

Обучение запоминанию моторных последовательностей: координатное и векторное кодирование

Г.Н. Скопин¹, Е.В. Боброва², В.А. Ляховецкий³, Е.А. Морозова¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, ² Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, ³ Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет

...Пусть левая рука твоя не знает, что делает правая.
Евангелие от Матфея, гл. 6, ст. 3

Где рука, там и голова.
Толковый словарь Даля

Предпосылки исследования

Данное исследование посвящено типам репрезентации информации во время моторного обучения. Особое внимание при этом уделяется положительному переносу навыка (ранее сформированный навык способствует становлению нового навыка). Работа является продолжением исследования [Bobrova & Lyakhovetskii, 2007], в котором изучалась связь между типом репрезентации моторной последовательности в памяти и рукой, которой была выполнена последовательность. Предполагалось, что существуют два типа репрезентации:

координатное кодирование — запоминание позиции элемента последовательности,
векторное кодирование — запоминание движений руки.

Эти два типа кодирования связаны с доминантностью рук и полушарной спецификой: позиционное запоминание более характерно для правого полушария, в то время как запоминание последовательностей и траекторий движений в большей степени обеспечивается левым полушарием [Bradshaw, 2001].

В исследовании [Bobrova & Lyakhovetskii, 2007] было обнаружено, что при выполнении задачи запоминания последовательностей правой рукой преобладает векторное кодирование, тогда как при выполнении задачи левой рукой имеют место оба типа кодирования, что соответствует данным [Grafton et al., 2002] о роли левого полушария при запоминании и воспроизведении последовательностей движениями правой руки и обоих полушарий — при той же деятельности левой руки. Роль левого полушария в запоминании последовательностей проявляется и в том, что при обучении доминантной правой руки имеет место улучшение выполнения задачи недоминантной левой рукой (т.н. *перенос навыка*), в то время как при обучении недоминантной руки перенос отсутствует [Criscimagna-Hemminger, 2003].

Методика исследования

В исследовании применялась методика, используемая в работе [Bobrova & Lyakhovetskii, 2007]. Лист формата А4 был расчерчен на 24 квадрата — в виде матрицы 4×6, в шести из них случайным образом были расставлены цифры от 1 до 6. Сначала испытуемый расставлял все цифры руководством экспериментатора затем, затем самостоятельно. При этом испытуемый сидел с закрытыми глазами.

Десять испытуемых-правшей были разделены на две группы:

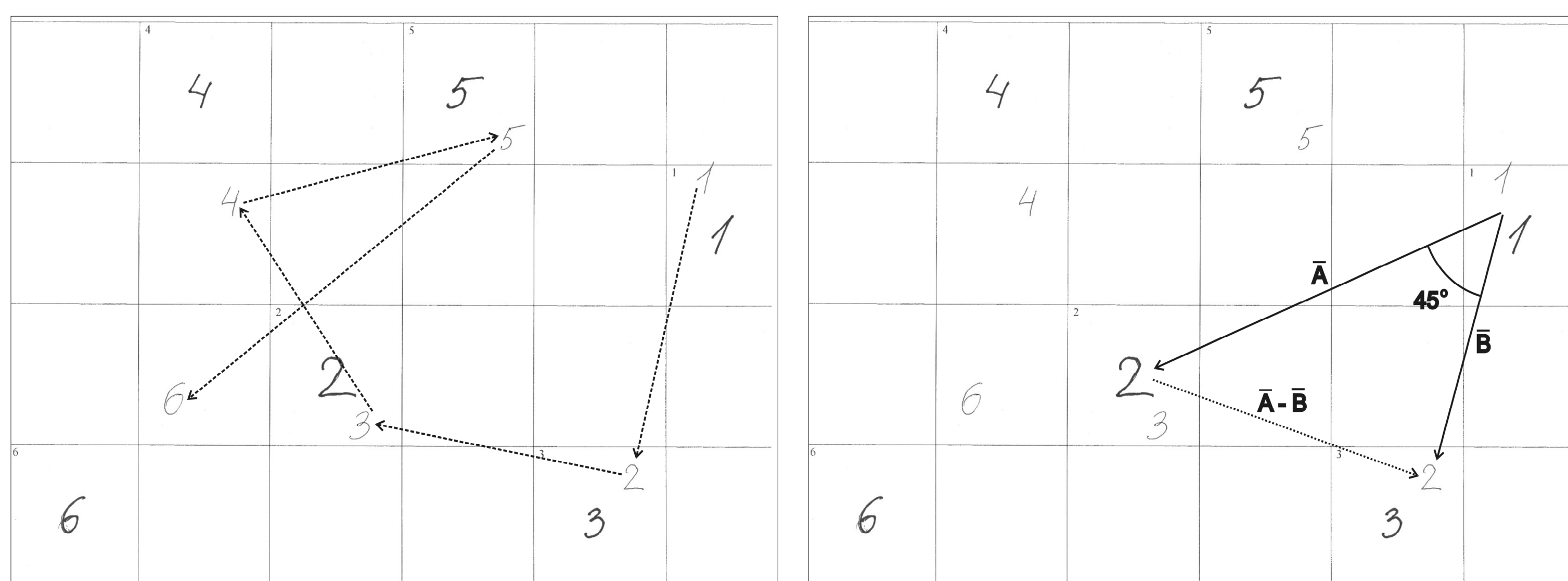
- ♦ группа R — те, кто сначала выполняли задание правой рукой, а затем левой,
- ♦ группа L — те, кто сначала выполняли задание левой рукой, а затем правой.

Задание каждой рукой выполнялось в течение шести дней (шесть листов ежедневно). Соответственно, первые шесть дней — это *первая серия*, последние шесть дней — *вторая серия*.

	Первая серия	Вторая серия
R	доминантная рука	недоминантная рука
L	недоминантная рука	доминантная рука

При обработке результатов вычислялись три типа ошибок: P (position) — расстояние между исходными и воспроизведенными координатами элемента последовательности; T (trajectory) — длина вектора разности между векторами исходной и воспроизведенной траекторий; A (angle) — угол между векторами исходной и воспроизведенной траекторий. Предполагалось, что ошибка P связана с координатным кодированием, а ошибки T и A отражают векторное кодирование.

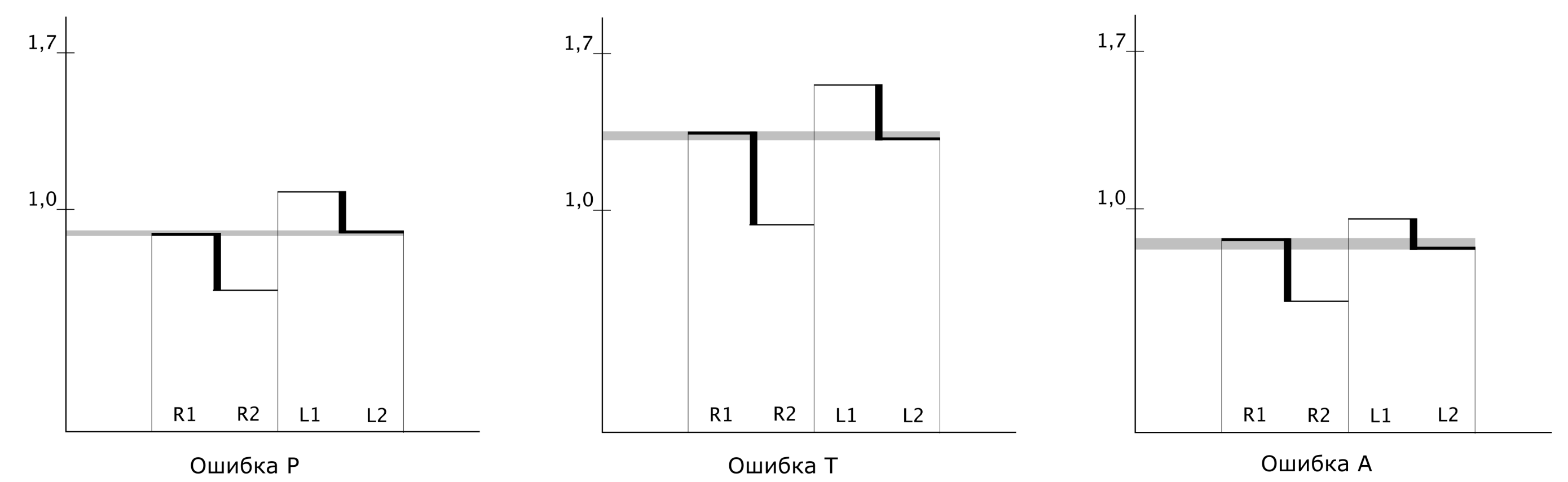
Рисунок 1. Пример экспериментального листа и расчет величин ошибок



Результаты исследования

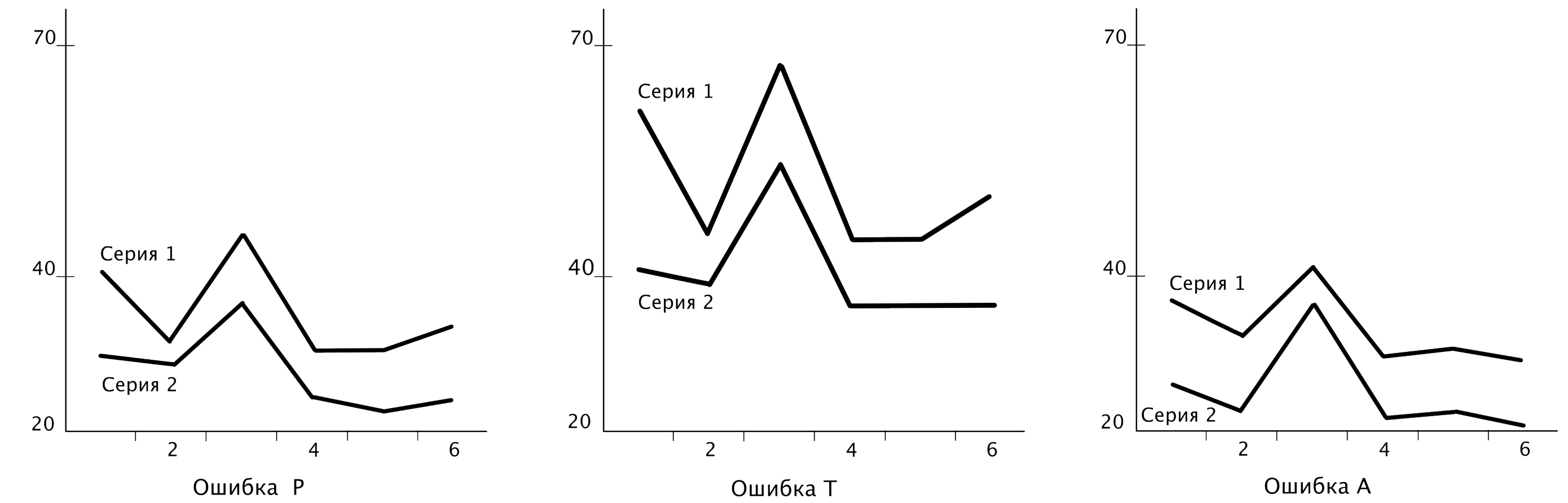
Результаты эксперимента показали наличие *переноса* навыка при перемене руки только у испытуемых группы R, что находится в соответствии с результатами [Criscimagna-Hemminger, 2003]. В обеих группах, R и L, в первой серии имеет место обучение. Однако в первой серии у группы R (то есть при работе *правой рукой*) обучение достоверно для ошибок T и A — запоминание траектории последовательности (*векторное кодирование*), в то время как в первой серии у группы L обучение достоверно для ошибки P — запоминание позиции элемента последовательности (*координатное кодирование*).

Рисунок 2. Средние величины ошибок за серию



Кроме того, был обнаружен «феномен третьего дня»: на третий день обучения в каждой серии сильно возрастают значения всех ошибок, что, вероятно, связано с изменением механизма запоминания [Иоффе, 1991]. По-видимому, это может быть описано как т.н. *U-shaped development*.

Рисунок 3. Средние величины ошибок за день



Встречались случаи, когда испытуемые меняли местами две точки, зачастую смежные по номеру. Такой тип ошибки, *перестановки*, наблюдался у всех испытуемых, причем количество перестановок в первой серии всегда было больше, чем во второй в обеих группах (R и L). Таким образом, можно говорить о переносе и этого навыка, который в отличие от остальных характеризуется переносом как с доминантной на недоминантную руку, так и наоборот. Среди испытуемых можно выделить две группы по количеству перестановок за серию: в первые шесть дней количество перестановок у испытуемых одной из групп было значительно выше, чем у испытуемых другой группы, однако во второй серии этот показатель практически выровнялся. Кроме того, те, у кого много перестановок, лучше обучались по всем трем ошибкам запоминания последовательностей.

Обсуждение полученных результатов

При воспроизведении последовательности нетренированной *правой рукой* было продемонстрировано использование **векторного кодирования**, при воспроизведении последовательности нетренированной *левой рукой* — **координатного кодирования**. Таким образом, налицо полушарная специализация моторной памяти: запоминание последовательности движений для левого полушария и запоминание пространственной локализации для правого.

Вследствие **переноса навыка** с доминантной руки на недоминантную руку при воспроизведении последовательности недоминантной рукой используются оба способа запоминания последовательности — специфические как для доминантной, так и для недоминантной руки.

Литература

1. Иоффе М.Е. Механизмы двигательного обучения. М.: Наука, 1991.
2. Bobrova E.V., Lyakhovetskii V.A. Motor memory: action- and position-specific sequence representations // Proceedings of the Second European Conference on Cognitive Science. 2007. P. 901.
3. Bradshaw J.L. Asymmetries in preparation for action // Trends in Cognitive Science. 2001. № 5. P. 184–185.
4. Criscimagna-Hemminger S.E. et al. Learned dynamics of reaching movements generalize from dominant to nondominant arm / Criscimagna-Hemminger S.E., Donchin O., Gazzaniga M.S., Shadmehr R. // Journal of Neurophysiology. 2003. № 89. P. 168–176.
5. Grafton S.T. et al. Motor sequence learning with the nondominant left hand. A PET functional imaging study / Grafton S.T., Hazeltine E., Ivry R.B. // Experimental Brain Research. 2002. № 146. P. 369–378.