
Короткие сообщения

ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕСТА «КОРРЕКТУРНАЯ ПРОБА» В НОРМЕ И ПРИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА

А.С. ЛИТВИНОВА, Р.Р. БОГДАНОВ

Резюме

Цель работы состояла в выявлении возрастных особенностей выполнения глазо двигательной задачи с помощью теста «Корректирующая проба» и при предъявлении изображений разного уровня сложности. В исследовании приняли участие здоровые люди в возрасте от 14 до 75 лет и пациенты с ранними стадиями болезни Паркинсона (БП) в возрасте от 42 до 75 лет. Время выполнения теста «Корректирующая проба» у здоровых добровольцев с возрастом меняется мало, у пациентов с БП отмечена тенденция дольше выполнять тест. Количество ошибок при выполнении теста здоровыми добровольцами в большей степени зависит от возраста, а пациенты при поиске нужной буквы совершают столько же ошибок, сколько и здоровые люди той же возрастной группы. Успешность выполнения задания при просмотре изображений разного уровня сложности зависит от возраста добровольцев и ухудшается при БП. При этом и здоровые участники исследования старшего возраста, и пациенты улучшают свой результат при рассматривании более сложного изображения.

Таким образом, выявлено, что в условиях сложной зрительной среды моторная функция в меньшей степени подвержена возрастным изменениям, в то же время способность концентрировать внимание имеет несколько этапов развития. У пациентов с БП, несмотря на гипокинезию и глазо двигательные нарушения, когнитивный компонент при выполнении задачи зрительного поиска не страдает. Результаты работы могут внести вклад в диагностику ранней деменции или когнитивных нарушений легкой степени у людей старшего возраста, а также синдрома дефицита внимания в юношеском возрасте.

Ключевые слова: тест «Корректирующая проба», внимание, возрастные изменения, болезнь Паркинсона, произвольные движения глаз, видеоокулография.

Введение

Тест «Корректирующая проба» (Wood, 1895) широко используется в научных исследованиях и клиниче-

ской практике для оценки свойств внимания (в частности, степени его концентрации и устойчивости) и зрительно-пространственных способностей (Рамендик, 2009; Сидоров, 2012;

Geldmacher, Riedel, 1999; Roldán-Tapia et al., 2012; Wu et al., 2013). Несмотря на обширность применения теста «Корректирующая проба», исследованию возрастных изменений успешности прохождения теста посвящено немного работ (Uttl, Pilkenton-Taylor, 2001; Warren et al., 2008; Wu et al., 2013). Тем не менее в связи с большим количеством вариантов данного теста актуальным остается формирование нормативных возрастных шкал для каждого из них. Кроме того, тест «Корректирующая проба» является сложной глазодвигательной задачей, включающей в себя как моторный, так и когнитивный компоненты, что дает возможность оценить функционирование глазодвигательной системы.

Цель работы состояла в выявлении возрастных особенностей выполнения глазодвигательной задачи в тесте «Корректирующая проба», а также при предъявлении изображений разного уровня сложности. Чтобы оценить вклад моторного и когнитивного компонента в решение глазодвигательной задачи, мы сравнили результаты здоровых людей разного возраста и пациентов с моторными нарушениями на ранних стадиях болезни Паркинсона.

Метод

Участники исследования. В исследовании приняли участие 188 добровольцев разного возраста: 153 здоровых участника и 35 пациентов с I–II стадиями болезни Паркинсона (БП) по шкале Хен–Яра (Hoehn, Yahr, 1967), не получавшие ранее специфической терапии. Пациентов с БП дополнительно тестировали по

«Краткой шкале оценки психического статуса» (Folstein et al., 1975). Все пациенты набрали 28–30 баллов, что показывает отсутствие когнитивных нарушений. Демографическая характеристика участников исследования представлена в таблице 1.

Некоторые добровольцы участвовали в исследовании с видеорегистрацией движений глаз, а именно 9 здоровых молодых добровольцев (18–26 лет, группа «Норма 1»), 9 здоровых добровольцев старшего возраста (55–69 лет, группа «Норма 2») и 12 пациентов с БП (52–68 лет, группа «БП»).

Исследование проводили в соответствии с принципами Хельсинкской декларации; все участники дали добровольное письменное согласие на участие в исследовании.

Процедура

Тест «Корректирующая проба» проводили с помощью специального бланка с рядами букв русского алфавита, расположенных в случайном порядке. Испытуемых инструктировали просматривать ряды букв и про себя подсчитывать букву «Н».

Отметим, что обычно испытуемых просят зачеркивать или подчеркивать определенные буквы (Рамендик, 2009; Сидоров, 2012). Однако в связи с тем, что у пациентов с БП часто наблюдается тремор рук, проведение теста по классической схеме вызвало бы у них затруднения, которые могли бы повлиять на результаты тестирования. Поэтому мы предлагали участникам исследования только считать буквы. Такое изменение методики, с одной стороны, дало возможность корректно

Таблица 1

**Распределение здоровых добровольцев и пациентов с болезнью Паркинсона
по возрастным группам**

Возрастная группа	Число участников исследования		Средний возраст ± стандартное отклонение
	Мужчины	Женщины	
<i>Здоровые добровольцы</i>			
14	14	12	14±0.5
15	4	8	15±0.5
16	6	4	16±0.5
17	9	11	17±0.5
18	7	10	18±0.5
19–20	5	7	19±0.5
21–30	8	9	23±2.4
31–40	5	6	36±2.6
41–50	4	7	45±2.4
51–60	4	5	57±2.5
61–75	5	3	68±4.0
<i>Пациенты с болезнью Паркинсона</i>			
41–50	1	7	46±2.8
51–60	6	10	54±2.7
61–75	4	7	67±5.5

сравнить результаты пробы у здоровых людей и пациентов, однако, с другой стороны, ограничило круг возможных анализируемых показателей.

Произвольные движения глаз регистрировали с применением видеоокулографической методики. Оборудование для проведения эксперимента было предоставлено профессором А.В. Латановым. Использовали высокоскоростную цифровую видеокамеру (FastVideo 250В, ООО «НПО Астек», Россия, 250 кадров/с). Подробнее с описанием аппаратуры и

ее применением можно ознакомиться в статьях коллектива (Ермаченко и др., 2011). Испытуемым на экране монитора в течение 20 секунд предъявляли изображения, составленные из черных точек (диаметр 0.6°, расстояние между точками 13.4°) на сером фоне: (1) три точки, расположенные в ряд по горизонтали, (2) три точки в вершинах треугольника, (3) четыре точки в вершинах квадрата, (4) шесть точек в вершинах шестиугольника. Испытуемых инструктировали как можно быстрее переводить взгляд с точки на точку.

Результаты

$$\text{Процент ошибок} = |42 - N| * 100 / 42,$$

Тест «Корректирующая проба». Благодаря видеорегистрации движений глаз удалось установить, что и здоровые добровольцы, и пациенты с БП используют две стратегии выполнения теста «Корректирующая проба» (рисунок 1): (1) перемещают взгляд по строкам слева направо, (2) перемещают взгляд сначала слева направо, а при переходе на новую строку — справа налево и т.д.

где N — число посчитанных испытуемым букв «Н», 42 — общее число букв «Н» в бланке.

Статистическую обработку данных производили с помощью программы STATISTICA. Применяли непараметрический критерий Манна–Уитни, непараметрический критерий Вилкоксона для непарных данных, непараметрический критерий Краскала–Уоллиса.

При выполнении теста «Корректирующая проба» анализировали время выполнения пробы и процент ошибок, совершенных при подсчете букв. Процент ошибок рассчитывали следующим образом:

Время выполнения теста «Корректирующая проба» (рисунок 2) у здоровых добровольцев с возрастом меняется мало ($H(38, 153) = 29.5, p = 0.84$, критерий Краскала–Уоллиса, фактор «Возраст»). У пациентов с

Рисунок 1

Видеоокулографическая запись траекторий движений глаз при выполнении теста «Корректирующая проба» (справа показаны фиксации и саккады) и схемы стратегий, использованные участниками (слева стрелками отмечено направление перемещения взгляда)

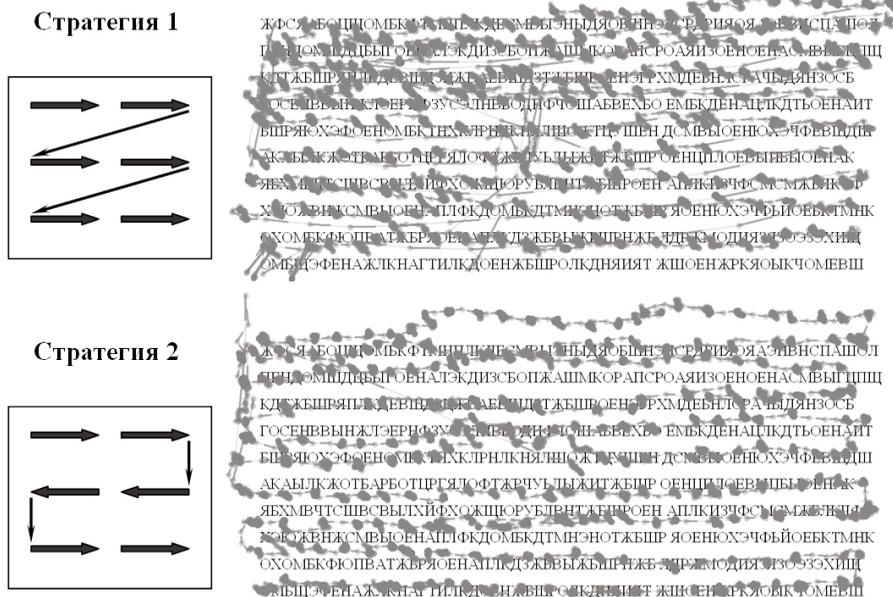
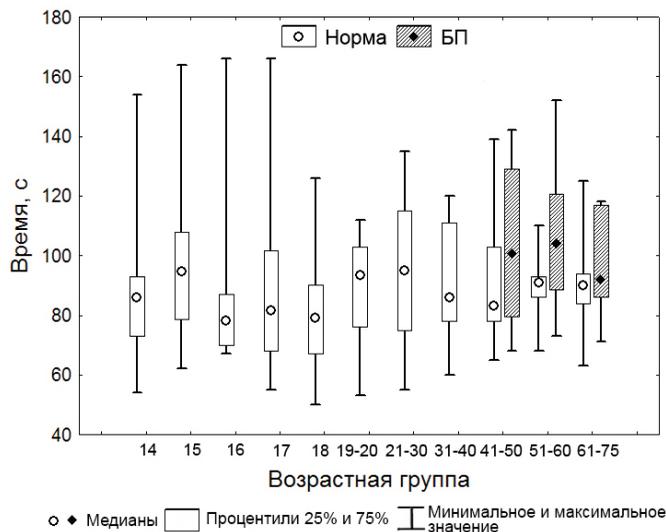


Рисунок 2

Время выполнения теста «Корректирующая проба» здоровыми добровольцами и пациентами с болезнью Паркинсона (БП)



БП отмечена тенденция дольше выполнять тест, при этом на время выполнения теста оказывает влияние только фактор «Заболевание» ($H(1, 62) = 4.5, p = 0.034$, критерий Краскала–Уоллиса, фактор «Заболевание»), но не фактор «Возраст» ($H(23, 35) = 20.2, p = 0.63$).

В отличие от скорости прохождения теста «Корректирующая проба» качество его выполнения (рисунок 3) здоровыми добровольцами в большей степени зависит от возраста ($H(38, 153) = 58.0, p = 0.020$, критерий Краскала–Уоллиса, фактор «Возраст»). У подростков 14–15 лет качество выполнения теста низкое, однако улучшается к 16 годам. Достоверные отличия получены для групп 14 и 15 лет по сравнению с возрастными группами от 18 до 40 лет ($p < 0.05$, критерий Манна–Уитни). Меньше всего ошибок совершают участники

от 18 до 40 лет. После 40 лет процент ошибок увеличивается, достигая достоверных отличий в самой старшей группе испытуемых по сравнению с людьми от 18 до 40 лет ($p < 0.05$, критерий Манна–Уитни).

Пациенты с БП при поиске нужной буквы совершают столько же ошибок, сколько и здоровые участники исследования той же возрастной группы (критерий Краскала–Уоллиса: $H(1, 62) = 0.04, p = 0.842$, фактор «Заболевание»; $H(23, 35) = 21.6, p = 0.544$, фактор «Возраст»).

Произвольные движения глаз. При анализе движений глаз, совершенных при рассматривании составленных из точек изображений, рассчитали общее количество точек, на которые успел посмотреть испытуемый за время предъявления изображения на экране. Выявлено, что успешность выполнения задания (рисунок 4)

Рисунок 3

Процент ошибок, совершенных при выполнении теста «Корректирующая проба» здоровыми добровольцами и пациентами с болезнью Паркинсона (БП)

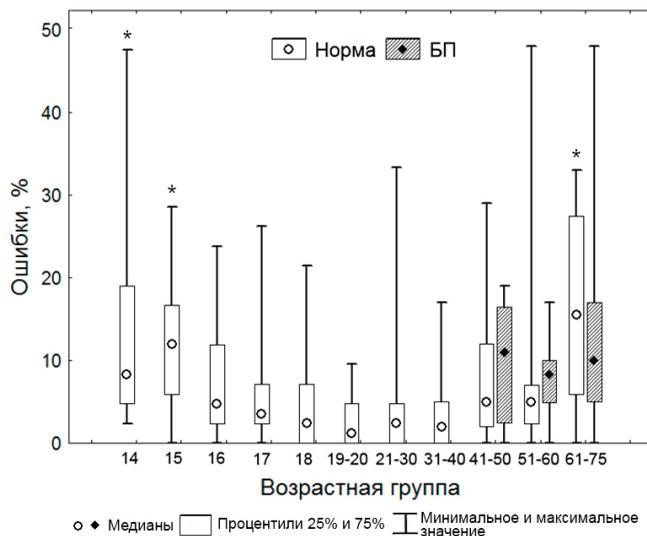
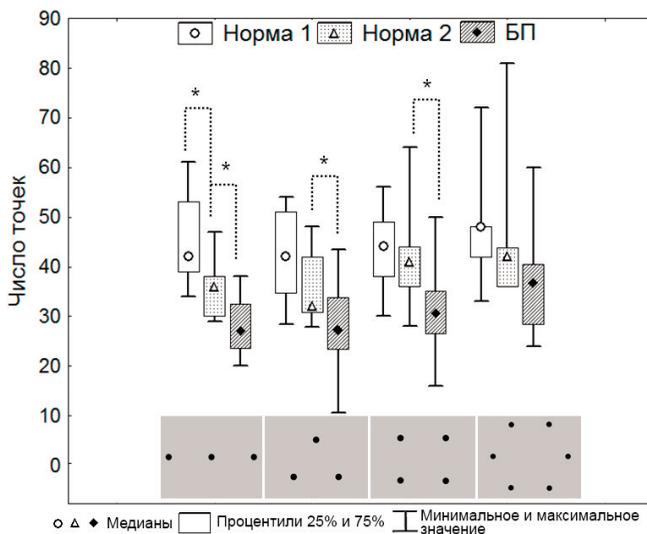


Рисунок 4

Общее количество точек, на которые успели посмотреть здоровые добровольцы двух возрастных групп «Норма 1» (18–26 лет) и «Норма 2» (55–69 лет) и группы пациентов с болезнью Паркинсона (БП) за 20 секунд при предъявлении различных изображений (черные точки на сером фоне)



* $p < 0.05$, непараметрический критерий Манна–Уитни.

зависит от возраста здоровых добровольцев ($H(1, 72) = 5.3, p = 0.022$, критерий Краскала–Уоллиса, фактор «Возраст») и изменяется у пациентов с БП ($H(1, 84) = 17.3, p < 0.001$, критерий Краскала–Уоллиса, фактор «Заболевание»). В задании, в котором испытуемых просили произвольно переводить взгляд с точки на точку по горизонтали, общее число точек, на которые успели посмотреть молодые участники эксперимента (группа «Норма 1», 18–26 лет) достоверно больше, чем у добровольцев старшего возраста (группа «Норма 2», 55–69 лет) ($p < 0.05$, критерий Манна–Уитни). При предъявлении точек, образующих геометрические фигуры, т.е. с усложнением формы объекта, достоверных различий в выполнении заданий между испытуемыми двух возрастных групп выявлено не было. У пациентов с БП общее число обведенных точек достоверно меньше по сравнению со здоровыми испытуемыми старшего возраста ($p < 0.05$, критерий Манна–Уитни), за исключением случая предъявления точек, образующих шестиугольник. Кроме того, у здоровых пожилых людей успешность выполнения задания возрастает с увеличением числа предъявляемых точек (четыре ($Z = 2.3, p = 0.021$) и шесть ($Z = 2.4, p = 0.015$) точек по сравнению с предъявлением трех точек в ряд, критерий Вилкоксона для непарных данных). Пациенты с БП также улучшают свой результат при предъявлении шестиугольника, по сравнению с точками, расположенными в ряд ($Z = 3.1, p = 0.002$, критерий Вилкоксона для непарных данных). Таким образом, и здоровые участники исследования старшего

возраста, и пациенты с БП улучшают свой результат при рассматривании более сложного изображения.

Обсуждение

Во многих работах было показано снижение скорости и/или точности выполнения теста «Корректурная проба» с возрастом у здоровых людей (Geldmacher, Riedel, 1999; Uttl, Pilkenton-Taylor, 2001; Wu et al., 2013); в целом наши данные с этим соотносятся. Тем не менее некоторые наши результаты отличаются от полученных прежде. А именно было показано (Uttl, Pilkenton-Taylor, 2001; Warren et al., 2008), что людям старше 60 лет требуется больше времени на прохождение теста. По нашим же данным, время поиска буквы мало различается у людей разного возраста. Это может быть связано с разными способами проведения теста «Корректурная проба».

К интересным выводам можно прийти, сопоставив временные характеристики произвольных движений глаз и выполнения теста «Корректурная проба». А именно чем больше стимулов одновременно присутствовало в зрительном поле испытуемых, т.е. чем сложнее предъявлялось изображение, тем лучше добровольцы справлялись с заданием, это касалось как здоровых людей старшего возраста, так и пациентов с БП. Таким образом, в условиях сложной зрительной стимуляции, к которым относится также и тест «Корректурная проба», возрастные изменения глазодвигательных реакций менее выражены. Другими словами, при вовлечении иерархически более высоких уровней управления

движениями (Бернштейн, 1947), нивелируются отклонения, связанные с возрастными изменениями.

В то же время количество ошибок при прохождении теста существенно меняется с возрастом. Именно качество выполнения теста «Корректирующая проба» (т.е. процент ошибок) является важным показателем, который отражает основные этапы развития когнитивных функций. Так, на основании наших результатов можно выделить три периода: 14–17 лет (созревание), 18–40 лет (стабильность) и 41–75 лет (спад). Большое число ошибок, совершенных при поиске буквы подростками в возрасте 14–15 лет, и уменьшение данного показателя к 16–17 годам свидетельствует о формировании к этому возрасту способности концентрировать внимание наравне с людьми 18–40 лет. На морфологическом уровне это может быть связано с созреванием префронтальной коры, активность которой связывают с функцией внимания (Toichi et al., 2004), а также с развитием в подростковом и юношеском возрасте белого вещества головного мозга и установлением связей между фронтальной и теменной областями коры (Schmithorst, Yuan, 2010). Полученные нами данные могут использоваться для дополнительной диагностики расстройств внимания у подростков (Naralkov et al., 1995; Jones et al., 2008).

Постепенное ухудшение концентрации внимания начинает проявляться после 40 лет, хотя значительные изменения происходят после 60 лет. Люди самой старшей возрастной группы совершают при поиске нужной буквы примерно

столько же ошибок, сколько и подростки с 14–15 лет. Подверженность когнитивных функций возрастным изменениям широко известна, хотя происходит это неравномерно и зависит от типа решаемых задач. Показано, что эффективность некоторых процессов снижается с возрастом, как, например, скорость обработки информации, рабочая и долговременная память, пространственные способности. В то же время вербальные способности у здоровых людей либо сохраняются в течение всей жизни, либо даже улучшаются (Glorioso, Sibille, 2011).

В литературе не встречается данных о динамике возрастных изменений показателей выполнения теста «Корректирующая проба» у пациентов с БП. Нам не удалось выявить влияния фактора возраста пациентов ни на время, ни на качество выполнения теста. Решающим фактором оказалось именно наличие заболевания. Некоторое увеличение времени прохождения теста у пациентов может быть связано с глазодвигательными нарушениями, которые сопровождают БП уже на ранних стадиях (Ратманова и др., 2006; Литвинова и др., 2011) и являются частным проявлением гипокинезии – одного из основных паркинсонических симптомов. Несмотря на моторные нарушения, когнитивный компонент глазодвигательной задачи у пациентов не затронут, о чем свидетельствует равное число ошибок, совершенных при поиске нужной буквы пациентами и здоровыми испытуемыми сходного возраста. Согласно гипотезе «когнитивного резерва» (Stern, 2002; Roldán-Tapia et al., 2012), можно говорить об адаптационных механизмах,

позволяющих в случае необходимости задействовать дополнительные нейронные сети. Подобный механизм может включаться как при нормальном старении, так и при сопровождающих старение патологиях (в частности, болезни Альцгеймера и болезни Паркинсона). Это предположение можно соотнести с результатами анализа произвольных движений глаз при предъявлении сложных и простых изображений: чем сложнее стимул, тем лучше испытуемые выполняют задание.

Таким образом, в течение жизни моторный и когнитивный компоненты глазодвигательной функции раз-

виваются по-разному. В условиях сложной зрительной среды моторная функция в меньшей степени подвержена возрастным изменениям, в то же время способность концентрировать внимание претерпевает несколько этапов развития. У пациентов с БП, несмотря на гипокинезию и глазодвигательные нарушения, когнитивный компонент при выполнении задачи зрительного поиска не страдает. Результаты работы могут внести вклад в диагностику ранней деменции или когнитивных нарушений легкой степени у людей старшего возраста, а также синдрома дефицита внимания в юношеском возрасте.

Литература

- Бернштейн, Н. А. (1947). *О построении движений*. М.: Медгиз.
- Ермаченко, Н. С., Ермаченко, А. А., Латанов, А. В. (2011). Десинхронизация ЭЭГ на частоте альфа-ритма как отражение процессов зрительного селективного внимания. *Физиология человека*, 37(6), 18–27. doi:10.1134/S0362119711060041
- Литвинова, А. С., Ратманова, П. О., Евина, Е. И., Богданов, Р. Р., Куницына, А. Н., Напалков, Д. А. (2011). Возрастные изменения параметров саккадических движений глаз в норме и при болезни Паркинсона. *Физиология человека*, 37(2), 40–47. doi:10.1134/S0362119711010117
- Рамендик, Д. М. (2009). *Общая психология и психологический практикум*. М.: Форум.
- Ратманова, П. О., Напалков, Д. А., Богданов, Р. Р., Латанов, А. В., Турбина, Л. Г., Шульговский, В. В. (2006). Влияние дефицита дофамина на процесс подготовки зрительно-вызванных саккадических движений глаз. *Журнал высшей нервной деятельности им. И.П. Павлова*, 56(5), 590–596.
- Сидоров, К. Р. (2012). Количественная оценка продуктивности внимания в методике «Корректирующая проба» Б. Бурдона. *Вестник Удмуртского университета*, 4, 50–57.
- Bourdon, V. (1895). Observations comparative sur la reconnaissance, la discrimination et l'association [Observations on memory, discrimination and association]. *Revue Philosophique*, 40, 153–185. (in French).
- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, 12, 189–198.
- Geldmacher, D. S., & Riedel, T. M. (1999). Age effects on random-array letter cancellation tests. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*, 12, 28–34.

- Glorioso, C., & Sibille, E. (2011). Between destiny and disease: Genetics and molecular pathways of human central nervous system aging. *Progress in Neurobiology*, *93*, 165–181. doi:10.1016/j.pneurobio.2010.11.006
- Hoehn, M., & Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology*, *17*, 427–442.
- Jones, K. E., Craver-Lemley, C., & Barrett, A. M. (2008). Asymmetrical visual-spatial attention in college students diagnosed with ADD/ADHD. *Cognitive and Behavioral Neurology*, *21*(3), 176–178. doi:10.1097/WNN.0b013e318185e6a9
- Napalkov, D. A., Sosenko, M. L., & Shestova, I. A. (1995). Cardiac rhythm as an indicator of normal and pathological adaptation to mental effort. *Kybernetes*, *24*(6), 10–19. doi:10.1108/03684929510094262
- Roldán-Tapia, L., García, J., Cánovas, R., & León, I. (2012). Cognitive reserve, age, and their relation to attentional and executive functions. *Applied Neuropsychology: Adult*, *19*(1), 2–8. doi:10.1080/09084282.2011.595458
- Schmithorst, V. J., & Yuan, W. (2010). White matter development during adolescence as shown by diffusion MRI. *Brain and Cognition*, *72*, 16–25. doi:10.1016/j.bandc.2009.06.005
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *8*(3), 448–460. doi:10.1017/S1355617702813248
- Toichi, M., Findling, R. L., Kubota, Y., Calabrese, J. R., Wiznitzer, M., McNamara, N. K., & Yamamoto, K. (2004). Hemodynamic differences in the activation of the prefrontal cortex: attention vs. higher cognitive processing. *Neuropsychologia*, *42*, 698–706. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.08.012
- Uttl, B., & Pilkenton-Taylor, C. (2001). Letter cancellation performance across the adult life span. *The Clinical Neuropsychologist*, *15*, 521–530. doi:10.1076/clin.15.4.521.1881
- Warren, M., Moore, J. M., & Vogtle, L. K. (2008). Search performance of healthy adults on cancellation tests. *American Journal of Occupational Therapy*, *62*, 588–594. doi:10.5014/ajot.62.5.588
- Wu, Y.-H., de Rotrou, J., Vidal, J.-S., Jeandel, C., Rigaud, A.-S., Kesse-Guyot, E., & Hanon, O. (2013). The K-T cancellation test in the older adults: Normative data and construct validity. *Aging, Neuropsychology, and Cognition: A Journal on Normal and Dysfunctional Development*, *20*(4), 429–442. doi:10.1080/13825585.2012.727975

Литвинова Александра Сергеевна, научный сотрудник биологического факультета МГУ имени М.В. Ломоносова, кандидат биологических наук

Контакты: litvinova@neurobiology.ru

Богданов Ринат Равилевич, доцент ГБУЗ МО «Московский областной научно-исследовательский клинический институт им. М.Ф. Владимирского», кандидат медицинских наук, доцент

Контакты: rinatbo@rambler.ru

Letter Cancellation Test Performance in Healthy Subjects and Patients with Parkinson's Disease during Aging

Alexandra S. Litvinova

Researcher, Department of Biology, Lomonosov Moscow State University*, Ph.D.
E-mail: litvinova@neurobiology.ru

Rinat R. Bogdanov

Associate professor, The State Budgetary Healthcare Institution of Moscow Area "Moscow's regional research clinical institute n.a. M.F. Vladimirskiy"***
E-mail: rinatbo@rambler.ru

Address: * GSP-1, Leninskie Gory, Moscow, 119991, Russian Federation
** 61/2 Stchepkin str., Moscow, 129110, Russian Federation

Abstract

The aim of the study is to find age characteristics of oculomotor task performance using the Letter Cancellation Test and images of different complexity. Healthy subjects aged 14-75 years and patients with early stages of Parkinson disease (PD) aged 42-75 years took part in the study. Completion time of Letter Cancellation Test in healthy volunteers differs insignificantly with age; in patients with PD there is a tendency to perform longer on the test. Quantity of mistakes during the performance on the test by healthy volunteers on a greater degree depends on age, and patients during the search of the letter commit as much mistakes, as healthy people of their age group do. The success of performance on the task of viewing images of various levels of complexity depends on the age of the volunteers and worsens in PD. Herewith, both healthy participants of senior age and patients have better results in viewing more complex images. Thus, we found that in the conditions of complex visual environment motor function is less susceptible to age-related changes, and at the same time the ability to concentrate attention has several stages of development. In patients with PD, despite hypokinesia and oculomotor dysfunctions, cognitive component does not suffer in task performance on visual search. The results of the study can contribute to diagnostics of early dementia or cognitive dysfunctions of a light degree in people of senior age, as well as in attention deficit disorder in young age.

Keywords: letter cancellation test, attention, aging, Parkinson's disease, self-paced saccades, videooculography.

References

- Bernshtein, N. A. (1947). *O postroenii dvizhenii* [Formation of movements]. Moscow: Medgiz.
- Bourdon, B. (1895). Observations comparative sur la reconnaissance, la discrimination et l'association [Observations on memory, discrimination and association]. *Revue Philosophique*, 40, 153–185. (in French).
- Ermachenko, N. S., Ermachenko, A. A., & Latanov, A. V. (2011). Desynchronization α frequency event-related in visual selective attention requiring tasks. *Human Physiology*, 37(6), 658–666. doi:10.1134/S0362119711060041

- Folstein, M. F., Folstein, S. E., & McHugh, P. R. (1975). "Mini-mental state". A practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *Journal of Psychiatric Research*, *12*, 189–198.
- Geldmacher, D. S., & Riedel, T. M. (1999). Age effects on random-array letter cancellation tests. *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioral Neurology*, *12*, 28–34.
- Glorioso, C., & Sibille, E. (2011). Between destiny and disease: Genetics and molecular pathways of human central nervous system aging. *Progress in Neurobiology*, *93*, 165–181. doi:10.1016/j.pneurobio.2010.11.006
- Hoehn, M., & Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism: onset, progression and mortality. *Neurology*, *17*, 427–442.
- Jones, K. E., Craver-Lemley, C., & Barrett, A. M. (2008). Asymmetrical visual-spatial attention in college students diagnosed with ADD/ADHD. *Cognitive and Behavioral Neurology*, *21*(3), 176–178. doi:10.1097/WNN.0b013e318185e6a9
- Litvinova, A. S., Ratmanova, P. O., Evina, E. I., Bogdanov, R. R., Kunitsyna, A. N., & Napalkov, D. A. (2011). Age-related changes in saccadic eye movements in healthy subjects and patients with Parkinson's disease. *Human Physiology*, *37*(2), 161–167. doi:10.1134/S0362119711010117
- Napalkov, D. A., Sosenko, M. L., & Shestova, I. A. (1995). Cardiac rhythm as an indicator of normal and pathological adaptation to mental effort. *Kybernetes*, *24*(6), 10–19. doi:10.1108/03684929510094262
- Ramendik, D. M. (2009). *Obshchaya psikhologiya i psikhologicheskii praktikum* [General psychology and psychological practicum]. M.: Forum.
- Ratmanova, P. O., Napalkov, D. A., Bogdanov, R. R., Latanov, A. V., Turbina, L. G., & Shulgovsky, V. V. (2006). Effect of dopamine deficiency on the preparation of visually guided saccadic eye movements. *Zhurnal Vysshei Nervnoi Deyatelnosti Imeni I.P. Pavlova*, *56*(5), 590–596.
- Roldán-Tapia, L., Garcera, J., Cónovas, R., & Leyn, I. (2012). Cognitive reserve, age, and their relation to attentional and executive functions. *Applied Neuropsychology: Adult*, *19*(1), 2–8. doi:10.1080/09084282.2011.595458
- Schmithorst, V. J., & Yuan, W. (2010). White matter development during adolescence as shown by diffusion MRI. *Brain and Cognition*, *72*, 16–25. doi:10.1016/j.bandc.2009.06.005
- Sidorov, K. R. (2012). Kolichestvennaya otsenka produktivnosti vnimaniya v metodike «Korrekturnaya proba» B. Burdona [Quantitative evaluation of efficiency of attention in the technique "Letter cancellation test"]. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta*, *4*, 50–57.
- Stern, Y. (2002). What is cognitive reserve? Theory and research application of the reserve concept. *Journal of the International Neuropsychological Society*, *8*(3), 448–460. doi:10.1017/S1355617702813248
- Toichi, M., Findling, R. L., Kubota, Y., Calabrese, J. R., Wiznitzer, M., McNamara, N. K., & Yamamoto, K. (2004). Hemodynamic differences in the activation of the prefrontal cortex: attention vs. higher cognitive processing. *Neuropsychologia*, *42*, 698–706. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2003.08.012
- Uttl, B., & Pilkenton-Taylor, C. (2001). Letter cancellation performance across the adult life span. *The Clinical Neuropsychologist*, *15*, 521–530. doi:10.1076/clin.15.4.521.1881
- Warren, M., Moore, J. M., & Vogtle, L. K. (2008). Search performance of healthy adults on cancellation tests. *American Journal of Occupational Therapy*, *62*, 588–594. doi:10.5014/ajot.62.5.588
- Wu, Y.-H., de Rotrou, J., Vidal, J.-S., Jeandel, C., Rigaud, A.-S., Kesse-Guyot, E., & Hanon, O. (2013). The K-T cancellation test in the older adults: Normative data and construct validity. *Aging, Neuropsychology, and Cognition: A Journal on Normal and Dysfunctional Development*, *20*(4), 429–442. doi:10.1080/13825585.2012.727975