

Моторика пальцев рук ... и никакого мошенничества

Исследовательская команда: Дмитрий Зубков, Мария Артемьева, Василий Сысоев и Никита Гаврев

Научный руководитель: П.П. Григал

Один общеизвестный классик утверждал, что "труд сделал из обезьяны человека". А возможность трудиться человек получил, освободив верхние конечности от ходьбы. В процессе эволюции работа руками шла бок о бок с развитием психики: деятельность человека всё усложнялась и усложнялась, передача навыков "по наследству" потребовала возникновения сложных знаковых систем, в результате чего развилась речь. Невероятно, но факт: следы этого можно найти в коре головного мозга – там зоны, отвечающие за контроль речи (зоны Брока и Вернике) непосредственно соседствуют и даже немного перекрываются с сенсомоторными зонами, контролирующими руки.



Рис. 1 Моторный гомункулюс

Кстати говоря, если человека изобразить с частями тела, размеры которых пропорциональны размерам соответствующих им зон мозга, то получился бы неказистый уродец с огромными кистями и вываливающимся изо рта языком (см. рис. 1). И это неудивительно: контроль всевозможных операций, которые мы делаем руками, намного сложнее, чем контроль других частей тела. Сравниться по сложности с этим может разве что речевой аппарат, но за него отвечают и многие другие зоны коры...

Движения пальцев очень разнообразны, и значение их в нашей жизни трудно переоценить. Мы постоянно учимся делать что-то руками, но вопрос о том, каким именно образом нам удастся чему-то научиться, остается еще не до конца ясным. Например, сколько времени требуется человеку, чтобы усвоить сравнительно несложную последовательность движений пальцев? А как долго сохраняется эффект от такого "моторного научения"? А если мы научимся что-то делать одной рукой, то проще ли будет делать другой рукой то же самое? Вопросов здесь возникает очень много, поэтому нам стало интересно изучить индивидуальные особенности моторики руки и найти какие-то общие закономерности. Используя клавиатуру компьютера мы регистрировали, как

меняется активность пальцев в зависимости от «загрузки» мозга, как происходит процесс научения при многократном повторении одной и той же последовательности движений, как происходит перенос такого навыка с одной руки на другую...

На некоторые из этих вопросов мы нашли ответы, но выяснились и такие факты, которые задали еще больше загадок. Скажем, не все последовательности нажатий пальцами одинаково удобны с точки зрения разучивания. И, похоже, всё это очень индивидуально. Впрочем, мы надеемся в данной главе не удовлетворить ваше любопытство, а скорее его пробудить.

Без рук мы... Как без рук

Мы постоянно чему-то учимся. Каждая новая вещь, каждое новое, непривычное событие, каждое впервые услышанное новое слово стимулируют этот процесс. А если в жизни слишком мало нового, то сама жизнь становится серой и скучной.

Безусловно, период наиболее активного обучения у человека – это детство и юность. И чем ближе к детству, тем большую роль в обучении играют руки. Это позже, уже ближе к студенческому возрасту, мы начинаем думать, что основные операции мы производим «в уме». Хотя на самом деле мы всё так же зависимы от точных движений пальцев – то мышкой двинуть, то кнопки калькулятора нажать, то просто на бумажке посчитать в столбик, не говоря уже о тех из читателей, кто, например, играет на музыкальных инструментах.

У детей связи между интеллектуальной и мануальной (ручной) деятельностью ещё сильнее. Скажем, когда логопеды работают с маленькими детьми с целью сделать их речь более правильной, они активно используют пальчиковые упражнения. В своё время была даже поставлена серия экспериментов, в которых показали, что простой массаж кистей рук и пассивные движения у младенцев ускоряют появление звукоподражательных реакций и агуканья, что является начальными этапами становления речи. Речь в некотором смысле является «наследником» более примитивных сигнальных систем, активно использовавших ту же самую жестикуляцию. У более старших детей ситуация ещё сложнее, поскольку ребёнок учится писать (и, впоследствии, печатать на компьютере). А при письме требования к точности контроля движений пальцев возрастает многократно. Кстати, когда маленький ребёнок учится писать, он часто высовывает язык и повторяет им движения пальцев. То же самое может произойти и со взрослым человеком если, например, он всю жизнь писал правой рукой, а его попросили что-то написать левой. Это называется динамической (т.е. в движении) *синкинезией*: одно движение (руками) провоцирует несознательное появление других движений (языком). Другой пример –

попробуйте вытянуть пальцы руки и пошевелить одним мизинцем. Одним! Что-то там творится с безымянным пальцем?...

Чем взрослее становится человек, тем всё более сложные операции он выполняет руками. В 20 лет многие умеют и писать, и печатать на клавиатуре, и играть на каком-нибудь музыкальном инструменте, будь то гитара или пианино... И ведь все эти сложнейшие навыки мы так привыкли рассматривать, как «когнитивные», «высшие», при этом так мало внимания уделяя рукам, без которых они были бы практически нереальны!

Итак, что бы мы не делали, мы делаем это руками. Даже если мы лишь смотрим фильм или слушаем лекцию, то положение рук влияет на восприятие материала: так, исследователи выяснили, что студенты, сидевшие на лекции со скрещенными руками, усваивали материал на треть хуже, чем те, кто сидел с руками, свободно лежащими на столе или на коленях.

Взаимное влияние моторики пальцев и речи активно используется при восстановительном обучении, скажем, после инсультов. Да и не только – например, широко известны так называемые «мудры», позиции пальцев, помогающие, по словам адептов соответствующих учений, избавиться от практически любых болезней (подобные утверждения в категоричной форме вряд ли заслуживают одобрения, но когда дело касается расстройств нервной системы, пальчиковые упражнения зачастую очень полезны).

Эксперименты с моторным обучением

Первой задачей, за которую мы взялись, было исследование того, как происходит освоение моторных последовательностей.

Каким же образом изучать движение пальцев? Ясно, что для этого нужно научиться регистрировать простые движения, которые могут быть воспроизведены различными людьми достаточно большое количество раз. Метод регистрации движений не должен требовать дорогостоящего оборудования. Естественным решением в таком случае является использование возможностей компьютера. Действительно, нажатия клавиш являются простыми движениями, а для регистрации необходима небольшая программа, которая может отслеживать, какие именно клавиши нажимались, с какой скоростью и частотой, и записывать необходимые результаты в файл для дальнейшей обработки.

Эксперименты проводились с заранее заданными последовательностями движений (нажатий клавиш) длиной от трёх до восьми нажатий. Каждая последовательность – «*паттерн*» – исполнялась одной рукой в течение 60 – 90 секунд. При этом фиксировалось положение пальцев на клавиатуре (то есть каждым пальцем испытуемый мог нажать

только одну определённую клавишу, рис.2), и задачей испытуемого было в течение заданного промежутка времени исполнять данную последовательность указанной экспериментатором рукой, по возможности без ошибок. Для простоты задания последовательности были введены следующие условные обозначения для пальцев рук: 1 – большой палец, 2 - указательный, 3 – средний, 4 – безымянный, 5 – мизинец. Например, если испытуемому задают последовательность 431, это означает, что он должен в течение



Рис.2. Пример расположения пальцев на клавиатуре

заданного времени циклично нажимать сначала безымянным, потом средним и большим пальцами. Следует отметить, что сложность последовательности и её длина – это совершенно разные характеристики. Например, последовательность 12345 при длине из 5 нажатий является существенно проще для выполнения, чем более короткая последовательность 3542. В связи с этим при предъявлении испытуемым той или иной

последовательности мы исходили из того, чтобы все задания были одинаковой «трудности». В частности, использовались последовательности 1253, 4312, 54123, 42315, 523142, 134253 и др.¹.

Все эксперименты были разделены на две подгруппы:

- 1) «Моторное» обучение: испытуемому предоставляется написанный на листе бумаги паттерн (скажем, тот же 431), который он сразу же начинает исполнять, при этом листок остаётся у него перед глазами;
- 2) «Идеомоторное» обучение: Испытуемому предоставляется написанный на листе бумаги паттерн, но теперь он должен предварительно выучить наизусть последовательность, при этом запрещалось двигать пальцами, но рекомендовалось активно это представлять. Когда испытуемый решал, что достаточно хорошо разучил и запомнил последовательность, он это говорил экспериментаторам, время фиксировалось, и далее испытуемый по памяти исполнял заданную последовательность нажатий на клавиатуре.

¹ Как выяснилось позже, уже в ходе экспериментов, существуют «органически» неудобные последовательности, индивидуальные для каждого человека, при исполнении которых он допускает гораздо больше ошибок, чем в среднем. Выявить эти последовательности и найти способ компенсировать их «неудобство» — важная практическая задача. Это может пригодиться в повседневной жизни и в работе (скажем, тем, кто много набирает на компьютере).

При обработке результатов для каждого эксперимента строилась зависимость времени, затрачиваемого на исполнение одной последовательности (то есть разницы времён между нажатием первого и последнего в последовательности пальца), от времени с начала эксперимента. Примеры полученных результатов приведены на рис. 3

Чем ближе к прямой или плавной кривой линия, последовательно соединяющая все точки графика, тем стабильнее исполнение последовательности. Пример такого исполнения – график 3 б). В таких случаях можно довольно точно оценить количество ошибок испытуемого: если время исполнения одной последовательности больше среднего, это значит, что испытуемый ошибся, нажав не ту клавишу, и потом исправил ошибку, нажав уже правильную клавишу; если же время исполнения меньше среднего, это значит, что испытуемый пропустил несколько нажатий в паттерне и, не заметив этого, продолжал набор.

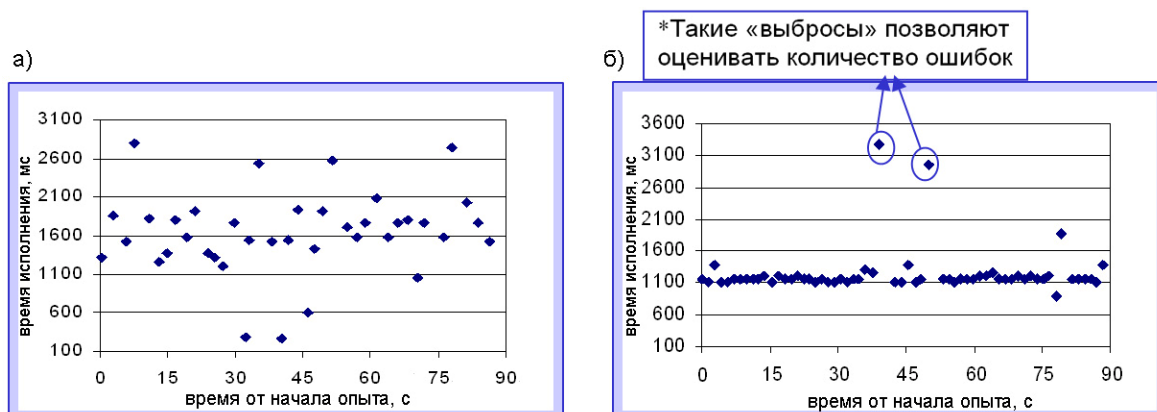


Рис. 3 Пример исполнения одной и той же последовательности разными людьми при моторном обучении. По горизонтальной оси – время от начала эксперимента, с, по вертикальной – время, затраченное на выполнение последовательности, мс. Графики, подобные 3 б, характерны для людей, играющих на музыкальных инструментах.

Одним из самых интересных фактов, подтверждаемым практически каждым новым экспериментом, было превосходство результатов при идеомоторном обучении над таковыми при моторном. На рис. 4 приведены результаты для исполнения одной и той же последовательности одним и тем же испытуемым примерно в одно и то же время суток, но разными способами – либо при моторном обучении, либо с предшествующим идеомоторным обучением. При этом эксперимент с идеомоторным обучением проводился на три недели раньше, поэтому можно говорить о независимости экспериментов друг от друга.

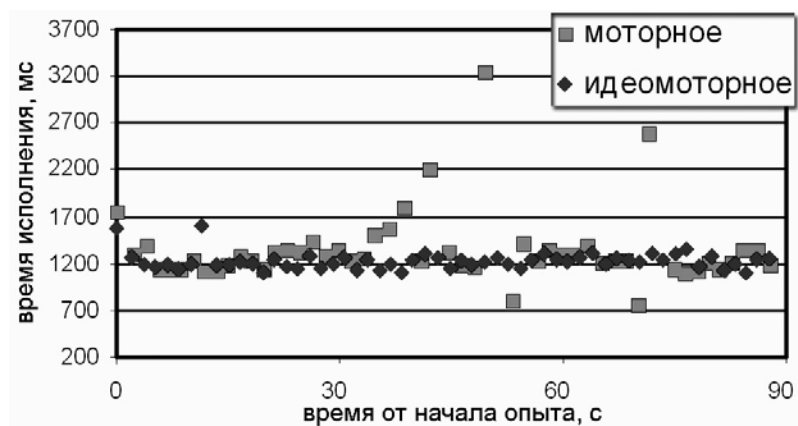


Рис. 4. Сравнение результатов освоения одной и той же последовательности при моторном и идеомоторном (с предшествующей мысленной проработкой) обучении.

Легко заметить, что график идеомоторного обучения содержит гораздо больше точек, то есть паттерн был исполнен большее количество раз, да и ошибок было сделано меньше (судя по количеству «выбросов»). То есть, вероятно, предварительная «проработка» паттерна в течение определенного времени заметно улучшает результат.

Во время экспериментов с идеомоторным обучением фиксировалось время, требовавшееся испытуемому на запоминание предложенной последовательности. Как ни странно, оно не прямо пропорционально длине последовательности. Очень часто для последовательностей длины 6 требовалось меньшее время для запоминания, чем для последовательностей длины 5. Вероятно, это может быть связано с тем, что при запоминании испытуемый разбивает длинную последовательность на более короткие (видимо, длиной 2-4, в среднем 3 движения), и мысленно разучивает уже их, а потом соединяет их воедино при исполнении. Это хорошо согласуется с давно известными предположениями об иерархической организации памяти.

Представляется логичным предположить, что результаты обучения напрямую зависят от состояния испытуемого, а значит и от времени суток, но для каждого индивидуально. Чтобы это проверить, мы поставили ряд пилотных экспериментов с последовательностями длиной от 4 до 6 нажатий.

На рисунке 5 представлены результаты таких экспериментов, проведенных сначала вечером (с десяти до половины одиннадцатого вечера), а потом утром следующего дня (в промежутке с семи утра до половины восьмого). Испытуемый исполнял последовательности сначала правой, потом левой рукой. Стоит заметить, что у данного испытуемого правая рука – ведущая.

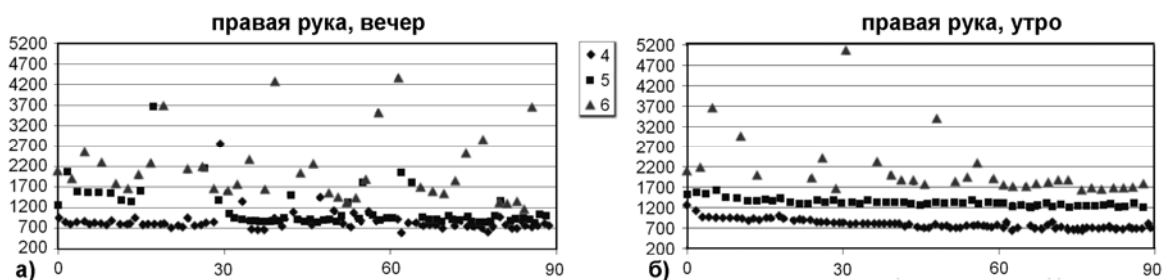


Рис. 5. Зависимость качества исполнения последовательностей от времени суток. По осям – то же, что и на рисунках 3, 4.

Данные результаты подтверждают наше предположение – утром результаты заметно стабильнее, чем вечером.

Также было здесь можно видеть еще одно интересное явление, наблюдаемое и в других экспериментах, а именно резкий переход на другую скорость, когда человек, достаточно стабильно исполнявший заданную последовательность, вдруг начинал исполнять её существенно быстрее. Кроме перехода на другую скорость иногда наблюдалось резкое повышение стабильности результата (см. рис. 5б), когда через некоторое время после начала эксперимента испытуемый довольно резко сокращал количество допускаемых в единицу времени ошибок и переходил на довольно ровный темп. Интересно отметить, что подобные явления в наших экспериментах всегда наблюдались через 45-60 секунд от начала эксперимента.

По всей видимости, это говорит о том, что при моторном обучении некоторые процессы имеют пороговый (по времени) характер – в голове происходит некий «фазовый переход», и исполнение дальше идёт на совершенно ином уровне. И характерное время, требуемое для такого фазового перехода – 45-60 секунд. По крайней мере, когда речь идёт о сравнительно простых моторных последовательностях.

Рука руку моет... и учит

Во многих современных исследованиях рассматриваются в основном *унимануальные* (то есть совершаемые одной рукой) движения. На практике же мы, как правило, имеем дело с движениями, требующими участия обеих рук, хотя «распределение ролей» между ними очень часто неравнозначно – например, при письме.

Если же предложить человеку одновременно выполнять двумя руками разные движения, то успешность выполнения будет зависеть от того, насколько эти движения симметричны. Симметричны движения, в большинстве случаев, не вызывают у испытуемых существенных затруднений. Несимметричные же движения (например, рисование одной рукой – линии, а второй – круга) как правило, приводит к «перемешиванию» действий. В этом случае круг может «сужаться» в овал, вытянутый по

направлению линии, а линия, наоборот, «расширяться» в узкий овал. Однако следует отметить, что у пациентов с перерезанным мозолистым телом (т.е. с разделёнными полушариями) такого «перемешивания задач» не происходит. Таким образом, можно предположить, что мозолистое тело отвечает за взаимодействие моторных программ, связанных с разными руками.

В этой части наших исследований мы изучали *моторные переносы* – выполнение одной и той же последовательности сначала одной рукой, потом другой: перенос с ведущей на неведущую руку мы определили как «прямой», а с неведущей руки на ведущую руку – «обратный». При этом наблюдается весьма интересный эффект: когда одна рука моторно обучается, то вместе с ней «обучается» и другая рука, хотя она и не участвует в процессе. Иными словами, освоение некоторого движения одной стороной тела позволяет в дальнейшем значительно быстрее освоить это же движение (точнее, его «зеркальный» вариант) другой стороной тела. Хотя в наших экспериментах работа одной и другой рукой была разделена по времени (1-2 мин), сами движения при этом можно рассматривать как симметричные.

В группу испытуемых вошли 14 человек: 12 правшей (7 юношей и 5 девушек), и двое левшей (одна девушка и один юноша) в возрасте от 13 до 20 лет. Эксперименты проводились в августе 2006 года на базе Летней Школы «Исследователь».

Испытуемому предлагалось в течение 90 секунд набирать на клавиатуре компьютера некоторую последовательность длиной от 4 до 6 нажатий. Кодировка последовательностей – такая же, как описано в предыдущем разделе (цифры обозначают соответствующие пальцы).

Эксперимент состоял из двух блоков, в каждом из которых испытуемый выполнял три последовательности разной длины (4, 5 и 6 нажатий) каждой рукой в течение 90 сек. При этом в первом блоке каждая последовательность выполнялась сначала ведущей рукой, затем неведущей, а во втором наоборот – сначала неведущей, потом ведущей. То есть левши в первом блоке работали сначала левой, потом правой, а правши – сначала правой, потом левой, во втором блоке всё наоборот. Таким образом, первый блок состоял из выполнения трёх последовательностей различной длины в прямом переносе, а второй – в обратном.

Основной величиной, характеризующей результативность моторного переноса, было количество выполненных последовательностей за 90 сек (скорость выполнения задания). Далее подсчитывалось число испытуемых, у которых скорость выполнения заданий увеличивалась, уменьшалась или не изменялась. Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1. Изменение скорости выполнения при прямом и обратном переносе (по всей группе испытуемых).

Изменение скорости выполнения	Прямой перенос	Обратный перенос	Всего
Правши			
Увеличение скорости выполнения	19	28	47
Уменьшение скорости выполнения	15	8	23
Скорость не изменялась	2	0	2
Итого выполненных переносов	36	36	72
Левши			
Увеличение скорости выполнения	5	2	7
Уменьшение скорости выполнения	1	2	3
Скорость не изменялась	0	2	2
Итого выполненных переносов	6	6	12

Видно, что в группе правой увеличение скорости выполнения задания зарегистрировано в 19 случаях из 36, что составляет 53%. При обратном переносе процент успешно выполненных переносов достигает 28 из 36 (78%). У левой этот показатель составляет соответственно 80% и 30%. Уменьшение скорости выполнения задания при прямом и обратном переносах у правой зарегистрировано в 15 и 8 случаях соответственно, а у левой в одном и двух случаях из шести. Скорость выполнения задания у правой не изменялась в 2 случаях при прямом переносе, а у левой – такое же количество при обратном. Такие измерения позволяют предположить, что правшам легче дается обратный перенос, а левшам – прямой, но этот феномен требует подтверждения и дальнейшего изучения.

Безусловно, полученные нами предварительные данные требуют дальнейшего уточнения хотя бы потому, что они получены на небольшой выборке. Тем не менее, они представляют немалый интерес, поскольку полученные результаты не всегда совпадают с нашими ожиданиями. А значит, есть поле для дальнейшей работы.

Ловкость... Рук?

Попробуйте проделать такое упражнение: хлопаете в ладоши и разводите руки в стороны, причём пальцы правой руки собираются в кукиш («фига», пальцы с указательного по мизинец собраны в кулак, а большой просунут между указательным и средним), а левой – кулак с оттопыренным вверх большим пальцем («гладиатору – жить!»). Снова хлопок – и наоборот, теперь уже левая рука показывает кукиш. Как, получается? Есть ведь желание делать обеими руками одно и то же, правда ведь?

Подобные упражнения используются для развития координации при обучении боевым искусствам. А также в логопедии и нейропсихологии в процессе коррекционной работы. Такая вот простенькая на вид гимнастика может очень существенно расширить объём внимания и двигательные возможности человека, особенно когда дело касается

задач, требующих высокой координации движений и асинхронной работы рук. Разумеется, описанное здесь упражнение – одно из простейших. Несколько более сложное – игра «Алфавит» (её можно легко найти в Интернете во множестве вариантов). Эту последнюю активно используют нейропсихологи, логопеды и... прямо-таки превозносят те, кто занимается НЛП (Нейро-Лингвистическое Программирование). Почему? Да очень просто – она ещё более расширяет объём внимания и повышает многозадачность мозга, что психологам-практикам просто жизненно необходимо.

Внимание, память, наблюдательность, многозадачность... перефразируя высказывание классика *«ручной труд сделал из обезьяны человека»*. И в процессе эволюции работа руками шла бок о бок с развитием психики.

Исследуя моторику, мы наталкиваемся на множество интереснейших вещей. Скажем, что можно извлечь из сравнения «моторного» и «идеомоторного» обучения? А как вам простая рекомендация при разучивании сложных движений сначала мысленно «прокрутить» их в голове, а потом уже исполнять на самом деле? Спортивные психологи уже всю это применяют, есть даже рекомендации 25% времени тренировок посвящать идеомоторной (в воображении) отработке движений, а остальные 75% - практике. И вот ведь какое дело: оказывается, чем выше квалификация спортсмена, тем точнее совпадает последовательность его движений на практике и идеомоторно. А можно попробовать с другого конца – во всех подробностях, максимально приближенно к реальности, прорабатывать движение в воображении, а потом уже идти на стадион (или в спортзал).

Чем могут быть полезны данные по моторным переносам? А вот попробуйте привычное, но сложное движение, которое всегда выполняли правой рукой, проделать левой. Получится, получится, пусть и не с первого раза. Медленнее, осторожнее, но обязательно получится, ведь так? А теперь – снова вернитесь к правой руке. Как ощущения? Немного отклоняясь в сторону, заметим, что в практической психологии подобные «фокусы» используются для развития «креативности» (творческого мышления). Если мы стимулируем перенос навыка с одной руки на другую, мы тем самым стимулируем обмен информацией между полушариями, а если начинается или расширяется обмен информацией одного типа, стимулируются и другие.

Вот... Исследуя моторику пальцев рук, можно оценить состояние мозолистого тела, выявить риск речевых нарушений, оценить готовность руки к письму (если речь идёт о ребёнке), и многое, многое другое... Но это – уже совсем другая история.

Так что – развивайте ловкость рук. И всё будет!