

Хохлов Н.А.<sup>1,2,3</sup>, Юдина Е.А.<sup>1</sup>, Балашова М.В.<sup>3</sup>

## ПРИМЕНЕНИЕ ГРАФОМОТОРНОЙ ПРОБЫ («ЗАБОР») ДЛЯ ОЦЕНКИ МАНУАЛЬНОЙ АСИММЕТРИИ У ДЕТЕЙ 4-17 ЛЕТ

1 – Факультет психологии Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова,

2 – Центр тестирования и развития «Гуманитарные технологии»,

3 – Психологический центр «Гальтон»

nkhoikhlov@psychmsu.ru

DOI:10.25692/ASY.2020.1.14.004

Обсуждается возможность применения графомоторной пробы для оценки мануальной асимметрии у детей 4-17 лет. Предлагается два способа оценки выполнения пробы правой и левой рукой. В первом случае общая оценка даётся непосредственно при выполнении пробы. Во втором случае 5 показателей выполнения оцениваются по рисунку после завершения работы с заданием. Второй способ позволяет избежать влияния на результат исходных ожиданий диагноста. Для обоих способов построены модели логистической регрессии, предсказывающие праворукость или леворукость обследуемого с вероятностью до 95-97%. Модели позволяют оценивать степень выраженности мануальной асимметрии и принимать математически обоснованное решение о выборе ведущей руки в спорных ситуациях.

Ключевые слова: ведущая рука, дифференциальная нейропсихология, динамический праксис, возрастные нормативы

Khokhlov N.A.<sup>1,2,3</sup>, Yudina E.A.<sup>1</sup>, Balashova M.V.<sup>3</sup>

THE APPLICATION OF THE GRAPHOMOTOR TECHNIQUE ("FENCE") TO ASSESS MANUAL ASYMMETRY IN CHILDREN AGED 4-17 YEARS

1 – Lomonosov Moscow State University, Faculty of Psychology, 2 – Centre for Testing and Development "Humanitarian Technologies", 3 – Psychological Centre "Galton"

The possibility of using the graphomotor technique to assess manual asymmetry in children aged 4-17 is discussed. Two methods for measuring the task performance by right/left hand are proposed. In the first case, the overall evaluation is given directly when the technique is performed. In the second case, 5 performance indicators are evaluated according to the drawing after completion of the task. The second method avoids the influence of the initial expectations of the diagnostician on the result. Logistical regression models predicting handedness of the subject with a probability of up to 95-97% were built. These models make it possible to assess the degree of manual asymmetry and make a mathematically sound decision on the choice of the leading hand in disputed situations.

Keywords: leading hand, differential neuropsychology, dynamic praxis, age-stratified scores

Графомоторная проба (известная как «Забор» или «Заборчик») обычно используется нейропсихологами для оценки кинетического (динамического) праксиса

(Семенович, 2013). Н.Н. Полонская пишет: «Проба позволяет оценить возможность усвоения двигательной программы, её автоматизации, возможности переключения с одного

движения на другое при выполнении графических серийных движений» (Полонская, 2007, с. 20). Авторский коллектив под руководством Т.В. Ахутиной отмечает, что эта «проба направлена на исследование возможности усвоения двигательной программы при графическом предъявлении образца, плавного переключения с одного элемента программы на другой, автоматизации двигательной серии. Кроме того, проба может дать информацию о развитии зрительно-моторных координаций и пространственных функций (соблюдение строки). При выполнении выявляются нейродинамические характеристики движения: тенденции к микрографии или макрографии, сниженный или неустойчивый темп деятельности, утомляемость, а также фоновые компоненты движений (гипо- или гипертонус в мелкой моторике)...» (Методы..., 2016, с. 27).

В настоящей работе мы продемонстрируем возможность применения графомоторной пробы для оценки мануальной асимметрии у детей 4-17 лет. Очевидно, что можно предложить обследуемому выполнить пробу правой и левой рукой, и увидеть, какой рукой он работает лучше. Однако до сих пор такая оценка обычно проводилась на глаз. Проблемой качественных (интерпретационных) оценок является то обстоятельство, что в спорных случаях диагност

оказывается под влиянием своих исходных ожиданий, из-за чего может давать неверную оценку. Важно иметь формальный количественный критерий, который позволит с известной вероятностью принимать решение о том, какая рука является ведущей.

В нашем исследовании приняли участие 603 человека в возрасте от 4 до 17 лет включительно (от 52 до 215 месяцев, средний возраст –  $119 \pm 43$  месяцев), из них 214 девочек и 389 мальчиков. 53 человека писали (рисовали) левой рукой, 517 – правой рукой, 2 человека – обеими руками одинаково, по 31 испытуемому сведения о ведущей руке не были записаны в протоколе. Это даёт информацию о распространённости вариантов мануальной асимметрии в современной популяции: 90,4% правшей, 9,3% левшей, 0,3% амбидекстров ( $N = 572$ ). Все участники исследования в 2014-2019 гг. по желанию родителей проходили нейропсихологическую диагностику в Центре тестирования и развития «Гуманитарные технологии» и Психологическом центре «Гальтон» для оценки уровня развития высших психических функций (ВПФ) и получения рекомендаций по дальнейшему развитию и обучению.

При проведении графомоторной пробы нейропсихолог (Н.А. Хохлов) рисовал на листе образец (рис. 1) и давал обследуемому следующую

инструкцию: «я начал рисовать вот его до конца строки, не отрывая такой узор, тебе нужно продолжить фломастер от бумаги».



Рисунок 1. Образец рисунка для выполнения графомоторной пробы

После того как обследуемый завершал рисунок, диагност давал следующую инструкцию: «а теперь нарисуй то же самое другой рукой». Если ребёнок (подросток) отвечал, что не умеет рисовать неведущей рукой, диагност говорил: «это не страшно, попробуй как получится».

В процессе выполнения пробы оценивалась общая эффективность работы правой рукой / левой рукой. Использовалась 13-балльная система качественных оценок: 0, 1 ... 11, 12, где 0 – выполнение недоступно из-за выраженных трудностей, 12 – нет ошибок.

После завершения пробы независимо от диагноста рисунки оценивались другими авторами работы (М.В. Балашова, Е.А. Юдина) по следующим показателям: микрография, макрография, упрощение программы, плавность переключения движений, дрожание руки. Использовалась 6-балльная система качественных оценок: 0 – очень плохо (много ошибок), 5 – очень хорошо (нет ошибок). Содержательное описание этих градаций приводится в табл. 1.

**Таблица 1.** Оценки выполнения графомоторной пробы по показателям: микрография, макрография, упрощение программы, плавность переключения движений, дрожание руки

| Балл | Микрография   | Макрография   |
|------|---|---|
| 0    | В большей части рисунка размер существенно меньше образца.  | В большей части рисунка размер существенно больше образца.  |
| 1    | В большей части рисунка размер меньше образца.  | В большей части рисунка размер больше образца.  |
| 2    | Размер соответствует исходному (или больше) меньше чем в половине рисунка, остальные элементы меньше образца. | Размер соответствует исходному (или меньше) меньше чем в половине рисунка, остальные элементы больше образца. |
| 3    | Размер соответствует исходному (или больше) больше чем в половине рисунка, остальные элементы меньше образца. | Размер соответствует исходному (или меньше) больше чем в половине рисунка, остальные элементы больше образца. |

|      |  |   |  |
|------|--|---|--|
| 4    | Размер соответствует исходному (или больше) на протяжении почти всего рисунка, отдельные элементы меньше образца.  | Размер соответствует исходному (или меньше) на протяжении почти всего рисунка, отдельные элементы больше образца.                                   |  |
| 5    | Размер полностью соответствует исходному (или больше) на протяжении всего рисунка.   | Размер полностью соответствует исходному (или меньше) на протяжении всего рисунка.  |  |
| Балл | Упрощение программы  | Плавность перехода  | Дрожание руки  |
| 0    | Элементы становятся похожи на буквы или повторяющихся элементов больше половины, более половины элементов связаны дополнительными элементами (например, площадками).   | Многие элементы не соединены друг с другом, почти все элементы нарисованы с искажением, много разрывов или торчащих линий.                          | Все или почти все линии нарисованы с дрожанием руки. |
| 1    | Элементы становятся похожи на буквы или повторяющихся элементов больше трети, но меньше половины (единичные ошибки не считаются), не менее половины элементов связаны дополнительными элементами (например, площадками). | Большая часть элементов нарисована с искажением, много остановок (точек), много разрывов или торчащих линий.  | Больше половины линий нарисовано с дрожанием руки.   |
| 2    | Почти во всём рисунке элементы одного типа больше, чем элементы другого типа (нормальных участков почти нет), есть малое число дополнительных элементов (например, площадок).  | Более трети, но менее половины элементов нарисовано с искажением или в половине случаев имеются остановки (точки); есть разрывы или торчащие линии. | Половина линий нарисована с дрожанием руки.          |
| 3    | Больше чем в половине рисунка элементы одного типа больше, чем элементы другого типа (но есть нормальные участки).   | Менее трети элементов нарисовано с искажением или есть менее половины остановок (точек).  | Треть линий нарисованы с дрожанием руки.             |
| 4    | Меньше чем в половине рисунка элементы одного типа больше, чем элементы другого типа.  | Один элемент нарисован с искажением или есть менее трети остановок (точек).   | Единичные линии нарисованы с дрожанием руки.         |
| 5    | Все элементы чередуются, их высота одинакова на протяжении всего рисунка.  | Все элементы нарисованы чётко (они отличаются друг от друга), нет остановок (точек).  | Все линии ровные.                                    |

Имеется связь между возрастом обследуемого и общей эффективностью работы правой рукой ( $\rho = 0,48$ ,  $p < 0,001$ ), левой рукой ( $\rho = 0,51$ ,  $p < 0,001$ ), общей эффективностью работы ведущей рукой ( $\rho = 0,49$ ,  $p < 0,001$ ), неведущей рукой ( $\rho = 0,56$ ,  $p < 0,001$ ). Для дальнейшей обработки полученных оценок нужно использовать возрастные нормативы (Табл. 2).

**Таблица 2.** Возрастные нормативы выполнения графомоторной пробы (13-балльная система качественных оценок от 0 до 12, где 0 – выполнение недоступно из-за выраженных трудностей, 12 – нет ошибок). N = 603.

| Возрастная группа                       | 4-5 лет   | 6-7 лет   | 8-9 лет   | 10-12 лет | 13-17 лет |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Число испытуемых                        | 67        | 172       | 94        | 116       | 154       |
| Общая эффективность работы правой рукой | 5,6 ± 2,7 | 7,2 ± 2,2 | 7,6 ± 2,4 | 8,8 ± 1,9 | 9,3 ± 1,6 |
| Общая эффективность работы левой рукой  | 3,2 ± 2,3 | 4,2 ± 2,3 | 5,1 ± 2,2 | 5,9 ± 1,8 | 6,6 ± 1,9 |

Аналогичные возрастные нормативы рассчитаны для показателей, которые оценивались после завершения нейропсихологической диагностики (Табл. 3).

**Таблица 3.** Возрастные нормативы выполнения графомоторной пробы: микрография, макрография, упрощение программы, плавность переключения движений, дрожание руки (6-балльная система качественных оценок: 0 – много ошибок, 5 – нет ошибок). N = 603.

| Возрастная группа   | 4-5 лет   | 6-7 лет   | 8-9 лет   | 10-12 лет | 13-17 лет | Связь с возрастом               |
|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------------------------------|
| Число испытуемых    | 67        | 172       | 94        | 116       | 154       |                                 |
| Правая рука         |           |           |           |           |           |                                 |
| Микрография         | 4,7 ± 0,8 | 4,5 ± 1   | 4,3 ± 0,9 | 3,8 ± 1,4 | 3,9 ± 1,3 | $\rho = -0,27$ ,<br>$p < 0,001$ |
| Макрография         | 1,8 ± 1,4 | 2,6 ± 1,7 | 3,6 ± 1,4 | 4,1 ± 1,2 | 4,3 ± 1,2 | $\rho = 0,54$ ,<br>$p < 0,001$  |
| Упрощение программы | 2,5 ± 1,9 | 3,4 ± 1,4 | 3,6 ± 1,5 | 3,7 ± 1,4 | 4,5 ± 0,9 | $\rho = 0,41$ ,<br>$p < 0,001$  |

|                                 |           |           |           |           |           |                                |
|---------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------------|
| Плавность переключения движений | 2,2 ± 1,5 | 3,1 ± 1,1 | 3,4 ± 1,1 | 3,9 ± 1   | 4,1 ± 0,9 | $\rho = 0,44$ ,<br>$p < 0,001$ |
| Дрожание руки                   | 3,4 ± 1   | 3,9 ± 0,9 | 3,9 ± 0,9 | 4,1 ± 0,9 | 4,1 ± 0,8 | $\rho = 0,25$ ,<br>$p < 0,001$ |

| Левая рука                      |              |              |              |              |              |                                |
|---------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------|
| Микрография                     | 4,6 ±<br>0,8 | 4,6 ±<br>0,9 | 4,1 ±<br>1,2 | 4,2 ±<br>1,2 | 4,1 ±<br>1,3 | $\rho = -0,23,$<br>$p < 0,001$ |
| Макрография                     | 1,4 ±<br>1,6 | 2,2 ±<br>1,9 | 3,1 ±<br>1,6 | 3,7 ±<br>1,5 | 4,1 ±<br>1,2 | $\rho = 0,5,$<br>$p < 0,001$   |
| Упрощение программы             | 2 ± 1,9      | 3,5 ±<br>1,6 | 3,7 ±<br>1,4 | 3,6 ±<br>1,4 | 3,9 ±<br>1,4 | $\rho = 0,23,$<br>$p < 0,001$  |
| Плавность переключения движений | 1,8 ±<br>1,3 | 2,2 ±<br>1,4 | 2,6 ±<br>1,2 | 3 ± 1,2      | 3,3 ± 1      | $\rho = 0,37,$<br>$p < 0,001$  |
| Дрожание руки                   | 2,1 ±<br>1,4 | 2,4 ±<br>1,2 | 2,5 ±<br>1,3 | 2,5 ±<br>1,1 | 2,7 ±<br>1,1 | $\rho = 0,14,$<br>$p < 0,001$  |

Все показатели связаны с возрастом. Интересно, что только в отношении микрографии проявляется нетипичная закономерность – с возрастом ошибки нарастают, а не убывают.

Для каждого из двух способов оценки были построены модели логистической регрессии, предсказывающие натуральный логарифм шанса быть праворуким –  $\ln(\text{odds})$ . Переход от этого значения к вероятности быть праворуким возможен по формуле:  $p = \frac{e^{\ln(\text{odds})}}{1 + e^{\ln(\text{odds})}}$ .

Если в качестве независимых переменных использовать стандартизированные оценки эффективности выполнения пробы, получаемые в процессе диагностики, то уравнение будет иметь вид:  $\ln(\text{odds}) = 3,2769 \times \{\text{Эффективность работы правой рукой}\} - 3,213 \times \{\text{Эффективность работы$

левой рукой\} + 5,7706. Оптимальной границей принятия решения является значение 1,45, соответствующее вероятности 0,81. В результате процентильной стандартизации была получена таблица перевода  $\ln(\text{odds})$  в стандартизированные z-оценки. Нет необходимости приводить здесь всю таблицу, т.к. от сырых значений  $\ln(\text{odds})$  можно перейти к z-оценкам с помощью уравнений линейной или квадратичной регрессии. В первом случае формула имеет вид  $z = 0,235 \times \ln(\text{odds}) - 1,35$  и объясняет 92% дисперсии, во втором случае формула имеет вид  $z = 0,00827 \times \ln^2(\text{odds}) + 0,18 \times \ln(\text{odds}) - 1,45$  и объясняет 98,2% дисперсии. Общая эффективность классификатора составляет 97% ( $\chi^2 = 395,81$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,001$ ). В возрастной группе 4-5 лет точность предсказания составляет 95,1%, в группе 6-7 лет – 98,1%, в группе 8-9 лет – 97,7%, в группе 10-12 лет –

97,4%, в группе 13-17 лет – 95,9%. Правильность предсказания для праворуких составляет 97,3%, а для леворуких – 94,3%. Среди тех, кого классификатор определил как праворуких, правильность предсказания составляет 99,4%, а среди предсказанных леворуких – 78,1%.

Если в качестве независимых переменных использовать стандартизированные оценки по 5 показателям, оцениваемым после завершения пробы, то уравнение будет иметь вид:  $0,9802 \times \{\text{Правая рука, плавность переключения движений}\} + 1,3962 \times \{\text{Правая рука, дрожание руки}\} - 0,7214 \times \{\text{Левая рука, микрография}\} - 0,6903 \times \{\text{Левая рука, макрография}\} - 0,5354 \times \{\text{Левая рука, упрощение программы}\} - 0,9118 \times \{\text{Левая рука, плавность переключения движений}\} - 3,3544 \times \{\text{Левая рука, дрожание руки}\} + 5,8879$ . Оптимальной границей принятия решения является значение 1,9924, соответствующее вероятности 0,88. Для перевода  $\ln(\text{odds})$  в z-оценки можно воспользоваться линейным или квадратным уравнением. В первом случае формула имеет вид  $z = 0,24 \times \ln(\text{odds}) - 1,4$  и объясняет 98,4% дисперсии, во втором случае формула имеет вид  $z = 0,00347 \times \ln^2(\text{odds}) + 0,2 \times \ln(\text{odds}) - 1,37$  и объясняет 99,4% дисперсии. Общая эффективность классификатора составляет 94,9%

( $\chi^2 = 324,14$ ,  $df = 1$ ,  $p < 0,001$ ). В возрастной группе 4-5 лет точность предсказания составляет 91,8%, в группе 6-7 лет – 93,8%, в группе 8-9 лет – 98,9%, в группе 10-12 лет – 96,5%, в группе 13-17 лет – 93,9%. Правильность предсказания для праворуких составляет 95%, а для леворуких – 94,3%. Среди тех, кого классификатор определил как праворуких, правильность предсказания составляет 99,4%, а среди предсказанных леворуких – 65,8%.

Вторая модель логистической регрессии даёт менее точное предсказание, чем первая. Основная потеря точности возникает за счёт тех случаев, когда классификатор определяет человека как левшу, а он в реальности пишет (рисует) правой рукой. Между тем именно вторая модель построена на базе оценок, не зависящих от знания диагноста о внешне наблюдаемом правшестве/левшестве обследуемого. Рассмотрим эту проблему подробнее. Распределение  $\ln(\text{odds})$ , полученное с помощью второй модели, представлено на рис. 2. Вертикальной линией обозначена граница принятия решения:  $\ln(\text{odds}) = 1,9924$ . В верхней части рисунка кругами обозначены леворукие, а треугольниками – праворукие испытуемые. Правильно классифицированные случаи изображены над горизонтальной

чертой, ошибочно классифицированные – под ней. Видно, что выделяется особая группа праворуких, которые имеют невысокие значения  $\ln(\text{odds})$ , и поэтому ошибочно классифицируются как леворукие. Анализ результатов нейропсихологической диагностики выявляет снижение нейрокогнитивного развития в этой группе. У этих испытуемых общий уровень нейрокогнитивного развития составил  $-0,4662 \pm 1,0526$  (здесь и далее в z-оценках), тогда как у остальных  $0,0218 \pm 0,9945$  ( $t = 2,315$ ,  $df = 27,188$ ,  $p = 0,0284$ ). При этом значимые различия были обнаружены по трём показателям. Ориентация во времени:  $-0,3631 \pm 0,7688$  и  $0,0121 \pm 0,8587$  ( $t = 2,4171$ ,  $df = 28,083$ ,  $p = 0,0224$ ); мышление:  $-0,4926 \pm 0,802$  и  $0,008 \pm 0,7786$  ( $t = 3,1131$ ,  $df = 27,309$ ,  $p = 0,0043$ ); регуляторные функции:  $-0,544 \pm 0,7555$  и  $0,05 \pm 0,7977$  ( $t = 3,9058$ ,  $df = 27,742$ ,  $p < 0,001$ ). Важно при этом

отметить, что мануальная асимметрия в целом не связана с уровнем нейрокогнитивного развития. Полученные результаты указывают на то, что данная группа действительно отличается от основной выборки. Мы предполагаем, что эти испытуемые изначально имели склонность к леворукости, но были переучены на праворуких, что привело к снижению уровня нейрокогнитивного развития.

Построенная модель позволяет принимать математически обоснованное решение о ведущей руке в спорных случаях и предотвращать ненужное переучивание левшей на правшей. Особенно актуальным представляется использование этого метода при выявлении ведущей руки у дошкольников, которые ещё не умеют писать, но уже могут выполнить графомоторную пробу.

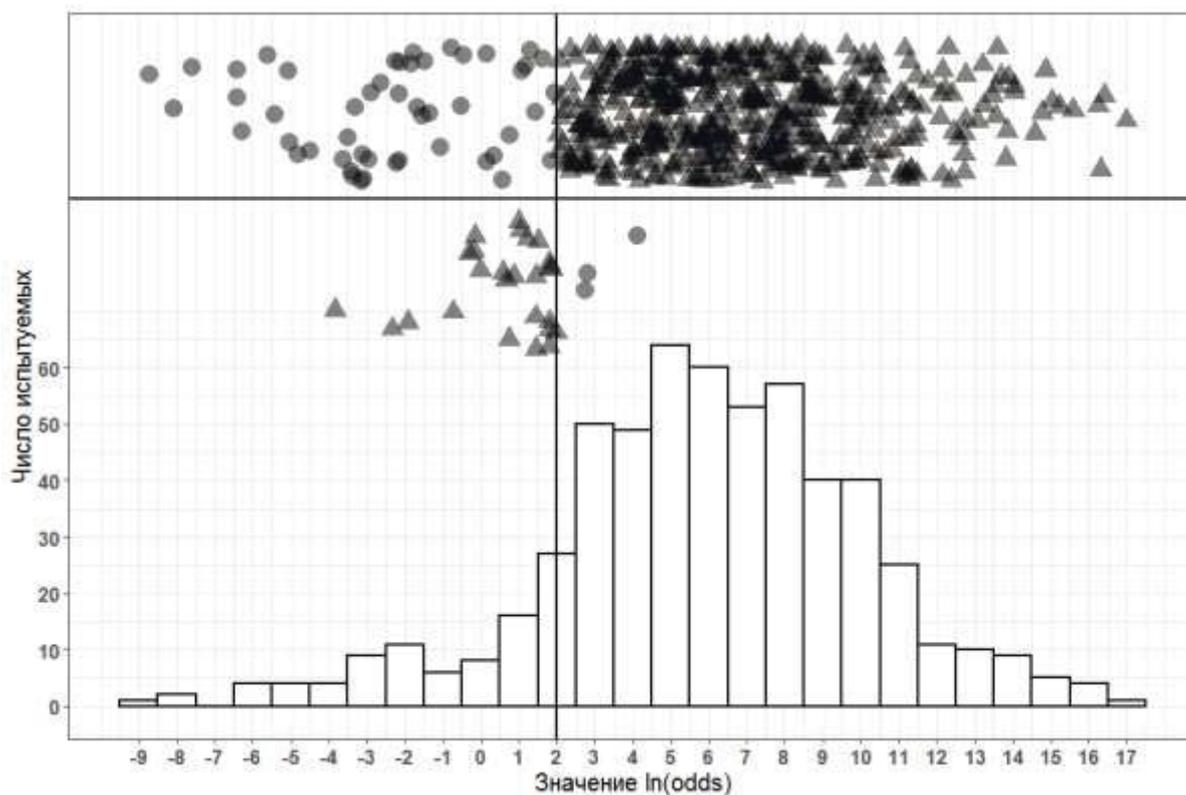


Рисунок 2. Распределение значений натурального логарифма шанса (odds) быть праворуким, предсказанных с помощью модели, построенной по показателям, оцениваемым после завершения диагностики (пояснения в тексте)

Напомним, что в исследованной выборке были два амбидекстра, у которых не удалось выявить ведущую руку в процессе нейropsychологического обследования. При использовании первой модели у первого из них  $\ln(\text{odds})$  составил 2,9769, а у второго – 0,0173; при использовании второй модели 3,0777 и 0,1643 соответственно. Эти значения ожидаемо оказались в окрестностях границы принятия решения, однако первый амбидекстр формально может быть признан праворуким, а второй – леворуким. Обе модели дают одинаковое категориальное решение.

Отметим также, что корреляция стандартизированных результатов, полученных с помощью двух способов оценки мануальной асимметрии (двух регрессионных моделей), по всей выборке составляет 0,39 ( $p < 0,001$ ). Однако в зоне леворукости (до границы принятия решения) корреляция выше ( $r = 0,51$ ,  $p < 0,001$ ), чем в зоне праворукости ( $r = 0,11$ ,  $p = 0,011$ ). Диагноста проще на глаз дифференцировать выраженность леворукости, чем выраженность праворукости. В этом отношении второй способ оценки предпочтительнее первого.

Таким образом, нами предложен математически обоснованный метод

оценки мануальной асимметрии у детей 4-17 лет с помощью графомоторной пробы, который может использоваться как в практической работе нейропсихологов, так и при проведении научных исследований.

### Литература

1. Методы нейропсихологического обследования детей 6-9 лет / Под общ. ред. Т.В. Ахутиной. М.: В. Секачев, 2016. 280 с.
2. Полонская Н.Н. Нейропсихологическая диагностика детей младшего школьного возраста: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2007. 192 с.
3. Семенович А.В. Введение в нейропсихологию детского возраста: Учебное пособие. 3-е изд., испр. и доп. М.: Генезис, 2013. 319 с.