



О МОДАЛЬНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ ПРИ ЗАУЧИВАНИИ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ¹

НАЗАРОВ А.И., *Международный университет природы, общества и человека «Дубна»*

КРАМАРОВА С.Н., *Международный университет природы, общества и человека «Дубна»*

В двух пилотажных экспериментах моделировалось разучивание простых музыкальных пьес на синтезаторе с подсветкой клавиш. Испытуемым (музыкантам и немусыкантам) предъявлялись музыкальные последовательности разной длины при предъявлении их в разных модальностях – зрительной, слуховой и кинестетической. После неоднократного наблюдения эталонной последовательности с целью ее заучивания испытуемые должны были ее воспроизвести, по возможности без ошибок. Оказалось, что степень влияния различного сочетания задействованных модальностей на скорость заучивания последовательности зависит от ее длины и опыта интеграции упомянутых модальностей, который, согласно полученным данным, у музыкантов сформирован лучше, чем у немусыкантов.

Ключевые слова: последовательные действия, модальные взаимодействия, заучивание последовательностей, научение.

Введение

Поведение живых существ складывается из отдельных реакций или действий, следующих друг за другом во временной последовательности. Первоначально считалось, что эти последовательности образуются путем запуска каждого очередного действия сигналом об окончании предыдущего (модель рефлекторной цепочки). Однако после опубликования известной статьи К. Лэшли (Lashley, 1951), придавшего проблеме серийных действий особый статус, представления об организации последовательных действий (ПД) значительно усложнились, и до сих пор здесь нет не то что полной, но хотя бы частичной ясности (Cooper, 2003).

В современных экспериментальных исследованиях ПД можно выделить несколько направлений. Наиболее популярной является тэппинговая парадигма (тэппинг – ритмическое постукивание), в рамках которой предложен широкий диапазон варьируемых независимых переменных (НП). К основным НП относятся: частота тэппинга; ритмический размер; распределение между руками (моно- или бимануальное); фазовые соотношения в бимануальном тэппинге (практически непрерывная шкала от синфазных до противофазных движений); вынужденный или свободный темп; способ задавания временного паттерна (обычно зрительно в виде последовательных световых сигналов или на слух в виде ударов метронома); силовые параметры движений (например, величина усилия при нажатии на кнопку). Факторы, влияющие на устойчивость и координацию тэппинговых движений, изучались, в частности, зарубежными исследователями (Goodman et al., 2000; Forrester, Whitall, 2000; Kelso, 1995; Pellicchia, Turvey, 2001).

Другое направление сложилось вокруг проблемы временной организации ПД (Ivry, 1996). Здесь существует несколько точек зрения: 1) во время тренировки у субъекта формируется внутренняя репрезентация временного паттерна *конкретного* движения (Philip et al., 2008); 2) при заучивании движения формируется *обобщенная моторная программа*, в ко-

¹ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 08-06-00028а.



торой определены его относительные временные параметры (Rosenbaum & Collyer, 1998); такая программа является *эффекторно независимой*, т. е. она может быть применима к разнотипным движениям, принадлежащим одному классу; 3) во время тренировки происходит согласование (оркестровка) некоторого набора самоорганизующихся процессов временной развертки (Kugler, Kelso & Turvey, 1982). Много работ посвящено также выявлению *мозговых механизмов* временной организации ПД. В работе зарубежных исследователей (Hazeltine et al., 1997) подвергались проверке несколько гипотез, построенных на материале двигательных действий: 1) вариативность временной развертки серийных движений обусловлена вкладами двух *независимых* подсистем: одна из них (задающая) генерирует временную последовательность, другая (исполнительная) реализует эту последовательность, превращая ее в движение; чтобы определить каждый из этих вкладов, применялась модель Wing-Kristofferson (Wing & Kristofferson, 1973), основанная на хорошо известном факте об увеличении временной вариативности с увеличением длительности сегмента двигательной последовательности; 2) восприятие и исполнение обслуживаются *одним общим* механизмом отсчета времени (Ivry, Hazeltine, 1995); он может быть расположен в мозжечке, в нервной сети которого временная информация преобразуется в пространственную (Buonomano, Merzenich, 1995); 3) механизмы временной регуляции серийных действий распределены по всему мозгу, но разные его отделы оказывают свое специфическое влияние (O'Boyle et al., 1996).

Третье направление концентрируется вокруг проблемы идеомоторной тренировки. Какое влияние она оказывает на заучивание ПД? Анализ более 60 релевантных работ показал, что однозначного ответа на вопрос о положительном, отрицательном или вообще каком-либо влиянии идеомоторной тренировки на практическое исполнение пока не существует (Enhancing Human Performance: Issues, Theories, and Techniques, 2000). Важнейшими факторами, определяющими эффективность такой тренировки, являются: мотивация, уровень тренированности, индивидуальные особенности психомоторики, свойства перцептивной и моторной памяти, продолжительность упражнений и паузы при переходе к практическому исполнению (Shanks, Cameron, 2000).

Для четвертого, новейшего направления характерно включение проблемы ПД в более широкий контекст. Недавно проводилось комплексное исследование заучивания ПД в условиях эксплицитного (осознанного) и имплицитного (неосознанного) научения (Bird et al., 2005). Неосознанное научение имеет место при заучивании длинных последовательностей, усваиваемых на основе собственных действий субъекта. Объективным индикатором такого научения является увеличение времени реакции в ответ на новые элементы последовательности, которые отсутствовали во время многократного предварительного заучивания одного и того же ряда стимулов, причем испытуемые не замечают этой новизны и оценивают модифицированную последовательность как знакомую. Такой же эффект наблюдался и в случае осознанного научения, когда испытуемый во время заучивания только наблюдает стимульную последовательность, не производя ответных действий (Kelly et al., 2003).

В подавляющем большинстве исследований в качестве стимулов применялись довольно искусственные и бессмысленные последовательности, состоящие из набора некоторого количества дискретных элементов в виде, например, подсвечиваемых меток на экране монитора. Задача испытуемого – реагировать на каждый стимул нажатием на соответствующую кнопку. Это своего рода сенсомоторный аналог эббингаузовской парадигмы с заучиванием бессмысленных слогов. Однако в одной из последних работ предложена более



экологичная парадигма с задачей непрерывного двухмерного слежения за курсором, движущимся на экране монитора по определенной траектории, в рамках которой изучается соотношение между эксплицитной (декларативной) и имплицитной (процедурной) репрезентациями заучиваемых последовательностей (Philip et al., 2008). Создаются следующие экспериментальные условия:

1. «Новые». Отслеживание траекторий, состоящих из цепочки 6 разнонаправленных сегментов одинаковой длины (эксплицитная репрезентация). В каждой из 50 проб предъявляется новая траектория. В конце каждой пробы испытуемый получает информацию о среднеквадратичной ошибке по положению в виде ее численного выражения.

2. «Воспроизведение». Блок из 20 идентичных проб, в которых цель перемещается по последней из траекторий предыдущего условия. Через 0,5 с после начала своего движения цель становится невидимой, и испытуемый должен отслеживать ее траекторию по памяти (имплицитная репрезентация). Цель снова становится видимой за 0,5 с до окончания своего движения. Испытуемые не получают информации о величине ошибки.

3. «Повторение». Блок из 100 повторений одной и той же траектории. В конце каждой пробы испытуемые получают информацию о величине ошибки.

4. «Повторное воспроизведение». Блок из 20 повторений одной и той же траектории с отключением цели аналогично условию 2. Информацию об ошибке испытуемые не получают.

5. «Тест». Блок из 50 проб. Каждая проба состоит из траектории, содержащей до 18 сегментов. В ее начале и конце следует случайное число новых сегментов (от 2 до 10), а в середине находятся 6 сегментов знакомой траектории, уже применявшейся в условии 3. Внешние признаки перехода от новых сегментов к старым и наоборот отсутствуют, однако испытуемые знают, что в каждой пробе будет встречаться знакомая траектория. Левой рукой испытуемые должны нажать на ключ в тот момент, когда чувствуют, что начинается или заканчивается знакомая траектория. После каждой пробы испытуемый оценивает степень своей уверенности в правильности распознавания знакомой траектории по 10-балльной шкале.

Примечательной особенностью этой работы стало применение авторами вычислительных методов, позволяющих отделить характеристики исполнения под зрительным контролем от характеристик исполнения под зрительным и внутренним (на основе образа памяти) контролем. Авторам удалось показать также, что объективно сенсомоторная система начинает реагировать на переход от знакомого маршрута к незнакомому (или наоборот) раньше, чем испытуемый осознает сам факт такого перехода. В данной экспериментальной ситуации осознание запаздывало в среднем на 800 мс.

Безусловно, задачи с непрерывным слежением позволяют изучать гораздо более широкий спектр свойств сенсомоторики в сравнении с традиционной парадигмой измерения ВР в ответ на дискретные стимулы. Но если обратиться к еще более экологичным формам двигательного поведения, таким, как танцевальные и спортивные движения, исполнение музыкальных произведений, вождение автомобиля, то нам откроется еще один важный аспект организации последовательных действий – наличие в них интермодальных взаимодействий. Об этой особенности построения живых движений говорил Н. А. Бернштейн, специально подчеркивая, что управление ими осуществляется не на основе отдельных рецепций (что достаточно для срабатывания простейшей рефлекторной дуги), а на основе *афферентных синтезов*, создаваемых путем интеграции множества рецепций разных мо-



дальностей (Бернштейн, 1997). Психологический смысл понятия афферентного синтеза связан прежде всего с динамикой последнего, которая протекает в процессе формирования двигательного навыка под контролем задачи, концептуальной модели, образа ситуации и образа движения (Назаров, 2005). Афферентный синтез – это конечный продукт интермодальных взаимодействий, складывающихся в ходе усвоения нового действия или цепочки самостоятельных действий.

Динамика интермодальных взаимодействий полнее всего раскрывается в процессе усвоения *последовательности* действий. Разные звенья последовательности могут афферентироваться разными сочетаниями модальностей, а в пределах одного и того же сочетания могут меняться их «веса». То же самое происходит на разных этапах усвоения последовательности, когда идет интенсивный поиск адекватных для данного этапа афферентаций. Здесь своего решения требуют вопросы, связанные с оперативной регуляцией чувствительности, возможностями рабочей памяти, распределением внимания, свойствами рефлексии (см., например, Гордеева, 1995). Именно они составляют перспективу ближайших исследований усвоения и организации ПД.

В данной работе, носящей пилотажный характер, сделан один из шагов в этом направлении. В качестве экспериментальной модели ПД выбрана игра на клавишном инструменте – электронном синтезаторе. Основной целью является определение характера заучивания и исполнения музыкальных последовательностей разной длины при предъявлении их в разных модальностях (зрительной, слуховой или одновременно в обеих) и при разных условиях заучивания – или при наблюдении эталонной последовательности, задаваемой в одной или двух модальностях, или при ручном отслеживании наблюдаемой последовательности. В первом эксперименте исполнители заучивали простейшие случайные последовательности, во втором – фрагменты простых мелодий.

Эксперимент 1. Заучивание простейших последовательностей

Методика. В эксперименте моделировалась ситуация игры на синтезаторе Casio LK-300: клавиши этого синтезатора оснащены красной подсветкой, которую можно включать или отключать по желанию экспериментатора; при исполнении мелодии (в автоматическом или ручном режиме) и при включении подсветки не только слышен звук, соответствующий данной клавише, но и видно ее красноватое свечение; звук синтезатора может быть отключен при сохранении только подсветки клавиш; и, наконец, исполнитель может не только видеть и слышать стимульную последовательность, но и отслеживать ее, нажимая на светящиеся клавиши. Таким образом, в различных условиях эксперимента могут быть задействованы разные сочетания трех модальностей: зрительной, слуховой и кинестетической.

Эксперимент состоял из четырех серий. Условия для каждой серии определялись использованием в ней той или иной модальности (табл. 1). Например, в 1-й серии исполнитель видел предъявляемую последовательность, но не слышал ее звучания и при разучивании не нажимал на клавиши; в 4-й серии он видел последовательность подсвечиваемых клавиш, слышал их звучание и нажимал на них синхронно с подсветкой. Серии следовали друг за другом в соответствии с их порядковым номером.

В каждой серии в качестве независимой переменной выступала длина последовательности, имевшая четыре уровня: 5, 8, 11 и 14 элементов (см. Приложение). Всего было предъявлено 16 последовательностей (4 длины x 4 серии). В 1-й и 2-й сериях последова-



тельности предъявлялись путем подсветки клавиши, в остальных сериях – путем подсветки звучащей клавиши. Вначале заучивалась самая короткая последовательность, затем более длинная.

Таблица 1. План эксперимента 1

| Серии | Условия заучивания | | | Модальности |
|-------|--------------------|----------|------|--|
| | Подсветка | Слежение | Звук | |
| 1 | + | – | – | Зрительная |
| 2 | + | + | – | Зрительная и кинестетическая |
| 3 | + | – | + | Зрительная и слуховая |
| 4 | + | + | + | Зрительная, кинестетическая и слуховая |

Основная задача для исполнителя: запомнить предъявленную последовательность и воспроизвести ее в трех контрольных пробах путем нажатия пальцем (или пальцами) правой руки на соответствующие клавиши, соблюдая ритмический рисунок эталона. При этом сам эталон во время контрольных проб не предъявлялся. Исполнитель переходил к контрольным пробам только тогда, когда он был твердо уверен, что заучил предъявленную последовательность. В процессе заучивания исполнитель мог обратиться с просьбой о повторном предъявлении эталона для его безошибочного воспроизведения; количество таких повторов не ограничивалось.

Все эталонные последовательности были случайными, причем каждый элемент ее имел одинаковую длительность, соответствующую четвертной ноте. Темп эталона устанавливался на уровне 100.

Эталонные последовательности предварительно были записаны на ПК с помощью программы Sakewalk Pro Audio 9. Их предъявление контролировалось экспериментатором в соответствии с планом эксперимента и просьбой исполнителя о повторном предъявлении.

Исполнители: В эксперименте приняли участие 12 человек (3 мужчин и 9 женщин) в возрасте от 18 до 32 лет. Состав исполнителей и степень их музыкальной подготовки приведены в табл.2.

Таблица 2. Состав исполнителей в эксперименте 1

| Музыкальная подготовка | Инструмент | Кол-во исп. | Номера исп. |
|--------------------------------|------------|-------------|-------------|
| Нет | – | 3 | 2, 7, 10 |
| Муз. училище | фортепиано | 1 | 5 |
| Муз. школа | " | 3 | 6, 9, 11 |
| Начальный навык игры | " | 2 | 8, 4 |
| Муз. школа | баян | 1 | 12 |
| Навык игры без спецобразования | гитара | 2 | 1, 3 |

Результаты. Производилась аудиозапись каждого воспроизведения исполнителем эталонной последовательности. По этим записям подсчитывалось количество ошибок –



пространственных (нажатие не на ту клавишу) и по длительности каждого элемента последовательности. Во время заучивания экспериментатор фиксировал количество предъявлений (КП) эталона, предшествующих контрольным пробам. В конце каждой серии исполнителя просили дать самоотчет.

Таблица 3. Среднее количество предъявлений для заучивания последовательностей разной длины в эксперименте 1

| | Длина последовательности | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------------------|-----|-----|-----|----------------|-----|-----|------|------------------|------|------|------|
| | 5 | 8 | 11 | 14 | 5 | 8 | 11 | 14 | 5 | 8 | 11 | 14 |
| Серии | Быстрая группа | | | | Средняя группа | | | | Медленная группа | | | |
| 1 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 3,6 | 2,0 | 3,0 | 2,8 | 4,3 | 2,7 | 2,3 | 3,7 | 5,7 |
| 2 | 1,8 | 1,8 | 3,0 | 4,0 | 1,5 | 2,0 | 4,8 | 4,5 | 1,7 | 1,3 | 6,3 | 14,7 |
| 3 | 1,5 | 2 | 2,8 | 4,2 | 3,0 | 4,0 | 5,5 | 7,0 | 3,3 | 4,3 | 6,3 | 13,0 |
| 4 | 1,2 | 3,6 | 4,0 | 4,8 | 2,5 | 6,5 | 8,5 | 12,5 | 3,3 | 14,3 | 12,7 | 24,0 |
| Средн. | 1,5 | 2,3 | 2,9 | 4,1 | 2,3 | 3,9 | 5,3 | 7,1 | 2,8 | 5,5 | 7,3 | 14,4 |

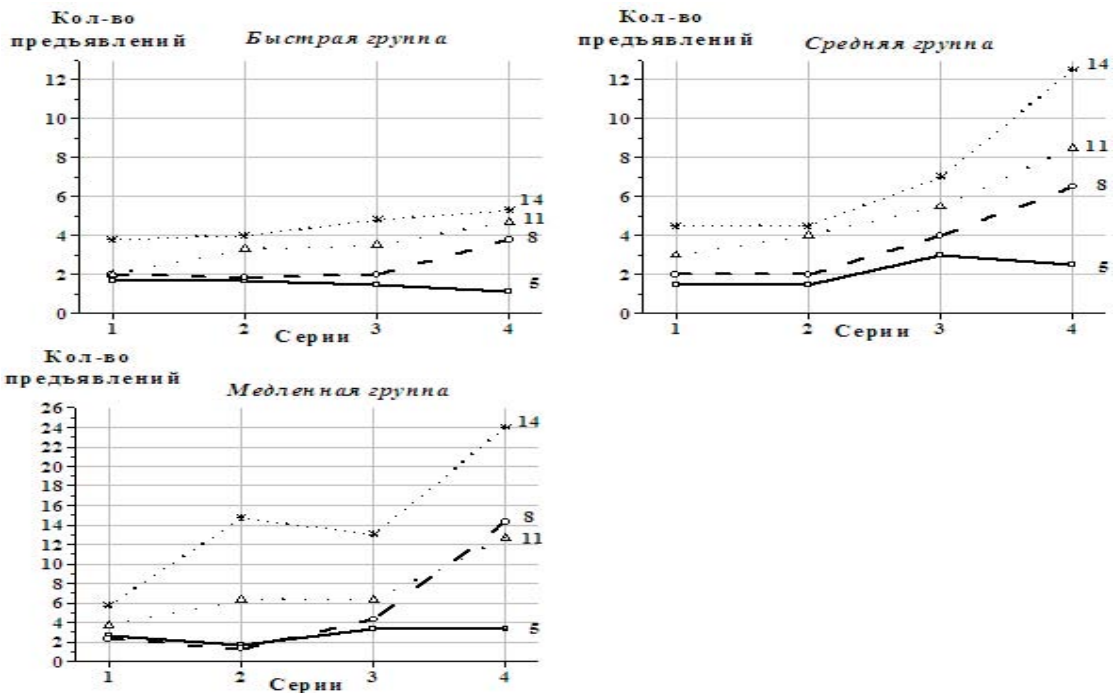


Рис.1. Количество повторных предъявлений эталонной последовательности разной длины (указана на графике цифрами справа) в эксперименте 1



Данные по КП представлены в табл. 3: в каждой ячейке – средний показатель КП для данной группы исполнителей. В быструю группу вошли исполнители (2, 4, 5, 6, 9, 12), у которых КП, усредненное по всем сериям и длинам последовательностей, находилось в диапазоне от 2 до 4; в среднюю группу вошли исполнители (1, 8, 11), у которых соответствующее КП находилось в диапазоне от 4,1 до 6; в медленную группу вошли исполнители (7, 3, 10), у которых этот диапазон находился в пределах 6,1–9.

На рис.1 представлено соотношение между средними показателями КП (по данным табл.3) для разных групп исполнителей в различных условиях эксперимента 1. Из приведенных данных можно сделать следующие выводы:

1. Чем длиннее последовательность, тем больше КП: средние значения (последняя строка табл. 3) возрастают во всех группах исполнителей вместе с увеличением длины последовательности. Исключением является диапазон длин от 5 до 8 элементов в первых трех сериях, когда соответствующие кривые на рис.1 практически слиты и только в 4-й серии они существенно расходятся.

2. Влияние условий различных экспериментальных серий на показатели КП неодинаково в разных группах исполнителей.

2.1. В *быстрой группе*, как видно на соответствующем графике рис.1, оно практически отсутствует и обнаруживает себя только при переходе от 3-й к 4-й серии и длине последовательности в 8 элементов. Это значит, что в данной группе включение слуховой или кинестетической модальности в дополнение к зрительной, а также их одновременное участие в процессе заучивания слабо или вообще не влияют на его продолжительность.

2.2. В *средней группе* влияние участия незрительных модальностей начало проявляться в 3-й серии (звуковое сопровождение подсвечиваемых клавиш), причем оно одинаково затронуло как короткую, так и более длинные последовательности; поскольку показатель КП здесь увеличился, указанное влияние следует признать отрицательным. В 4-й серии, когда в разучивании участвовали все три модальности, рост КП продолжился, за исключением самой короткой последовательности. Таким образом, в средней группе подключение кинестетической модальности во 2-й серии не оказало существенного влияния на КП, тогда как подключение других модальностей и особенно их совместное функционирование оказало сильное отрицательное влияние на КП.

2.3. В *медленной группе* показатели КП для короткой последовательности остались практически неизменными во всех сериях. Наиболее сильные отрицательные влияния подключения незрительных модальностей имели место в случаях более длинных последовательностей: КП для этой группы в два-три раза превышают соответствующие показатели для средней группы (обратим внимание на разницу масштабов между нижним и двумя верхними графиками на рис.1). Интересно, что смена сопровождающих модальностей при переходе от 2-й к 3-й серии отрицательно сказалась только на последовательности длиной в 8 элементов.

При воспроизведении эталонных последовательностей все исполнители допускали разного рода ошибки, среди которых наиболее частыми были ошибки по длительности элементов и выбор неверных клавиш. В целом все воспроизведения даже самых коротких последовательностей были мало похожи на эталон. Это говорит о том, что субъективная уверенность исполнителей в хорошей заученности ими эталона была далека от действительного положения дел. Характер и относительное количество ошибок у подавляющего числа исполнителей были практически одинаковыми во всех сериях. Исключение состави-



ли исполнители 1 и 5, у которых в 4-й серии суммарный показатель ошибок оказался более чем в два раза меньше, чем в остальных сериях.

Эксперимент 2. Разучивание фрагментов простых мелодий

Методическая и процедурная части эксперимента 2, а также состав исполнителей были идентичны эксперименту 1. Единственным отличием эксперимента 2 было использование в качестве стимульного материала фрагментов различных мелодий, незнакомых исполнителям. Всего было предъявлено 16 разных фрагментов (4 длины x 4 серии).

Данные по КП для трех групп исполнителей представлены в табл. 4. Здесь звездочкой (*) отмечены величины КП, превышающие соответствующие значения в эксперименте 1 (табл. 3). На графиках рис. 2 изображены соотношения между средними показателями КП для разных групп исполнителей (по данным табл. 4) в различных условиях эксперимента 2. По представленным данным можно сделать следующие выводы:

1. С увеличением длины последовательности КП возрастает, причем величина прироста минимальная у *быстрой группы*, и он начинается с длины последовательности в 11 элементов; в *средней группе* практически отсутствует разница между длинами в 11 и 14 элементов. Максимальный рост КП при увеличении длины последовательности наблюдается в *медленной группе*.

2. Различия между сериями выражены неодинаково в разных группах исполнителей. В *быстрой* группе они практически отсутствуют. В *средней* группе они отчетливо проявились только при длине последовательности в 8 элементов, причем минимальное КП, равное 2,5, пришлось на 2-ю серию (подсветка + слежение), а максимальное, равное 5,5, – на 3-ю (подсветка + звук). В *медленной* группе различия между сериями хорошо выражены только в случае длинных последовательностей (14 и 11) элементов; максимальные КП (16,5 и 13,8 соответственно) имели место во 2-й серии, а минимальные (11,5 и 7,5 соответственно) – в 3-й.

При сравнении данных двух экспериментов оказалось, что в эксперименте 2 показатели КП в первых двух сериях и некоторых условиях 3-й серии выше, чем в эксперименте 1, за исключением условия с наиболее длинной последовательностью в быстрой группе (такие превышения отмечены в табл. 4 звездочкой). Различия между средними выборки этих значений (5,6) и выборки соответствующих значений в табл. 3 (3,4) статистически значимы (критерий $t, p \leq 0,05$).

Таблица 4. Среднее количество предъявлений для заучивания последовательностей разной длины в эксперименте 2

| | Длина последовательности | | | | | | | | | | | |
|--------|--------------------------|------|------|-----|----------------|------|------|------|------------------|------|-------|-------|
| | 5 | 8 | 11 | 14 | 5 | 8 | 11 | 14 | 5 | 8 | 11 | 14 |
| Серии | Быстрая группа | | | | Средняя группа | | | | Медленная группа | | | |
| 2 | 2,3 * | 2,3* | 4,0* | 4,7 | 2,0* | 2,5* | 7,0* | 7,5* | 3,5* | 5,0* | 13,8* | 16,5* |
| 3 | 1,7* | 2,0 | 2,7 | 3,7 | 2,5 | 5,5* | 6,5* | 7,0 | 2,5 | 6,0* | 7,5 | 11,5 |
| 4 | 1,0 | 2,0 | 4,3 | 3,7 | 1,0 | 4,0 | 6,0 | 7,5 | 2,8 | 5,0 | 11,3 | 13,0 |
| Средн. | 1,8* | 2,2 | 3,5 | 3,9 | 1,9 | 4,0 | 6,6* | 7,1 | 2,9 | 5,1* | 10,8* | 13,2 |

Примеч.: Знаком * отмечены данные, превышающие соответствующие значения в табл. 3.

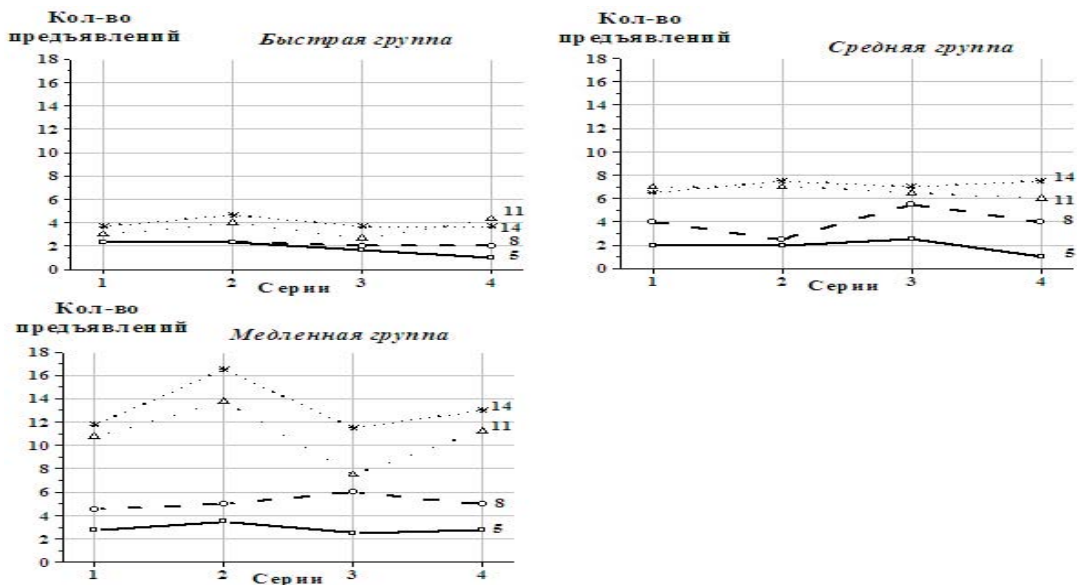


Рис. 2. Количество повторных предъявлений эталонной последовательности разной длины (указана на графике цифрами справа) в эксперименте 2

Значимыми оказались также различия между средними выборок всех показателей КП по первым двум сериям эксперимента 1 (табл. 3) и для эксперимента 2 (табл. 4). Отсюда следует, что в первых двух сериях разучивание фрагментов мелодичных последовательностей требует в среднем *большого* КП, чем разучивание случайных последовательностей. Обратная картина наблюдается при сравнении двух экспериментов по совокупным данным 3-й и 4-й серий. Различия между средними для этих серий статистически значимы (критерий $t, p \leq 0,05$); в эксперименте 1 (табл. 3) среднее значение равно 6,6, а в эксперименте 2 (табл. 4) – 5. Отсюда следует, что в последних двух сериях разучивание фрагментов мелодичных последовательностей требует в среднем *меньшего* КП, чем разучивание случайных последовательностей.

Данные по ошибкам в этом эксперименте отличаются лишь некоторым увеличением их суммарного показателя по сравнению с предыдущим экспериментом.

Обсуждение

При увеличении длины последовательности требуется больше повторений (или времени) для ее заучивания – закон, хорошо известный еще со времен Эббингауза. Таким же известным является закон о более успешном (т. е. более быстром и продуктивном) заучивании осмысленного материала по сравнению с бессмысленным. Правда, последний экспериментально изучался преимущественно на вербальном материале, когда легко отличить смысл от бессмыслицы.

Рассмотренные выше результаты позволяют дополнить первый закон еще одной переменной, которая существенно влияет на параметры заучивания последовательности, – это характер ее репрезентации (как внешней, так и внутренней). Под характером репрезентации мы понимаем модальность или совокупность модальностей, в которых представлен заучиваемый материал.



Ожидалось, что полимодальная репрезентация, создаваемая во 2-й, 3-й и особенно в 4-й сериях наших экспериментов, будет способствовать более эффективному заучиванию последовательностей по сравнению с мономодальной (зрительной), которая применялась в 1-й серии. Эта гипотеза нашла очень слабое подтверждение лишь у быстрой группы исполнителей, да и то только в случае самой короткой последовательности. Во всех остальных условиях эффект был обратным: показатель КП при полимодальной репрезентации существенно возрастал, и чем длиннее была последовательность, тем значительнее был этот рост. Как объяснить данный факт?

Психологический статус полимодальной репрезентации различен на разных этапах усвоения действия. Вначале некоторое множество признаков последовательности эклектично, каждый модальный признак действия представлен в сознании сам по себе, и внимание к одному из них тормозит, ослабляет репрезентацию другого. В самоотчетах некоторых исполнителей встречались жалобы на то, что, например, следящие движения пальцев по клавишам мешали слышать звук или что звук мешал сосредоточиться на пространственных соотношениях в последовательности подсвечиваемых клавиш. Подобная интерференция, существующая не только между модальностями, но и внутри одной из них, – обычное явление для *начальных этапов* овладения навыком. Другое дело, когда завершается усвоение последовательности или когда она уже хорошо освоена. Здесь основные и сопровождающие признаки на всех уровнях афферентации цепочки действий интегрированы в единое целое – сенсомоторный гештальт, симульганный полимодальный образ, который может быть разложен на отдельные составляющие только *post factum*, когда он совершился в реализованном действии (о том же свидетельствуют и данные самоотчета одной из исполнительниц быстрой группы). Очевидно, что возможности для формирования полимодального образа эталонной последовательности у разных групп исполнителей были разными. Так, в быстрой группе большинство ее участников (исполнители 5, 6, 9, 12, т. е. четверо из шести) имели хорошую музыкальную подготовку; в медленной группе (исполнители 3, 7, 10) ни один из участников не имел такой подготовки. У людей с музыкальным образованием есть все условия для того, чтобы по какому-либо одному признаку быстро ассоциативно восстанавливать полимодальный образ музыкально-исполнительского действия или даже последовательности действий и тем самым приводить в состояние готовности все сенсомоторные ресурсы, обеспечивающие пространственно-временную развертку текущих и предстоящих операций. Например, зрительно воспринимая нотные знаки, музыкант одновременно слышит их и проецирует на соответствующие клавиши еще до того, как будет произведено их нажатие и будет извлечен звук (Петрушин, 2008). Поэтому в быстрой группе различия между сериями относительно небольшие и сохраняется только влияние длины последовательности: световой индикации клавиш было достаточно, чтобы актуализировать весь сенсомоторный комплекс, необходимый для адекватных действий; все остальное оказалось избыточным, а иногда и излишним, поскольку могло не вполне соответствовать индивидуальному образу, возникшему у исполнителя. Одни исполнители быстрой группы в своих самоотчетах отмечали, что им мешает сопровождающий звук, другие – что им мешает ручное отслеживание последовательности. Совершенно другая ситуация складывается у исполнителей средней и медленной групп, имеющих нулевое или только начальное музыкальное образование: при отсутствии готовых полимодальных образований каждая модальность требует особого внимания и занимает отдельное место в небольшом вместилище рабочей памяти. С увеличением длины последовательности нагрузка на рабочую память возрастает, отсюда и значи-



тельное увеличение показателя КП как при включении сопровождающих модальностей, так и при увеличении длины последовательности. При этом заслуживает внимания тот факт, что разные модальности производят разные эффекты: например, в средней группе во 2-й серии (с ручным отслеживанием) КП почти не изменилось, тогда как в 3-й (со звуковым сопровождением) и 4-й сериях этот показатель значительно возрос, причем его значение стало в несколько раз выше, чем значение этого же показателя в быстрой группе.

Что касается различий между случайными (эксперимент 1) и мелодичными (эксперимент 2) последовательностями, то здесь необходимо принять во внимание, что во втором случае присутствовала еще одна переменная, которой не было в первом, – это ритмическая составляющая, возникающая в результате упорядоченного соотношения неодинаковых длительностей элементов последовательности. В отсутствие звукового сопровождения (1-я и 2-я серии в эксперименте 2) ритм воспринимается хуже; на это указывали некоторые исполнители, отмечая в своих отчетах, что заучивание озвученных мелодий было проще. По-видимому, этим объясняется противоположно направленное влияние мелодичного фактора: при звуковом сопровождении (3-я и 4-я серии эксперимента 2) этот фактор облегчает заучивание и КП уменьшается, а в отсутствии сопровождения – затрудняет и КП увеличивается (первые две серии эксперимента 2). Опять-таки, в быстрой группе, большинство которой составили музыканты, это различие выражено слабее, чем в других группах.

Из сказанного следует вывод, который может оказаться практически полезным при разучивании, например, музыкальных пьес:

1. Чем больше длина последовательности, тем сильнее выражен эффект полимодальности.
2. Скорость заучивания полимодальной последовательности зависит от опыта интеграции разных модальностей у исполнителя; у музыкантов этот опыт более сформирован, чем у немусыкантов.
3. При организации процесса разучивания полимодальных последовательностей необходимо последовательное включение разных модальностей с учетом такого их сочетания, которое оптимально подходит для данного исполнителя и достигнутого им уровня усвоения.

Литература

- Бернштейн Н.А.* Биомеханика и физиология движений. М.: Изд-во «Институт практической психологии»; Воронеж: НПО «МОДЭК», 1997. 608с.
- Гордеева Н.Д.* Экспериментальная психология исполнительного действия. М.: Тривола, 1995. 321 с.
- Назаров А.И.* Психологическая модель двигательного действия // Вестник Российской академии естественных наук. 2005. Т. 1. С. 89–95.
- Петрушин В.И.* Музыкальная психология: Учебное пособие для вузов. М.: Академический Проект, Триеста, 2008. 400 с.
- Bird G., Osman M., Saggerson A., Heyes C.* Sequence learning by action, observation and action observation // British Journal of Psychology. 2005. Vol. 96. P. 371–388.
- Buonomano D. V., Merzenich M. M.* Temporal information transformed into a spatial code by a neural network with realistic properties // Science. 1995. Vol. 267. P. 1028–1030.
- Cooper R. P.* Mechanisms for the generation and regulation of sequential behaviour // Philosophical psychology. 2003. Vol. 16. №. 3. P. 299–416.
- Enhancing Human Performance: Issues, Theories, and Techniques // The National Academy of Sciences. N.Y., 2000.



- Forrester L., Whitall J.* Bimanual finger tapping: effects of frequency and auditory information on timing consistency and coordination // *Journal of Motor Behavior*. 2000. Vol. 32. Issue 2. P. 176–192.
- Goodman L., Riley M., Mitra S., Turvey M.T.* Advantages of rhythmic movements at resonance: minimal active degrees of freedom, minimal noise, and maximal predictability // *Journal of Motor Behavior*. 2000. Vol. 32. Issue 1. P. 3–9.
- Hazeltine E., Helmuth L.L., Ivry R.* Neural mechanisms of timing // *Trends in Cognitive Sciences*. 1997. Vol. 1. P. 163–169.
- Ivry R.* The representation of temporal information in perception and motor control // *Current Opinion in Neurobiology*. 1996. Vol. 6. P. 851–857.
- Ivry R., Hazeltine R. E.* Perception and production of temporal intervals across a range of durations: Evidence for a common timing mechanism // *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*. 1995. Vol. 21. P. 3–18.
- Kelly S. W., Burton A. M., Riedel B., Lynch E.* Sequence learning by action and observation: Evidence for separate mechanisms // *British Journal of Psychology*. 2003. Vol. 94. P. 355–372.
- Kelso J.A.S.* *Dynamic Patterns: the self-organization of brain and behavior*. The MIT Press. Cambridge, USA; London, England. 1995. 334 p.
- Kugler P.N., Kelso J. A. S. & Turvey M. T.* On the control and coordination of naturally developing systems // J. A. S. Kelso & J. E. Clark (Eds.). *The development of movement control and coordination*. New York: Wiley. 1982. P. 5–78.
- Lashley K. S.* The problem of serial order in behavior // L. A. Jeffress (Ed.) *Cerebral mechanisms in behavior*. New York: Wiley. 1951. P. 112–131.
- O'Boyle D. J., Freeman J. S., Cody F. W. J.* The accuracy and precision of timing of self-paced, repetitive movements in subjects with Parkinson's disease // *Brain*. 1996. Vol. 119. P. 51–70.
- Pellecchia G. L., Turvey M. T.* Cognitive activity shifts the attractors of bimanual rhythmic coordination // *Journal of Motor Behavior*. 2001. Vol. 33. Issue 1. P. 9–16.
- Philip B. A., Wu Y., Donoghue J. P., Sanes J. N.* Performance differences in visually and internally guided continuous manual tracking movements // *Exp. Brain Res*. 2008. Vol. 190. P. 475–491.
- Rosenbaum D. A. & Collyer C. E.* (Eds.). *Timing of behavior: Neural, psychological and computational perspective*. Cambridge, MA: MIT Press. 1998. Vol. 32. Issue 3.
- Shanks D. R., Cameron A.* The effect of mental practice on performance in a sequential reaction time task // *Journal of Motor Behavior*. 2000.
- Schmidt R. A. & Lee T. D.* *Motor control and learning: A behavioral emphasis* (3rd ed.). Champaign, IL: Human Kinetics. 1999.
- Wing A. & Kristofferson A.* Response delays and the timing of discrete motor responses // *Perception and Psychophysics*. 1973. Vol. 14. P. 5–12.



ON MODAL INTERACTIONS IN MEMORIZING SEQUENCES

NAZAROV A.I., The International University of Nature, Society and Man «Dubna»

KRAMAROVA S. N., The International University of Nature, Society and Man «Dubna»

In two pilot experiments, the learning and training of simple musical pieces on a keyboard with backlit keys were simulated. Subjects (musicians and non-musicians) were presented musical sequences of different lengths and in different modalities - visual, auditory and kinesthetic. After repeatedly observing the reference sequence, with the aim of learning, the subjects had to reproduce it, preferably without errors. It was found that the degree of influence of different combinations of modalities on the rate of learning of the sequence depends on its length and the experience of integration-mentioned modalities, which, according to the information received, is formed better among musicians than among non-musicians.

Keywords: sequential actions, modal interaction, learning sequences, learning.

Transliteration of the Russian references

Bernshtein N.A. Biomehanika i fiziologiya dvizhenij. M.: Izd-vo «Institut prakticheskoi psihologii»; Voronezh: NPO «MODEK», 1997. 608 s.

Gordeeva N.D. Eksperimental'naya psihologiya ispolnitel'nogo deistviya. M.: Trivola, 1995. 321 s.

Nazarov A.I. Psihologicheskaya model' dvigatel'nogo deistviya // Vestnik Rossijskoi akademii estestvennyh nauk. 2005. T. 1. S. 89–95.

Petrushin V. I. Muzykal'naya psihologiya: Uchebnoe posobie dlya vuzov. M.: Akademicheskij Proekt, Triksa, 2008. 400 s.



Приложение

Примеры последовательностей разной длины (5, 8, 11, и 14 элементов)

5

8

11

14