

ПУПИЛОМЕТРИЯ, КАК ПСИХОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЙ МЕТОД ОЦЕНКИ СФОРМИРОВАННОСТИ ИМПРЕССИВНОЙ РЕЧИ У ДЕТЕЙ ЧЕТЫРЕХ – СЕМИ ЛЕТ С ЗАДЕРЖКАМИ РЕЧЕВОГО РАЗВИТИЯ (МАТЕРИАЛЫ ПРАКТИЧЕСКОГО ИССЛЕДОВАНИЯ)

Алиева Наталья Ивановна

Аспирант, Российский государственный педагогический
университет им. А.И. Герцена (Санкт-Петербург, Россия)

nataljaaliyeva@mail.ru

PUPILLOMETRY AS A PSYCHOPHYSIOLOGICAL METHOD FOR ASSESSING THE DEVELOPMENT OF IMPRESSIVE SPEECH IN CHILDREN AGED FOUR TO SEVEN YEARS WITH DELAYED SPEECH DEVELOPMENT (MATERIALS OF PRACTICAL RESEARCH)

N. Aliyeva

Summary: Pupillometry is a psychophysiological method for studying pupil reactions and correlating them with brain function. Researchers identify three of the most important eye reactions from a psychophysiological point of view: pupil constriction and dilation, blinking, and eye movements. The pupillary response is of great interest to psychophysiologicalists, since this function can indicate a significant correlation between impressive speech, mental activity, emotional component and cognitive development, «Theory of Mind».

Keywords: pupillometry, psychophysiological method, eye reactions, impressive speech, cognitive development, Theory of Mind.

Аннотация: Пупиллометрия – психофизиологический метод изучения реакций зрачка и соотнесение их с работой головного мозга. Исследователи выделяют три наиболее важных с точки зрения психофизиологии глазных реакций: сужение и расширение зрачка, мигание и движения глаз. Реакция зрачка представляет большой интерес для психофизиологов, так как эта функция может указывать на значимую корреляцию между импрессивной речью, мыслительной деятельностью, эмоциональной составляющей, когнитивным развитием и развитием модели психического («Theory of Mind»).

Ключевые слова: пупиллометрия, психофизиологический метод, глазные реакции, импрессивная речь, когнитивное развитие, модель психического.

Пупиллометрический метод, применяемый в представленном исследовании, позволяет провести количественную оценку диаметра зрачка у детей с нарушениями речи как имеющими органические поражения мозга, так и без них. Из научных источников известно, что структуры вегетативной нервной системы осуществляют влияние на регуляцию величины зрачка. В частности, ядра глазодвигательного нерва и цилиоспинальный центр. Как правило реакцию зрачка связывают со степенью освещенности. Однако, последние исследования выявили, что кора мозга через голубое пятно, претектальные оливарные ядра и верхние холмики четверохолмия оказывают непосредственное влияние на зрачковые реакции, не связанные с освещением. В таком случае исходный диаметр зрачка и измерение его реакций (расширение/сужение) при помощи прибора нейровизуализации (камеры) при выполнении заданий, имеющих словесную инструкцию и невербальную, позволил объективно оценить психоэмоциональное состояние ребенка, когнитивные функции, мыслительную деятельность, мотивацию, а также понимание обращенной речи.

В нашем исследовании ставилась задача при помощи метода пупиллометрии найти корреляцию между изменением диаметра зрачка (сужение/расширение) с пониманием обращенной речи (инструкции к выполнению задания), мыслительной деятельностью и формированием модели психического у детей с нарушениями речи.

В выборку исследования вошли дети с нарушением речевого развития в возрасте от четырех до семи лет. Для изучения понимания импрессивной речи использовали исходный диаметр зрачка, выраженность его спонтанных колебаний и зрачковые реакции, вызванные выполнением представленного задания. Исходный диаметр зрачка – показатель величины зрачка в покое, когда ребенок смотрит на пустой экран в освещенном помещении и не приступает к выполнению задания. За размер исходного диаметра зрачка в покое отвечают функциональная активность норадренергической системы мозга и функциональная организация деятельности мозга. Из научных источников известно, что чем больше исходный диаметр зрачка, тем более эффективной яв-

ляется работа голубого пятна (ядра), расположенного в стволе мозга на уровне Варолиева моста, являющегося частью ретикулярной формации и более эффективны функциональные связи в головном мозге. Некоторые проводимые исследования подтвердили, что исходный диаметр зрачка коррелирует с интеллектом ребенка, памятью и вниманием. Для более четкого понимания укажем, что диаметр зрачка новорожденного ребенка обычно составляет 2 – 2,5 мм (из-за плохо развитых мышечных волокон) и может варьироваться в зависимости от освещенности помещения и других факторов (например, приема некоторых лекарственных препаратов). К трем годам диаметр зрачка в норме становится как у взрослого человека 3 – 3,5 мм. В норме у среднестатистического здорового человека размер диаметра зрачка постоянен, но в зависимости от условий может расширяться или сужаться в пределах 2 – 4 мм в освещенном месте и до 4–8 мм при недостаточном освещении.

Мы взяли эти теоретические данные за основу своего эксперимента и стали исследовать корреляцию между реакцией зрачка на понимание ребенком вербальной инструкции к заданию (понимание обращенной речи) и корреляцию между диаметром зрачка и формированием модели психического у детей с нарушениями речи.

Для оценки реакции зрачка нами были выбраны следующие критерии:

- исходный диаметр;
- латентный период сужения (временной промежуток между раздражителем и началом фактического сужения зрачка);
- время сужения;
- скорость сужения;
- латентный период расширения (временной промежуток между раздражителем и началом фактического расширения зрачка);
- общее время реакции

В исследовании принимали участие две группы сравнения:

- 1 группа – дети без речевого диагноза в возрасте от четырех до семи лет – 112 человек;
- 2 группа – дети от четырех до семи лет с речевыми диагнозами F80.0, F80.1, F80.2 и F83 – 165 человек.

Полученные данные обрабатывались методом аппроксимации пупиллограмм – применение кривых Безье 3-его порядка. Кривая аппроксимации состояла из двух фрагментов, где первый фрагмент – показывает процесс спонтанного низкочастотного колебания зрачка; второй – процесс сокращения диаметра зрачка. Так как площадь зрачка регулируется двумя мышцами сфинктером (сужает) и дилататором (расширяет) и обе мышцы работают одновременно и с задержками, а сила воздействия каждой мышцы пропорциональна свертке разности между площадью зрачка и нормой, то в обработке

были разработаны нелинейные модели и обобщающие данные занесены в таблицу. Зрачковые реакции человека на данном этапе в мировой практике до конца не изучены и математические модели обработки полученных данных в полном объеме не описывают результаты исследования. Эксперимент требует дальнейшего продолжения для более детальной интерпретации результатов.

Таблица 1.

Обобщающая таблица по пупиллометрии для детей четырех – семи лет с речевыми нарушениями при выполнении теста на определение формирования модели психического («Theory of Mind»).

	Критерии оценки зрачка	Исходные данные (медиана) детей с нарушениями речи	Исходные данные (медиана) детей без нарушений речи и развития
1.	Исходный размер зрачка	1,80 мм	3 мм
2.	Изменение диаметра зрачка (расширение)	2,15 мм	2,15 мм
3.	Изменение диаметра зрачка (сужение)	1,72 мм	1,72 мм
4.	Скорость расширения зрачка	0,36 мм/с	0,36 мм/с
5.	Скорость сужения зрачка	0,33 мм/с	0,33 мм/с
6.	Время расширения зрачка	3 с	3 с
7.	Время сужения зрачка	10 с	10 с
8.	Латентный период расширения зрачка	0,3 с	0,3 с
9.	Латентный период сужения зрачка	0,2 с	0,2 с

В данной таблице указаны критерии оценки зрачка и исходные средние данные (медиана), которые были получены в результате обследования детей с нарушениями речи.

Для оценки диаметра был проведен многофакторный дисперсионный анализ (MANOVA), в котором факторами выступали условия (контрольное условие, при котором дети слушали словесную инструкцию к заданию т.е. должны были понять обращенную речь и экспериментальное, когда нужно было рассмотреть картинку – все объекты, изображенные на ней) и удерживать взгляд на правильном варианте ответа (на выбранной картинке – значимый элемент). Результаты показали наличие значимого эффекта условия ($F(1,94, 139,89) = 10,97$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,13$), позиции ($F(1, 72) = 126,26$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,64$) и взаимодействия факторов ($F(2,30, 165,91) = 59,19$, $p < 0,001$, $\eta^2 = 0,45$).

Пост-хок анализ, проведенный для каждого из условий отдельно и для каждой сравнительной группы, показал, что, у детей без нарушения речи и у детей с речевым диагнозом F80.0, которые также были включены в кон-

трольную группу диаметр расширения зрачка напрямую коррелировал с мыслительной (когнитивной) деятельностью. Исходный размер зрачка у детей четырех – семи лет до предъявления задания перед пустым экраном в среднем (медиана) равнялся 3 мм, что соответствует возрастным нормам. Через 3 секунды после появления картинки на экране камера фиксировала расширение зрачка в среднем на 2,15 мм и удержанием диаметра зрачка в этом диапазоне в момент слушания инструкции к заданию, рассматривания ребенком всех объектов на экране и во время остановки взгляда на правильном (или выбранном) варианте ответа (значимом элементе). Время от начала появления картинки на экране до ее исчезновения составляло 15 секунд. После исчезновения картинки с экрана монитора, диаметр зрачков в течении 10 с сужался (время между заданиями – пустой экран). Эта реакция была отмечена во всех возрастных группах у детей без речевых нарушений. Соответственно, после появления новой картинки к новому заданию фиксировалась та же самая реакция диаметра зрачка.

Можно было бы отметить, что это физиологическое явление (функция) – зрачок расширяется в момент показа новой картинки через 3 секунды и через 10 секунд приходит в свое исходное положение. Однако, исследуя детей с различными речевыми нарушениями, мы выявили, что у четырех – семилетних дошкольников исходный диаметр зрачка не соответствовал норме, а был значительно уже. Норма – 3 – 3,5 мм. Тогда как у детей с речевыми нарушениями он был в среднем (медиана) 1,80 мм. Предъявляя ребенку задания на мониторе в виде картинок, диаметр зрачка исследуемого ребенка с проблемами речи увеличивался через 3 секунды, как и у детей без речевых нарушений. Ребенок слушал словесную инструкцию к тесту, камера фиксировала блуждающие саккады, которые имели хаотичное движение от одного объекта к другому и застревали лишь ненадолго на случайной или понравившейся картинке, которая не была правильным ответом к тесту (значимым элементом). В среднем в течении десяти секунд после исчезновения картинки с экрана монитора диаметр зрачка сужался и приходил в исходную позицию, что является физиологической функцией во всех возрастных категориях детей с нарушениями речи и без них.

При выполнении теста «Цветные прогрессивные таблицы Равена», где не давались вербальные (словесные) инструкции, камера также фиксировала реакцию (расширение/сужение) диаметра зрачка. Дети из группы с речевыми нарушениями показали результат сходный с результатом детей без речевых нарушений.

У детей из группы без речевых нарушений, понимающих обращенную речь, диаметр зрачка расширялся во время показа на экране задания, как физиологическая реакция на элемент новизны и оставался в таком состоянии до тех пор, пока ребенок не выделял взглядом

и при помощи речи ответ на тест. Затем начиналась реакция физиологического сужения зрачка до исходного размера. У детей с нарушениями речи (отсутствие собственной речи, непонимание или недостаточное понимание обращенной речи) зрачок также расширялся во время появления на экране новой картинки (элемент новизны), как физиологическая функция, после чего в течении десяти секунд возвращался к своим исходным параметрам (сужался). На основе данных наблюдений за экспериментом был сделан вывод о том, что реакция диаметра зрачка напрямую коррелирует с пониманием обращенной речи, мыслительной деятельностью, когнитивными функциями, развитием модели психического (Theory of Mind) и не является только чисто физиологической реакцией. Если ребенок имеет речевые проблемы, не понимает задание на слух и, соответственно, не может его выполнить, то показатели реакции зрачков изменяются на физиологические явления (свет, сумрак, отражение состояния вегетативной нервной системы) либо, как показали данные во время выполнения невербального теста «Цветные прогрессивные матрицы Равена» на интеллектуальные задания, не связанные с выполнением словесной инструкции. Это подтверждает то, что у детей с нарушениями речи до определенного возрастного периода интеллект остается сохранным и соответствует норме или близок к норме. Однако, если речевые проблемы у ребенка не решены до момента начала обучения в школе, «окно возможностей» закрывается, возникают психологические особенности поведения, проблемы с коммуникацией в социальной среде, отставание в интеллектуальном развитии, страдает эмоциональная сфера и постепенно ребенок уходит во вторичную умственную отсталость.

Заключение

Таким образом, исследование регуляции диаметра зрачка, его динамическая оценка в состоянии покоя и при выполнении вербальных и невербальных тестов (заданий), позволяет оценить функциональное состояние работы мозга, так как в процессе задействована не только вегетативная нервная система, но и высележающие структуры. Механизм регуляции реакций зрачка реализуется через голубое пятно, верхние холмики четверохолмия, речевые зоны и другие структуры мозга.

Пупиллометрия является одним из перспективных методов объективной оценки когнитивных нарушений, психоэмоциональных, речевых, формирования модели психического (Theory of Mind), при различных заболеваниях и нарушениях в работе головного мозга.

С точки зрения психолого-педагогических, психофизиологических и коррекционных практик необходима разработка стандартизированных тестов и заданий для диагностики и осуществления контроля деятельности мозга у детей методом пупиллометрии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Величковский Б.Б., Измалкова А.И. Влияние нагрузки на вербальную рабочую память при глазодвигательной активности в условиях выполнения задания зрительного поиска. *Экспериментальная психология*. 2015. 2 (8): 21–35.
2. Девятко И.Ф., Богданов М.Б., Лебедев Д.В. Динамика диаметра зрачка как индикатор когнитивной нагрузки респондента: методический эксперимент по сравнению CASI и P&PSI вопросников. *Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Социология*. 2021. 21 (1): 36–49. <https://doi.org/10.22363/2313-2272-2021-21-1-36-49>
3. Ошоров А.В., Александрова Е.В., Мурадян К.Р., Сосновская О.Ю., Соколова Е.Ю., Савин И.А. Пупиллометрия как метод мониторинга фотореакции в нейро-реанимации. *Журн. "Вопросы нейрохирургии" имени Н.Н. Бурденко*. 2021. 85 (3): 117–123. <https://doi.org/10.17116/neiro202185031117>
4. Походай М.Ю., Бермудес-Маргаретто Б., Штыров Ю.Ю., Мячиков А.В. Методика айтрекинга в психолингвистике и параллельная регистрация с ЭЭГ. *Журн. высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*. 2022. 72 (5): 609–622. <https://doi.org/10.31857/S0044467722050124>
5. Пучкова А.Н., Ткаченко О.Н., Дорохов В.Б. Специфика динамики размера зрачка в процессе работы с арифметическими задачами. *Социально-экологические технологии*. 2017. 3: 80–91.
6. Романова Н.М., Рытик А.П., Самохина М.А., Скрипаль А.В., Усанов Д.А. Особенности глазодвигательных реакций человека при произнесении истинной и ложной информации. *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Философия. Психология. Педагогика*. 2008. 8 (1): 65–73.
7. Steinhauer S.R., Siegle G.J., Condray R., Pless M. Sympathetic and parasympathetic innervation of pupillary dilation during sustained processing. *Int. J. Psychophysiol*. 2004. 52 (1): 77–86. <https://doi.org/10.1016/j.ijpsycho.2003.12.005>

© Алиева Наталья Ивановна (nataljaalijeva@mail.ru).

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»