



Время сенсомоторной реакции и когнитивные способности (обзор зарубежных исследований)

В. А. Ефимова^{✉1,2}, О. А. Дружинин³

¹ Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена,
191186, Россия, г. Санкт-Петербург, наб. реки Мойки, д. 48

² Детская неврологическая клиника «Прогноз»,
190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Парадная, д. 3, корп. 2

³ ООО «Логопрогноз», 190000, Россия, г. Санкт-Петербург, ул. Парадная, д. 3, корп. 2

Сведения об авторах

Ефимова Виктория Леонидовна,
ORCID: 0000-0001-7029-9317,
e-mail: prefish@ya.ru

Дружинин Олег Александрович,
ORCID: 0000-0003-3365-4302,
e-mail: oleg.a.druzhinin@gmail.com

Для цитирования:

Ефимова, В. А., Дружинин, О. А.
(2023) Время сенсомоторной
реакции и когнитивные
способности (обзор зарубежных
исследований). *Комплексные
исследования детства*, т. 5, № 1,
с. 58–63. <https://doi.org/10.33910/2687-0223-2023-5-1-58-63> EDN RXEPMK

Получена 20 января 2023; прошла
рецензирование 3 февраля 2023;
принята 6 февраля 2023.

Финансирование: Исследование
не имело финансовой поддержки.

Права: © В. А. Ефимова,
О. А. Дружинин (2023).
Опубликовано Российским
государственным педагогическим
университетом им. А. И. Герцена.
Открытый доступ на условиях
лицензии [CC BY-NC 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

Аннотация. Обзор посвящен англоязычным исследованиям результативности тестов, оценивающих время моторной реакции на зрительные и слуховые стимулы. Показано, что время реакции (ВР) является показателем скорости и эффективности психических процессов. Сенсомоторные тесты используются в спорте, профессиональном отборе, оценке мобильности пожилых людей, а также для предсказания успешности в обучении. Сейчас сенсомоторные тесты широко используются для оценки исполнительской функции у детей и взрослых. Результаты тестов с использованием парадигмы stop-go позволяют оценивать тормозный контроль и способствуют лучшему пониманию того, насколько гибко человек способен контролировать свое поведение. Обсуждается возможность сопоставлять данные, полученные в разных условиях: на аналоговой аппаратуре и с помощью программного обеспечения в режиме онлайн. Показано, что данные, полученные в режиме онлайн более надежны, чем считалось ранее. Нейроанатомические основы межиндивидуальной разницы во времени реакции по-прежнему остаются недостаточно изученными. Показана связь между межиндивидуальными различиями ВР и избирательными микроструктурными свойствами трактов белого вещества. Дальнейшие исследования позволят уточнить нейроанатомические и функциональные основы различий в выполнении сенсомоторных тестов. Новые технологии и онлайн-сервисы сделают оценку исполнительных функций доступной большему количеству детей и взрослых. Это особенно актуально для развивающихся стран, где услуги психологов недоступны многим людям. Результаты сенсомоторных тестов важны для разработки тренингов, улучшающих когнитивные функции, и для оценки эффективности таких тренингов.

Ключевые слова: исполнительные функции, дети, успеваемость, тормозный контроль, когнитивная гибкость, время реакции, зрительно-моторные реакции, слухомоторные реакции

Reaction time and cognition: Foreign literature review

V. L. Efimova^{✉1,2}, O. A. Druzhinin³

¹ Herzen State Pedagogical University of Russia, 48 Moika Emb., Saint Petersburg 191186, Russia

² Prognoz Neurology Clinic for Children, Unit 2, 3 Paradnaya Str., Saint Petersburg 191000, Russia

³ Logoprognoz LLC, Unit 2, 3 Paradnaya Str., Saint Petersburg 191000, Russia

Authors

Victoria L. Efimova,
ORCID: [0000-0001-7029-9317](https://orcid.org/0000-0001-7029-9317),
e-mail: prefish@ya.ru

Oleg A. Druzhinin,
ORCID: [0000-0003-3365-4302](https://orcid.org/0000-0003-3365-4302),
e-mail: oleg.a.druzhinin@gmail.com

For citation:

Efimova, V. L., Druzhinin, O. A.
(2023) Reaction time and cognition:
Foreign literature review.
Comprehensive Child Studies, vol. 5,
no. 1, pp. 58–63. <https://doi.org/10.33910/2687-0223-2023-5-1-58-63> EDN RXEPMK

Received 20 January 2023;
reviewed 3 February 2023;
accepted 6 February 2023.

Funding: The study did not receive
any external funding.

Copyright: © V. L. Efimova,
O. A. Druzhinin (2023). Published
by Herzen State Pedagogical
University of Russia. Open access
under CC BY-NC License 4.0.

Abstract. The article is a review of English-language studies of the effectiveness of tests evaluating the time of motor reaction to visual and auditory stimuli. It is shown that reaction time (RT) is an indicator of the speed and effectiveness of cognitive processes. Sensorimotor tests are used in sports, professional selection, assessment of mobility of elderly people, as well as to predict success in learning. Sensorimotor tests are now widely used to assess executive function in children and adults. The results of tests using the stop-go paradigm make it possible to evaluate inhibitory control and contribute to a better understanding of how flexibly a person is able to control his behavior. The possibility of comparing data obtained under different conditions is discussed: using analog equipment and online software solutions. It is shown that the data obtained online is more reliable than previously thought. The neuroanatomical basis of the interindividual difference in reaction time remains insufficiently studied. The relationship between the interindividual differences of RT and the selective microstructural properties of white matter is shown. Further research will clarify the neuroanatomic and functional basis of differences in the performance of sensorimotor tests. New technologies and online services will make the assessment of executive functions available to more children and adults. This is especially relevant for developing countries, where the services of psychologists are not available to many people. The results of sensorimotor tests are important for the development of trainings that improve cognitive functions and for evaluating the effectiveness of such trainings.

Keywords: executive functions, children, academic performance, inhibitory control, cognitive flexibility, reaction time, visual-motor reactions, auditory-motor reactions

Исследования связи времени реакции и когнитивных способностей имеет более чем столетнюю историю. Однако в последние десятилетия интерес к этим простым неинвазивным методам диагностики значительно вырос. Считается, что время реакции является показателем скорости и эффективности психических процессов и является универсальной переменной в науках о поведении. Наиболее востребованными областями, в которых применяются тесты, изучающие время реакции (далее — ВР), являются следующие: спорт, профессиональный отбор, успешность детей в обучении, мобильность и безопасность пожилых людей.

Наибольшее применение изучение ВР нашло в спорте (Badau et al. 2018; Janićijević, Garcia-Ramos 2022; Milic et al. 2019; Rahman, Islam 2021; Reid et al. 2021; Trecroci et al. 2021). Исследователи, обобщая имеющиеся данные о значении сенсомоторных тестов для спорта, пришли к выводу, что наиболее важным недостатком большинства внедренных тестов является их неспецифический характер (то есть стимул

и реакция не напоминают спортивные действия). Поэтому многие авторы предлагают сосредоточиться на разработке тестов, специфичных для каждого вида спорта.

Известно, что существует связь между когнитивными способностями и уровнем мобильности пожилых людей. Тесты, оценивающие время реакции, могут быть использованы для оценки изменений мобильности в результате когнитивной деятельности. Подобные исследования направлены на то, чтобы определить, может ли участие в когнитивной деятельности снижать риск падений у пожилых людей (Cai et al. 2021).

Оценка ВР может быть использована для обеспечения уровня безопасности персонала при выполнении как когнитивной, так и физической работы в различных условиях. Так, в исследовании А. Самад с соавторами оценивалось время реакции на красный и зеленый свет в режиме онлайн при выполнении персоналом работ по обслуживанию воздушных судов в условиях ангара. Установлено, что время

реакции значительно возрастает между испытанием через 1 час работы и через 4 часа (Samad et al. 2021).

Изучалось также время реакции водителей на знаки на скоростных магистралях, полученные результаты использовались для разработки дизайна дорожных знаков — указателей поворота (Deng et al. 2019).

ВР в сенсомоторных тестах также широко используется для изучения исполнительных функций у детей и взрослых. Важной частью исполнительных функций являются тормозный контроль — подавление неуместных действий, которое делает поведение более гибким и адаптивным в постоянно изменяющихся условиях. Парадигма стоп-сигнала становится все более популярной в когнитивной психологии, когнитивной неврологии и психопатологии. Результаты тестов с использованием стоп-сигналов способствуют лучшему пониманию того, как контролируется поведение (Scharfen et al. 2022).

В исследовании, проведенном М. Камерота (Camerota et al. 2020) с соавторами, приняли участие 1015 учащихся начальной школы. Сравнивались показатели психологических тестов, оценивающих исполнительную функцию, и тестов на ВР. В процессе теста ВР дети должны были нажимать на разные кнопки, увидев изображение цветка или сердца. Оценивали точность и скорость реакции. Целью исследования было сравнение показателей психологического теста и теста на ВР. Показатели теста на ВР совпали с показателями традиционных тестов для оценки исполнительных функций.

Связь результатов сенсомоторных тестов с исполнительной функцией у детей показана также в исследовании М. Т. Виллоуби (Willoughby et al. 2019) и соавторов, проведенном в Кении. Интерес к оценке исполнительных функций у детей младшего возраста в странах с низким и средним уровнем дохода заострился из-за отсутствия тестов, которые были бы просты в применении и масштабируемы. В данной работе сообщается о создании набора тестов для оценки исполнительной функции на основе планшетов. Участниками были 193 ребенка в возрасте 3–6 лет, которые посещали центры развития и образования детей раннего возраста в Кении. Учитывалось время простой сенсомоторной реакции, поведение во время тестирования, связанное с вниманием, и возраст детей. Все полученные показатели оказались статистически связанными с качеством исполнительных функций. Результаты исследования могут стать основой для получения надежных и обоснованных показателей, отража-

ющих исполнительные функции, в условиях развивающихся стран (Willoughby et al. 2019).

Сенсомоторные тесты также используются в исследованиях когнитивной гибкости у детей. Для детей дошкольного возраста чаще учитывается точность выполнения задания. В исследованиях школьников показано, что комбинация точности и скорости реакции в сенсомоторных тестах статистически связана с высокой успеваемостью. В лонгитюдном исследовании Е. Дамон с соавторами (Dumont et al. 2022) приняли участие 425 детей, которых обследовали в возрасте 5, 6 и 7 лет. Точность возрастала между 5 и 6 годами, а время реакции уменьшалось между 6 и 7 годами. Кроме того, более высокая точность выполнения теста в 5 лет предсказывала меньшее время реакции в 7 лет. Результаты подтверждают гипотезу о том, что точность и время реакции становятся более эффективными с возрастом, обеспечивая когнитивную гибкость.

В работе Дж. Эпштейн с соавторами (Epstein et al. 2022) время простой сенсомоторной реакции было исследовано у 8916 детей 9–10 лет. Показано, что реакции у мальчиков быстрее и стабильнее, чем у девочек. С помощью предложенной авторами математической модели выявлено, что взаимосвязи между параметрами у детей были такими же, как и у взрослых.

В литературе имеются утверждения о том, что уровень когнитивных навыков у детей связан с уровнем их двигательного развития. Исследование, проведенное в Ирландии О'Хаген с соавторами (O'Hagan et al. 2022), в котором приняли участие 67 детей 7–12 лет, показало, что переключение внимания, время реакции и эмоциональное распознавание связаны с общими функциональными двигательными навыками (локомоторные навыки и поструральная стабильность). Время реакции было связано в большей степени с уровнем развития двигательных навыков. Авторами исследования были сделаны следующие выводы: общие функциональные двигательные навыки могут быть в большей степени связаны со временем реакции, чем с вниманием и пространственной рабочей памятью. Более глубокое понимание влияния функциональных двигательных навыков на когнитивные функции у детей может способствовать разработке наиболее эффективных программ физической активности, которые, в свою очередь, могут обеспечивать целостное развитие ребенка.

Целью исследования Р. Е. Ригал с соавторами (Reigal et al. 2019) был анализ взаимосвязей времени реакции в простых и сложных сенсомоторных

тестов с ежедневной физической активностью и уровнем внимания у детей. Участниками исследования были 119 детей в возрасте от 10 до 12 лет. Группа детей, у которых было больше физической активности в течение недели, продемонстрировала меньшее время реакций в сенсомоторных тестах. Также было показано, что уровень физической активности в большей степени положительно влияет на простые сенсомоторные реакции, тогда как на сложные сенсомоторные реакции влиял не только уровень физической активности, но и уровень внимания, который оценивался с помощью психологических тестов. Показано, что время простой сенсомоторной реакции зависит от еженедельного уровня физической активности: чем выше уровень физической активности, тем меньше время реакции. Более глубокое понимание влияния функциональных двигательных навыков на когнитивные функции у детей может способствовать разработке более эффективных программ физической активности, которые, в свою очередь, могут способствовать целостному развитию ребенка.

Важным является вопрос о стабильности и повторяемости результатов тестов, исследующих ВР и их связи с исполнительной функцией. В исследовании Willoughby и соавторов приняли участие 282 младших школьника. Тестирование времени реакции и исполнительных функций проводилось три раза: осенью, зимой и весной. Показано, что время реакции всегда было связано с качеством исполнительного контроля. Результаты обсуждаются с точки зрения использования времени реакции для оценки качества исполнительного контроля у детей (Willoughby et al. 2020).

Несмотря на очевидную популярность сенсомоторных тестов в различных областях, существует множество проблем, связанных с использованием времени реакции, особенно в дифференциальных исследованиях и исследованиях развития детей.

Традиционно тесты, оценивающие ВР, проводились в лабораториях на специальном оборудовании. Сейчас создан ряд компьютерных программ и онлайн-платформ, позволяющих оценивать ВР.

Как правило, тест на ВР проводится путем представления испытуемому визуального стимула на мониторе компьютера и побуждения отреагировать на стимул (с помощью клавиатуры или компьютерной мыши) как можно быстрее. ВР рассчитывается как интервал между предъявлением стимула и временем, записанным в результате механической реакции.

Однако существует множество задержек, которые возникают как из-за аппаратных средств (компьютерный монитор и мышь), так и из-за программного обеспечения (операционная система). В работе Дж. Холден с соавторами (Holden et al. 2019) были смоделированы задержки, возникающие на различных устройствах: визуальный или тактильный стимул вызывал движение механического преобразователя, реагирующего на периферийное устройство компьютера или специальное устройство. Результаты исследований показывают, что некоторые из часто используемых визуальных задач на компьютерах потребительского класса могут приводить к значительным ошибкам при тестировании ВР и что для минимизации ошибок тестирования необходимо специальное оборудование, предназначенное для задачи времени реакции.

Обсуждается также влияние на результаты сенсомоторных тестов предыдущих знаний. Например, знание того, что означают цвета светофора, может влиять на время реакции на цветовые стимулы. Исследование Т. Хориунчи с соавторами (Hoginouchi et al. 2022) проводилось в связи с тем, что людей с деменцией и последствиями инсульта часто тренируют на компьютерном симуляторе вождения. Было показано, что цветовых сигналов, подаваемых с жидкокристаллического монитора, было недостаточно, чтобы вызвать восприятие светофоров. Светодиоды подошли в большей степени. Это исследование демонстрирует, что разница в способах представления визуальной информации (светодиод и монитор) может влиять на уровень восприятия объекта и, следовательно, на влияние предварительных знаний на поведенческие реакции.

В литературе обсуждается возможность сопоставлять данные, полученные в разных условиях. В последние годы было разработано программное обеспечение, способное собирать точные данные о ВР в режиме онлайн (см., например: PsyToolkit (Stoet 2010); PsychoPy (Peirce et al. 2019); Gorilla (Anwyl-Irvine et al. 2019)).

Несмотря на распространенность программного обеспечения, специально разработанного для сбора данных о ВР в режиме онлайн, и растущую популярность сбора данных через интернет, сохраняется определенная осторожность в отношении онлайн-исследований ВР. Однако исследования (Barnhoorn et al. 2015; de Leeuw, Motz 2016; Hilbig 2016) показывают, что данные о времени реакции в режиме онлайн, возможно, более надежны, чем считалось ранее.

Известно, что скорость двигательной реакции на внешний стимул существенно различается у разных людей и замедляется с возрастом. Однако нейроанатомические истоки межиндивидуальной изменчивости времени реакции остаются неясными. В работе Е. Карахан с соавторами (Karahana et al. 2019) объединены данные сенсомоторных тестов и результатов диффузионно-взвешенной МРТ (DWI), чтобы охарактеризовать взаимосвязь между временем реакции, микроструктурой кортикоспинального тракта (CST), первичным моторным выходом и зрительными входными путями, связанными со зрительно-моторными реакциями. Показана связь между межиндивидуальными различиями в ВР и избирательными микроструктурными свойствами трактов белого вещества (Lee et al. 2021).

Выводы

Изучение времени реакций по-прежнему остается актуальным. Дальнейшие исследования помогут прояснить нейроанатомические и функциональные истоки индивидуальных различий в показателях тестов. Новые технологии позволят сделать этот аппаратный неинвазивный вариант когнитивного тестирования доступным большому количеству детей и взрослых во всем мире.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии потенциального или явного конфликта интересов.

Conflict of Interest

The authors declare that there is no conflict of interest, either existing or potential.

Вклад авторов

В. Л. Ефимова — разработка концепции, методологии, поиск и описание литературы, структурирование и доработка рукописи.

О. А. Дружинин — поиск литературы, структурирование и доработка рукописи.

Author Contributions

V. L. Efimova— development of the concept and methodology of the study; literature search and description; structuring and revision of the manuscript.

O. A. Druzhinin— literature search; structuring and revision of the manuscript.

References

- Anwyl-Irvine, A. L., Massonnié, J., Flitton, A. et al. (2020) Gorilla in our midst: An online behavioral experiment builder. *Behavior Research Methods*, vol. 52, pp. 388–407. <https://doi.org/10.3758/s13428-019-01237-x> (In English)
- Badau, D., Baydil, B., Badau, A. (2018) Differences among three measures of reaction time based on hand laterality in individual sports. *Sports*, vol. 6, no. 2, article 45. <https://doi.org/10.3390/sports6020045> (In English)
- Barnhoorn, J. S., Haasnoot, E., Bocanegra, B. R., van Steenbergen, H. (2015) QRTEngine: An easy solution for running online reaction time experiments using Qualtrics. *Behavior Research Methods*, vol. 47, pp. 918–929. <https://doi.org/10.3758/s13428-014-0530-7> (In English)
- Cai, Y., Hausdorff, J. M., Bean, J. F. et al. (2021) Participation in cognitive activities is associated with foot reaction time and gait speed in older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, vol. 33, no. 12, pp. 3191–3198. <https://doi.org/10.1007/s40520-020-01583-3> (In English)
- Camerota, M., Willoughby, M. T., Magnus, B. E., Blair, C. B. (2020) Leveraging item accuracy and reaction time to improve measurement of child executive function ability. *Psychological Assessment*, vol. 32, no. 12, pp. 1118–1132. <https://doi.org/10.1037/pas0000953> (In English)
- De Leeuw, J. R., Motz, B. A. (2016) Psychophysics in a Web browser? Comparing response times collected with JavaScript and Psychophysics Toolbox in a visual search task. *Behavior Research Methods*, vol. 48. [Online]. URL: <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0567-2> (accessed 11.02.2023). (In English)
- Deng, C., Cao, S., Wu, C., Lyu, N. (2019) Predicting drivers' direction sign reading reaction time using an integrated cognitive architecture. *IET Intelligent Transport Systems*, vol. 13, no. 4, pp. 622–627. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2018.5160> (In English)
- Dumont, É., Castellanos-Ryan, N., Parent, S. et al. (2022) Transactional longitudinal relations between accuracy and reaction time on a measure of cognitive flexibility at 5, 6, and 7 years of age. *Developmental Science*, vol. 25, no. 5, article e13254. <https://doi.org/10.1111/desc.13254> (In English)
- Epstein, J. N., Karalunas, S. L., Tamm, L. et al. (2022) Examining reaction time variability on the stop-signal task in the ABCD study. *Journal of the International Neuropsychological Society*. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.1017/S1355617722000431> (accessed 11.02.2023). (In English)

- Hilbig, B. E. (2016) Reaction time effects in lab-versus Web-based research: Experimental evidence. *Behavior Research Methods*, vol. 48, no. 4, pp. 1718–1724. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0678-9> (In English)
- Holden, J., Francisco, E., Lensch, R. et al. (2019) Accuracy of different modalities of reaction time testing: Implications for online cognitive assessment tools. *bioRxiv*. [Online]. Available at: <https://doi.org/10.1101/726364> (accessed 11.02.2023). (In English)
- Horinouchi, T., Watanabe, T., Matsumoto, T. et al. (2022) The effect of prior knowledge of color on reaction time depends on visual modality. *Heliyon*, vol. 8, no. 5, article e09469. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09469> (In English)
- Janicijevic, D., Garcia-Ramos, A. (2022) Feasibility of volitional reaction time tests in athletes: A systematic review. *Motor Control*, vol. 26, no. 2, pp. 291–314. <https://doi.org/10.1123/mc.2021-0139> (In English)
- Karahan, E., Costigan, A. G., Graham, K. S. et al. (2019) Cognitive and white-matter compartment models reveal selective relations between corticospinal tract microstructure and simple reaction time. *The Journal of neuroscience*, vol. 39, no. 30, pp. 5910–5921. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.2954-18.2019> (In English)
- Lee, J. H., Lee, T. L., Kang, N. (2021) Transcranial direct current stimulation decreased cognition-related reaction time in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, vol. 70, article 101377. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2021.101377> (In English)
- Milic, M., Nedeljkovic, A., Cuk, I. et al. (2019). Comparison of reaction time between beginners and experienced fencers during quasi-realistic fencing situations. *European Journal of Sport Science*, vol. 20, no. 7, pp. 896–905. <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1671498> (In English)
- O'Hagan, A. D., Behan, S., Peers, C. et al. (2022) Do our movement skills impact our cognitive skills? Exploring the relationship between cognitive function and fundamental movement skills in primary school children. *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 25, no. 11, pp. 871–877. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2022.08.001> (In English)
- Peirce, J., Gray, J. R., Simpson, S. et al. (2019) PsychoPy2: Experiments in behavior made easy. *Behavior Research Methods*, vol. 51, no. 1, pp. 195–203. <https://doi.org/10.3758/s13428-018-01193-y> (In English)
- Rahman, H., Islam, M. S. (2021) Investigation of audio-visual simple reaction time of university athletes and non-athletes. *Journal of Advances in Sports and Physical Education*, vol. 4, no. 3, pp. 24–29. <http://doi.org/10.36348/jaspe.2021.v04i03.002> (In English)
- Reid, B., Schreiber, K., Shawhan, J. et al. (2020) Reaction time assessment for coaching defensive players in NCAA division 1 American football: A comprehensive literature review. *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 77, article 102942. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.102942> (In English)
- Reigal, R. E., Barrero, S., Martín, I. et al. (2019) Relationships between reaction time, selective attention, physical activity, and physical fitness in children. *Frontiers in Psychology*, vol. 10, article 2278. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.02278> (In English)
- Samad, A. G. A., Azizan, M. A., Khairuddin, H., Johari, M. K. (2022) Significance of aircraft maintenance personnel's reaction time during physical workload and mental workload. In: *Human-centered technology for a better tomorrow. Lecture notes in mechanical engineering*. Singapore: Springer Publ., pp. 637–643. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4115-2_52 (In English)
- Scharfen, H.-E., Lehmann, T., Büchel, D., Baumeister, J. (2022) Cortical responses to sport-specific stimuli in a standing stop signal task. *Psychology of Sport and Exercise*, vol. 63, article 102250. <https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2022.102250> (In English)
- Stoet, G. (2010) PsyToolkit: A software package for programming psychological experiments using Linux. *Behavior Research Methods*, vol. 42, no. 4, pp. 1096–1104. <https://doi.org/10.3758/BRM.42.4.1096> (In English)
- Trecroci, A., Duca, M., Cavaggioni, L. et al. (2021) Relationship between cognitive functions and sport-specific physical performance in youth volleyball players. *Brain Sciences*, vol. 11, no. 2, article 227. <https://doi.org/10.3390/brainsci11020227> (In English)
- Willoughby, M., Hong, Y., Hudson, K., Wylie, A. (2020) Between- and within-person contributions of simple reaction time to executive function skills in early childhood. *Journal of Experimental Child Psychology*, vol. 192, article 104779. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104779> (In English)
- Willoughby, M. T., Piper, B., Kwayumba, D., McCune, M. (2019) Measuring executive function skills in young children in Kenya. *Child Neuropsychology*, vol. 25, no. 4, pp. 425–444. <https://doi.org/10.1080/09297049.2018.1486395> (In English)