

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЗРИТЕЛЬНОЙ РАБОЧЕЙ ПАМЯТИ В УСЛОВИЯХ
ИГРОВОЙ И СОЦИАЛЬНОЙ МОТИВАЦИИ.
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ МОДЕЛИ
И ЕЕ АПРОБАЦИЯ С УЧАСТИЕМ
ВЗРОСЛЫХ ИСПЫТУЕМЫХ**

**Корнеев А.А.^{1,2}, Снагощенко К.И.¹,
Ломакин Д.И.¹, Мачинская Р.И.¹**

¹ФГБНУ «Институт развития, здоровья и адаптация ребенка»;

²МГУ им. М.В. Ломоносова (Москва, РФ)

E-mail: korneeff@gmail.com

АННОТАЦИЯ. В данной работе представлена экспериментальная модель, предназначенная для исследования влияния различных типов мотивации (игровой и социальной) на решение когнитивной задачи n-back. Цель исследования состояла в апробации модели на взрослой выборке и оценке возможности ее применения в будущих исследованиях подростков. В исследовании приняли участие 25 испытуемых в возрасте от 18 до 37 лет. Анализ поведенческих параметров решения когнитивной задачи показал эффективность введения мотивационных условий (увеличение точности ответов и сокращение времени реакции), что свидетельствует о возможности применения разработанной экспериментальной модели для исследования мотивационной регуляции когнитивной деятельности на выборке подростков.

Ключевые слова: мотивация, игровая мотивация, социальная мотивация, n-back, зрительная рабочая память.

Korneev A.A., Snagoschenko K.I., Lomakin D.I., Machinskaya R.I.

Research of the effectiveness of visual working memory under conditions of game and social motivation. Development of an experimental model and its testing with adult subjects

ABSTRACT. The paper presents an experimental model designed to investigate the influence of different types of motivation (game and social) on the performance of a cognitive n-back task. The aim of the study was to test the model on an adult sample and assess its applicability to future studies with adolescents. Twenty-five subjects aged 18 to 37 years participated in the study. Analysis of behavioral indicators demonstrated the effectiveness of introducing motivational conditions (increased response accuracy and reduced time spent on the task). The obtained results support the feasibility of further use of the experimental model with adolescent participants.

Keywords: motivation, game motivation, social motivation, n-back, visual working memory.

ВВЕДЕНИЕ

Проблема изучения мотивации у подростков является одной из ведущих в различных отраслях научной деятельности: педагогике, психологии, нейрофизиологии и пр. Это объясняется важностью роли мотивации в процессах обучения и воспитания, трудовой деятельности человека, способности разумно оценивать свой потенциал для достижения тех или иных поставленных перед индивидом целей [2].

В подростковом возрасте наблюдается очередной пик морфологической пластичности, связанный с гормональными перестройками, и это касается подкорковых лимбических и вентро-стриарных структур мозга в первую очередь. В связи с этим эти структуры и их связи с корой наиболее чувствительны к характеру деятельности, в том числе преобладающей мотивации [1].

В работе В. J. Casey и др. (2011) показано, что мозг подростка характеризуется повышенной реактивностью систем вознаграждения в вентральном стриатуме и постепенным развитием фронтального контроля, что напрямую влияет на мотивационные процессы в задачах принятия решений [6].

Общепринятого определения и понимания понятия «мотивация» в современной когнитивной науке нет. Во многом это связано с многомерностью понимания процесса мотивации различными областями знания. Тем не менее, мотивацию можно определить как совокупность внешних и внутренних мотивационных факторов, регулирующих (направляющих) деятельность человека [10]. В работе Ryan R.M. и Deci E.L. [16] предлагается рассматривать два класса мотивационных процессов: внутреннюю мотивацию, регулирующую долгосрочные процессы деятельности человека, которая является относительно автономной и связана с процессами саморегуляции, и внешнюю мотивацию, ориентированную на поощрение или оценку краткосрочной деятельности под действием внешней стимуляции и, возможно, отражающую внешний контроль деятельности.

Одним из подходов к повышению мотивации при решении когнитивной деятельности является геймификация, которая предполагает добавление различных игровых элементов (таких как баллы, таблицы рейтингов, анимация и пр.) в классические когнитивные задачи, то есть в неигровые условия. Это позволяет задействовать как внутренние, так и внешние стимулы, поскольку игровые элементы часто выступают внешними мотивационными сигналами, стимулирующими вовлеченность участников в решение когнитивной задачи [10].

В экспериментальных исследованиях геймификация чаще всего реализуется через вознаграждение (баллы, уровни, прогрессия), немедленную обратную связь и элементы социального сравнения. Метаанализ показал, что наибольший эффект достигается при сочетании этих компонентов, тогда как изолированные визуальные элементы оказывают менее выраженное влияние на когнитивные показатели [17].

В нейровизуализационных исследованиях парадигмы вознаграждения демонстрируют усиленную активацию вентрального стриатума у подростков при выполнении когнитивных задач с денежным или игровым подкреплением. Это указывает на прямую связь между игровыми стимулами и системой вознаграждения [15]. В работе Scharinger С. и др. [18] изучалось влияние геймификации в пространственной задаче n-back рабочей памяти. Игровая мотивация посредством геймификации достигалась путем внедрения в когнитивную задачу элементов эмоционально-визуального дизайна (цвета, мультипликационные персонажи, встроенные в N-back задачу). Активность мозга регистрировалась с помощью электроэнцефалограммы (ЭЭГ). По данным авторов, игровая мотивация посредством геймификации выявила повышенную тета-активность ЭЭГ в правотемной зоне по сравнению с негеймифицированным условием. Авторы полагают, что это может указывать на увеличение усилий или концентрации участников в геймифицированной задаче n-back

Voendermaker W.J и др. [3] исследовали возможность тренировки рабочей памяти путем использования игровой мотивации. 84 подростка участвовали в геймифицированной тренировке емкости рабочей памяти, и в контрольном условии без тренировки («плацебо»). Способность рабочей памяти и мотивация к тренировкам оценивались до и после тренировки. Авторы выявили повышения мотивации участников игровой сессии, однако отметили уменьшение эффекта с течением времени. Емкость рабочей памяти увеличивалась одинаково во всех условиях

Стоит отметить, что подростковый возраст характеризуется склонностью к рискованному поведению и является периодом повышенной восприимчивости к социальной обратной связи (одобрению, поощрению, неодобрению и пр.). Именно в этом возрасте молодые люди большую часть времени проводят со сверстниками, что приводит к ситуации, в которой подростки значительно больше поддаются влиянию мнений и поведения своего окружения. Однако известные эмпирические данные указывают на сложную модель социального взаимодействия и поведения в подростковом возрасте [8]. Поэтому исследование влияния соци-

альной мотивации на когнитивные процессы и поведение подростков представляет существенный интерес для понимания особенностей этого периода развития.

В работе [20] выявлена усиленная реактивность медиальной префронтальной коры у подростков при ожидании оценки со стороны сверстников, что позволяет рассматривать социальную обратную связь как самостоятельный мотивационный стимул. Социальная мотивация среди подростков может выражаться в стремлении получить одобрение сверстников, повышении своего социального статуса или, возможно, включении в группу единомышленников [7]. Различные социальные стимулы среди групп взрослых и подростков могут влиять по-разному. Исследования показывают, что многие социальные сигналы играют более важную роль для подростков, чем для взрослых [8].

Sharp P. B и др. [19] изучали влияние социальных стимулов на эффективность когнитивного контроля у подростков с использованием модели Go/No-Go. В исследовании участвовали 87 подростков (44 мужчины, средний возраст составлял -14,64 лет). Выполнение задания предполагало получение награды от реальных сверстников, заранее оцененных всеми сверстниками в их школьном классе как высокого или низкого статуса. Результаты показали повышение эффективности когнитивного контроля у подростков под действием социальных стимулов по сравнению с базовым контролем.

Интересными являются данные в работе Breiner K. и др. [5]. Подросткам и молодым взрослым (176 человек в возрасте от 13 до 25 лет) было предложено решить задачу go/no-go в отсутствии других участников и в присутствии виртуального наблюдателя – сверстника. Было выявлено снижение когнитивного контроля при предвкушении вознаграждения в ситуации с наблюдателем по сравнению с тем, когда они были одни, что не наблюдалось у более взрослых участников

С целью изучения влияния социального (похвала/внимание) и материального (денежное вознаграждение/игрушка) стимулирования на торможение реакций у подростков и детей Kohls G. и др. [12] применили адаптированную задачу «поощрительный» go/no-go с непредвиденными обстоятельствами вознаграждения для успешного торможения. Результаты, по мнению авторов, говорят о более выраженном эффекте социального поощрения, чем материальной выгоды, в задачах на торможение реакции у подростков, в то время как у детей более эффективной оказалась материальная выгода. Авторы приходят к выводу, что типы

мотивационного влияния меняются с возрастом, объясняя это развитием социального познания и системы мотивации у подростков

Таким образом, можно отметить отсутствие единого мнения по вопросу влияния различных видов мотивации на принятие решений среди подростков. Кроме того, экспериментальные парадигмы, с помощью которых исследуется влияние игровой или социальной мотивации, весьма разнообразны, что затрудняет непосредственное сопоставление мозговых механизмов и степени влияния на когнитивные процессы и поведение этих видов мотивации.

Задача настоящей работы состояла в разработке экспериментальной модели, позволяющей в едином исследовании провести анализ и сопоставление влияния игровой и социальной мотивации на эффективность и мозговую организацию когнитивной деятельности у подростков. Необходимым этапом такого исследования является апробация разработанной модели с участием взрослых испытуемых. Кроме того, исследование взрослых необходимо для выявления возрастной специфики механизмов мотивационной регуляции в подростковом возрасте.

ОРГАНИЗАЦИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выборка

В исследовании приняло участие 25 взрослых испытуемых в возрасте от 18 до 37 лет (средний возраст 23.1 ± 5.2 года), из них 16 женщин и 9 мужчин. Все испытуемые не имели диагностированных неврологических нарушений, обладали нормальным или скорректированным зрением.

Методика

Для исследования особенностей мозговых механизмов решения когнитивных задач при разных типах мотивации была создана и реализована оригинальная экспериментальная модель. В ней использовалась задача N-back, распространенная и известная в когнитивных исследованиях [11; 14]. В ней испытуемому предлагается запоминать последовательно предъявляемые наборы стимулов и определять, совпадает ли текущий стимул с предъявленным N шагов назад. Параметр N может варьироваться, в нашем исследовании мы использовали задачу 2-back, то есть испытуемый должен был в последовательности зрительных стимулов определять, совпадает ли текущий стимул с предъявленным два шага назад и реагировать нажатием кнопки на геймпаде соответственно инструкции (см. ниже). В течение основной части эксперимента велась за-

пись электроэнцефалограммы (128 каналов), однако в рамках настоящей работы эти данные в анализ не включаются.

Стимулы

В качестве стимулов использовались наборы рисунков трех типов: (1) конфигурации квазислучайно заполненной цветными квадратами матрицы 4×4 (были заполнены 8 из 16 ячеек матрицы, см. рис. 1А); (2) комбинации геометрических фигур, стилизованные по супрематические объекты (см. рис. 1Б); (3) геометрические фигуры, стилизованные под образцы в головоломке «Танграм» (см. рис. 1В). Стимулы были сгенерированы с помощью искусственного интеллекта, изначально было создано большое количество рисунков, из которых эксперты-исследователи отбирали стимулы не похожие на реальные (чтобы минимизировать возможность вербализации при запоминании стимулов) и сбалансированные по сложности объекты. В результате было создано по три набора каждого фигур каждого типа, каждый набор включал в себя по 5 фигур.

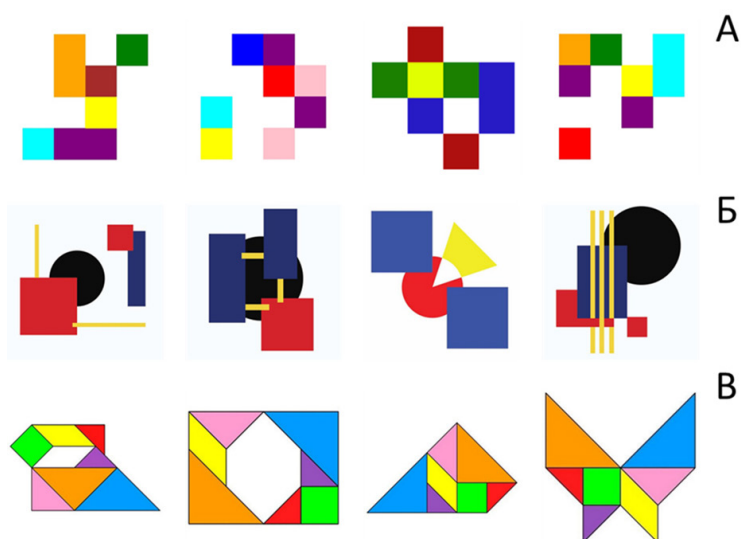


Рис. 1. Примеры стимулов трех типов в задаче n-back

Контролируемые факторы мотивации

Эксперимент состоял из трех сессий с различными экспериментальными условиями, направленных на формирование различной мотивации.

– Сессия с нейтральной инструкцией – в ней испытуемого просили выполнять задачу без каких-то дополнительных условий или комментариев.

– Сессия с игровой мотивацией – в ней испытуемому сообщалось, что в зависимости от правильности его ответов он будет получать игровые очки и после эксперимента он сможет «потратить» их на привлекательную для него игру на мобильном телефоне. Очки начислялись следующим образом: 10 баллов – за правильное обнаружение совпадения текущего стимула с позапрошлым, 7 баллов – за правильное обнаружения несовпадения, за любые ошибки – 0 баллов. Один балл конвертировался в 1 секунду игры. Всего испытуемый мог выиграть 1152 балла (соответствующих 19.2 минут игры), однако это максимальное время ему не сообщалось. Обратную связь – число выигранных очков и соответствующего им время игры – испытуемый получал в конце каждого блока, состоящего из 50 проб (см. описание эксперимента ниже) и в конце сессии.

– Сессия с социальной мотивацией (конкуренция) – в этой сессии испытуемому сообщают, что он будет соревноваться с соперником, который одновременно проходит этот же эксперимент. В начале этой сессии на экране отображается лицо и имя противника, правила набора баллов были аналогичны игровой сессии, однако после каждого блока из 50 проб на экране отображались результаты испытуемого и смоделированные результаты соперника. Таким образом испытуемый мог два раза в течение эксперимента (после 50-й и 100 проб) учесть текущее соотношение результатов и соответственно скорректировать свою стратегию выполнения пробы. Результаты моделировались следующим образом: после первого блока результат виртуального соперника всегда был несколько выше (на квазислучайное число в пределах 30% от набранных испытуемым очков), после второго блока очков у виртуального соперника оказывалось меньше, чем у испытуемого (не более, чем на 30% от набранных испытуемым на этот момент очков), а в конце эксперимента виртуальный соперник равновероятно проигрывал или выигрывал в пределах 10% от набранных итоговых очков.

Структура пробы

Временная структура пробы на протяжении всего эксперимента была одинаковой, она изображена на рис. 2. Каждая проба начиналась с предъявления фиксационного креста, на который испытуемый должен был смотреть, никак не реагируя. Крест предъявлялся в течение 2500 ± 150 мс, после чего исчезал и в центре экрана появлялся текущий стимул. Если это была первая или вторая проба в блоке, то испытуемый должен был просто запомнить этот стимул, а начиная с третьей – должен был определить, совпадает ли текущий стимул с предъявленным два шага

назад и нажать на соответствующую кнопку на геймпаде – левую (не совпадает) или правую (совпадает). Стимул предьявлялся в течение 500 мс, после чего исчезал, и в течение ещё 1500 мс предьявлялся пустой экран, после чего появлялся фиксационный крест и начиналась следующая проба. Ответ испытуемый мог дать с момента начала предьявления стимула и до окончания пробы (то есть в течение 2000 мс).

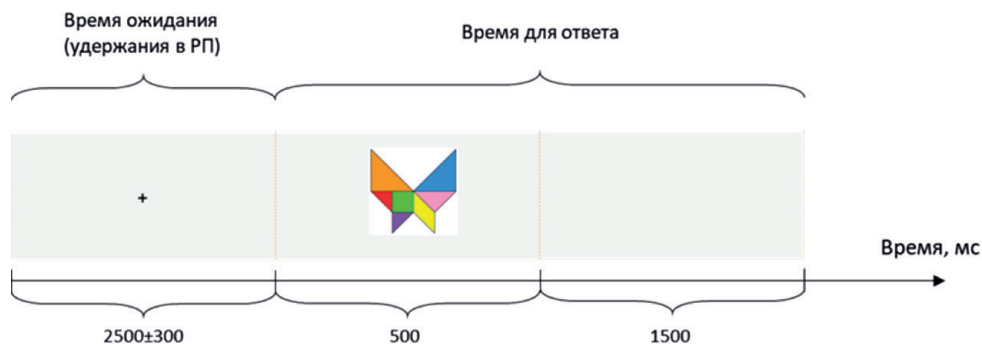


Рис. 2. Временная структуры пробы в эксперименте

Структура эксперимента

Порядок сессий был частично фиксированным: в начале всегда шла нейтральная сессия, а затем порядок игровой и мотивационной сессий чередовался – половина испытуемых решала задачу сначала в игровой ситуации, потом в социальной, а половина – наоборот. Перед каждой сессией проводилась небольшая тренировка, состоящая из 12 проб (при необходимости она могла повторяться до тех пор, пока испытуемый не усваивал задачу). Основная часть сессии состояла из 150 проб и была разбита на три блока – по 50 проб в каждой. После каждого блока делалась небольшая пауза, в которой испытуемому давалась обратная связь об успешности выполнения задачи и давалась возможность отдохнуть. Стимулы предьявлялись в квазислучайном порядке, при этом в каждой сессии использовался один из трех типов стимулов, соответствие сессии и типа стимулов квазислучайно варьировался для каждого испытуемого. Внутри каждого блока использовались по 5 различных стимулов из наборов соответствующего типа.

Предьявление стимулов, сбор ответов испытуемых и управление записью ЭЭГ производилось с помощью специально написанного скрипта на экспериментальном компьютере – ноутбуке, стимулы предьявлялись на экране этого ноутбука (диагональ – 12 дюймов), ответы испытуемый

давал на стандартном геймпаде, подключенном к компьютеру. Эксперимент проводился в тихом помещении, испытуемый сидел перед экраном ноутбука на расстоянии 50-60 см. Регистрация ЭЭГ велась на отдельном компьютере, на который подавались метки экспериментальных событий – начало пробы, начало и окончание предъявления стимула, ответ испытуемого.

Обработка результатов

Полученные данные о поведенческих ответах испытуемых были обработаны с помощью специально созданных скриптов, для каждого условия (задачи с тремя типами мотивации – нейтральная (контрольная сессия), игровая (сессия с игровой мотивацией) и социальная (сессия с соперником), при этом отдельно для каждого из трех блоков внутри сессии) были рассчитаны следующие показатели:

- Время реакции – время, прошедшее от времени предъявления стимула до ответа испытуемого;
- Общая точность ответов – доля всех правильных ответов относительно общего числа проб;
- Хиты (от англ. Hits) – доля верных подтверждений совпадения текущего стимула с предъявленным 2 шага назад, нормированная относительно общего числа проб;
- Верные отвержения далее (CR, от англ. correct rejection) – доля верных подтверждений несовпадения стимулов, нормированная относительно общего числа проб;
- Различные типы ошибок:
- «Ложные тревоги» (далее FA от англ. false alarm) – доля неверных подтверждений совпадения, нормированная относительно общего числа проб;
- Пропуски (далее MISS) – доля неверных отвержений совпадения, нормированная относительно общего числа проб.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Предварительная оценка общей точности показала, что четверо испытуемых показали среднюю точность ниже 0.5 (то есть давали меньше 50% правильных ответов), они были исключены из дальнейшего анализа, таким образом, в основную часть анализа включены данные 21 испытуемого.

Была проведена оценка влияния факторов инструкции (нейтральной, игровой или конкурентной) и блока (первой, второй или третьей части

внутри каждой из сессий с разными инструкциями). Средние значения времени реакции и точности ответов в различных экспериментальных условиях изображены на рис. 3А и 3Б соответственно.

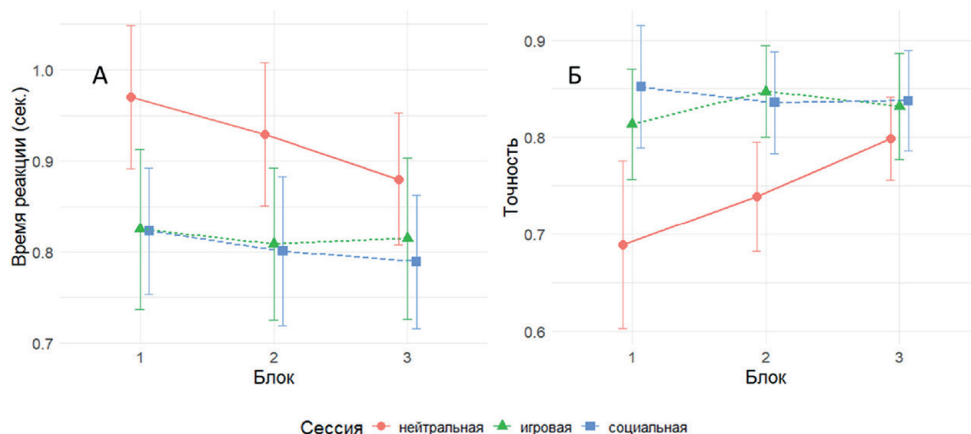


Рис. 3. Среднее время реакции (А) и точности ответов (Б) испытуемых в различных условиях. Столбцы ошибок – 95% доверительные интервалы

Для проверки значимости эффектов был проведен дисперсионный анализ для повторных измерений с двумя внутригрупповыми факторами – сессия (три уровня – «нейтральная», «игровая» и «социальная» и блок (первая, вторая или третья треть сессии).

В отношении времени реакции он показал следующее:

– Значимый эффект сессии – $F(2, 40) = 16.986, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.459$. Как видно из рис. 3А, время реакции больше в нейтральной сессии (в среднем – 0.924 сек) по сравнению с игровой (в среднем – 0.816 сек) и социальной (в среднем – 0.804 сек). Попарные сравнения (здесь и далее – с поправкой Хольма) показали значимое (на уровне $p < 0.001$) различия между нейтральной сессией и двумя другими, при этом различия между игровой и социальной сессией незначимы ($p = 0.433$).

– Значимый эффект блока – $F(2, 40) = 5.054, p = 0.011, \eta_p^2 = 0.202$, в целом, время реакции падает от первого к третьему блоку во всех трех сессиях. При этом попарные сравнения показывают значимые ($p = 0.021$) различия только при сравнении первой и третьей блоков.

– Незначимый эффект взаимодействия факторов сессии и блока – $F(2.54, 50.9) = 1.400, p = 0.256, \eta_p^2 = 0.065$. Время реакции между сессиями в каждом из блоков различаются практически одинаково.

Анализ влияния контролируемых факторов на точность ответов показал следующее:

– Значимый эффект сессии – $F(1.41, 28.1) = 10.878, p = 0.001, \eta_p^2 = 0.352$. Как видно из рис. 3Б, точность ответов заметно ниже в нейтральной сессии (в среднем – 0.743) по сравнению с игровой (в среднем – 0.831) и социальной (в среднем – 0.842). Попарные сравнения показали значимое (на уровне $p < 0.001$) различия между нейтральной сессией и двумя другими, при этом различия между игровой и социальной сессией незначимы ($p = 0.364$).

– Значимый эффект блока – $F(2, 40) = 5.356, p = 0.009, \eta_p^2 = 0.211$, в целом, точность растёт от первого к третьему блоку, при этом на уровне попарных сравнений обнаружено только субзначимое различие между первой и третьей частями сессии ($p = 0.052$).

– Значимый эффект взаимодействия факторов сессии и блока – $F(2.8, 56) = 4.826, p = 0.006, \eta_p^2 = 0.194$. Различия между сессиями максимальны в первом блоке, уменьшаются во втором и становятся незначительными в третьем.

Также для оценки специфики правильных ответов были проанализированы хиты и верные отвержения с учетом сессии и блока. Средняя доля ответов такого типа представлена на рис. 4.

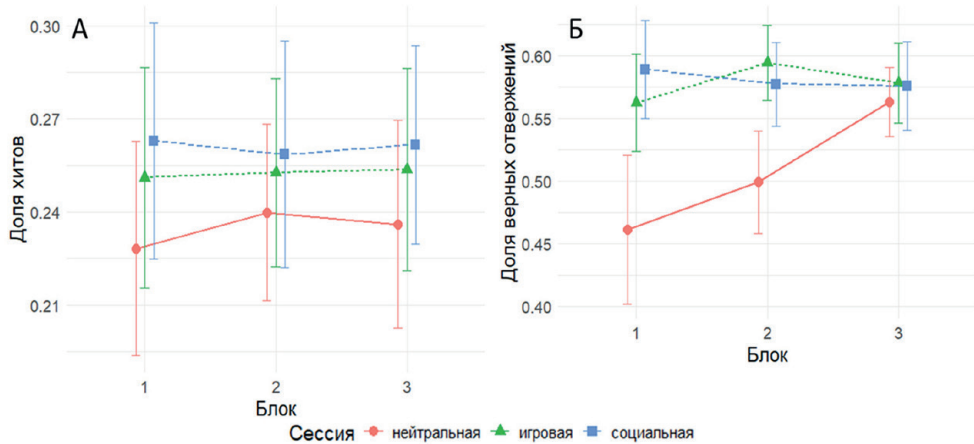


Рис. 4. Средняя доля хитов (А) и верных отвержений (Б) в различных условиях. Столбцы ошибок – 95% доверительные интервалы

Дисперсионный анализ для хитов случае показал не очень сильный, но значимый эффект сессии ($F(2, 40) = 3.600, p = 0.037, \eta_p^2 = 0.153$), минимальная доля таких ответов наблюдается в нейтральной сессии (0.234), более высокая – в игровой (0.252) и максимальная – в социальной (0.261). Попарные сравнения показали значимые различия между нейтральной

и социальной сессией ($p = 0.007$) и субзначимые – между нейтральной и игровой ($p = 0.054$). Эффект блока, а также взаимодействия факторов в отношении хитов оказались незначимы ($F(2, 40) = 0.125, p = 0.883, \eta_p^2 = 0.006$ и $F(2.89, 57.8) = 0.279, p = 0.833, \eta_p^2 = 0.014$ соответственно).

Что касается верных отвержений, соотношение средних по этому параметру в разных условиях схожи с картиной, полученной по общей точности. Дисперсионный анализ показал значимый эффект сессии – $F(1.37, 27.4) = 13.975, p < 0.001, \eta_p^2 = 0.411$. Их доля заметно ниже в нейтральной сессии (в среднем – 0.508) по сравнению с игровой (в среднем – 0.578) и социальной (в среднем – 0.581). Попарные сравнения показали значимое (на уровне $p < 0.001$) различия между нейтральной сессией и двумя другими, при этом различия между игровой и социальной сессией незначимы ($p = 0.770$). Также значимым оказался и эффект блока – $F(1.46, 29.2) = 7.73, p = 0.004, \eta_p^2 = 0.279$, в целом, доля правильных отвержений растёт от первого к третьему блоку, при этом на уровне попарных сравнений обнаружено только субзначимое различие между первой и третьей частями сессии ($p = 0.079$). Наконец, в отношении этого параметра обнаружен значимый эффект и взаимодействия факторов сессии и блока – $F(2.35, 47) = 7.249, p = 0.001, \eta_p^2 = 0.266$. Различия между сессиями максимальны в первом блоке, уменьшаются во втором и становятся несущественными в третьем.

Последняя часть анализа касалась двух типов ошибок – ложных тревог и пропусков. Средняя доля этих двух типов ошибок с учетом сессии и блока представлены на рис. 5.

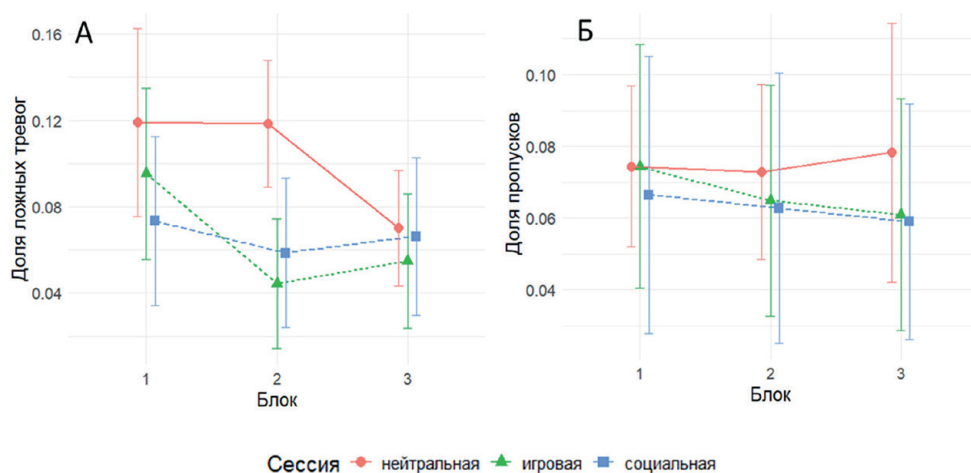


Рис.5. Средняя доля ложных тревог (А) и пропусков (Б) в различных условиях. Столбцы ошибок – 95% доверительные интервалы

В случае ложных тревог картина также схожа с общей точностью, но в противоположенном направлении влияния факторов, что ожидаемо, так как этот параметр является показателем ошибок. Дисперсионный анализ показал значимый эффект сессии – $F(1.41, 28.1) = 6.099$, $p = 0.012$, $\eta_p^2 = 0.411$. Доля ложных тревог заметно больше в нейтральной сессии (в среднем – 0.102) по сравнению с игровой (в среднем – 0.065) и социальной (в среднем – 0.066). Попарные сравнения показали значимое (на уровне $p < 0.002$) различия между нейтральной сессией и двумя другими, при этом различия между игровой и социальной сессией незначимы ($p = 0.860$). Также в этом случае обнаружен значимый эффект блока – $F(1.53, 30.5) = 9.176$, $p = 0.002$, $\eta_p^2 = 0.315$, в целом, доля ложных тревог падает от первого к третьему блоку, попарные сравнения показали значимое отличие первой части и от второй и, ещё более сильное, от третьей части сессии ($p = 0.028$ и $p = 0.008$ соответственно). Также значимым оказался эффект взаимодействия факторов сессии и блока – $F(2.88, 57.6) = 4.597$, $p = 0.007$, $\eta_p^2 = 0.187$. Различия между сессиями максимальны в первом блоке, уменьшаются во втором и становятся незначительными в третьем.

По показателю пропусков, как видно из рисунка 5Б, различия средних в зависимости от сессии и блока практически отсутствуют. Это подтверждают и результаты дисперсионного анализа: ни один из эффектов не оказался значимым ($F(2, 40) = 1.036$, $p = 0.364$, $\eta_p^2 = 0.049$, $F(2, 40) = 0.330$, $p = 0.721$, $\eta_p^2 = 0.016$ и $F(2.83, 56.5) = 0.315$, $p = 0.803$, $\eta_p^2 = 0.016$ для факторов сессии, блока и их взаимодействия соответственно).

Полученные результаты показали, что в целом предложенная задача оказывается доступной взрослым испытуемым, в основном они справились с ней достаточно успешно, только несколько человек показали низкие результаты (менее 50% правильных ответов), при этом у включенных в анализ испытуемых средняя точность составила порядка 80%, что типично для выполнения задач n-back в нормативных выборках (см., например [4; 13]).

При этом введение как игровой, так и социальной мотивации, судя по полученным данным, положительно влияет на эффективность решения когнитивной задачи. Как во второй, так и в третьей сессиях, в которых задействовался фактор мотивации, точность оказалась выше контрольной первой сессии, а время реакции – меньше. Таким образом, можно говорить о том, что у взрослых испытуемых наблюдается улучшение решения когнитивной задачи при введении дополнительной

мотивации. При этом использование двух типов мотивации – игровой и социальной – приводят к сходным результатам, между этими двумя условиями различий в ответах испытуемых не обнаружено, ни по точности ответов, ни по времени реакции. Это может быть связано с тем, что для взрослых испытуемых игровая и соревновательная мотивация недостаточно заметно отличаются в условиях эксперимента, они сводятся к мотивации достижения наилучшего результата, но при этом не обнаруживает свою специфику. Возможно, у испытуемых-подростков может обнаружиться иная картина, так как для них социальная мотивация соревнования имеет особенное значение, см., например, [8].

Отдельный интерес представляет различие динамики ответов внутри сессий при отсутствии и наличии мотивации. В нейтральной сессии точность от первого к третьему блоку растёт, а время реакции – снижается, то есть эффективность решения когнитивной задачи растёт от начала к концу выполнения задания. Этот эффект может быть связан с освоением задачи испытуемыми, «вработывания» в задачу, т.к. нейтральная сессия у всех участников эксперимента была первой. Для оценки роли «вработывания» в динамике изменения показателей «нейтральной» сессии целесообразно провести дополнительный эксперимент с регистрацией поведенческих параметров, в котором все три сессии (но с разными стимулами) были бы нейтральными. Но возможно эффект вработывания не является основным во -всяком случае не единственным. В сессиях с игровой и социальной мотивацией такого эффекта не наблюдается – там и точность, и время реакции не демонстрируют изменений во всех трех блоках, испытуемые в среднем сразу начинают выполнять задачу с достаточно высокой точностью, что может быть связано с повышением мотивации, возможно, что для ещё большего её увеличения не хватало ресурсов. С другой стороны, можно было бы предположить наличие динамики по крайней мере в сессии с социальной мотивацией. Так как в ней специфическим образом контролировалось «успешность» соперника (в первой трети он всегда немного выигрывал, а во второй – немного проигрывал), можно было бы ожидать мобилизации и, соответственно, улучшения результатов после первой трети, а после второй трети – возможно как ухудшение, так и улучшение, это может быть обусловлено стратегией и индивидуальными особенностями испытуемых. Возможно, выделение различных стратегий позволит получить более интересные данные о различии решения когнитивных задач при двух типах мотивации. Для уточнения возможности такого выделения

различно ведущих себя испытуемых были построены графики индивидуальных профилей точности испытуемых в каждой из сессий, представленные на рисунке 6.

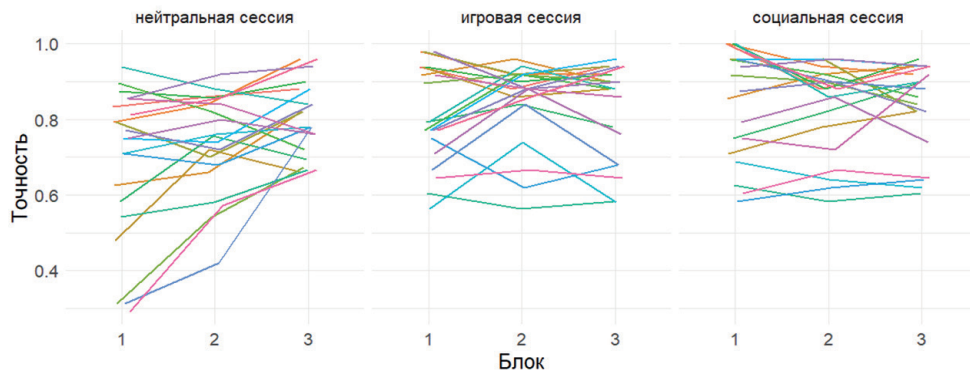


Рис. 6. Индивидуальные профили точности выполнения задачи n-back в трех сессиях

В целом, на фоне общего разнообразия этих профилей можно отметить следующее. В нейтральной сессии на фоне большого разброса точности у большей части испытуемых наблюдается довольно отчётливый тренд увеличения точности от начала к концу сессии. В игровой сессии перепады точности от начала к концу сессии у основной массы испытуемых невелики, при этом не наблюдается ни одного отчётливо «растущего» профиля. А в сессии с социальной мотивацией есть профили как с растущей, так и со снижающейся от начала к концу точностью. Интересно, что только в этой сессии есть несколько испытуемых с практически 100% точностью в первой трети, которые затем снижают свои показатели. В целом, это может указывать на то, что испытуемые в сессии с социальной мотивацией используют различные стратегии, и за отсутствием динамики точности ответов от начала к концу сессии «в среднем» могут стоять различно направленные тенденции. Это предположение требует дополнительной проверки и, возможно, большей выборки для получения более надёжных результатов, но полученные в первом эксперименте с использованием данной модели данные, позволяют сделать такое предположение [9].

Анализ отдельных типов правильных ответов и ошибок показал, что описанные выше эффекты повышения точности в основном возникают за счёт роста верных отвержений и, в меньшей степени, падения доли ложных тревог. То есть оказывается, что испытуемые под влиянием мо-

тивации и с течением времени в нейтральной сессии в целом реже ошибочно идентифицируют стимулы как повторяющиеся, в первую очередь «выигрываая» в точности за счёт выбора более частотного ответа о несопадении текущего стимула с позапрошлым, таким образом снижая риск ошибки. Это может говорить, о том, что введение мотивации приводит к более осторожному поведению у взрослых испытуемых.

ВЫВОДЫ

В целом, по результатам проведенного экспериментального исследования можно сделать вывод о том, что использование представленной в работе модели позволило выявить связь эффективности решения когнитивной задачи n-back с дополнительной мотивацией (как игровой, так и социальной), однако уточнение специфического влияния этих двух типов мотиваций требует дополнительного, более подробного анализа. С другой стороны, представляется интересным и важным продолжить исследование с использованием этой модели на выборке подростков, у которых могут быть обнаружены отличные от полученных на выборке взрослых испытуемых эффекты.

Информация о финансовой поддержке. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мачинская Р.И., Курганский А.В., Фарбер Д.А., Горев А.С., Захарова М.Н., Ломакин Д.И., Корнеев А.А. Регуляция поведения и когнитивной деятельности в подростковом возрасте. Мозговые механизмы / Под ред. Р.И. Мачинской и Д.А. Фарбер – М.: Изд-во Московского психолого-социального университета, 2023. – 616 с. doi: 10.51944/9785977010122.
2. Сабанина Н.О., Попов С.А. К вопросу о проблемах взаимосвязи мотивации и личностной структуры // Вестник Университета Российского инновационного образования. – 2024. – № 4. – С. 4-14. doi: 10.24412/3034-3445-2024-4-4-14.
3. Boendermaker W., Gladwin T., Peeters M., Prins P., Wiers R. Training working memory in adolescents using serious game elements: pilot randomized controlled trial // JMIR Serious Games. – 2018. – Vol. 6, № 2. – e10. doi: 10.2196/games.8364.

4. Bopp K. L., Verhaeghen P. Aging and n-back performance: A meta-analysis // *The Journals of Gerontology: Series B*. – 2020. – Vol. 75, №. 2. – P. 229-240. doi: 10.1093/geronb/gby024.
5. Breiner K., Li A., Cohen A.O., Steinberg L., Bonnie R., Scott E., Taylor-Thompson K., Rudolph M., Chein J., Richeson J., Dellarco D., Fair D., Casey B.J., Galvan A. Combined effects of peer presence, social cues, and rewards on cognitive control in adolescents // *Developmental Psychobiology*. – 2018. – Vol. 60, №3. – P. 292-302. doi: 10.1002/dev.21599.
6. Casey B.J., Jones R.M., Somerville L.H. Braking and accelerating of the adolescent brain // *Journal of Research on Adolescence*. – 2011. – Vol. 21. – P. 21–33. doi: 10.1111/j.1532-7795.2010.00712.x.
7. Ciranka S., van den Bos W. Social influence in adolescent decision-making: a formal framework // *Frontiers in Psychology*. – 2019. – Vol. 10. – Art. 1915. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01915.
8. Foulkes L., Blakemore S.J. Is there heightened sensitivity to social reward in adolescence? // *Current Opinion in Neurobiology*. – 2016. – Vol. 40. – P. 81–85. doi: 10.1016/j.conb.2016.06.016.
9. Juvina I, Taatgen NA. Modeling control strategies in the N-back task. // *Proceedings of the eight International Conference on Cognitive Modeling*. New York: Psychology Press. 2007. P. 73-78.
10. Khaleghi A., Aghaei Z., Mahdavi M. A gamification framework for cognitive assessment and cognitive training: qualitative study // *JMIR Serious Games*. – 2021. – Vol. 9, № 2. – e21900. doi: 10.2196/21900.
11. Kirchner W. K. Age differences in short-term retention of rapidly changing information // *Journal of experimental psychology*. – 1958. – Vol. 55, №. 4. – P. 352-358. doi: 10.1037/h0043688.
12. Kohls G., Peltzer J., Herpertz-Dahlmann B., Konrad K. Differential effects of social and non-social reward on response inhibition in children and adolescents // *Developmental Science*. – 2009. – Vol. 12, № 4. – P. 614–625. doi: 10.1111/j.1467-7687.2009.00816.x.
13. Miller K. M. Price C. C., Okun M. S., Montijo H., Bowers D. Is the n-back task a valid neuropsychological measure for assessing working memory? // *Archives of Clinical Neuropsychology*. – 2009. – Vol. 24, №. 7. – P. 711-717. doi: 10.1093/arclin/acp063.
14. Owen A. M. McMillan K. M., Laird A. R., Bullmore E. N-back working memory paradigm: A meta-analysis of normative functional neuroimaging studies // *Human brain mapping*. – 2005. – Vol. 25, №. 1. – P. 46-59. doi: 10.1002/hbm.20131.
15. Padmanabhan A., Geier C.F., Ordaz S.J., Teslovich T., Luna B. Developmental changes in brain function underlying the influence of reward processing on inhibitory control // *Developmental Cognitive Neuroscience*. – 2011. – Vol. 1, № 4. – P. 517–529. doi: 10.1016/j.dcn.2011.06.004.

16. Ryan R.M., Deci E.L. Intrinsic and extrinsic motivations: classic definitions and new directions // *Contemporary Educational Psychology*. – 2000. – Vol. 25, № 1. – P. 54–67. doi: 10.1006/ceps.1999.1020.

17. Sailer M., Homner L. The gamification of learning: a meta-analysis // *Educational Psychology Review*. – 2020. – Vol. 32. – P. 77–112. doi: 10.1007/s10648-019-09498-w.

18. Scharinger C., Prislán L., Bernecker K., Ninaus M. Gamification of an n-back working memory task – Is it worth the effort? An EEG and eye-tracking study // *Biological Psychology*. – 2023. – Vol. 179. – Art. 108545. doi: 10.1016/j.biopsycho.2023.108545.

19. Sharp P., Do K., Lindquist K., Prinstein M., Telzer E. Cognitive control deployment is flexibly modulated by social value in early adolescence // *Developmental Science*. – 2021. – Vol. 25. – e13140. doi: 10.1111/desc.13140.

20. Somerville L.H. The teenage brain: sensitivity to social evaluation // *Current Directions in Psychological Science*. – 2013. – Vol. 22, № 2. – P. 121–127. doi: 10.1177/0963721413476512.

REFERENCES

1. Machinskaya R.I., Kurganskiy A.V., Farber D.A., Gorev A.S., Zakharova M.N., Lomakin D.I., Korneyev A.A. *Regulyatsiya povedeniya i kognitivnoy deyatelnosti v podrostkovom vozraste. Mozgovyye mekhanizmy* / Pod red. R.I. Machinskoy i D.A. Farber – M.: Izd-vo Moskovskogo psikhologo-sotsial'nogo universiteta, 2023. – 616 s. doi: 10.51944/9785977010122.

2. Sabanina N.O., Popov S.A. K voprosu o problemakh vzaimosvyazi motivatsii i lichnostnoy strukture // *Vestnik Universiteta Rossiyskogo innovatsionnogo obrazovaniya*. – 2024. – № 4. – S. 4-14. doi: 10.24412/3034-3445-2024-4-4-14.