

КОНФЕРЕНЦИЯ
«КОГНИТИВНАЯ НАУКА
В МОСКВЕ: НОВЫЕ
ИССЛЕДОВАНИЯ»

16 ИЮНЯ 2011 г.

ТЕЗИСЫ



Под ред. Е.В. Печенковой, М.В. Фаликман

ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ ТРАЕКТОРИИ ДВИЖЕНИЯ, ЗАДАННОЙ ЗРИТЕЛЬНЫМ ОБРАЗЦОМ: ЗАВИСИМОСТЬ ОТ СПОСОБА ПРЕДЪЯВЛЕНИЯ И СЛОЖНОСТИ ТРАЕКТОРИИ

А.А. Корнеев(*¹), А.В.Курганский(²)

korneeff@gmail.com, akurg@yandex.ru

1 — Факультет психологии МГУ, 2 — Институт возрастной физиологии

Одним из фундаментальных вопросов когнитивной науки о движении является вопрос о том, в какой форме сохраняется в рабочей памяти внутренняя репрезентация движения (Abrahamse et al., 2010; Glover, 2004; Wilson, 2001). Внутренняя репрезентация движения строится на основе информации, доставляемой восприятием. Эта информация может быть представлена в виде статического зрительного образа (буква, которую надо написать), динамического образа движения (жест, который следует повторить), а также в виде сочетания того и другого. Возникает вопрос, зависит ли характер внутренней репрезентации от того, на основе какой перцептивной информации – статической или динамической – она была сформирована?

Для ответа на этот вопрос нами было выполнено экспериментальное исследование, в котором испытуемым предлагалось запоминать на короткое время и воспроизводить траектории разной сложности в условиях, когда эти траектории предъявлялись либо статически (рисунок), либо динамически (как движущийся объект).

Методика эксперимента. В эксперименте участвовали 16 праворуких (по самоотчету) взрослых испытуемых (20 – 45 лет) с нормальным или корригированным зрением. Задача испытуемого состояла в том, чтобы запоминать предъявляемые на экране монитора плоские траектории разной сложности и воспроизводить их на графическом планшете. Испытуемых просили начинать движение как можно быстрее после разрешающего сигнала (короткий гудок) и выполнять его возможно быстро, не ухудшая качества воспроизведения и не исправляя ошибок, если они допущены.

Траектории представляли собой ломаные линии, состоящие из горизонтальных и вертикальных отрезков, и поэтому их можно рассматривать как серии простейших движений вдоль отрезков прямой линии. Всего использовалось 22 различных траектории, которые содержали от 3 до 6 сегментов (рис.1А). Из них 2 траектории состояли из 3 сегментов, 4 траектории состояли из 4-х сегментов, 8 траекторий состояли из 5 сегментов и

8 траекторий состояли из 6 сегментов. Движения записывались с помощью графического планшета (Wacom Intous3), который позволял регистрировать зависимости от времени горизонтальной (x), вертикальной (y) координат кончика электронного пера и давления (1024 градаций) с частотой 100 Гц при пространственном разрешении 200 линий на мм. Сессия эксперимента состояла из 3 блоков по 32 пробы в каждом (всего 96 проб). Проба включала предъявление траектории, паузу в 1 с, в течение которой испытуемый удерживал траекторию в рабочей памяти, и воспроизведение траектории после подачи звукового императивного сигнала (рис. 1В).

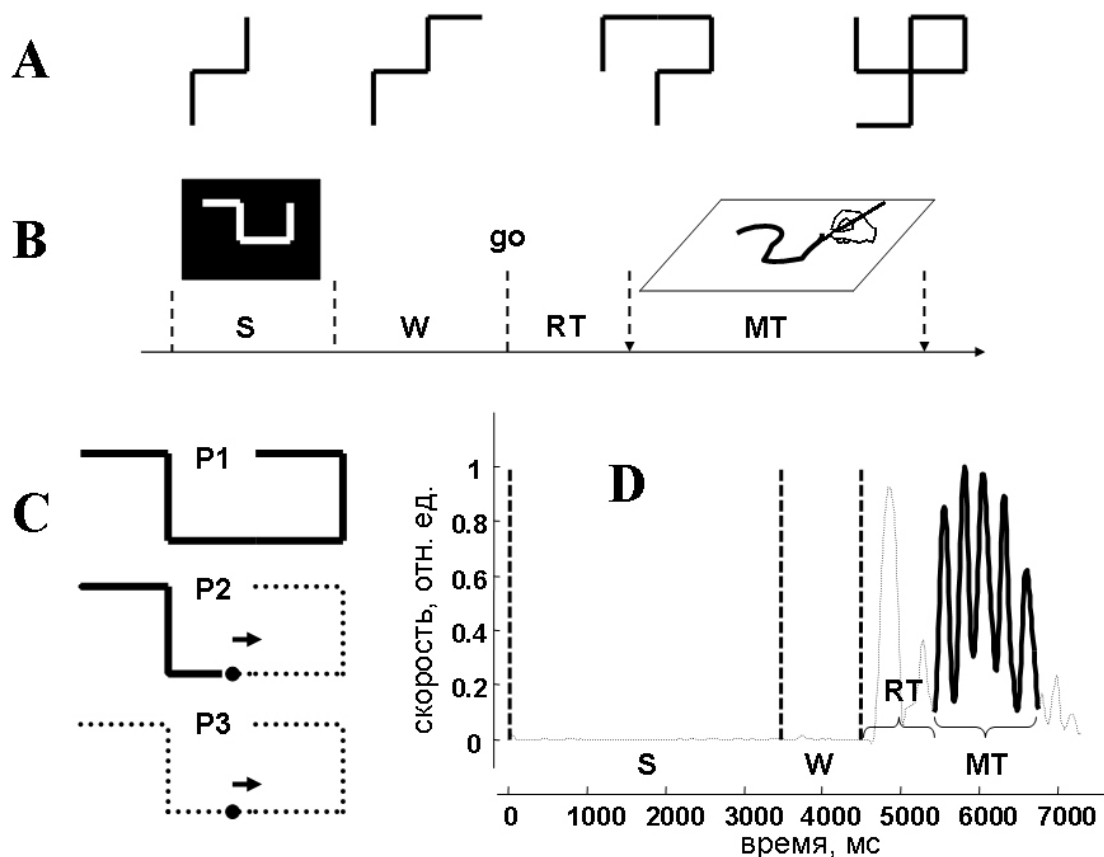


Рис.1. Методика эксперимента. А – примеры траекторий; В – структура пробы: S – предъявление траектории, W – пауза, Go – императивный сигнал, RT – время реакции, MT – продолжительность движения. С – три способа предъявления траектории: в виде рисунка (P1), в виде рисунка, возникающего в результате движения рабочей точки (P2) и в виде движения рабочей точки, не оставляющей следа (P3); D – пример зависимости тангенциальной скорости от времени на разных этапах пробы (S, W, RT и MT). Сплошная линия соответствует последовательности движений вдоль сегментов ломаной траектории.

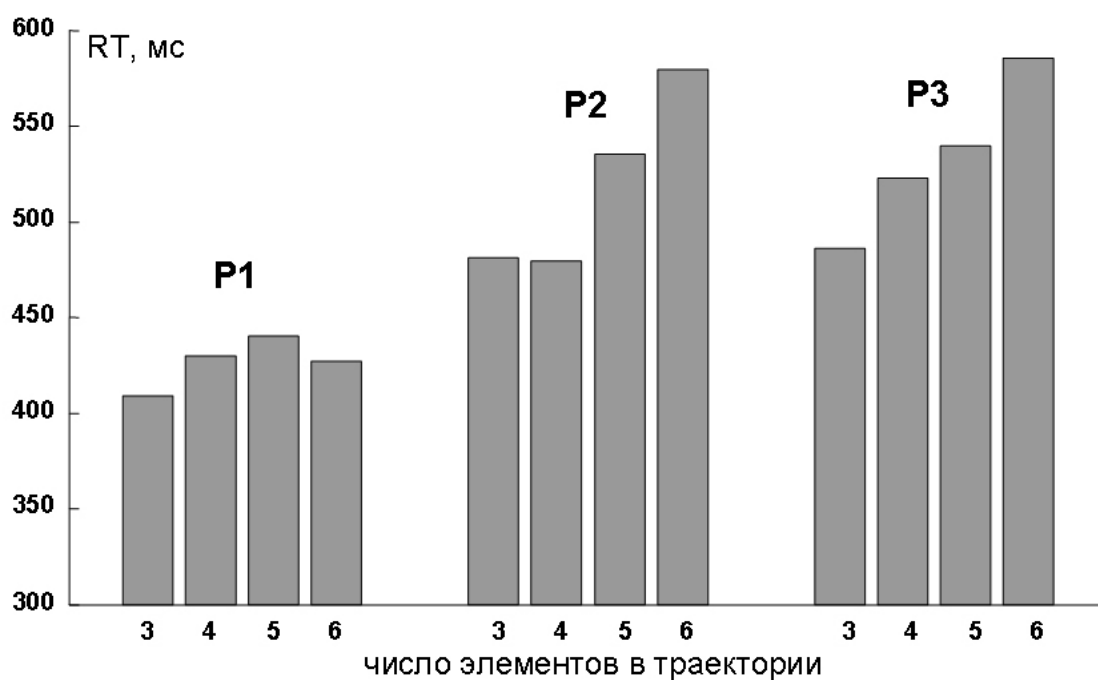


Рис.2. Зависимость RT от числа сегментов в траектории (3 – 6) для трех способов ее предъявления (P1, P2 и P3).

В каждом из блоков траектории с различным числом сегментов (3,4,5 и 6) были показаны по 8 раз. Таким образом, траектории с тремя сегментами повторялись, каждая по 4 раза, однако они различались ориентацией в пространстве: в каждом из 4 предъявлений фигура поворачивалась на 90 градусов. Аналогично, фигуры из 4 элементов предъявлялись каждая по 2 раза, второй раз она была повернута на 90 градусов. В пределах блока различные траектории предъявлялись в псевдослучайном порядке. Три блока выполнялись в фиксированном порядке и отличались между собой способом предъявления траектории (рис. 1С): в первом блоке траектория показывалась сразу целиком как статический рисунок (P1); во втором блоке траектория возникала как след движущейся точки (P2), имитирующей движение кончика карандаша при выполнении такого движения человеком; наконец, в третьем блоке показывалось только движение точки, но не показывался ее след (P3).

В работе анализировались две величины: время реакции RT, определяемое как разность моментов времени начала движения (соответствует появлению давления пера на планшет) и момента подачи императивного сигнала, и величина MT_1 – средняя длительность движения вдоль сегмента ломаной траектории (рис. 1D).

Результаты. Испытуемые правильно воспроизводили траектории в подавляющем большинстве проб. Средняя частота ошибочных воспроиз-

ведений траекторий в режимах предъявления P1, P2 и P3 составила, соответственно, 2.2%, 1 % и 4,6% проб. В виду малой частоты ошибок их статистический анализ не проводился.

Время реакции (RT) и время движения (MT_1) анализировались с помощью многомерного дисперсионного анализа (GLM, multivariate), в котором исследовалось влияние двух внутрииндивидуальных факторов: способа предъявления P (P1, P2, P3) и числа сегментов N (3, 4, 5, 6). Этот анализ показал наличие значимого главного эффекта фактора P для обоих показателей RT ($F(2,14) = 9.819$, $p = 0.002$) и MT_1 ($F(2,14) = 5.534$, $p = 0.017$) и тенденции влияния фактора N на RT ($F(3,13) = 3.057$, $p = 0.066$) и MT_1 ($F(3,13) = 3.355$, $p = 0.052$). В случае RT значимым оказалось также взаимодействие $P \times N$ ($F(6,10) = 3.676$, $p = 0.034$). Дальнейший анализ показал, что RT при способах предъявления P2 и P3 не отличались значимо друг от друга (518.9 мс и 533.6 мс, соответственно), однако обе эти величины были значимо ($t(15) = 3.532$, $p = 0.003$ и $t(15) = 4.448$, $p < 0.001$, соответственно) больше примерно на 100 мс, чем RT в случае P1 (426.6 мс). При этом влияние режима предъявления P оказалось значимым для траекторий всех уровней фактора N (уровней сложности): при N=3 ($F(2,14) = 6.23$, $p = 0.012$), при N=4 ($F(2,14) = 4.862$, $p = 0.025$), при N=5 ($F(2,14) = 5.2$, $p = 0.02$) и при N=6 ($F(2,14) = 13.126$, $p = 0.001$).

Сравнение MT_1 при различных режимах предъявления показало незначимое различие параметра в режимах P1 и P2 (269.7 и 275.9 мс соответственно). Однако оба этих значения MT_1 значимо отличаются от среднего времени прорисовки элемента в режиме P3, составившего 295.3 мс ($t(15) = 2.51$, $p = 0.024$ и $t(15) = 3.13$, $p = 0.007$ соответственно).

Обсуждение результатов. Основной результат нашего эксперимента – зависимость величины RT от способа предъявления траектории – свидетельствуют против представления о сохранении репрезентации последовательности движений в амодальной абстрактной форме или же в виде готовой к исполнению моторной программы, поскольку и в том и в другом случае естественно ожидать независимости RT от способа предъявления. Напротив, полученный результат позволяет заподозрить, что траектория, изначально заданная в статической форме, и траектория, заданная динамически, хранятся в рабочей памяти в различных формах. Такой вывод подкрепляется и взаимодействием факторов P и N, показывающим, что влияние фактора N на время реакции, известное в литературе (Rhodes et al., 2004) как SLEL (sequence length effect on latency), проявляется только в режимах динамического предъявления P2 и P3, но не в режиме предъявления статического изображения траектории P1.

Еще одним интересным результатом является увеличение MT_1 в режиме РЗ по сравнению с другими режимами предъявления стимулов. Этот эффект также может свидетельствовать об особенности внутренней репрезентации последовательности движений в случае отсутствия статического зрительного образа – особенности, приводящей к необходимости дополнительного преобразования информации по ходу выполнения движений, что приводит к некоторому их замедлению и увеличивает вероятность ошибочного воспроизведения траектории.

Полученные результаты сопоставляются с экспериментальными данными по воспроизведению траекторий (Agam et al., 2005; Agam, Sekuler, 2008) и обсуждаются с позиций параллельной CQ-модели внутренней репрезентации последовательности движений (Rhodes et al., 2004; Agam et al., 2010).

Литература

1. Abrahamse E.L., Jimenez L., Verwey W.B., Clegg B.A. Representing serial action and perception. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2010. 17(5): 603-623.
2. Agam Y., Bullock D., Sekuler R. Imitating unfamiliar sequences of connected linear motions. *J. Neurophysiol.* 2005. 94: 2832-2843.
3. Agam Y., Huang J., Sekuler R. Neural correlates of sequence encoding in visuomotor learning. *J. Neurophysiol.* 2010. 103:1418-1424.
4. Agam Y., Sekuler R. Geometric structure and chunking in reproduction of motion sequences. *J. of Vision*. 2008. 8(1):1-12.
5. Glover S. Separate visual representation in the planning and control of action. *Behavioral and Brain Sciences*. 2004. 27:3-78.
6. Rhodes B.J., Bullock D., Verwey W.B., Averbach B.B., Page M.P.A. Learning and production of movement sequences: Behavioral, neurophysiological, and modeling perspectives. *Hum. Mov. Sci.* 2004. 23:699–746.
7. Wilson M. The case for sensorimotor coding in working memory. *Psychonomic Bulletin & Review*. 2001. 8(1): 44-57.