Не спать, не спать – косить, косить! Как заставить человека долго и много учиться и работать?

ПСИБЛОГ.РФ

Учёные Сингапурского Центра Когнитивной Нейробиологии выяснили, каким образом можно поддерживать высокий уровень концентрации внимания при выполнении рабочих задач в течение долгого времени.

Вопрос изучается в течение нескольких десятилетий, и в настоящий момент наука рассматривает две основные причины потери концентрации во время выполнения работы.

Во-первых, теория ресурсов утверждает, что потеря концентрации возможно при недостатке ресурсов, или навыков сосредоточения, а, во-вторых, согласно альтернативной теории, которая носит название, теория недозагрузки, задача может оказаться недостаточно сложной для того, чтобы к ней сохранялся интерес. Первая теория предполагает, что мы теряем концентрацию с течением времени выполнения задачи, потому что наши ресурсы начинают истощаться. Вторая теория объясняет, что при выполнении монотонной работы мы отвлекаемся на посторонние мысли. Так, человек может оказаться в ловушке. Как только он разовьет навыки сосредоточения до уровня необходимого для решения конкретного типа задач, задача перестает быть интересной, и он опять теряет концентрацию. Обе теории получили поддержку научного сообщества, но ни одна из них в должной мере не принимает во внимание внешнюю мотивацию субъекта. Естественно, что каждый человек не может сконцентрироваться на работе, или точнее, быть в нее включенным на сто процентов. Поэтому хотя во многом и бессознательно, каждый из нас оценивает для себя её монотонность. Об этом говорит третья теория– теория распределения усилий.

Саму формулировку, из-за схожести действия механизма, психологи позаимствовали у экономистов: прежде, чем приступить к выполнению задачи, человек проводит анализ затрат и выгод – рассчитывает, сколько сил предстоит вложить в выполнение одной задачи и какое вознаграждение его за это ждёт в результате (вознаграждение может быть не только денежным, но ещё социальным, например,

вербальные похвалы и лояльность). Если выгоды не только не превышают, но даже не покрывают затраты, для концентрации внимания будет прилагаться минимальное усилие.

Именно эта гипотеза вдохновила учёных на новое исследование. Был проведен ряд экспериментов, в которых участникам предлагали выполнять задания различной продолжительности. Сначала безвозмездно, затем за вознаграждение, потом за более высокое вознаграждение. На протяжении эксперимента проводилось измерение диаметра зрачка: его увеличение свидетельствует о том, что человек прилагает усилие для концентрации внимания. Оказалось, что проще поддерживать устойчивое внимание долгое время в ожидании вознаграждения.

В следующем эксперименте проверялось, сколько времени участники готовы уделить выполнению высокооплачиваемых задач. Так, в соответствии с теорией распределения усилий, мы соотносим усилия, инвестируемые в работу, с выгодами, на которые мы можем рассчитывать в перспективе. Участникам предложили высокое вознаграждение за задания, но в следующих подходах рекомендуемое время их выполнения постепенно увеличивалось, а сумма вознаграждения не менялась. Участники перестали выбирать высокооплачиваемые задания, потому что больше не видели выгоды: работа стала затратной.

И всё же главным результатом исследования стал вывод о том, что перспектива получить вознаграждение позволяет долго концентрировать внимание. Естественно, что со временем концентрация неумолимо падает – какая бы награда не стимулировала человека. Это необходимо учитывать, планируя работу и учебу, ведь это сказывается на их эффективности, как для вас и ваших детей, так и для ваших сотрудников и коллег.

Подробнее об исследовании можно прочитать в научной статье.

ПСИБЛОГ.РФ

Вознаграждение стимулирует концентрацию внимания: ценностный подход к принятию решений

Stijn A.A. Massar, Julian Lim, Karen Sasmita, Michael W.L. Chee. Rewards boost sustained attention through higher effort: a value-based decision making approach. Biological Psychology. Volume 120, October 2016, Pages 21–27.

Основные положения

Повышение вознаграждения стимулирует длительное поддержание внимания.

Измерение уровня внимания после применения вознаграждения с помощью измерения диаметра зрачка.

Длительность выполнения задания рассматривается как затрата, которая дисконтирует вознаграждение.

Распределение усилий на поддержание внимания включает процесс подсчёта затрат и выгод.

Ключевые слова: поддержание внимания, пупиллометрия, мотивационное вознаграждение, дисконтирование усилия, принятие решений.

Используемые термины:

ЗПБ – задача психомоторной бдительности

СО – среднее отклонение

ДИ – доверительный интервал

ЗМБ – задача мотивированной бдительности

ППК – площадь под кривой

ВВЕДЕНИЕ

Способность поддерживать внимание при выполнении монотонной работы изучалась в течение многих десятилетий (Макворт, 1956). Преобладающие теории описывают ухудшение производительности в зависимости от требований задачи, которые могут быть либо слишком высокими, истощая когнитивные ресурсы (теория ресурсов: Гриер и коллеги, 2003; Уорм, Парасураман и Мэттьюс, 2008), или слишком низкими, недостаточными для поддержания интереса (теория недостаточной нагрузки: Мэнли, Робертсон, Галловэй и Хокинс, 1999; Робертсон, Мэнли, Андраде, Бэдделей и Йинд, 1997). Хотя эти подходы успешно объясняют влияние внешних факторов, они могут представлять чрезмерно механистический взгляд на поддержание внимания, которое не регулируется на высоком уровне принятия решений, и не принимает во внимание психологические стимулы, такие как мотивация.

Теории ресурсов предполагают, что высокая производительность держится на ограниченных когнитивных ресурсах, которые сокращаются с течением времени выполнения задачи (Уорм и коллеги, 2008). Спад внимания происходит из-за сокращения ресурсов, когда приходится поддерживать бдительность в течение длительного времени.

Модель недостаточности нагрузки, с другой стороны, предполагает, что монотонный характер работы, требующей длительного поддержания внимания, позволяет вторжение мыслей, не связанных с заданием (Мэнли и коллеги, 1999 и Робертсон и коллеги, 1997).

Хотя существуют свидетельства в пользу обеих теорий, ни одна из них полностью не объясняет наблюдаемое поведение. Гипотеза истощения ресурсов предполагает, что участники полностью вовлечены и всегда прилагают максимальные усилия (Николс, Лавлесс, Томас, Лойтшер и Чёрч, 2015), в то время как гипотеза недостаточной нагрузки не может объяснить, почему участники субъективно находят длительное выполнение задачи требующим чрезмерных усилий (Уорм и коллеги, 2008).

Более поздние теории предполагают, что производительность зависит от динамического распределения вычислительных ресурсов на задачи, связанные с альтернативными познавательными процессами (теория распределения усилия: Курзбан, Дакворт, Кэбл и Майерс, 2013, Томпсон, Беснер и Смайлек, 2015). Ресурсы, необходимые для выполнения задачи, зависят от анализа затрат и выгод, где затраты на выполнение задания взвешиваются против выгоды от результатов (Курзбан и коллеги, 2013). Можно ожидать более высокой производительности, когда задание носит более высокую ценность (например, если предлагается вознаграждение: Бравер и коллеги, 2014), в то время как поведенческий спад ожидаем, если выполнение задания предполагает всё больше затрат (например, из-за усталости; Боксем и Топс, 2008). Проводился ряд исследований влияния мотивации и вознаграждения на поддержание внимания и производительности (Бергум и Лер, 1964; Боннефонд, Доигнон-Камус, Хофт и Дуфор, 2011; Эстерман, Рейган, Лю, Тернер и Дегутис, 2014; Хорн и Петит, 1985), но до сих пор неясно, определяется ли уровень производительности с помощью анализа затрат и выгод.

Настоящая работа была вдохновлена исследованиями нейробиологии затрат усилий на выполнение задач (Ботвиник, Хаффстетлер и МакГуайр, 2009; Курниаван и коллеги, 2010; Прево, Пессиглион, Метеро, Клери-Мелина и Дрехер, 2010; Тредвэй, Бакхольц, Шварцман, Ламберт и Зальд, 2009) и как таких затрат можно избежать, когда они сопровождаются выбором (Кул, МакГуайр, Розен и Ботвиник 2010; МакГуайр и Ботвиник, 2010). Субъективные издержки деятельности могут определяться количественно путем дисконтирования усилий - тенденцией к девальвированию вознаграждения, когда требуется усилие для его получения (Массар, Либединский, Уэйан, Хьюттел и Чи, 2015; Прево и коллеги, 2010; Уэстбрук, Кестер, и Бравер, 2013). При выборе между большим вознаграждением, полученным в обмен на приложенные усилия, и меньшим

вознаграждением, полученным без затрат усилий, мы, как правило, предпочитаем последнее. Мы готовы принять вознаграждение, которое отражает субъективно рассчитанную стоимость усилий.

Мы изучили, как подсчёт затрат и выгод влияет на нашу способность поддерживать внимание. Во-первых, мы исследовали возможность повышенного вознаграждения улучшить производительность в соответствии со схемой распределения усилий. Во-вторых, мы определили, воспринимается ли выполнение работы как затрата, предложив участникам в обмен денежное вознаграждение. Мы обнаружили свидетельства в поддержку этих гипотез в трех экспериментах. После предложения вознаграждения мы наблюдали повышенную производительность и пупилометрические доказательства повышения усилия сосредоточения внимания. В то же время участники дисконтировали вознаграждение, когда для выполнения задания требовался более длительный срок.

2. Эксперимент 1

2.1. Методы

2.1.1. Участники и алгоритм

В эксперименте участвовали двадцать пять человек (9 женщин, средний возраст = 22,72 лет, СО = 2,7). Предыдущие исследования влияния вознаграждения на поддержание внимания показали большой размер эффекта – 0.84–1.47 по Коэну в межгрупповом дизайне (Эстерман и коллеги, 2014). Из анализа мощности следует, что размер выборки из 9-24 субъектов в каждой группе достаточен для обнаружения данных эффектов. Мы остановились на размере выборки 25 во внутригрупповом дизайне с продолжением сбора данных до достижения размера целевой выборки. Из-за технической ошибки один из участников был удален из выборки на стадии анализа. Участники выполнили задание на длительное поддержание внимания в трех различных условиях вознаграждения, в которых они могли заработать 0,1 или 10 центов за быстрые ответы. Ожидалось, что более высокие стимулы приведут к более высокой производительности, что означало бы инвестицию более высокого усилия.

Впоследствии идея о том, что инвестиция усилия стала результатом анализа затрат и выгод, была непосредственно изучена при помощи задачи дисконтирования. Задача дисконтирования является широко используемым методом в экономических исследованиях, позволяющим оценить субъективное значение, которое индивид присваивает денежному вознаграждению, принимая во внимание (неденежные) расходы,

которые участвуют в приобретении вознаграждения. Ожидалось, что, если участники будут рассматривать выполнение задания на поддержание внимания как дорогостоящее, они дисконтируют значение данного вознаграждения, если это будет зависеть от более длительного выполнения задачи психомоторной бдительности (ЗПБ). При этом задача дисконтирования заключалась в задаче денежного выбора, а затем реализации выбора. Участникам заплатили на основании их эффективности в поддержании внимания и их выборе вознаграждения в задаче выбора. Процедура была одобрена Национальным Университетом Ревизионного Совета Сингапура, все участниками предварительно подписали информированное согласие.

2.1.2. Задача мотивированной бдительности

Задача мотивированной бдительности (ЗМБ) является адаптацией задачи психомоторной бдительности (ЗПБ; Дингес и Пауэлл, 1985), которая представляет собой 10-ти минутное задание на поддержание внимания, в котором участники нажимают кнопку как можно быстрее при срабатывании миллисекундного счетчика. Эти стимулы были разделены равномерно распределёнными временными интервалами между предъявлениями, которые варьировались от 2 до 10 секунд. Участники проходили один базовый подход без вознаграждения, а затем два подхода, в которых участников вознаграждали, если их ответы были быстрее или равны медиане RT, достигнутой в базовом подходе. Участники получали 1 цент за быстрый отклик в низкой перспективе вознаграждения и 10 центов за быстрый отклик в высокой перспективе вознаграждения. Порядок подходов с низким и высоким вознаграждением был распределен между участниками. Сосредоточение внимания количественно выражалось в погрешностях внимания (ответы с RT>500 мс) и среднем значении скорости реакции (1 RT) за подход. Эти показатели считаются индикаторами наиболее восприимчивого выполнения этой задачи (Баснером и Дингес, 2011).

2.1.3. Задача дисконтирования

Сначала в процедуре дисконтирования субъективная стоимость исполнения была определена с помощью задачи выбора (Уэббер и Хьюэттел, 2008). Участникам предложили пару денежных предложений (в пределах от $ 1 до $ 12). В каждой паре была представлена одна небольшая сумма (переменная величина), которая была доступна в обмен на выполнение ЗПБ в короткий срок (1 мин), а также вариант, который предлагал более

высокое вознаграждение ($ 12) в течение более длительного периода времени ЗПБ (5, 10, 20 или 30 мин). После каждого выбора меньшего вознаграждения выбор был скорректирован с помощью ступенчатого метода титрования (т.е. повышения при выборе опции длительного срока, и понижение при выборе короткого срока). Эту процедуру повторили шесть раз за подход, после чего точка безразличия определялась как среднее значение наибольшей суммы, за которую субъект выбрал короткую продолжительность, и наименьшее количество раз, когда субъект выбрал продолжительную работу. Эта процедура обычно позволяет значительно дисконтировать значение вознаграждения с более высоким уровнем усилия (Либединский и коллеги, 2013, Массар и коллеги, 2015 и Уэстбрук и коллеги, 2013).

2.1.4. Осуществление выбора

Для установления совместимости стимулов (т.е. стимулирования участников, чтобы они выразили свое истинное предпочтение в задаче выбора), одна подборка вариантов балы выбрана случайным образом. Участнику обещали денежную сумму, которую он выбрал на этом испытании, и требовалось выполнить ЗПБ в течение соответствующего периода времени. Чтобы убедиться, что участники делали выбор на основании подсчёта затрат на выполнение задания, а не из-за грядущего вознаграждения (позднее дисконтирование), их попросили остаться в лаборатории в течение 30 мин. В течение этого периода они должны были выполнять ЗПБ соответствующей продолжительности, а оставшееся время провести в покое. Таким образом, общая продолжительность для всех участников выполнением задачи дисконтирования – 30 мин.

2.2. Результаты

2.2.1. Задача поддержания мотивированной бдительности

В соответствии с гипотезой распределения усилий наблюдалось значительное снижение числа погрешностей с увеличением вознаграждения ($F(2,46) = 4.32$, $p = 0,019$, $\eta_p^2 = 0,158$), скорость реакции увеличилась с увеличением вознаграждения ($F(2,46) = 12,57$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,353$). Скорость увеличилась от исходного уровня к подходам с низким вознаграждением ($F(1,23) = 4,72$, $p = 0,040$, $\eta_p^2 = 0,170$) и от подходов с низким вознаграждением к подходам с высоким ($F(1,23) = 12,35$, $p = 0,002$, $\eta_p^2 = 0,342$).

Изменение производительности с нарастанием времени на задачу выражалось количественно с помощью моделей линейной регрессии для каждого подхода задачи

поддержания бдительности с использованием скорости реакции в качестве зависимой меры. Скорость реакции снизилась с течением времени во всех условиях (Базовый средний уклон = - 0,18, СО = 0,17; t-тест от 0: t(23) = 4,96, p < 0,001, 95% ДИ = [-0,254, -0,104]; низкое вознаграждение средний уклон = -0,15, СО = 0,11, t(23) = 6,41, p <0,001, 95% ДИ = [-0,199, -0,102]; высокое вознаграждение средний уклон = -0,14, СО = 0,16, t(23) = 4,13, p <0,001, 95% ДИ = [-0,205, -0,068]), в отсутствие разницы между условиями (F (2,46) = 0,66, p = 0,52, η_p^2 = 0,028).

2.2.2. Задача дисконтирования

Участники дисконтировали стоимость вознаграждения в зависимости от длительности выполнения задачи ($F(4,92) = 82,94$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0,783$). Субъективная значимость постепенно уменьшилась с увеличением длительности задачи, указывая, что длительное исполнение ЗПБ рассматривалось как стоимость, по которой дисконтировалось вознаграждение.

2.3. Обсуждение

Эксперимент 1 показал, что значение вознаграждения влияет на производительность и готовность участвовать в выполнении задачи в течение определенного времени. В соответствии с теорией распределения усилий эти данные показывают, что участники могут повысить производительность, если задача несет достаточную значимость, и наоборот, значимость вознаграждения дисконтируется, если требуется более дорогостоящее (длительное) выполнение задачи.

3. Эксперимент 2

По поводу распределения усилий можно предположить, что более высокая значимость задачи приведет к использованию большего количества ресурсов для выполнения задачи. Это было проверено с помощью пупиллометрии. Диаметр зрачка, как известно, демонстрирует возбуждение и усилие сосредоточения внимания, и он увеличивается с повышением трудности задачи (Брэдшоу, 1967, Канеман и Битти, 1966), потенциально через норадренергическую активность (Гильзенрат, Ньювенхюйса и Джемпа, 2010; Вараззани, Сан-Галли, Джилардау и Боре, 2015). Кроме того, недавние исследования показали, что диаметр зрачка уменьшается с увеличением времени на задачу, и что это уменьшение связано с потерей бдительности с течением времени

(Хопстакен, ван дер Линден, Баккер и Компьер, 2014). В связи с этим ожидалось повышение производительности в ЗПБ из-за увеличения вознаграждения, что должно сопровождаться дилатацией зрачка. Мы также прогнозировали уменьшение зрачка с течением времени.

3.1. Методы

3.1.1. Участники и алгоритм

Новая выборка состояла из 25 участников (10 женщин, средний возраст = 22,72, СО = 3,09). Эксперимент проходил по тому же алгоритму, что и эксперимент 1, но теперь диаметр зрачка контролировали через устройство отслеживания движения глаза во время выполнения ЗПБ. Данные одного участника были исключены из анализа из-за технической ошибки.

3.1.2. Пупиллометрия

Диаметр зрачка наблюдался с помощью трекера Tobii X60 (Tobii AB, Danderyd, Швеция). Данные были отобраны при частоте 60 Гц и корректированы в автономном режиме с учётом моргания и артефактов с помощью линейной интерполяции. Диаметр зрачка был определен в 1-м окне перед началом стимуляции, а также были вычислены индивидуальные баллы Z ([диаметральные - среднедиаметральные]/диаметр по Коэфициенту Стюдента) за все подходы ЗПБ. Средний балл был рассчитан для каждого участника за каждый подход ЗПБ. Два участника были исключены из анализа из-за отсутствия полных данных пупиллометрии.

3.2. Результаты

3.2.1. Поведение

Как и в эксперименте 1, погрешности уменьшились с увеличением вознаграждения ($F(2,46) = 5,93$, $p = 0,005$, $\eta_p^2 = 0,205$; базовый уровень = низкое вознаграждение: $F(1,23) = 0,23$, $p = 0.634$, $\eta_p^2 = 0,010$; низкое вознаграждение > высокое вознаграждение: $F(1,23) = 7,40$, $p = 0,012$, $\eta_p^2 = 0,244$). Скорость реакции снизилась как функция вознаграждения ($F(2,46) = 21,28$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,481$; базовый уровень < низкое вознаграждение: $F(1,23) = 4.99$, $p = 0.036$, $\eta_p^2 = 0.178$; низкое вознаграждение < высокое вознаграждение: $F(1,23) = 24.39$ $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0.515$). Кроме того, участники значительно дисконтировали стоимость вознаграждений в соответствии с предлагаемой продолжительностью задач в задаче выбора ($F(4,92) = 35,15$, $p < 0.001$, $\eta_p^2 = 0,604$).

3.2.2. Пупиллометрия

Диаметр зрачка увеличился в зависимости от вознаграждения ($F(2,42) = 11,15$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,347$; базовый уровень < низкое вознаграждение: $F(1,21) = 8,85$, $p = 0,007$, $\eta_p^2 = 0,296$; незначительное повышение от низкого вознаграждения к высокому: $F(1,21) = 3,37$, $p = 0.080$, $\eta_p^2 = 0,138$). Данное увеличение диаметра зрачка было истолковано как подтверждение гипотезы о повышении физиологического усилия с учётом вознаграждения.

3.2.3. Анализ времени на задачу

Как в эксперименте 1, влияние времени на задачу было рассчитано подгонкой линейной регрессии для каждого подхода ЗПБ со скоростью отклика и размером зрачка в качестве зависимых переменных и времени на задачу как регрессора. Спады скорости отклика были обнаружены во всех условиях (базовый уровень средний уклон = −0,17, *ОС* = 0,16 *t*-тест от 0: $t(23) = 5,13$, $p < 0,001$, 95% ДИ = [−0,237, −0,100]; средний уклон низкое вознаграждение = −0,088, *CO* = 0,15, $t(23) = 2,85$, $p = 0,009$, 95% ДИ = [−0,152, −0,024]; средний уклон высокое вознаграждение = −0,082, *CO* = 0,15, $t(23) = 2,78$, $p = 0,011$, 95% ДИ = [−0,143, −0,021]), с незначительной разницей в условиях вознаграждения ($F(2,46) = 3,20$, $p = 0.05$, $\eta_p^2 = 0,122$).

Последующие пары образцов показали чуть более отрицательный уклон в базовой линии по сравнению с низким вознаграждением t(23) = 2,03, p = 0,054, 95% ДИ = [-0,163, 0,002], никакой разницы в уклоне между низким вознаграждением и высоким: t(23) = 0,17, p = 0,87, 95% ДИ = [-0,077, 0,066], значительно более отрицательный уклон в базовой линии по сравнению с высоким вознаграждением t(23) = 2,16, p = 0,04, 95% ДИ = [-0,170, -0,004].

Также, в области диаметра зрачка отрицательные уклоны были обнаружены во всех подходах (базовый уровень средний уклон = -0,38, ОС = 0,26), один образец *t* -тест от 0: $t(21) = 6,94$, p <0,001, 95% ДИ = [-0,491, -0,264]; низкое вознаграждение средний уклон = -0,31, ОС = 0,30, т (21) = 4,79, p <0,001, 95% ДИ = [-0,441, -0,174 высокая награда средний уклон = -0,38, ОС = 0,38, $t(21) = 4,68$, p <0,001, 95% ДИ = [-0,544, -0,209], без разницы между условиями вознаграждения (F (2,42) = 0,74, p = 0,485, $\eta_p^2 = 0,034$).

3.3. Обсуждение

Поведенческие результаты эксперимента 2 однозначно повторили результаты эксперимента 1: производительность повысилась с увеличением вознаграждения, и субъективная ценность вознаграждения была дисконтирована с увеличением длительности задачи. Пупиллометрические данные дополнительно показали, что общий размер зрачка был больше во время всех вознаграждаемых подходов, что является проявлением большего усилия сосредоточения внимания.

4. Эксперимент 3

Чтобы убедиться, что увеличенный диаметр зрачка, обнаруженный во всех вознаграждаемых подходах в эксперименте 2 свидетельствует о проявлении большего усилия сосредоточения внимания, а не повышенного возбуждения, связанного с наличием более высокого вознаграждения, мы провели контрольный эксперимент, в который было включено случайное вознаграждение. В этих условиях было доступно высокое вознаграждение, но оно выпадало случайным образом и не было связано с временем реакции.

4.1. Методы

Двадцать шесть участников (15 женщин, средний возраст = 23,04, СО = 3,25) выполнили задачу ЗМБ в три подхода. Как и в экспериментах 1 и 2, первый подход был базовым, без предоставления вознаграждения. Второй и третий подходы подразумевали высокое вознаграждение и вознаграждение в случайном порядке. В подходе с высоким вознаграждением участники получили 10 ¢ за каждую быструю реакцию. В подходе со случайным вознаграждением им обещали 10 ¢ в случайном порядке вне зависимости от скорости выполнения. В обоих подходах в случае вручения вознаграждения стимул-мишень становилась зелёной. Во время всех подходов, мы непрерывно наблюдали за диаметром зрачка. В связи с технической ошибкой два участника были исключены из анализа.

4.2. Результаты

4.2.1. Поведение

Между подходами ЗМБ были обнаружены значительные различия в производительности (главный эффект; погрешности: $F(2,46) = 7,85$, $p = 0,001$, $\eta_p^2 = 0,254$; скорость реакции: $F(2,46) = 19,11$, $p < 0,001$, $\eta_p^2 = 0,45$). Запланированный контраст показал,

что число погрешностей во время исходного подхода и подхода с высоким вознаграждением не отличалось: F (1,23) = 2,29, p = 0,144, η_p^2 = 0,090, но скорость реакции улучшилась в подходе с высоким вознаграждением: F (1,23) = 7,24, p = 0,01, η_p^2 = 0,24. По сравнению с базовым подходом, во время подхода со случайным вознаграждением скорость реакции снизилась (погрешность: F (1,23) = 9,22, p = 0,006, η_p^2 = 0,286; скорость реакции: F (1,23) = 16,17, p = 0,001, η_p^2 = 0,41).

4.2.2. Пупиллометрия

Диаметр зрачка перед применением стимулов показал основной эффект подхода (F (2,46) = 5,92, p = 0,005, η_p^2 = 0,21). Этот эффект был обусловлен увеличением диаметра зрачка в перспективе высокого вознаграждения по сравнению с базовым уровнем (F (1, 23) = 7,14, p = 0,01, η_p^2 = 0,24). Увеличение диаметра зрачка не отмечалось, когда вознаграждения были предложены в случайном порядке, во сравнении с базовым уровнем (F (1,23) = 0,077, p = 0,78, η_p^2 = 0,003).

4.2.3. Анализ времени на задачу

Как и в экспериментах 1 и 2, скорость реакции уменьшалась с течением времени в любых условиях (базовый уровень средний уклон = -0.14, СО = 0,16, *t*-тест от 0: *t*(23) = 4,37, p <0,001, 95% ДИ = [-0,213, -0,076]; случайное вознаграждение средний уклон = -0,17, СО = 0,19, *t*(23) = 4,42, p <0,001, 95% ДИ = [-0,249, -0,090]; высокое вознаграждение средний уклон = -0,15, СО = 0,13, *t*(23) = 5,80, p <0,001, 95% ДИ = [-0,200, -0,095]), отсутствие разницы в условиях (F (2,46) = 0,22, p = 0,81, η_p^2 = 0,009).

Измерение зрачка перед применением стимулов показало значительную разницу в разных условиях (F (2,46) = 4,80, p = 0,013, η_p^2 = 0,17). Значительно более сильное уменьшение диаметра зрачка наблюдалось в условиях случайного вознаграждения (средний случайный уклон = -0,51, СО = 0,23) по сравнению с базовым состоянием (средний базовый уклон = -0,30, СО = 0,36; *t*(23) = 3,14, p = 0,005, 95% ДИ = [0,071, 0,34]). Значения в условии высокого вознаграждения (средний высокий уклон = -0,40, СО = 0,17) не отличались от значений в базовых условиях (*t*(23) = 1,30, p = 0,21, 95% ДИ = [-0,060, 0,265]).

4.3. Обсуждение

Результаты эксперимента 3 повторили результаты эксперимента 2, продемонстрировав, что выгода повышает производительность и увеличивает усилие

сосредоточения внимания. Важно отметить, что увеличение диаметра зрачка присутствовало только в тех случаях, когда вознаграждение зависело от хорошей производительности (условие высокого вознаграждения), но не в случаях, когда высокое вознаграждение было предложено в случайном порядке.

4.4. Корреляционный анализ экспериментов

Мы изучили вопрос наличия связи между производительностью в ЗПБ и уровнем дисконтирования в задаче выбора. Мы извлекли площадь под кривой дисконтирования (ППК; Майерсон, Грин и Варусавитарана, 2001) в качестве индивидуальной меры дисконтирования для всех участников экспериментов 1 и 2, и сопоставили это с разницей в скорости реакции в условиях высокого вознаграждения в ЗПБ и базовыми условиями. Была обнаружена значительная положительная корреляция ($r(46) = 0,31$, $p = 0,032$), указывающая на то, что участники, которые показали самое значительное улучшение производительности в ЗПБ, дисконтировали меньше в задаче выбора. Подобная корреляция между дисконтированием ППК и диаметром зрачка до применения стимула не была статистически значимой ($r(20) = 0,005$, $p = 0,98$).

В эксперименте 1 между условиями вознаграждения не обнаружено существенной разницы в количестве ложных стартов ($F(2,46) = 2,02$, $p = 0,144$), хотя численно меньше ложных стартов было найдено в подходах с вознаграждениями (средний базовый уровень = 2,33, СО = 3,19; низкое вознаграждение = 1,6, СО = 2,10; высокое вознаграждение= 1,2, СО = 1,41).

4.5. Анализ реакции на ложный старт

Для того, чтобы ответить на вопрос, сопровождалось ли увеличение скорости реакции в вознаграждаемых подходах ЗПБ более либеральным порогом реакции (компромисс скорости и точности), мы проанализировали количество реакций, которые имели место до применения целевого стимула (ложный старт).

В эксперименте 1 не было обнаружено существенной разницы в количестве ложных стартов между условиями вознаграждения ($F(2,46) = 2,02$, $p = 0,144$), хотя в подходах с вознаграждением было выявлено численно меньше ложных стартов (средний базовый уровень = 2,33, СО = 3,19; низкое вознаграждение = 1,6, СО = 2,10; высокое вознаграждение = 1,2, СО = 1,41).

В эксперименте 2 произошло значительно меньше ложных стартов в подходах с вознаграждением (среднее низкое вознаграждение = 0,63, СО = 0,71, высокое вознаграждение= 0,54, СО = 0,98) по сравнению с базовым уровнем (среднее значение = 1,42, СО = 1,25; F (2,46) = 6,64, p = 0,003, η_p^2 = 0,224).

В эксперименте 3 в не было обнаружено никаких существенных различий в количестве ложных стартов (F (2,46) = 1,33, p = 0,28; средний базовый уровень = 1,46, СО = 1,35; случайное вознаграждение = 2,17, СО = 2,55; высокое вознаграждение = 1,58, СО = 1,59).

5. Общее обсуждение

Мы обнаружили, что показатели устойчивого внимания улучшились в ожидании большего вознаграждения. Это сопровождалось увеличением размера зрачка в подходах с вознаграждением, что свидетельствует об инвестировании большего внимания в выполнение задачи (Канеман и Битти, 1966). В задаче выбора участники дисконтировали денежное вознаграждение, предлагаемое за выполнение задания большей продолжительности, что указывает на то, что длительное выполнение задачи считается затратой, обесценивающей вознаграждение (Ботвиник и коллеги, 2009 и Прево, 2010).

Эта модель данных показывает, что увеличение скорости реакции в вознаграждаемых подходах не помешало более импульсивной стратегии реагирования. Скорее всего, участники показали общее улучшение производительности, когда было предложено вознаграждение (Манохар, 2015).

Эти результаты подтверждают гипотезу теории распределения усилий и предполагают, что выполнение работы с поддержанием внимания в значительной степени зависит от мотивационного значения задачи. Более ранние исследования показали усиленное поддержание внимания в условии вознаграждения (Бергум и Лер, 1964, Эстерман и коллеги, 2014 и Хорн и Петит, 1985). Наша работа показала, что улучшение результата было связано с увеличением усилия сосредоточения внимания. Улучшение результата с предложением вознаграждения не объясняется теорией распределения ресурсов, которая предполагает, что во время выполнения задачи постоянно применяется максимальное усилие сосредоточения внимания (Гриер, 2003).

В дополнение к общему повышению производительности и увеличению размера зрачка в подходах ЗМБ, с течением времени при любых условиях наблюдалось заметное снижение производительности. При этом, результаты нашего исследования невозможно

однозначно использовать в поддержку одной из этих теорий. Снижение производительности может отражать истощение ресурсов с течением времени, даже если на задачу первоначально было выделено больше ресурсов (Эстерман и коллеги, 2014). В качестве альтернативы, снижение производительности может отражать добровольное сокращение ресурсов внимания из-за того, что со временем выполнение задачи стало требовать больше усилий. Данное толкование соответствует теории распределения усилий (Курзбан и коллеги, 2013 и Томсон и коллеги, 2015). В отличие от предыдущего исследования, мы обнаружили, что участники могли поддерживать производительность с течением времени в подходах с вознаграждением по сравнению с базовым подходом (Эстерман и коллеги, 2014). Но это отображалось только в одном из трех экспериментов (эксперимент 2). Кроме того, разница в условиях вознаграждения не отразилась на диаметре зрачка перед применением стимула, хоть время на выполнение задачи последовательно уменьшалось во всех подходах. Поэтому мы воздерживаемся от каких-либо выводов относительно способности субъектов противостоять влиянию времени в зависимости от мотивации вознаграждения.

Одним из центральных принципов моделей распределения усилий является то, что выбор привлечения ресурсов к выполнению задачи основан на анализе затрат и выгод, в котором усилия взвешиваются против ожидаемого вознаграждения (Курзбан и коллеги, 2013). Эта идея была наиболее тщательно проверена в задаче дисконтирования, где участники приняли перспективные решения о том, сколько времени потратить на целевую работу в соотношении с задачами, не связанными с деятельностью. Участники дисконтируют доступные вознаграждения, если длительность предлагаемой задачи увеличивается, поскольку они находят выполнение таких задач более затратным. Эта интерпретация совпадает с наблюдениями, что субъективная нагрузка возрастает с большей длительностью задачи (Гриер и коллеги, 2003 и Уорм и коллеги, 2008). Текущие данные совпадают с недавними исследованиями принятия решений на основании усилия, которые отмечают, что уровень когнитивного спроса влияет на предпочтения и оценки в различных задачах (Кул и коллеги, 2010, Массар и коллеги, 2015, МакГуайр и Ботвиник, 2010 и Уэстбрук и коллеги, 2013). Более конкретно, наши данные показывают, что субъективная оценка вознаграждения зависит от относительного разделения времени между работой, требующей усилий, и отдыхом (Кул и Ботвиник, 2014).

Дальнейший прогноз теории распределения усилия заключается в том, что при выделении больших ресурсов на выполнение задачи меньше ресурсов должно быть

задействовано на задачи, не связанные с выполнением. Эта гипотеза не была непосредственно проверена в данном исследовании, но и другие исследования, которые измерили возникновение мыслей, не связанных с заданием действительно показывают, что такие мысли появляются реже, когда участники более мотивированы работать либо через внутренние, либо через денежные стимулы (Мразек и коллеги, 2012; Сели, Чейн, Сюй, Пурдон и Смилек, 2015).

В заключение, данное исследование четко устанавливает, что распределение усилий в работе с поддержанием внимания зависит от мотивационной ценности задачи, и что субъективная ценность вознаграждения дисконтируется усилием, необходимым для получения вознаграждения. Эти данные не могут быть легко объяснены традиционными теориями ресурсов и недостаточной нагрузки без учёта дополнительного произвольного контроля над распределением ресурсов. Включая такой контроль как фактор моделей поддержания внимания, мы отдаляемся от объяснений, представляющих мозг «машиной с ограниченной мощностью». Это позволит нам найти объяснение в множестве различных подпобластей (мотивация, эмоции, нейробиология принятия решений), и предложить более точную и глубокую модель работы с поддержанием внимания.

Благодарность

Данная работа прошла при поддержке гранта, выделенного Майклом Чи из Национального Совета по Медицинским Исследованиям Сингапура (NMRC/STaR/015/2013). Мы благодарим Доктора Дэвида Дингеса за комментарии по предварительному варианту статьи. Помощь в сборе данных предоставила Биндия Рагунат.

ПсиБлог