательного нистагма, тем более выраженное улучшение стати-

Таблица 1.

Корреляционная матрица изменения статической и динамической остроты зрения в положении сидя и стоя с возрастом и продолжительностью поствращательного нистагма у детей.

		Изменение СОЗ (в положении стоя)	Изменение СОЗ (в положении сидя)	Изменение ДОЗ (в положении стоя)	Изменение ДОЗ (в положении сидя)
Возраст	Спирмен $\rho(\rho)$	-0.160**	-0.157**	-0.105*	-0.093*
	p-значение	0.002	0.002	0.026	0.042
ПВН слева	Спирмен $\rho(\rho)$	-0.109*	-0.066	-0.099*	-0.045
	p-значение	0.022	0.112	0.034	0.201
ПВН справа	Спирмен $\rho(\rho)$	-0.087	-0.068	-0.115*	-0.077
	p-значение	0.061	0.106	0.016	0.077

*Примечание.* \*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

ческой и динамической остроты зрения наблюдались после тренинга. (Таб. 1.)

Таким образом, нам удалось показать, что дети более младшего возраста и меньшей продолжительностью поствращательного нистагма демонстрируют более выраженную динамику в отношении статической и динамической остроты зрения после двигательного тренинга.

### Обсуждение результатов

Первоначально стойкие нарушения чтения (дислексия) назывались «словесной слепотой». Поэтому попытки объяснить трудности в освоении чтения теми или иными особенностями глазодвигательной активности предпринимались исследователями многократно. Были получены неоднозначные результаты [6].

Метафора «словесная слепота» обозначает ситуацию, когда офтальмолог не находит нарушений зрения во время стандартной диагностики, но у ребенка возникают трудности во время восприятия напечатанного или написанного текста. Проверка зрения у офтальмолога обычно проводится в статичном положении: сидя с неподвижной головой. В реальных условиях голова ребенка никогда не бывает полностью неподвижна, даже во время чтения. При определенных движениях головы активируется вестибулоглазной рефлекс, который должен обеспечивать автоматические компенсаторные движения глазных яблок. Острота зрения во время движений головы (динамическая острота зрения) обычно ниже на одну строчку по стандартным таблицам, чем при оценке остроты зрения в статике. Если компенсаторные движения глаз недостаточны, у ребенка могут возникать субъективные ощущения, затрудняющие чтение: текст двигается, буквы затуманены или меняются местами. При этом разница между СОЗ и ДОЗ будет две строки и более по таблице Сивцева. Этот дефицит негативно влияет на способность ребенка к освоению учебных навыков, но, как правило, остается скрытым.

Тест динамической остроты зрения играет ключевую роль в оценке вестибулярной функции, зрительных функций спортсменов, а также различных глазных заболеваний. Поскольку зрительные пути, передающие динамические и статические сигналы, различны, этот тест может иметь потенциальные преимущества перед традиционными тестами, оценивающими остроту зрения [18].

В 2003 году было установлено, что тест оценки динамической остроты зрения, который ранее проводился только для взрослых, является достоверным и валидным для детей с 3-х лет [17]. Исследование проводилось с детьми, имеющими нейросенсорную тугоухость, которая сочеталась с вестибулярной гипофункцией. Было показано, что дети с вестибулярной гипофункцией, особенно с двухсторонней вестибулярной гипофункцией, имеют более низкие показатели скорости чтения, чем сверстники без вестибулярных дисфункций, независимо от слуха. Кроме того, показатели скорости чтения в этом исследовании коррелировали с динамическими, а не статическими показателями остроты зрения. Это может быть связано с недостаточностью вестибулоглазного рефлекса, которая приводит к невозможности стабилизировать изображение на сетчатке глаза достаточно долго для корректной обработки. [1].

В настоящее время, работы с использованием оценки ДОЗ для детей с трудностями в обучении по-прежнему немногочисленны [2,8,14]. Хотя идея о том, что полноценная регистрация вестибулярных ощущений является функциональным фундаментом не только для движения, но и для развития когнитивных функций, нашла подтверждение в исследованиях последних лет. Опубликован ряд исследований ДОЗ у спортсменов, занимающихся различными видами спорта, это направление сейчас активно развивается [10,11].

Связь между нарушениями ДОЗ и трудностями в обучении чтению нуждается в дальнейшем изучении. Хотя ребенок рождается с полностью функциональной вестибулярной системой, связи вестибулярной системы с

другими моторными и сенсорными системами формируются в процессе опыта. Двигательный и зрительный опыт современного ребенка существенно отличается от опыта детей 40-50 лет назад. Современный ребенок с младенческого возраста знакомится с гаджетами, что является одной из причин снижения двигательной активности, необходимой для нормального развития сомоторной интеграции. Дефицит двигательной активности может в том числе негативно влиять на развитие автоматических компенсаторных движений глаз (вестибулоглазной рефлекс), приводя к снижению динамической остроты зрения.

Известно, что периферическая часть вестибулярного аппарата состоит из трех полукружных каналов и двух отолитовых органов. В большей степени на компенсаторные движения глаз влияет регистрация изменения положения головы полукружными каналами. Это подтвердили и результаты нашего исследования, так как оценка поствращательного нистагма также является одним из инструментов диагностики связей между вестибулярным аппаратом и глазодвигательной системой.

В нашем исследовании было показано, что чем младше были испытуемые, чем ниже у них была сенсорная реактивность полукружных каналов (показатели ПВН), тем эффективнее был тренинг, направленный на нормализацию вестибулоглазного рефлекса. Можно предположить, что существует критический период, после которого изменения ДОЗ к лучшему затруднены. Пока недостаточно данных, чтобы сделать выводы о временных рамках такого критического периода. Однако полученные нами результаты показывают, что целесообразно выявлять нарушения ДОЗ до того, как ребенок начинает осваивать чтение и при необходимости проводить двигательный тренинг, направленный на нормализацию вестибулоглазного рефлекса.

Таким образом, тест ДОЗ – это инструмент функциональной оценки нарушений и компенсации вестибулярной системы, который отражает качество вестибулоглазного рефлекса.

Сейчас существуют различные модификации этого теста: компьютеризированный DVAT (сDVAT), DVAT на беговой дорожке, DVAT на вращающемся тренажере, DVA с наклоном головы (htDVA) и функциональное импульсное тестирование головы (fHIT), определение динамической остроты зрения со смещением взгляда при ходьбе (gsDVA), трансляционный динамический тест на остроту зрения (tDVAT), педиатрический DVAT и т.д. [3].

Однако, классический вариант проведения теста с использованием стандартных таблиц для проверки зрения является доступным вариантом, который можно использовать в любом образовательном учреждении. Результаты нашего исследования показывают целесообразность использования такого теста для выявления детей группы риска и для оценки эффективности тренингов.

Большинство детей, которые принимали участие в тренинге испытывали затруднения в упражнениях, где нужно ловить мяч (или другие объекты, пересекающие пространство), а также попадать мячом в цель. Все игровые упражнения во время тренинга постепенно усложнялись. Первый этап: голова ребенка неподвижна, он ловит мяч или прицеливается и бросает мяч в неподвижную цель. Второй этап: цель неподвижна, но ребенок движется (батут, подвижная платформа, иппотренажер). Третий этап: движутся и ребенок, и цель.

На основе полученных нами результатов можно рекомендовать использовать тест динамической остроты зрения для детей с 3-х лет, с целью как можно более раннего выявления детей группы риска, у которых позднее могут возникнуть трудности в обучении. Растущее количество детей с нарушениями ДОЗ указывает на необходимость изменения представлений о том, как должны быть организованы развивающие занятия с детьми дошкольного возраста. Чем младше ребенок, тем больше внимания следует уделять двигательной активности, которая способствует развитию динамической остроты зрения. Особое внимание следует уделять различным играм с мячом, летающей тарелкой, бадминтону, дартс. Все эти виды активности могут использоваться как для профилактики нарушений динамической остроты зрения, так и для нормализации вестибулоглазного рефлекса.

## Выводы

Среди детей с нарушениями речи и трудностями в обучении можно выделить группу с гипореактивностью вестибулярной системы, которая приводит к недостаточности вестибулоглазного рефлекса и снижению динамической остроты зрения. Тест динамической остроты зрения можно проводить детям с трех лет, дополнительно может быть проведена оценка длительности поствращательного нистагма. Чем раньше выявлены нарушения динамической остроты зрения, тем эффективнее может быть тренинг, направленный на нормализацию вестибулоглазного рефлекса. Возможно, дисфункции вестибулярной системы затрудняют процесс освоения навыка чтения у определенной группы детей. Требуется дальнейшие исследования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов Э.С., Ковалевский Е.И., Хватова А.В. Руководство по детской офтальмологии. — М.: Медицина, 1987. — С. 106 — 146.

2. Архангельская А.Д. О факторах влияющих на зрительную работоспособность детей // Актуальн. проблемы офтальмологии — научн. мат- лы. С.-Пб.; изд. ПМИ, 1995. С.42-44.
3. Барабанщиков, В.А. Методы регистрации движений глаз: теория и практика / В.А. Барабанщиков, А.В. Жегалло // Психологическая наука и образование. - 2010. - № 5. - С. 240-254.
4. Безруких, М.М. Функциональное развитие мозга, познавательная деятельность и обучение в предшкольном и младшем школьном возрасте // Новые исследования. - М. Институт возрастной физиологии РАО. - 2009. - № 2. - С. 8-9
5. Волков В.В. Психофизиология зрительных процессов и методы ее изучения: Сб. науч тр. М.: Руссомед, 1993. - С. 158 - 179.
6. Егорова Т.С. Скорость чтения как эргономический критерий оптимальной коррекции при слабовидении. // Офтальмоэргономика и оптометрия: Сб. науч. работ. -М., 1988. С.158 -165
7. Ефимова, В.Л., Николаева, Е.И. (2020) Роль вестибулярной системы в формировании специфических речевых расстройств у детей. Физиология человека, т. 46, № 3, с. 83–89.
8. Ефимова, В.Л., Резник, Е.Н., Николаев, И.В. (2019) Вестибулярные дисфункции у детей с симптомами СДВГ. Вестник психофизиологии, № 3, с. 38–43.
9. Корнилова, Л.Н. Ориентация в пространстве, вестибулярная функция и зрительное слежение в условиях измененной гравитационной среды / Л.Н. Корнилова // – 2020. – Т. 54, № 6. – С. 50-57. – DOI 10.21687/0233-528X-2020-54-6-50-57.
10. Кинзябулатова О.Ю. Оптимизация результатов интраокулярной коррекции афакии после удаления врожденной катаракты у детей дошкольного возраста: диссертация Уфа, С. 2004.- 160.
11. Никитина Т.Н. Зрительная работоспособность детей различного возраста: диссертация Санкт-Петербург, С. 2004.- 100.
12. Селихова, Е.Г. Определение функциональных особенностей вестибулярного анализатора у детей 7-10 лет / Е.Г. Селихова, Г.Д. Алексанянц // Материалы ежегодной отчетной научной конференции аспирантов и соискателей Кубанского государственного университета физической культуры, спорта и туризма. – 2019. – № 1. – С. 91-92.

---

© Хаснутдинова Антонина Леонидовна (ant.khasnutdinova@yandex.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»