

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СУТОЧНЫХ КОЛЕБАНИЙ СКОРОСТИ СЛОЖНОЙ ЗРИТЕЛЬНО-МОТОРНОЙ РЕАКЦИИ

В статье представлены результаты исследований суточных колебаний времени сложной зрительно – моторной реакции на красный, зеленый и синий цвет по специальной программе. Показано, что в период бодрствования человека, с утра до полуночи, достоверных изменений скорости зрительно – моторной реакции не отмечается, что свидетельствует об относительной суточной стабильности активности нервной системы при исключении воздействия сильных факторов внешней и внутренней среды.

**Ключевые слова:** цветовая кампиметрия, суточные колебания, скорость зрительно-моторной реакции, корреляционная зависимость, регрессионный анализ.

Одной из актуальных проблем неврологии, психологии и медицины является проблема диагностики отклонений в психическом и интеллектуальном развитии, выявление патологий сенсорных систем и определения потенциальных возможностей людей с такими расстройствами для последующей коррекции их когнитивных функций. Особая роль в организации психической деятельности отводится сенсомоторной интеграции, лежащей в основе многих психических и поведенческих процессов, включая наиболее сложные познавательные и творческие процессы. Изучение особенностей сенсорной и моторной интеграции выступает в качестве диагностического критерия при определении выраженности дефекта, психологическом и социологическом моделировании, а также в специальном профессиональном дифференцировании. Установлено, что одной из важнейших сенсорных систем организма человека является зрительная система. Так, около 80% всей поступающей информации о внешнем мире воспринимается именно этой системой. Поэтому изучение процессов, протекающих на разных уровнях в зрительной системе, а также пути интеграции зрительной системы с другими системами организма, то есть в целом активности нервной системы, является весьма актуальным. Несомненно, важным вопросом является степень принадлежности изменения активности нервной системы к циркадным ритмическим процессам. Поскольку в основе, как самых простых рефлекторных действий, так и самого сложного поведения лежат сходные структуры и процессы – очевидно, что изменение активности нервной системы влияет как на функциональное состояние, так и на поведенческие реакции всего организма в целом.

В связи с этим, целью настоящей работы было исследование суточной динамики скорости сложной зрительно-моторной реакции как индикатора лабильности нервной системы.

Для исследований нами была разработана оригинальная компьютерная тест-программа "Триколор", позволяющая определять скорость сложной зрительно-моторной реакции людей разных возрастных групп с различными психолого-физиологическими особенностями [1]. В основу разработки положен широко распространенный в данной области исследований метод цветовой кампиметрии [2, 3].

В классическом варианте проведения теста "Триколор" испытуемый удобно садится перед монитором компьютера, устраняются отвлекающие и мешающие ходу тестирования факторы, и после предварительной подготовки испытуемый начинает тестирование нажатием на любую клавишу клавиатуры, как показано на рисунке 1.

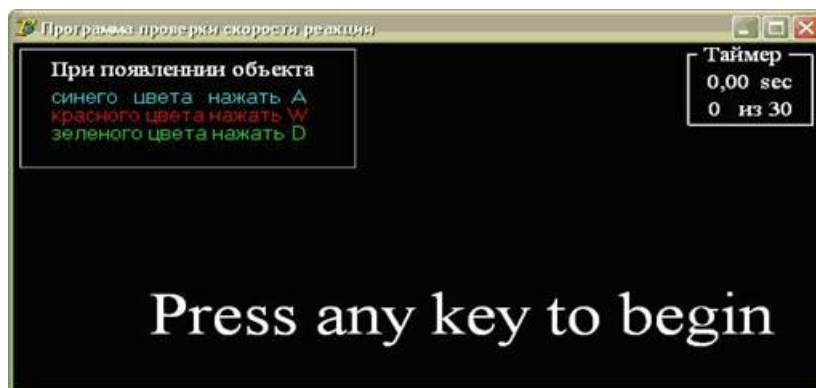


Рис. 1. Стартовое окно программы зрительно-моторного тестирования "Триколор"

Суть метода заключается в следующем: на черном экране монитора в разных местах в случайной последовательности генерируются стимулы трех основных цветов спектра – красного, зеленого и синего. Испытуемый должен в максимально короткое время распознать цвет появившегося стимула и нажать соответствующую этому цвету клавишу: для красного цвета – клавиша "W", для зеленого – "D", для синего – "A". Если в ходе тестирования будет нажата клавиша, не соответствующая предъявляемому цвету стимула, – в окне программы выводится сообщение об ошибке. Скорость сложной зрительно-моторной реакции оценивается по времени фиксации испытуемыми тестовых стимулов. После фиксации 30 стимулов появляется окно результатов, в котором в виде таблицы регистрируется номер стимула, его цвет и время зрительно-моторной реакции, как показано на рисунке 2.

1	зелёный	0,53
2	красный	0,51
3	синий	0,47
4	зелёный	0,48
5	синий	0,68
6	зелёный	0,55
7	красный	0,6
8	зелёный	ERROR
9	синий	ERROR
10	зелёный	0,85
11	красный	0,43
12	синий	ERROR
13	зелёный	ERROR
14	красный	0,74
15	синий	0,65
16	красный	0,55
17	зелёный	0,72
18	красный	0,55
19	синий	0,59
20	зелёный	0,61
21	синий	1,03
22	зелёный	ERROR
23	синий	ERROR
24	красный	0,67
25	синий	0,51
26	красный	0,74
27	синий	0,87
28	красный	0,58
29	зелёный	0,8
30	синий	0,5

Среднее значение: 0,635333333    сохранить

красный · 0,596666666666667    зелёный · 0,648571428571429    синий · 0,6625

Рис. 2. Окно результатов, полученных при тестировании

Если при появлении стимула испытуемым была нажата клавиша, не соответствующая цвету предъявляемого стимула, в таблице напротив номера этого

стимула и его цвета выводится слово ERROR, указывающее на неверное нажатие клавиши. Программа автоматически подсчитывает среднее арифметическое числовых величин времени сложной зрительно-моторной реакции для каждого цвета и выводит эти величины на экран, при расчете не учитывая ошибочные нажатия [1].

Важным для данных исследований был выбор возрастной группы, внутри которой связанные с возрастом колебания сложной зрительно-моторной реакции были бы минимальны. Известно, что в возрасте до 20 лет наблюдаются возрастные прогрессивные изменения данного показателя. Эта тенденция объясняется еще не закончившимся формированием зрительной и нервной системы. Со стороны зрительной системы это обусловлено ростом плазного яблока, изменением формы и реакции зрачка, параметрами аккомодации, остроты зрения. Эти ростовые процессы заканчиваются к 12-13 годам. Однако формирование пространственного и цветного зрения, световой чувствительности сетчатки продолжается до 14-17 лет. Зависимость сложной зрительно-моторной реакции велика и от степени развития нервной системы. Высшие зрительные центры и интеграционно-ассоциативные зоны головного мозга окончательно формируются к 17-18 годам. С другой стороны, после 30-35 лет наблюдаются обратные дегенеративные процессы: разбалансировка аккомодационной системы глаза, что приводит к дефектам зрения, отмирание нейронов и уменьшение плотности интеграции, замедление физиологических процессов, микротравмы и др. [4-6].

Таким образом, высшим уровнем развития организма и наибольшим постоянством активности всех физиологических, нервных, психических и прочих процессов, характеризуется период с 20 до 30 лет. В наших исследованиях для получения более точного и объективного результата была взята еще более узкая возрастная группа людей – от 21 до 24 лет.

Измерение времени сложной зрительно-моторной реакции проводилось в период бодрствующей активности, то есть во временном промежутке с 8 утра до 24 часов ночи, ежедневно и в течение одного дня. Измерение в ночные часы не проводилось ввиду очевидной проблематичности и отсутствия острой необходимости, так как любые суточные колебания носят ярко выраженный и растянутый во времени характер и в любом случае были бы замечены. К тому же проведение ночных измерений не позволило бы объективно выяснить, является ли колебания активности нервной системы в ночные часы суточным ритмом или же это связано с усталостью и длительным отсутствием сна. Процесс тестирования состоял из нескольких этапов. Предварительная подготовка включала в себя проведение нескольких пробных тестирований с целью выработки зрительно-моторного навыка, а также для определения времени реакции, характерной для данного испытуемого – это было сделано для последующей проверки и соотнесения данных, полученных испытуемыми. Инструктаж по выполнению тестирования содержал полные сведения о методике и указания особенностей хода тестирования. Например, в день тестирования необходимо было ограничить себя от нервного, умственного и физического напряжения, то есть исключить спортивные мероприятия, решение сложных задач, работы на компьютере и т.д. Если тест прерывался на несколько часов или возникала какая-либо стрессовая ситуация в день тестирования – полученные результаты не учитывались, а само тестирование переносилось на другой день. Это обеспечивало исключение случайного влияния сильных внутренних и внешних раздражителей на активность нервной системы. Так как находиться весь период тестирования рядом с испытуемым было практически невозможно, данное исследование носило дистанционный характер – испытуемый сам проводил тестирование и передавал полученные результаты для дальнейшего анализа. Для объективности результатов полученные данные сравнивались с показателями, полученными ранее, чтобы исключить фальсификацию данных или грубые ошибки в процессе тестирования. Исходное количество испытуемых составляло 60 человек, однако в полном соответствии с методикой тестирования прошли 25 испытуемых, данные которые легли в основу дальнейшего анализа.

Результаты, полученные в ходе исследований, распределялись для красного, зеленого и синего цветов отдельно. Первым этапом анализа была оценка репрезентативности. Для этого был применен метод интервалов. В этом случае стандартным является интервал со степенью значимости 0,95. Полученные нами средние значения должны входить в рассчитанный интервал с учетом как положительной, так и отрицательной стандартной ошибки среднего арифметического (интервал среднего арифметического  $\pm$  коэффициент репрезентативности должен включать в себя интервал среднего арифметического  $\pm$  стандартная ошибка) – только в этом случае значения являются достоверными. Данные расчеты проводились для каждого среднего арифметического на каждый час для всех трех цветов. Ни одно значение среднего арифметического с учетом стандартной ошибки не вышло за пределы стандартного интервала со степенью значимости 0,95 – что убедительно указывает на репрезентативность и достоверность выборки, несмотря на относительно небольшое количество испытуемых.

После доказательства представительности выборки были построены графики по средним значениям на каждый час для красного, зеленого и синего цветов (рис. 3 - 5).

На графиках на оси абсцисс отражена периодичность измерения СЗМР с 8 утра до 24 часов ночи, на оси ординат – время реакции на стимул в виде среднего значения, полученного испытуемыми. Черными вертикальными отрезками для каждого среднего арифметического обозначены стандартные отклонения, указывающие на теоретически возможную степень отклонения данных от среднего значения, иными словами теоретическую вариабельность. Смысловое значение области, ограниченной светлыми прерывистыми линиями, будет дано ниже по тексту.

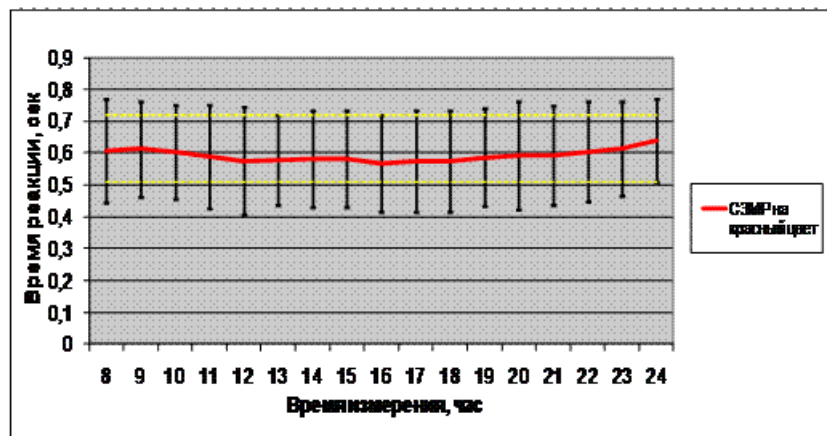


Рис. 3. Изменение скорости сложной зрительно-моторной реакции на красный цвет в период бодрствующей активности

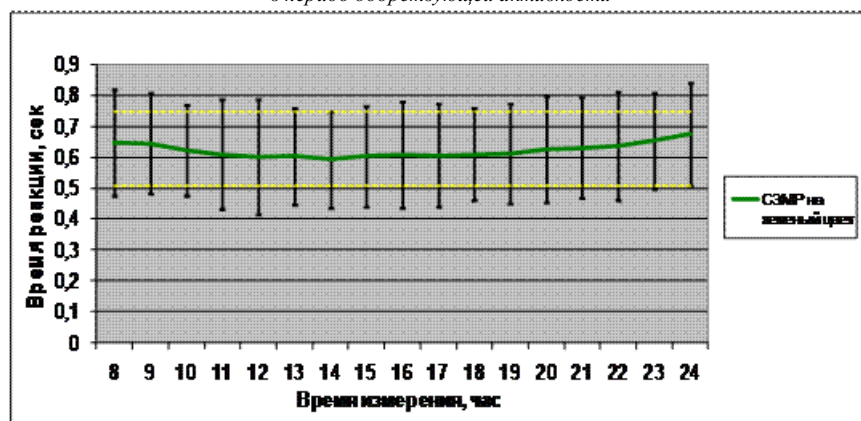


Рис. 4. Изменение скорости сложной зрительно-моторной реакции на зеленый цвет в период бодрствующей активности

С целью определения наличия или отсутствия суточной динамики скорости сложной зрительно-моторной реакции были применены следующие методы: метод сравнительной оценки стандартных отклонений, корреляционный и регрессионный анализ. Такой набор из нескольких статистических методов, примененных в комплексе, позволяет получить достоверный результат, так как применение единичного метода в подобных исследованиях не может объективно указывать на наличие или отсутствие суточных колебаний данного показателя.

На рисунках видно, что все значения стандартных отклонений в значительной степени перекрываются. Образуется область, в которую, так или иначе, входит каждое стандартное отклонение полученных средних арифметических значений. Образуется область "наибольшей плотности" значений стандартных отклонений, которая ограничена на рисунках прерывистыми светлыми линиями в интервале примерно от 0,5 до 0,75 с. Абсолютно все полученные нами показатели колеблются в этой области, что указывает на статистически случайный характер колебаний, так как в этой области допускается случайная вариация признака.

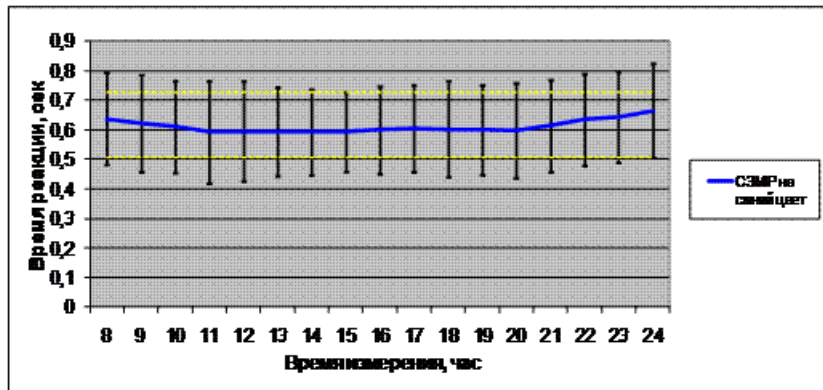


Рис. 5. Изменение скорости сложной зрительно-моторной реакции на синий цвет в период бодрствующей активности

Коэффициент корреляции, указывающий на связь момента времени измерения и показателя времени реакции, составил примерно 0,254 для красного, 0,347 для зеленого и 0,386 для синего цвета, что указывает на вероятностную и весьма слабую тенденцию к прямой связи. О достоверной и четко прослеживаемой корреляционной зависимости можно говорить в тех случаях, когда коэффициент корреляции превышает 0,5. Если значение коэффициента корреляции меньше этого показателя, то корреляция может носить случайный характер и должна проверяться дополнительными методами оценки – регрессионным анализом, построением графиков с аппроксимирующей кривой, коэффициентом достоверности Фишера и т.д.

Нами был проведен полный регрессионный анализ. Коэффициент детерминации, указывающий на степень влияния одного показателя на другой, составил 0,0646 для красного, 0,120 для зеленого и 0,149 для синего цвета, что в целом указывает на весьма слабую зависимость и отсутствие влияния времени измерения на полученные показатели.

Для наглядного изображения отсутствия регрессионной зависимости были построены регрессионные графики с аппроксимирующей кривой (рис. 6-8).

На графиках точками представлены показатели времени сложной зрительно-моторной реакции. Линия тренда является линией тенденции или направленности полученных нами данных.

Важным фактом здесь является расположение линии тренда. Она ориентируется на графике таким образом, чтобы одновременно все значения, полученные нами, были расположены к ней максимально близко.

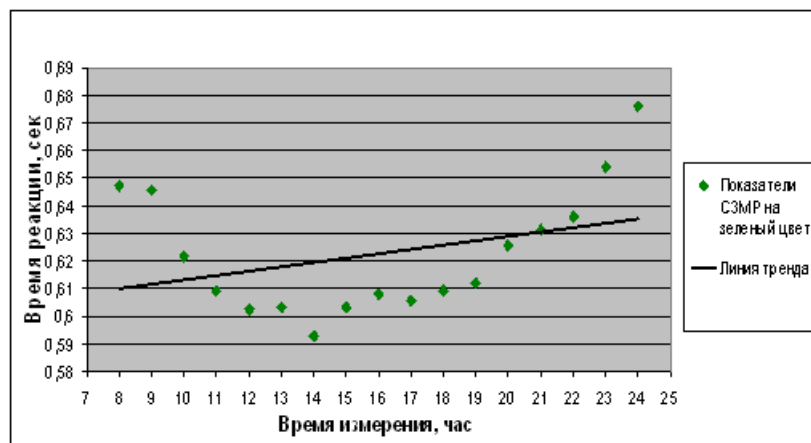


Рис. 6. Регрессионный график показателей сложной зрительно-моторной реакции на красный цвет

Соответственно, при высокой степени зависимости и взаимного влияния, показатели лежат либо вблизи, либо прямо на аппроксимирующей кривой.

При отсутствии выраженной зависимости и влияния – показатели значительно удалены от аппроксимирующей кривой, что мы и можем видеть на представленных рисунках.

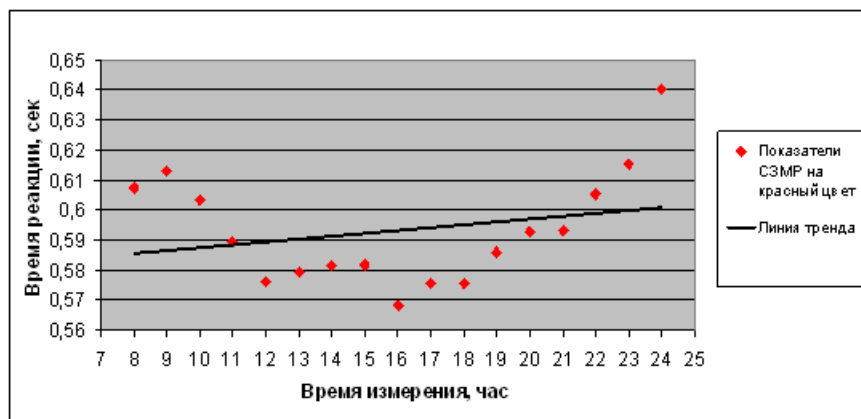


Рис. 7. Регрессионный график показателей сложной зрительно-моторной реакции на зеленый цвет

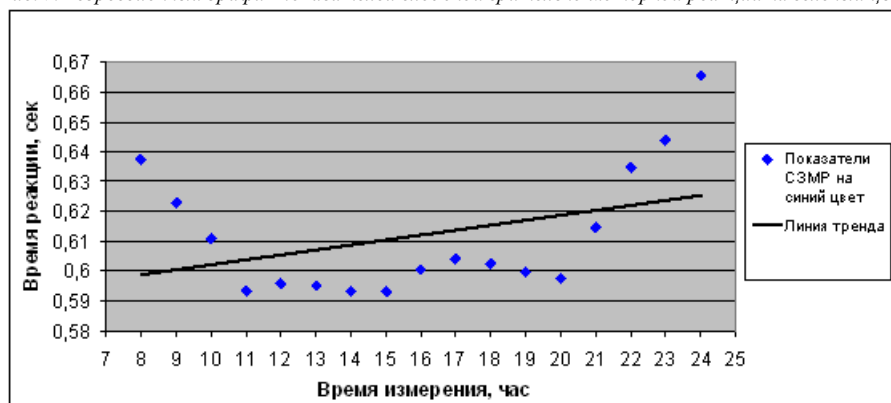


Рис. 8. Регрессионный график показателей сложной зрительно-моторной реакции на синий цвет

Таким образом, на основании проведенного анализа можно достаточно убедительно говорить об отсутствии достоверной динамики скорости сложной зрительно-моторной реакции в период бодрствующей активности. Скорость сложной зрительно-моторной реакции является врожденной и относительно постоянной величиной, которая крайне мало изменяется при отсутствии сильных внутренних и внешних раздражителей. Показатель сложной зрительно-моторной реакции в свою очередь указывает на относительно постоянный суточный уровень активности нервной системы в отсутствии серьезных внешних и внутренних раздражителей. Показатель скорости сложной зрительно-моторной реакции уникален для каждого человека и теоретически может быть связан с типами ВНД и темпераментом.

Полученные результаты исследований могут быть использованы в диагностических целях при оценке эффективности коррекционно-развивающих и реабилитационно-восстановительных мероприятий. Также результаты могут быть полезны в качестве критерия профессионального дифференцирования или в различных физиологических, психологических и социологических исследованиях.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бондаренко П.И. Тестирование скорости сложной зрительно-моторной реакции: программа "Триколор" / П.И. Бондаренко, А.Л. Чеховский // *Фундаментальные науки и практика*. – Томск: "Крокус", 2010. – С. 63-64.
2. Бойко Е.И. *Время реакции человека* / Е.И. Бойко. – М.: Медицина, 1984. – 440 с.
3. Тарасова А.Ф. Исследование времени простой и сложной зрительно-моторной реакции учащихся / А.Ф. Тарасова, Н.В. Селиверстова, Л.В. Жданкина // *Физиология и психофизиология мотиваций: Межрегиональный сборник научных работ*. – Вып. 28. – Воронеж: ВГУ, 2000. – С. 52-54.
4. Ноздрачев А.Д. *Общий курс физиологии человека и животных* / А.Д. Ноздрачев, И.А. Баранникова, А.С. Батуев и др. / [учеб. в 2 т.]. – М.: Высшая школа, 1991. – Т. 1: Физиология нервной мышечной и сенсорной систем. – 512 с.
5. Хрипкова А.Г. *Возрастная физиология и школьная гигиена* / А.Г. Хрипкова, М.В. Антропова, Д.А. Фарбер. – М.: Просвещение, 1990. – 319 с.
6. Ермолаев Ю.А. *Возрастная физиология: учебное пособие для студентов вузов* / Ю.А. Ермолаев. – М.: Высшая школа, 1985. – 384 с.

Подано до редакції 17.06.11