

# Влияние программ физических упражнений на умственную работу учеников

*Сабин Кубеш, Лаура Уок, Манфред Шпитцер, Томас Каммер, Алёна Лайнбург, Рюдигер Хайм и Катрин Хилле (Ульмский университет, Хайдельбергский университет, Германия) перевод с английского Созинов А.А.*

ДВИГАТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ПОЛЕЗНА НЕ ТОЛЬКО ДЛЯ ЗДОРОВЬЯ ТЕЛА, НО И ДЛЯ УМСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЧЕЛОВЕКА. ТАК, ИЗВЕСТНО, ЧТО КОНТРОЛЬ ПОВЕДЕНИЯ, ТЕСНО СВЯЗАННЫЙ С УСПЕШНОСТЬЮ ОБУЧЕНИЯ, УЛУЧШАЕТСЯ ПОСЛЕ ВЫПОЛНЕНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ – КАК ОДНОКРАТНОГО, ТАК И РЕГУЛЯРНОГО. МЫ СОПОСТАВИЛИ ВЛИЯНИЕ 30-МИНУТНОЙ И 5-МИНУТНОЙ ОДНОКРАТНЫХ ПРОГРАММ ФИЗИЧЕСКИХ УПРАЖНЕНИЙ НА РАБОЧУЮ ПАМЯТЬ, ПЕРЕКЛЮЧАЕМОСТЬ И ХАРАКТЕРИСТИКИ ВНИМАНИЯ И ПРИШЛИ К ВЫВОДУ, ЧТО ПОСЛЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ АЭРОБНОЙ ПРОГРАММЫ УЧЕНИКИ ЛУЧШЕ УДЕРЖИВАЛИ ВНИМАНИЕ НА ВЫПОЛНЕНИИ ЗАДАНИЯ ПРИ НАЛИЧИИ ОТВЛЕКАЮЩИХ СОБЫТИЙ. 5-МИНУТНАЯ ПРОГРАММА К ТАКОМУ РЕЗУЛЬТАТУ НЕ ПРИВОДИЛА. ТАКИМ ОБРАЗОМ, ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СПОРТИВНЫХ ПРОГРАММ В ШКОЛЕ – РЕШАЮЩИЙ ФАКТОР УЛУЧШЕНИЯ ВНИМАНИЯ УЧЕНИКОВ.

• *Исполнительных функций* • *Механизмы улучшения исполнительских функций* •

Регулярное выполнение физических упражнений в течение жизни улучшает умственную деятельность.

## Исполнительные функции и успеваемость

Физическая активность, в частности, влияет на исполнительные функции (ИФ)<sup>1</sup>, крайне важные для успеваемости. Изучение полезных эффектов школьных программ физической культуры очень актуально, поскольку благодаря этим программам можно в раннем детстве и школьном возрасте повысить готовность к школе и успеваемость за счёт влияния на ИФ.

В таких предметных областях, как языки, математика и естественные науки ИФ играют ключевую роль в успешности школьного обучения. Более того, ИФ определяют результаты выполнения учениками заданий, связанных с поиском выхода из проблемных ситуаций. Исполнительная система управляет выбором стратегий поведения в проблемной ситуации и организует процессы обучения. Она задействована в процессах формирования суждений, принятия решений, используется при структурировании и понимании заданий, а также при распознавании и исправлении ошибок. Таким образом, умение<sup>2</sup> ученика структурировать, усваивать и применять знания, планировать время, организовывать материалы, мысли и информацию зависят от ИФ. В настоящей работе проводится ана-

<sup>1</sup> [Executive functions] В традиционной психологии принято описывать всё многообразие поведения человека сочетанием «функций», обычно связываемых с активацией определенных зон мозга, на которые это поведение «опирается». На наш взгляд, следует воспринимать понятие «исполнительные функции» как попытку найти что-то общее в том, как человек проявляет себя в самых разных ситуациях («владеет собой», «собирает», «трудолюбив» и т.д.), то есть не как механизм, а как описание поведения. (Здесь и далее – прим. перев.)

<sup>2</sup> Слово ability обычно переводят как «способность», однако в русскоязычной литературе способности – это предмет отдельной дискуссии. Авторы лишь имеют в виду, что ученик способен (может) что-то сделать, поэтому здесь и далее использовано слово «умение».

лиз ИФ, преимущественно связанных с рабочей памятью, гибкостью мышления, а также контролем внимания и поведения.

Рабочая память хранит около семи элементов (например, слов, объектов или цифр) в течение лишь нескольких секунд. Её нормальное действие – условие развития сложных когнитивных функций, в том числе языковых. Например, мы используем рабочую память, когда произносим или слушаем сложное предложение, состоящее из простых. Такое предложение может оказаться очень многословным, долго не выдавать свое подлежащее, без которого, как сказал Марк Твен, трудно не позабыть всё, что уже сказано. Рабочая память также требуется для извлечения информации, находящейся на долговременном хранении. Соответственно, поведение определяется не только текущей, но и предшествующей информацией (и реакциями на неё).

Торможение – ещё одна важная ИФ, которая обеспечивает лабильность поведения за счёт задержки или даже отмены наиболее вероятных реакций. Торможение обеспечивает контроль внимания: его избирательность, сосредоточение и поддержание. Умение контролировать свое поведение и активизировать внимание в изменяющихся условиях позволяет предотвратить неадекватные действия. Кроме того, исполнительный контроль крайне необходим в ситуациях, требующих планирования и принятия решения, а также отказа от привычных действий. Ученикам с развитыми процессами контроля и, следовательно, лучшей саморегуляцией и самодисциплиной, легче заставить себя оторваться от телевизора для подготовки к экзамену, или внимательно слушать учителя, даже когда сильно отвлекает сосед по парте.

Также предполагается, что усиленный контроль позволяет косвенно регулировать агрессию через управление поведением, которое сопровождается отрицательными эмоциями. Следовательно, успешность контроля отрицательно коррелирует с агрессией и положительно – с эмпатией. В частности, на уроках физической культуры (ФК) ученики с высокой саморегуляцией намного меньше толкаются и ставят «подножек» ради победы в игре. Саморегуляция, поддерживающая положительные и пода-

вляющая отрицательные эмоции, является важным средством достижения успеха, а успешное целенаправленное и продуманное поведение позволяет ученикам направить свои знания в полезное русло. Гибкость мышления, основанная на торможении и рабочей памяти, является дополнительным компонентом ИФ. Это умение корректировать своё поведение при изменении условий и требований, позволяющее рассматривать ситуацию с разных точек зрения, думать и реагировать гибко.

### **Исполнительные функции и задания на сообразительность**

Выполнение заданий на сообразительность улучшает ИФ даже в раннем детском возрасте. Иногда процедура общей тренировки бывает более эффективна, чем решение конкретных задач. Например, программа упражнений на сообразительность для школьников из малообеспеченных семей «Инструменты ума»<sup>3</sup>, которая состоит из различных техник для поддержания, тренировки и развития ИФ (в частности, использование эгоистической речи<sup>4</sup> для самоконтроля или при изменении правил, а также – у более взрослых – драматические игры<sup>5</sup>) полезна для таких ИФ, как торможение, гибкость мышления и рабочая память. Со временем она приводит к повышению готовности к школе и успеваемости. Кроме того, выявлено влияние тренировки рабочей памяти на флюидный интеллект, которое зависит от интенсивности тренировки.

В исследованиях ИФ у детей 3–5 лет показано, что процессы торможения тесно связаны с ранними успехами в математике и чтении. Соответственно, дети, не проявляющие математических способностей, с трудом справляются с задачами на торможение предшествующей информации и привычных стратегий поведения, а также демонстрируют дефицит рабочей памяти. Более того, у детей с математическими способностями больше диапазон счёта, который основан как на

<sup>3</sup> [Tools of the mind]

<sup>4</sup> [private speech] Также называется «речью для себя».

<sup>5</sup> [dramatic play] Полевые игры с определенным сценарием.

рабочей памяти, так и на её торможении – когда необходимо игнорировать устаревшую в ней информацию. Таким образом, развитость ИФ связана с готовностью к школе и успеваемостью (как с низкой, так и с высокой) по предметам из разных областей знания. Поэтому навыки, связанные с ИФ, необходимо включать в школьные и дошкольные программы обучения. Однако помимо заданий на сообразительность ИФ определяются и физической деятельностью.

### Исполнительные функции и физическая деятельность

ИФ улучшаются при выполнении однократных и регулярных физических упражне-

ний (в особенности аэробных упражнений на выносливость) как у взрослых людей (молодых и пожилых, а также у пациентов, страдающих депрессивными расстройствами, у здоровых пожилых людей, молодых взрослых, так и у детей и подростков. Поведенческие и электрофизиологические показатели ИФ у взрослых и детей особенно часто улучшаются после кардиореспираторного фитнеса.

В одном из своих последних исследований, поддержанных Министерством образования и науки Германии, мы изучали механизмы, лежащие в основе полезных эффектов кардиореспираторного фитнеса и однократных «ударных» 20-минутных

аэробных упражнений на выносливость у здоровых школьников. Поведенческие и электрофизиологические показатели торможения ответов оценивали методом связанных с событием потенциалов<sup>6</sup> в задаче на дифференцировку стимулов (требующих и не требующих ответа) в сочетании с «фланговой» задачей<sup>7</sup> после 20 минут аэробных упражнений на выносливость по сравнению с таким же периодом отдыха.

В эксперименте участвовали 20 семиклассников с высокими и низкими показателями физической формы. Было выявлено, что ученики, находящиеся в хорошей физической форме, имеют большую амплитуду негативных отклонений по сравнению со своими менее подготовленными одноклассниками, им требовалось больше времени для подготовки к ответу в задании. Кроме того, у них зарегистрирована уменьшенная амплитуда компонента N2<sup>8</sup>, что связано с более эффективным контролем поведения.

Один из возможных механизмов улучшения ИФ при физической деятельности – изменение химии мозга. В обеспечении ИФ участвуют дофаминовая и серотониновая нейромедиаторные системы<sup>9</sup>. В частности, снижение концентрации дофамина в дорзолатеральной префронтальной коре<sup>10</sup> отрицательно сказывается на рабочей памяти и процессах торможения. Также показано, что и серотонинэргическая система обеспечивает ИФ отчасти путём воздействия на дофаминэргическую систему. В частности, в исследованиях на животных выявлено, что снижение уровня серотонина в мозге приводит к нарушению рабочей памяти. Кроме того, у пациентов с суицидным поведением, связанным с ухудшением серотонинэргической передачи, также выявляются значительные нарушения рабочей памяти, торможения и внимания.

Физическая деятельность влияет на работу центральных дофаминэргической и серотонинэргической систем. Аэробные упражнения на выносливость, выполняемые в течение получаса и более, во-первых, приводят к повышению уровня свободного триптофана в крови в результате расщепления жиров (альбумин, растворенный из триптофана, присоеди-

<sup>6</sup> Метод связанного с событием потенциала – метод анализа электроэнцефалограммы, усредняемой от момента начала движения, нажатия на клавишу, появления стимула и др. повторяющихся в эксперименте «событий». Подробнее см. Психофизиология / Ред. Ю.И. Александров. – СПб.: Питер, 2004. – С. 28-34.

<sup>7</sup> [Flanker task] При выполнении фланговой задачи (Эриксен и Эриксен) необходимо нажатием соответствующей клавиши ответить, в какую сторону направлена стрелка в центре экрана. Как правило, время ответа в данной задаче зависит от того, какую сторону направлены отвлекающие стрелки, расположенные вокруг («по флангам») целевой. В ситуации «соответствия» направление целевой стрелки и отвлекающих стрелок совпадают (например, >>>>>). В ситуации «несоответствия» – не совпадают (>><<>). В упрощенном виде эту задачу можно выполнить на сайте «Когнитивных развлечений»: <http://cognitivedfun.net/test/6>

<sup>8</sup> N2 – традиционно выделяемый компонент ССП, представляющий негативное отклонение сигнала около 200 миллисекунд после предъявления стимула.

<sup>9</sup> Нейромедиаторы (дофамин, серотонин, ацетилхолин и мн. др.) – вещества, выделяемые нервными клетками и влияющие на метаболизм других клеток; в частности, являются химическими посредниками при передаче нервного импульса. Дофаминовая и серотониновая системы – совокупности структур мозга, которые содержат нейроны, выделяющие дофамин и серотонин (соответственно, дофаминэргические и серотонинэргические нейроны).

<sup>10</sup> Дорзолатеральная префронтальная кора – зона лобной области коры мозга.

няется к свободным жирным кислотам, которые преумножились после физических упражнений на выносливость), что вызывает снижение уровня триптофана, связанного с альбумином, у человека и животных. Во-вторых, увеличение уровня свободного триптофана в крови напрямую связано с повышением его содержания в мозге (поскольку только свободный триптофан преодолевает гематоэнцефалический барьер (ГЭБ)<sup>11</sup>). В-третьих, рост концентрации свободного триптофана вызывает увеличение биосинтеза серотонина, и высвобождение серотонина в мозге усиливается.

Кроме этого, повышенный синтез серотонина вызывается повышенным захватом в мышцах незаменимых аминокислот лейцина, изолейцина и валина во время восстановления после длительных упражнений, тем самым ослабляя конкурентов свободного триптофана в отношении транспортировки через ГЭБ. Однократный синтез серотонина, связанный с физической деятельностью, может влиять на те ИФ, которые обеспечиваются серотонин-зависимыми структурами мозга. Более того, исследования на животных показывают, что произвольная физическая деятельность также связана с повышением уровня дофамина в префронтальной коре (и в других областях мозга). Повышение содержания тирозин гидроксилазы в хвостатом ядре мозга, важное для умственной деятельности, происходит лишь через 3 минуты после начала движений и достигает максимального уровня в течение первых 20 минут упражнений. Именно увеличение концентрации серотонина и дофамина в мозге после аэробных упражнений на выносливость привело нас к предположению, что 30-минутная программа физических упражнений имеет большее влияние на ИФ, чем 5-минутная подвижная перемена (ПП), поскольку пять минут аэробных упражнений на выносливость недостаточно, чтобы вызвать повышение содержания свободных жирных кислот и, как следствие, увеличение синтеза серотонина.

Действительно, изучение эффектов и пользы физической деятельности школьников – это перспективная область исследований. Кроме того, поскольку ИФ влияют на успеваемость учеников, необходимо

выяснить, насколько ИФ можно улучшить за счет спортивных программ разной длительности и интенсивности. В настоящее время ФК незаслуженно игнорируется по сравнению с другими предметами в школе, особенно в отношении пропаганды успеваемости. Более того, во многих школах Германии происходит снижение числа уроков ФК, компенсируемое за счёт учащения ПП. Зачастую ПП характеризуются низкой интенсивностью и, по-видимому, незначительно улучшают физическую форму, физическое и умственное здоровье, а также умственную деятельность учеников. Мы решили сопоставить эффективность 30-минутной «программы ФК» и 5-минутной «программы ПП» по показателям рабочей памяти, гибкости мышления, контроля внимания и поведения и семиклассников из четырёх школ Ульмского университета.

## МЕТОДИКА

### Участники

В исследовании участвовал 81 здоровый праворукий ученик (из них 40 девочек) седьмого класса (возраст – 13–14 лет), не имевший неврологических или психиатрических заболеваний, из двух типов средней школы Германии (43 из обычной школы и 38 из гимназии). Два класса, по одному из школы каждого типа (36 учеников, из них 15 девочек), были полностью задействованы в исследовании эффектов короткой ПП. Два других класса из этих школ (45 учеников, из них 19 девочек) были заняты в исследовании эффектов 30-минутной программы ФК. Ученики, освобождённые от уроков ФК по состоянию здоровья, а также те, кто не предоставил письменного согласия родителей, не допускались к участию в исследовании.

Проект исследования был одобрен местным комитетом по этике и соответствовал Хельсинской

д е к л а р а ц и и .  
Экспериментальную работу проводили с января по май 2007 года.

<sup>11</sup> Гематоэнцефалический барьер (ГЭБ) – избирательность проводимости веществ из кровотока мозга к нервным клеткам. ГЭБ, как правило, преодолевают мелкие молекулы, в том числе этанол (алкоголь).

## Процедура исследования

В исследовании использовали две стандартизированные программы упражнений. «Программа ФК» представляла собой 30-минутную последовательность аэробных упражнений на выносливость. Эту процедуру проводили учителя ФК, обращая особое внимание на интенсивность выполнения упражнений. Ученики, проходящие контрольную процедуру<sup>12</sup>, в течение 30 минут прослушивали аудиокнигу. «Программа ПП» также состояла из аэробных упражнений на выносливость, но продолжалась только 5 минут. Ученики, проходящие контрольную процедуру, в это время наблюдали за одноклассниками. Обе программы были согласованы с учителями ФК.

## Программа ФК

Учителя ФК проводили упражнения в течение 30 минут. Если группа заканчивала раньше, вводили дополнительные упражнения. Если программа превышала 30 минут, её сокращали. В качестве спортивного оборудования использовались три длинные скамьи. Сначала их ставили поперёк зала на таком расстоянии, чтобы их можно было преодолеть за 5 шагов. После пятиминутной разминки учеников делили на две команды. Около 10 минут команды различным образом бегали через скамейки (простой бег по скамье, бег с подъёмом маховой ноги, прыжки «ноги вместе»), после чего выполняли интенсивные упражнения (на мышцы брюшного пресса и спины) на скамьях в течение 5 минут. Оставшиеся 10 минут ученики продолжали бег через скамью, переставленную вдоль зала (простой бег, трёхшаговый бег зигзагом, а также попеременно – прыжки с приставными шагами и прыжки «ноги вместе»).

## Программа ПП

В рамках программы ПП ученики виртуально участвовали в «Берлинском марафоне». Команды для выполнения упражнений давал учитель. Перед нача-

лом «марафона» проводили короткую разминку. Во время «соревнования» ученики вместе с учителем совершали бег на месте в сочетании с различными движениями («бой с тенью», бег с высоким подъёмом бедра и имитация приветствия публики). Через 5 минут ПП заканчивалась различными упражнениями на растяжку.

## Дизайн исследования

Исследование было выполнено с использованием перекрёстного дизайна с рандомизацией последовательности экспериментальных процедур. В первый день первой недели учеников знакомили с компьютерными тестами для оценки ИФ. На следующий день всех участников случайным образом распределяли для работы в спортивных или контрольных условиях (контрольная группа отдыхала столько же времени). В течение дня проводили три замера показателей ИФ: до и после спортивной или контрольной процедур, и ещё раз после урока математики.

На следующей неделе в тот же день и час ученики менялись условиями: те, кто на прошлой выполнял упражнения (ФК или ПП), отправлялись отдыхать, и наоборот. Таким образом, каждый ученик участвовал в исследовании в течение двух недель в один и тот же день недели и во время одних и тех же уроков – во избежание различий, обусловленных предшествующей деятельностью и суточными ритмами.

## Показатели

### *Нейропсихологические тесты*

Для оценки ИФ, в обеспечении которых задействована латеральная префронтальная кора, мы использовали компьютерную версию фланговой задачи и задачи «Точки». Фланговая задача была выбрана, чтобы измерять умение испытуемого контролировать внимание в ситуации, когда стимулы провоцируют интерференцию (то есть чтобы оценивать процессы, управляющие выбором объектов среды, которые являются сигналами или целью действия).

<sup>12</sup> Имеется в виду контрольная группа, то есть группа для сравнения, «контрастная» группа.

Кроме того, для выполнения правил этой задачи необходимо использовать рабочую память.

Задание «Точки» состоит из трёх частей с разными правилами: «соответствие», «несоответствие» и «чередование». В ситуации соответствия ученику необходимо нажать клавишу на той же стороне, где появился стимул, то есть осуществить относительно простую реакцию. В ситуации несоответствия необходимо нажать клавишу на стороне, противоположной стимулу, то есть требуется контроль поведения и в малой степени – рабочая память. В ситуации чередования необходимо помнить оба правила и нажимать клавишу то на стороне стимула, то на противоположной стороне. Эта часть задания требует усиленного задействования рабочей памяти, торможения и гибкого мышления. Поэтому предполагается, что в ситуации чередования происходит более выраженная активация дорзолатеральной префронтальной коры, чем в условиях соответствия и несоответствия.

### Статистический анализ

В качестве зависимой переменной использовалось время реакции как основной показатель ИФ. В таких заданиях скорость ответа – более информативная мера качества обработки информации, чем число ошибок. Число ошибок в задачах такого рода не отличается между группами подростков, взрослых и детей. Для каждого ученика вычисляли медиану времени реакции отдельно в трех замерах (до, после экспериментальной процедуры и после урока математики) при двух условиях (спортивном и контрольном). Для выявления крайне высоких значений времени реакции, которые, вероятнее всего, являлись невалидными измерениями вследствие невыполнения инструкции, использовали односторонний тест Груббса. Таким образом, выполнение задания каждым учеником описывали набором из шести медиан времени реакции (три замера и два условия).

В группе, выполнявшей 30-минутную программу ФК (таблица 1), во фланговой

задаче были получены данные 42 участников. Один участник имел крайне высокие времена реакции, и его данные исключили из анализа. Три медианы времени реакции (0,6% данных) заменили средними значениями всей группы для тех же условий и замеров. В задаче «Точки» по программе ФК были получены данные 43 участников. Данные четырёх участников, крайне медленно выполнявших задачу, были исключены из анализа. Однако недостающих медиан, подлежащих замене, не было.

В группе, выполнявшей 5-минутную программу ПП (таблица 2), во фланговой задаче получены данные 28 участников. Данные одного ученика с крайне высокими значениями времени реакции были исключены из анализа. Семь недостающих медиан (2,2% данных) заменили средними значениями всей группы для тех же условий и замеров. В задаче «Точки» по программе ПП были получены данные 32 участников. Данные четырёх участников характеризовались крайне высокими значениями ВР в одном из замеров. Из-за малого объёма выборки эти данные не исключили из анализа, но сомнительные замеры (0,7% данных) заменили средними значениями всей группы для тех же условий и замеров. Недостающих медиан, подлежащих замене, не было.

Времена реакции обрабатывали с помощью дисперсионного анализа для связанных выборок с двумя факторами (время замера [до или после процедуры] и условие [программа ФК или прослушивание аудиокниги; программа ПП или наблюдение за ее выполнением]). Во избежание повышения вероятности ошибки первого рода проводили дополнительные сопоставления и *post hoc* сравнения в том случае, если дисперсионный анализ выявлял значимый эффект или взаимодействие факторов. При обнаружении взаимодействия факторов, указывающего на влияние программы упражнений, проверяли, распространяется ли это влияние на следующую замер (третий – после математики). В таком случае в третьем замере использовали парный *t*-тест для оценки различий между спортивным и контрольным условиями.

Таблица 1

## Дисперсионный анализ времени реакции при 30-минутной программе упражнений

30-минутная программа ФК	N	Спортивное условие (SD)			Контрольное условие (SD)			Взаимодействие процедура X время	
		До	После	Разность	До	После	Разность	F	p
Фланговая задача									
Соответствие	41	5016 (70.6)	481.7 (68.8)	19.9 (51.1)	507.8 (70.1)	501.9 (71.6)	5.9 (38.8)	1.79	.188
Несоответствие	41	5194 (69.5)	490.1 (70.6)	29.3 (51.2)	5145 (72.0)	510.6 (69.7)	3.9 (45.1)	5.90	.020
Задание «Точки»									
Соответствие	39	329.8 (47.1)	304.0 (35.6)	25.7 (32.6)	325.7 (34.6)	3Ш (33.5)	13.7 (29.0)	2.88	.098
Несоответствие	39	363.8 (59.5)	337.3 (41.1)	26.5 (38.3)	353.9 (43.4)	334.3 (38.5)	19.7(35.8)	<1	.402
Чередование	39	515.7 (78.0)	4815 (79.2)	34.2 (47.8)	518.4 (81.2)	494.6 (72.9)	23.8 (55.3)	1.07	.307

Таблица 2

## Дисперсионный анализ времени реакции при 5-минутной программе упражнений

5-минутная программа ПП	N	Спортивное условие (SD)			Контрольное условие (SD)			Взаимодействие процедура X время	
		До	После	Разность	До	После	Разность	F	p
Фланговая задача									
Соответствие	27	499.5 (65.3)	4974(56.6)	2.1 (49.3)	509.1 (70.2)	509.2 (74.4)	-0.1 (58.6)	<1	.865
Несоответствие	27	508.3 (62.2)	505.3 (60.1)	3.0 (58.7)	5175 (63.7)	514.3 (71.0)	3.2 (36.3)	<1	.988
Задание «Точки»									
Соответствие	32	331.4 (30.4)	311.7 (29.0)	19.7 (31.7)	319.3 (36.4)	313.7(31.3)	5.6 (26.2)	3.24	.081
Несоответствие	32	358.7 (33.4)	3505 (32.3)	81 (27.7)	351.0 (40.4)	349.4 (40.6)	1.6 (30.6)	117	.287
Чередование	32	519.7(75.3)	501.4 (57.0)	18.2 (52.3)	508.8 (83.0)	488.0 (84.7)	20.7(63.4)	<1	.862

**Фланговая задача, ситуация несоответствия**

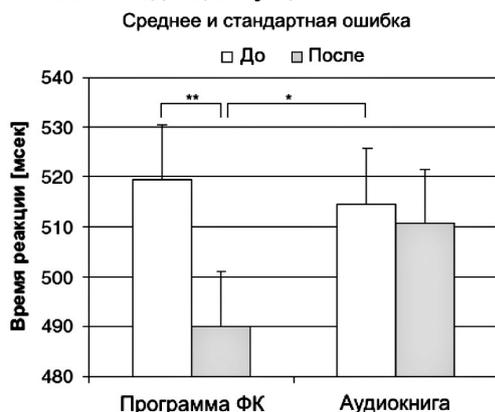


Рис. 1. Среднее время реакции во фланговой задаче в ситуации несоответствия до и после физических упражнений или в контрольном условии

**РЕЗУЛЬТАТЫ**

**Фланговая задача**

*Сравнение условий 30-минутной программы и отдыха*

Дисперсионный анализ выявил значимый эффект взаимодействия факторов экспериментальной процедуры и времени замера в ситуации несоответствия,  $F(1,40) = 5,90$ ,  $p = ,020$  (Рис. 1), но не в ситуации соответствия,  $F(1,40) = 1,79$ ,  $p = ,188$ <sup>13</sup>. Post hoc анализ показал, что в ситуации несоответствия после 30-минутной программы упражнений время реакции снижается по сравнению с первыми замерами как в спортивном, так и в контрольном условии (Таблица 1; post hoc сравнения:  $p < ,05$ ).

Тем не менее, снижение времени реакции во фланговой задаче после 30-минутной программы ФК в ситуации несоответствия не было выявлено после урока математики. В третьем замере сопоставление времени реакции в спортивном условии (M, 507,7; SD, 77,7)<sup>14</sup> и контрольном условии (M, 499,6; SD, 65,4) не выявило значимых отличий ( $t[40] < 1$ ,  $p = ,41$ ).

*Сравнение условий 5-минутной программы и отдыха*

Дисперсионный анализ не выявил значимого эффекта взаимодействия факторов

экспериментальной процедуры и времени замера ни в ситуации соответствия,  $F(1,26) < 1$ ,  $p = ,865$ , ни в ситуации несоответствия,  $F(1,26) < 1$ ,  $p = ,988$ , фланговой задачи.

**Задача «Точки»**

*Сравнение условий 30-минутной программы и отдыха*

Дисперсионный анализ не выявил значимого эффекта взаимодействия факторов экспериментальной процедуры и времени замера ни в ситуации соответствия,  $F(1,38) = 2,88$ ,  $p = ,098$ , ни в ситуации несоответствия,  $F(1,38) = 0,72$ ,  $p = ,402$ , ни в ситуации чередования,  $F(1,38) = 1,07$ ,  $p = ,307$ .

*Сравнение условий 5-минутной программы и отдыха*

Дисперсионный анализ не выявил значимого эффекта взаимодействия факторов экспериментальной процедуры и времени замера ни в ситуации соответствия,  $F(1,31) = 3,24$ ,  $p = ,081$ , ни в ситуации несоответствия,  $F(1,31) = 1,17$ ,  $p = ,287$ , ни в ситуации чередования,  $F(1,31) < 1$ ,  $p = ,862$ .

**ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ВЫВОДЫ**

Многие чиновники, директора школ, учителя и родители в США, Германии и других европейских странах чрезвычайно сильно недооценивают значение ФК по отношению к таким предметам, как математика, языки и естественные науки. Однако ФК позволяет тренировать не только тело, но и ум.

В настоящем исследовании показано, что однократное выполнение 30-минутной программы ФК приводит к улучшению поддержания внимания при наличии отвлекающих факторов. Следовательно, повышается избирательность, поддерживается и

<sup>13</sup> Здесь и далее указываются значение статистического критерия и уровень значимости различий (p).

<sup>14</sup> M – среднее значение, SD – стандартное отклонение.

сосредотачивается внимание. Однако после выполнения 5-минутной программы ПП улучшения контроля внимания не выявлено. Следовательно, продолжительность спортивной программы, по-видимому, является принципиальным условием повышения уровня контроля внимания.

Показатели рабочей памяти, гибкости мышления и торможения привычного поведения, оценивавшиеся с помощью задания «Точки», не изменились ни после 30-минутной программы ФК, ни после 5-минутной программы ПП. Мы предполагаем, что решающее значение для обнаружения эффектов упражнений во фланговой задаче (но не в задаче «Точки») имело число проб. В то время как во фланговой задаче предъявляли 55 проб, в задании «Точки» было лишь 30. Поэтому в дальнейшем мы планируем увеличить число проб в задании «Точки».

Также мы предполагаем, что во время выполнения 30-минутной программы ФК может происходить увеличение синтеза серотонина, повышение его концентрации в мозге, что приводит к ускорению выполнения фланговой задачи в ситуации несоответствия. Наши результаты согласуются с данными литературы о том, что серотонинэргическая модуляция в префронтальной коре связана со снижением импульсивности и повышением избирательности внимания.

Повышенное время реакции в ситуации несоответствия фланговой задачи после урока математики (которое всё-таки ниже исходного уровня до 30-минутной программы ФК) может быть связано со спадом концентрации серотонина после резкого подъема в ходе интенсивных упражнений. Уровень серотонина в мозге человека, повышающийся при выполнении упражне-

ний, достигает максимума в течение первых 10 минут отдыха. Дальше в течение часа происходит его постепенное снижение по сравнению с исходным значением.

Результаты нашего исследования позволяют рекомендовать увеличение часов ФК и утверждать, что ФК следует ставить перед такими важными предметами, как математика, а не в конце занятий, как это часто делается. Так как общая физическая форма учеников в большей степени связана с ИФ, чем однократный «залп» упражнений, число уроков ФК следует увеличивать: хорошая форма не достигается короткими ПП. Короткие ПП могут влиять на умственную деятельность, только если они содержат упражнения на координацию (и продолжаются не менее 10 минут) или очень интенсивны (два забега на короткую дистанцию по 3 минуты). Однако упражнения высокой интенсивности следует давать только хорошо подготовленным ученикам. Поэтому, как уже упоминалось, стоит увеличивать количество часов ФК в идеале – до ежедневных уроков.

В действительности только в 6% американских школ ФК является ежедневным уроком. В то же время школьники США и Германии проводят более 5 часов в день у экранов телевизора или перед монитором компьютера, вследствие чего всё больше теряют общую форму. Около 30% школьников США и Германии имеют лишний вес. Если наша цель – улучшить физическое и умственное здоровье учеников, следует прекратить урезание часов ФК.

Физическая культура – эффективное средство повышения внимательности учеников, а потому с её помощью можно укрепить успеваемость школьников разного возраста по целому ряду предметов. □