

DOI: 10.22363/2313-1683-2024-21-1-76-95

EDN: WVBFZA

УДК 159.9.072

Обзорная статья

Обзор современных исследований эффекта фасилитации внимания в рамках динамической теории внимания: проблемы и перспективы

М.О. Маркевич¹, О.В. Сысоева^{1, 2, 3}¹ Научный центр когнитивных исследований,

Научно-технологический университет «Сириус»,

*Российская Федерация, 354340, Федеральная территория «Сириус», Олимпийский пр-т, 1*² Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии РАН,*Российская Федерация, 101000, Москва, улица Бутлерова, 5А*³ Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,*Российская Федерация, 101000, Москва, ул. Мясницкая, 20* markevichmaksim92@gmail.com

Аннотация. Результаты недавних зарубежных исследований в рамках динамической теории внимания (ДТВ) открыли большие перспективы разработки терапевтических методов, использующих временные закономерности ритмической стимуляции для моделирования эффекта фасилитации (ЭФ) внимания в когнитивных и специализированных, языковых задачах. Тем не менее исследования в рамках ДТВ развиваются в локальных направлениях и до сих пор остаются менее заметными для широкого круга исследователей. В частности, не был проведен систематический обзор и мета-анализ поведенческих и психофизиологических исследований ЭФ в рамках ДТВ. В данном обзоре была рассмотрена ДТВ, а именно представлены ее специфика, положения, механизмы избирательности внимания, основные исследовательские парадигмы. Мы проанализировали современные исследования ЭФ в рамках ДТВ. Были рассмотрены исследования в рамках корреляционного подхода, а также исследования ЭФ в парадигмах ритмического воздействия. В рамках последних мы выделили два блока: общие когнитивные функции и языковые процессы. В первом блоке мы изучили исследования ЭФ на восприятие, а также на восприятие и память совместно, а во втором блоке – ЭФ на синтаксис и фонологию. Было обнаружено, что большинство исследований сосредоточено на детях и молодых взрослых, что ограничивает возможность обобщения результатов для других возрастных групп. Кроме того, исследования в рамках синтаксического направления продемонстрировали противоречивые данные относительно синтаксической и модальной специфичности ЭФ, а также были сфокусированы только на изучении слуховой модальности ЭФ. Обзор также показал ограниченность исследований в построении экспериментальной парадигмы, которая проявляется в выборе только одного механизма избирательности внимания, опи-

© Маркевич М.О., Сысоева О.В., 2024



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/legalcode>

санного в динамической теории внимания. Таким образом, данная работа подчеркивает необходимость дальнейших исследований для более глубокого понимания ЭФ, а также для расширения возрастных групп и модальностей, включенных в исследования.

Ключевые слова: внимание, динамическая теория внимания, эффект фасилитации, регулярная ритмическая стимуляция, ритм, ожидание

Благодарности и финансирование. Работа выполнена при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (Соглашение № 075-10-2021-093; проект COG-RND-2138).

Введение

Когнитивная психология на протяжении своей истории рассматривала процесс внимания как механизм селекции релевантной информации и торможения нерелевантной (Jones, 2019). Развитие теорий внимания происходило в рамках нескольких парадигм, включая парадигму фильтрации, парадигму ограниченных ресурсов и парадигму зрительного поиска (Jones, 2019; Спиридонов и др., 2011). Например, модель Д. Бродбента в рамках парадигмы фильтрации объясняла процесс селекции через существование пассивного внутреннего фильтра, отсекающего нерелевантную информацию на ранних этапах обработки. Исследования в рамках этой парадигмы проводились с использованием методики дихотомического прослушивания, предполагающей использование аудиальных стимулов, и ставили основной целью определить местоположение фильтра в процессе обработки информации. Альтернативный подход, возникший в результате критики моделей с фильтром и предложенный Д. Канеманом, рассматривал внимание как механизм распределения ограниченных ресурсов на обработку информации. В рамках парадигмы ограниченных ресурсов для изучения процесса внимания уже начали использоваться визуальные стимулы вместо аудиальных. В это же время А. Трейсмэн предложила теорию интеграции признаков (ТИП), согласно которой внимание рассматривалось как прожектор, смещающийся с одного статического объекта на другой, где селекция внимания зависит от последовательного поиска точек в пространстве и совпадающей интеграции признаков объектов, находящихся в поле внимания (Treisman & Gelade, 1980). В настоящее время ТИП является одной из наиболее влиятельных теорий зрительного внимания, о чем может свидетельствовать высокий уровень ее цитируемости: 16 644 цитирований в Google Scholar на начало 2024 г.

Парадигма зрительного поиска в основном изучает пространственный аспект внимания, не учитывая временную динамику внимания (Jones, 2019; Treisman & Gelade, 1980). Однако большая часть окружающей действительности является динамичной, и распределение внимания во времени играет решающую роль в управлении деятельностью человека в быстро меняющейся среде (Jones, 2019). В связи с этим возникает вопрос: каким образом происходит распределение внимания в рамках динамической обработки информации?

В период развития ТИП возник альтернативный подход к изучению внимания, фокусирующийся на его временном аспекте. В конце 1970-х гг. М. Джонс предложила динамическую теорию внимания (ДТВ) (Jones, 1976),

согласно которой внимание рассматривалось как активный и изменяющийся во времени процесс, учитывающий не только внимание субъекта, направленное на внешнюю реальность, но и события этой реальности, также развивающиеся в динамике и влияющие на внимание субъекта. Одним из следствий ДТВ является эффект фасилитации (ЭФ), заключающийся в улучшении решения различных когнитивных задач и интерпретируемого как связанного с возможностью использовать временные закономерности внешних событий для направления внимания к конкретным временным точкам. ЭФ был обнаружен в рамках многочисленных поведенческих и психофизиологических экспериментальных исследований (Jones, 2019; Fiveash et al., 2021; Seibold et al., 2023), что открыло большие перспективы для разработки терапевтических методов по улучшению процесса внимания на основе временных закономерностей в различных задачах (Fiveash et al., 2021).

Несмотря на то, что основные положения ДТВ были подтверждены в современных нейробиологических исследованиях (Jones, 2019; Fiveash et al., 2021; Denison, 2024), а результаты исследований ЭФ открыли перспективы для разработки терапевтических методов по улучшению процесса внимания на основе временных закономерностей в различных задачах (Fiveash et al., 2021), ДТВ развивалась в рамках локальных исследовательских направлений и до сих пор остается менее заметной для широкого круга исследователей: 1167 цитирований в Google Scholar на начало 2024 г.

До настоящего времени не был проведен систематический обзор или мета-анализ исследований ЭФ в рамках ДТВ. Текущий обзор является повествовательным и не может претендовать на полное освещение всех работ в данной области, которые выбирались, прежде всего, на основе несистематического поиска в электронных базах данных с использованием ключевых слов по теме исследования, ставя приоритетом осветить все основные направления исследований и провести обзор существующих обзорных статей. Главной целью обзора является рассмотрение основных положений ДТВ и исследований в рамках теории для формулирования исследовательских вопросов будущего систематического обзора. В рамках заявленной цели обзор включает три задачи, а именно:

1. Представить специфику, основные положения, механизмы избирательности внимания, парадигмы динамической теории внимания.
2. Рассмотреть современные исследования ЭФ, проведенные в рамках ДТВ.
3. Выявить исследовательские пробелы на основе анализа рассмотренных исследований.

Теория динамического внимания: специфика, положения, механизмы избирательности внимания, предсказания, парадигмы

Специфика. ДТВ рассматривает внимание как динамический процесс, включающий взаимодействие внутренних колебаний внимания наблюдателя, связанных с биологической активностью головного мозга, с внешними колебаниями событий окружающего мира (Jones, 2019). Внешние события (например, последовательность тонов, фонем и т. п.) включают также и серии временных промежутков, которые и формируют внешний ритм (Jones, 2019).

Для иллюстрации ДТВ можно рассмотреть известный пример «Вечеринка с коктейлем», где слушателю необходимо сосредоточить внимание на словах собеседника и игнорировать внешний шум толпы. Большинство исследований в рамках классических теорий внимания решают данную проблему через рассмотрение отдельных признаков акустического события, таких как громкость, тембр, пространственное расположение источников звука, и не рассматривают попытки настройки слушателя на речь собеседника через призму синхронизации колебаний нейронной активности с колебаниями акустического события, в данном случае речи собеседника. ДТВ предлагает иной подход к анализу данной парадигмы, рассматривая говорящего и слушателя как источник взаимодействий, в которых слушатели полагаются на временные предсказания, управляющие их естественной способностью «идти в ногу» с высказыванием говорящего. Согласно ДТВ, для того чтобы слушатель смог воспринять слова собеседника, должна возникнуть синхронизация между его внутренними ритмами (активностью нейронов) и ритмом акустического сигнала (внешним событием) говорящего. Таким образом, успешное восприятие речи в данном контексте зависит от уровня синхронизации внутренних ритмов слушателя с внешними ритмами речевого сигнала собеседника. Эта синхронизация представляет собой фазовое совпадение обоих колебаний ритмов. Чем выше уровень такой синхронизации, тем лучше воспринимается речь (Jones, 2019).

Положения. Рассмотрим два основных положения ДТВ (Jones, 2019). Первое положение ДТВ заключается в том, что физические характеристики события, такие как темп и регулярность, создают основу для успешной синхронизации внутренних ритмов с самим событием. Таким образом, успех синхронизации между внутренним и внешним ритмом определяется физическими свойствами последнего, что вводит понятие ведущего ритма (*driving rhythm*). Второе положение ДТВ состоит в том, что наблюдатель обладает собственным, внутренним ритмом внимания, который способен синхронизироваться с внешним событием, что вводит понятие ведомого ритма (*driven rhythm*). Синхронизация между ведущим и ведомым ритмом образует диаду «ведущий-ведомый» (*driving-driven dyad*), являющуюся элементарной теоретической единицей, где ведомый ритм меняет свое фазовое соотношение с ведущим ритмом для реализации фиксированной (стабильной) связи двух ритмов.

Механизмы избирательности внимания. Ключевой особенностью внимания является его избирательность, которая относится к способности человека сосредоточиться на одном событии и игнорировать другое (Jones, 2019). ДТВ предлагает два механизма избирательности внимания (Jones, 2019). Первый механизм – это синхронизация ведущего и ведомого ритмов, при которой совпадение фазы колебания внутреннего осциллятора с фазой колебания внешнего осциллятора увеличивает вероятность обнаружения события. Второй механизм заключается в возможности увеличения амплитуды внутреннего осциллятора через его увлечение внешними событиями, обладающими высоким уровнем временной регулярности (например, музыка с ясной и повторяющейся метрической структурой). Более высокая амплитуда внутреннего осциллятора коррелирует с более высоким уровнем концентрации внимания.

Парадигмы. В рамках ДТВ описаны четыре парадигмы к изучению внимания, которые были использованы в дальнейших исследованиях (Jones, 2019):

1) *задачи с предпериодом* (Foreperiod Tasks, FP). В каждом испытании участникам предъявляется один предупреждающий сигнал, за которым после определенного периода времени (предпериода) следует целевой стимул, требующий быстрой реакции. Основная идея заключается в том, что участники будут реагировать быстрее на ожидаемые, чем на неожиданные цели;

2) *задачи с подсказками* (Cueing Tasks). Вместо предупреждающего стимула участникам предъявляется отличительный сигнал, который может предсказать, когда будет предъявлен целевой стимул;

3) *задачи последовательного таргетирования* (Sequential Targeting Tasks). Эта задача включает целевой стимул в последовательность нецелевых стимулов, где окружающая последовательность нецелевых стимулов формирует временной контекст. Эти задачи предназначены для изучения управляемого стимулами внимания, которое не обязательно находится под произвольным контролем;

4) *задачи селективного внимания* (Selective Attending Tasks). В этих задачах участникам необходимо игнорировать нерелевантное событие и воспринимать релевантное. В контексте ДТВ возможно варьировать ритм стимулов и их физические характеристики.

Зависимые и независимые переменные в этих задачах могут варьироваться в зависимости от конкретного исследования и его целей. Однако, в общем, зависимыми переменными часто являются время реакции (ВР) и показатели точности, а независимыми переменными – временные интервалы, валидность сигналов и физические характеристики стимулов.

Эффект фасилитации в современных зарубежных исследованиях в рамках динамической теории внимания

Исследования нейрофизиологических основ ЭФ. Осцилляторная активность головного мозга — это регулярно повторяющиеся тормозящие (inhibitory) и возбуждающие (excitatory) паттерны электрической активности, создаваемые нейронами (Buzsáki, 2019; Buzsáki & Draguhn, 2004). Синхронизация между осцилляторной активностью головного мозга и частотой внешних событий, например, таких как речь и музыка, является основой ЭФ (Jones, 2019). Осцилляторная активность головного мозга, синхронизированная с внешними ритмическими колебаниями сигналов, позволяет направлять внимание на целевые события, возникающие в определенные моменты времени, что и улучшает процесс обработки целевых событий (Jones, 2019).

Недавние обзоры, представленные А. Файвэш с коллегами (Fiveash et al., 2021, 2023), а также Р. Денисон (Denison, 2024), освещают роль осцилляторной активности в обработке внешних ритмических событий и динамическом аспекте внимания для аудиальной и визуальной модальности. Рядом исследований было показано, что осцилляторная активность мозга играет центральную роль в обработке музыки и речи, подстраиваясь под слуховые ритмы, и является основой восприятия музыки и речи (Jones, 2019; Fiveash

et al., 2021). Осцилляторная активность мозга связана с точностью слуховой обработки, сенсомоторными показателями, динамикой внимания во времени (Jones, 2019), прогнозированием будущих событий, иерархической обработкой информации, взаимодействием слуховой и моторной коры головного мозга; все приведенные процессы являются необходимыми для обработки таких акустических событий, как музыка и речь (Jones, 2019; Fiveash et al., 2021). Фаза осцилляторной активности мозга адаптируется к внешнему ритмическому сигналу, вероятно, создавая у слушателя перцептивные ожидания относительно того, когда произойдет то или иное событие (Jones, 2019; Fiveash et al., 2021, 2023).

Накопленные эмпирические данные свидетельствуют о том, что при воздействии внешнего ритмического стимула осцилляторная активность нейронов совпадает на нескольких уровнях частоты с частотами предъявленных стимулов (Fiveash et al., 2021). Однако вопрос о том, является ли синхронизация осцилляторной активности головного мозга с частотами предъявляемых ритмов активным процессом, что подтверждает идею ДТВ о существовании осциллятора с собственной активностью, или осцилляторная активность – это лишь реакция на частоты внешних событий, остается предметом дискуссии. Тем не менее данные нескольких поведенческих и электрофизиологических исследований (Fiveash et al., 2021; Haegens & Zion Golumbic, 2018; Zoefel et al., 2018; Notbohm, Kurths, & Herrmann, 2016), изучающих обработку музыки и речи, показали, что участники воспринимали и представляли метрическую структуру сигнала, которая не присутствовала в акустическом сигнале ритма, что предполагает нисходящую обработку иерархической структуры, управляемую осцилляторной активностью нейронов.

М. Генри с коллегами (Henry et al., 2017) предположили, что синхронизация осцилляторной активности должна различаться у разных групп, поразному реагирующих на предъявленную ритмическую стимуляцию. Основываясь на предположении о нарушении осцилляторной активности нейронов у людей с дислексией в дельта- (1,5–4 Гц) и тета-диапазонах (4–10 Гц) (Goswami, 2018), А. Файвэш с коллегами (Fiveash et al., 2020) провели эксперимент, направленный на изучение синхронизации колебаний внутреннего осциллятора с аудиальной ритмической стимуляцией в зависимости от типа группы: взрослые с дислексией и контрольная группа. Участники прослушивали регулярную и нерегулярную ритмическую стимуляцию. Была обнаружена синхронизация осцилляторной активности с частотами регулярных ритмов, не только с частотами, явно присутствующими в аудиальных ритмических сигналах, но и с частотой, наименее представленной в ритмах. Также было обнаружено, что участники контрольной группы извлекали временные закономерности и на частотах нерегулярного ритмического сигнала, в отличие от участников с дислексией. Эти результаты согласуются с данными, полученными в предыдущем исследовании на участниках без дислексии, в котором также была показана синхронизация осцилляторной активности мозга с частотами нерегулярных ритмов (Falk et al., 2017). Стоит отметить, что уровень синхронизации осциллятора коррелировал с ритмическими способностями участников.

Таким образом, осцилляторная активность мозга представляет собой нечто большее, чем просто линейный ответ на частоты внешнего стимула, и дополнительно включает нисходящие ожидания, которые играют непосредственную роль в восприятии внешних событий.

В недавнем обзоре Р. Денисон (Denison, 2024) представлены данные исследований нейрофизиологических механизмов динамического внимания (temporal attention) и ожидания для зрительной модальности. В приведенных исследованиях были обнаружены нейрофизиологические корреляты временного ожидания целевого стимула, сформированного ритмической подсказкой. Более выраженные вызванные потенциалы (ВП) наблюдались уже через 100 мс после предъявления ожидаемого стимула. Нейрофизиологические корреляты были обнаружены как в результате применения электроэнцефалографии (ЭЭГ) у людей с использованием сложной перцептивной задачи, так и в нижней части височной коры обезьян, когда обезьяну обучили ожидать изображения объекта в определенные интервалы времени.

Было показано изменение активности зрительной коры перед предъявлением ожидаемой цели. Мощность затылочного альфа-сигнала перед стимулом уменьшалась в соответствии со временем и местоположением пространственно-временного сигнала. Также было обнаружено, что альфа-фаза перед стимулом зависит от временной предсказуемости визуального стимула. Предупреждающие сигналы о появлении целевого стимула изменяли активность зрительной коры и мощность затылочного альфа-ритма.

Таким образом, можно утверждать, что на сегодняшний день имеется большое количество доказательств, подтверждающих одно из основных положений ДТВ о существовании эндогенного осциллятора, обладающего собственной ритмической активностью и способного вступать в активное взаимодействие с внешними ритмическими событиями, что оказывает непосредственное влияние на обработку аудиальных и визуальных событий и при успешной синхронизации приводит к возникновению ЭФ.

Исследовательские подходы к изучению эффекта фасилитации внимания в рамках динамической теории внимания. Можно выделить два исследовательских подхода к изучению ЭФ: исследование ЭФ через поиск корреляций между ритмическими и когнитивными или языковыми способностями и исследование ЭФ в парадигмах внешнего ритмического воздействия. Корреляционный подход предполагает косвенное подтверждение положений ДТВ через обнаружение связей между способностью детектировать внешние события и другими способностями, связанными с общими когнитивными функциями (внимание, память) либо языковыми способностями. Исследование ЭФ через использование внешнего ритмического воздействия предполагает непосредственное моделирование ЭФ, где фиксируется прямая зависимость между условиями предъявляемых ритмов и способностью детектировать целевые стимулы.

Современные исследования проводятся не только в рамках поведенческих парадигм с фиксацией ВР и точности ответов в зависимости от внешней ритмической стимуляции (например, Ladányi et al., 2021), но и с использованием современных нейрофизиологических методов исследования, позволя-

ющих обнаружить нейрофизиологические корреляты ЭФ (например, Hickey et al., 2020; Canette et al., 2020).

Исследования эффекта фасилитации в рамках корреляционного подхода. Результаты недавних исследований свидетельствуют о наличии положительной связи между показателями ритмических и когнитивных способностей (Frischen et al., 2022), также в обзоре Ф. Деге (Degé, 2021) сообщается о связи музыкального обучения с когнитивными и языковыми способностями. В частности, обнаружена положительная корреляция между способностью к воспроизведению ритма (измеряемой с помощью задания на постукивание в такт) и ингибиторным контролем (одним из параметров исполнительных функций) как для слуховой, так и для зрительной модальности (Frischen et al., 2022). Недавние корреляционные исследования также показали положительную связь между ритмическими способностями и языковыми навыками (Kim et al., 2024; Kreidler et al., 2023; Lê et al., 2020; Sousa et al., 2022). Например, было показано, что чем лучше участники справлялись с задачами на восприятие и воспроизведение ритма, тем выше был их уровень фонологической осведомленности – способности распознавать, анализировать и манипулировать звуками в устной речи (Sousa et al., 2022).

В недавнем исследовании Х. Ким и коллег (Kim et al., 2024) с использованием задания на ритмическое постукивание было продемонстрировано, что сочетание навыков экспрессивного ритма (спонтанное, синхронизированное и непрерывное постукивание) и навыка распознавания ритма значительно предсказывало уровень развития грамматических навыков у взрослых. Положительная связь между точностью выполнения грамматических задач и точностью выполнения задания на восприятие музыкального ритма была также обнаружена на выборках детей 5–7 лет (Lê et al., 2020). Кроме того, в недавнем исследовании К. Крайдлер и коллег (Kreidler et al., 2023) было показано, что дети с нарушением речи демонстрировали более низкие результаты при выполнении ритмических заданий по сравнению с их типично развивающимися сверстниками.

Таким образом, совокупность имеющихся данных указывает на наличие устойчивой связи между ритмическими способностями и различными аспектами когнитивных функций, включая языковые способности, исполнительные функции и грамматические навыки. Эти результаты согласуются с положениями ДТВ и подчеркивают важность дальнейшего изучения роли ритмических способностей в развитии когнитивных и языковых процессов.

Исследования эффекта фасилитации в парадигмах ритмического воздействия. М. Джонс (Jones) и коллеги показали, что после прослушивания ритмической последовательности тонов слуховое восприятие было более точным для целевых тонов, появляющихся в ожидаемые моменты времени, чем в неожиданные (Jones, 2019). Эта линия исследований была продолжена в последующих работах о влиянии ритмической стимуляции на общие когнитивные функции, такие как восприятие и память (Seibold et al., 2023; Denison, 2024). В рамках ДТВ большое значение придается процессу восприятия речи, наиболее частому акустическому событию в окружающей действительности (Jones, 2019). Вопрос о том, как слушатель способен воспринимать речевой сигнал, положил начало отдельному, специализированному

направлению исследований ЭФ в рамках языковых процессов, таких как синтаксис и фонология (Fiveash et al., 2021).

Исследования эффекта фасилитации внимания в контексте когнитивных и языковых процессов. ДТВ постулирует, что временные закономерности внешних событий оказывают генерализованное влияние на когнитивные процессы, не ограничиваясь специфическим воздействием на какой-либо отдельный процесс (Jones, 2019). Тем не менее в современной научной литературе прослеживается тенденция к изучению ЭФ в контексте отдельных когнитивных процессов, таких как восприятие или сочетание восприятия и памяти, а также в рамках языковых процессов, включая синтаксический и фонологический уровни (Jones, 2019; Fiveash et al., 2021). В следующих разделах мы подробнее рассмотрим влияние ритма на восприятие, сочетание восприятия и памяти, а также на синтаксическую и фонологическую обработку языка.

Общие когнитивные функции. Восприятие. Динамика внимания во времени, способствующая усилению внимания к определенному моменту во времени, далее в статье называемая временным вниманием (*temporal attention*), является ключевым когнитивным процессом, изучаемым в рамках ДТВ (Jones, 2019). Во многих исследованиях был продемонстрирован ЭФ для перцептивной обработки в разных экспериментальных дизайнах для ожидаемых целевых стимулов и для стимулов, соответствующих структуре предшествующей ритмической последовательности. Время реакции было быстрее, а точность выше в сравнении с неожиданными целевыми стимулами и в сравнении с условием несоответствия предъявляемого ритма последовательности и целевого стимула (Seibold et al., 2023). Однако несмотря на накапливающиеся доказательства влияния ритмической стимуляции на перцептивную обработку, следует отметить, что некоторые исследования не выявили такого эффекта. В частности, в задаче суждения об ориентации замаскированной визуальной цели, предъявленной в конце ритмической или аритмичной слуховой последовательности, А. Эльбаз и Я. Ешурун (Elbaz & Yeshurun, 2020) не обнаружили более высокой точности для целей, предъявленных в фазе с ритмическим сигналом, по сравнению с целями, предъявленными вне фазы ритма. Вместо этого авторы наблюдали более низкую скорость ответа в ритмическом состоянии по сравнению с аритмическим, независимо от фазы предъявления цели. Аналогично, при измерении эффекта пространственных и ритмических временных сигналов в кросс-модальных условиях, А. Вильш с коллегами (Wilsch et al., 2020) не обнаружили более высокой точности для целей, следующих за регулярным ритмическим контекстом, по сравнению с целями, следующими за случайным контекстом. Точные причины, по которым перцептивные эффекты временного внимания наблюдаются в одних исследованиях, но отсутствуют в других, до сих пор остаются не до конца ясными (Seibold et al., 2023).

Восприятие и память. Отдельным направлением являются исследования, изучающие влияние ритма не только на перцептивную обработку, но и на процесс запоминания объектов (Fiveash et al., 2021; Seibold et al., 2023). Классический вариант парадигмы в рамках изучения ЭФ одновре-

менно на восприятие и память заключается в том, что участникам предлагается сначала выполнить задание на восприятие объектов, где необходимо оценить предъявляемые стимулы (например, живое/неживое, мужчина/женщина). Стимулы могут предъявляться в условии синхронности (on-beat) или асинхронности (off-beat) с фоновым аудиальным ритмом. После завершения задания на восприятие участники выполняют задание на узнавание, где им необходимо указать, предъявлялся ли текущий стимул ранее.

В исследовании Х. Джондро и коллег (Johndro et al., 2019) было обнаружено улучшение восприятия (ВР было короче) и узнавания невербальных стимулов (лиц), которые были предъявлены синхронно с ритмичным звуковым фоном во время кодирования. В дальнейшем эти результаты были также показаны в эксперименте П. Хики и коллег (Hickey et al., 2020), более короткое ВР и более высокая точность ответов для целевых стимулов в синхронном условии. В другом эксперименте П. Хики и коллег (Hickey et al., 2020) было обнаружено, что участники быстрее реагировали на стимулы в синхронном условии, однако точность выполнения задания на узнавание объектов не отличалась между ритмическими условиями. В недавнем исследовании А. Джонс и коллег (Jones et al., 2023) не удалось воспроизвести поведенческие эффекты, обнаруженные в предыдущих работах: ВР при выполнении перцептивной задачи и задачи на узнавание объектов не различались между условиями ритма.

На психофизиологическом уровне было обнаружено, что стимулы, предъявляемые изохронно или с регулярной временной структурой во время перцептивной задачи, способствуют облегчению сенсорных процессов на нейрональном уровне, что приводит к повышению эффективности распознавания и запоминания целевых стимулов (Fiveash et al., 2023; Seibold et al., 2023). Было показано, что вызванные потенциалы (ВП) ранних компонентов N1 и N2 показали большую амплитуду и меньшую латентность для ожидаемых целевых стимулов (Seibold et al., 2023). А. Джонс и Э. Уорд (Jones & Ward, 2019) обнаружили меньшую амплитуду N1 для стимулов, предъявляемых в регулярном ритмическом условии по сравнению с нерегулярным предъявлением. М. Сюй с коллегами (Xu et al., 2021) наблюдали снижение N1 и усиление N2 для ожидаемых во времени стимулов и предположили, что это может отражать парадокс перцептивного предсказания, когда предсказуемые события могут приводить как к усиленным, так и к подавленным эффектам восприятия (Press & Yon, 2020).

П. Хики с коллегами обнаружили положительную корреляцию между разницей амплитуд компонента N2 и точностью узнавания целевых объектов, что подтверждает связь между ранними сенсорными процессами и последующей эффективностью извлечения информации из памяти (Hickey et al., 2020). Это указывает на то, что синхронизация с фоновым ритмом не только облегчает начальные этапы обработки информации, но и способствует более точному и эффективному запоминанию.

Рассмотренные результаты исследований свидетельствуют о том, что временная структура стимулов играет важную роль в процессе кодирования информации. Регулярность и синхронность предъявления стимулов способствуют более эффективной обработке сенсорной информации на ранних этапах,

что находит отражение в изменениях амплитуды компонентов ВП. Более негативные амплитуды N1 и N2 в условии синхронности могут указывать на усиление внимания и более глубокую обработку стимулов, что в свою очередь приводит к лучшему запоминанию и узнаванию.

Языковые процессы. Синтаксис. Влияние ритма на синтаксическую обработку является предметом активных исследований в когнитивной психологии и нейронауке (Fiveash et al., 2021). Большинство исследований в этой области использовали парадигму прайминга в сочетании с задачей грамматических суждений. В этой парадигме участникам сначала представляется музыкальный отрывок с различной ритмической структурой, а затем участники выполняют задачу на грамматические суждения, оценивая предложения, предъявленные в аудиальной модальности на наличие грамматических ошибок (например, Chern et al., 2018; Canette et al., 2019, 2020; Fiveash et al., 2020, 2022).

ЭФ для синтаксической обработки после предъявления регулярного ритмического прайминга был первоначально обнаружен у франкоязычных детей в возрасте от 6 до 12 лет (Canette et al., 2020; Fiveash et al., 2020, Przybylski et al., 2013). Впоследствии этот эффект был воспроизведен у франкоязычных взрослых (Canette et al., 2019), англоязычных детей (Chern et al., 2018) и венгеро-язычных детей (Ladányi et al., 2021). Важно отметить, что ЭФ не наблюдался при использовании неграмматических задач, таких как называние изображений (Picture naming task), невербальная задача Струпа (Non-verbal Stroop task) и арифметические операции (Chern et al., 2018, Ladányi et al., 2021), что указывает на специфичность ЭФ для синтаксической обработки. Л. Канетт с коллегами (Canette et al., 2020) также продемонстрировали специфичность ЭФ для синтаксической задачи (грамматических суждений) по сравнению с семантической задачей. А. Файвэш с коллегами (Fiveash et al., 2023) обнаружили ЭФ синтаксической обработки также и на задаче повторения предложений: участники точнее повторяли предложения после прослушивания регулярной ритмической последовательности.

Однако не все исследования обнаружили ЭФ на поведенческом уровне (Canette et al., 2020; Fiveash et al., 2022; Kim et al., 2024). Так, Х. Ким с коллегами (Kim et al., 2024) не обнаружили ЭФ у англоязычных детей в возрасте 7–11 лет. А. Файвэш с коллегами (Fiveash et al., 2022) варьировали модальность ритмической стимуляции, добавив зрительную стимуляцию к аудиальной, и не обнаружили ЭФ в кросс-модальном условии стимуляции. Кроме того, было показано, что менее продолжительные регулярные ритмы (8 и 16 с) не вызывали ЭФ, в отличие от более длительных ритмов (32 с) (Fiveash et al., 2020).

На психофизиологическом уровне было зарегистрировано увеличение амплитуды позднего компонента P600 (Kotz et al., 2005; Canette et al., 2020), являющегося биомаркером грамматических аномалий, на стимулы с нарушенной грамматикой после предъявления регулярной ритмической последовательности. Впервые поздний компонент P600, как нейрофизиологический коррелят ЭФ для синтаксического процесса, был обнаружен у пациентов с поражением базальных ганглиев. Было показано, что этот биомаркер грамматических

ошибок отсутствует в данной популяции (Kotz et al., 2003). Эффект P600 был выявлен у участников без поражений базальных ганглиев, эффект был статистически значимым как для средней линии электродов (Fz, Cz, Pz), так и для электродов затылочной области (P3/4, P7/8, O1/2), эффект не был статистически значимым для фронтальной области выбранных электродов (FC3/4, F3/4, F7/8). Однако после предъявления регулярной ритмической стимуляции компонент P600 появлялся и у пациентов с поражением базальных ганглиев в ответ на неграмматически построенные предложения (Kotz et al., 2005). В дальнейшем Л. Канетт с коллегами (Canette et al., 2020) провели исследование о влиянии регулярной ритмической стимуляции на синтаксический процесс у взрослых с дислексией и нейротипичной группы. Было обнаружено увеличение амплитуды компонента P600 у взрослых участников с дислексией и у нейротипичной группы на неграмматические предложения после регулярной ритмической стимуляции в сравнении с нерегулярной ритмической стимуляцией. В качестве зоны интереса были выбраны группы электродов для фронтальной, центральной и затылочной области, также отдельно анализировалась центральная линия электродов (Fz, Cz, Pz). Данный эффект был статистически значимым только для средней линии электродов (Fz, Cz, Pz) и не достиг статистической значимости для выбранной зоны интереса. Значение пиковой амплитуды после регулярного условия увеличивалось от фронтальной к затылочной области ($Fz < Cz < Pz$). Также было показано, что латентность пиковой амплитуды была дольше после регулярной ритмической стимуляции в сравнении с нерегулярным условием прайминга, особенно для фронтальной области (Fz).

Ф о н о л о г и я . В исследованиях влияния ритма на обработку фонем широко используется парадигма короткого ритмического праймирования. В этой парадигме участникам предъявляется короткий ритмический прайм, за которым сразу следует целевой стимул (слово или псевдослово). Целевой стимул может быть в условии метрической конгруэнтности (Metrical Match), когда слабые и сильные доли фонем согласуются с метрической структурой предшествующего ритмического сигнала, или в условии метрической неконгруэнтности (Metrical Mismatch), когда такого согласования нет. Задача участников могла заключаться в классификации целевых стимулов: слов и псевдослов (Fotidzis et al., 2018); либо в принятии решения о том, была ли целевая фонема в целевом стимуле (Cason et al., 2012, 2015) или в принятии решения о метрической конгруэнтности или неконгруэнтности метрической структуры прайма и целевого стимула (Yu et al., 2024).

Исследования, проведенные в рамках данного подхода, обнаружили ЭФ для обработки фонем при условии метрической конгруэнтности как для слуховой, так и для зрительной модальности (Cason et al., 2012, 2015; Fotidzis et al., 2018). Время реакции было короче, а точность ответа выше при конгруэнтном условии по сравнению с неконгруэнтным (Cason et al., 2012, 2015; Fotidzis et al., 2018; Yu et al., 2024). ЭФ был обнаружен для нескольких языков, включая английский (Fotidzis et al., 2018), французский (Cason et al., 2012, 2015) и китайский (Yu et al., 2024). Стоит отметить, что только в исследовании Yu и коллег удалось воспроизвести ЭФ и для ВР и для точности

ответов (Yu et al., 2024), а в других работах влияние было лишь на один из этих параметров.

На психофизиологическом уровне была обнаружена большая амплитуда раннего компонента N100 для условия метрической неконгруэнтности, что может отражать нарушение ритмических ожиданий. В. Юй с коллегами (Yu et al., 2024) обнаружили большую амплитуду раннего компонента P2 для условия метрической неконгруэнтности. Эти результаты могут отражать нарушение ритмических ожиданий и увеличении сложности фонологической обработки.

Н. Кейсон с коллегами (Cason et al., 2012, 2015) также, варьируя расположение целевой фонемы в псевдословах: расположение на сильной доле (on-beat) и расположение на слабой доле (off-beat), обнаружили увеличение амплитуды и латентности компонента P300 при расположении на слабой доле, что также отражает нарушение ожидания целевого стимула и необходимость большего времени для оценки предъявляемого стимула. Т. Фотидзи с коллегами (Fotidzis et al., 2018) выявили нейрофизиологический коррелят ЭФ для зрительной модальности, где целевые стимулы, предъявляемые в условии метрической неконгруэнтности, вызывали больший отрицательный компонент N400 во временном окне от 300 до 708 мс, с лобно-центральной распределением. К. Хилтон и М. Голдуотер (Hilton & Goldwater, 2021) получили аналогичные результаты, используя предложения в качестве целевых стимулов. В. Юй с коллегами (Yu et al., 2024) также обнаружили увеличение поздних компонентов амплитуды (LPC) для условия метрической неконгруэнтности. Эти результаты свидетельствуют о большой когнитивной нагрузке для фонологического процесса при условии метрической неконгруэнтности.

Заключение

В данном обзоре мы представили основные положения, механизмы избирательности внимания, предсказания и парадигмы ДТВ. Также нами было проанализировано значительное количество исследований ЭФ в рамках ДТВ (Jones, 2019; Buzsáki, 2019; Fiveash et al., 2021, 2023; Seibold et al., 2023; Denison, 2024), где были рассмотрены поведенческие и психофизиологические аспекты ЭФ. В обзор включены эмпирические исследования, изучавшие связи между ритмическими и когнитивными процессами, а также эмпирические исследования влияния внешней ритмической стимуляции на ЭФ.

Эмпирические исследования, приведенные в данном обзоре, показали, что временные закономерности ритмической стимуляции предоставляют большое преимущество для зрительной и аудиальной обработки целевой информации (Jones, 2019; Fiveash et al., 2021, 2023; Seibold et al., 2023). В рамках синтаксического направления было также показано, что более продолжительная регулярная ритмическая стимуляция приводит к большему ЭФ (Fiveash et al., 2020).

В рамках корреляционного подхода были обнаружены связи ритмических и языковых способностей для разных возрастных групп. А исследования, использовавшие ритмическую стимуляцию, обнаружили эффект фасилитации внимания как для детей, так и для взрослых в рамках синтаксического

направления. Стоит отметить, что основная выборка исследований в рамках ДТВ включает детей или молодых взрослых, исследования с включением более старшей выборки участников могут быть потенциальным будущим направлением исследования ЭФ.

ЭФ внимания был обнаружен как в исследованиях общих когнитивных функций, таких как восприятие или сочетание восприятия и памяти, так и в специализированных исследованиях речи, затрагивающих синтаксис и фонологию (Fiveash et al., 2021; Seibold et al., 2023). Тем не менее были выявлены некоторые противоречия. Несмотря на то, что данные корреляционных исследований предоставили убедительные доказательства о связи ритмических способностей и когнитивно-языковых навыков, а в исследованиях с использованием ритмической стимуляции ЭФ был обнаружен для общих когнитивных функций, недавние исследования ЭФ для синтаксиса показали специфику данного эффекта для синтаксического процесса (Canette et al., 2020; Chern et al., 2018; Ladányi et al., 2021) в сравнении с различными когнитивными задачами и заданием на семантику. Кроме того, вопреки утверждению ДТВ об амодальности ЭФ (Jones, 2019), недавнее исследование в области синтаксиса не обнаружило ЭФ при добавлении визуальной ритмической стимуляции (Fiveash et al., 2022). Также все рассмотренные синтаксические исследования в рамках текущего обзора предьявляли основную задачу грамматических суждений или задачу на повторение слов только для аудиальной модальности. В то же время исследования в области общих когнитивных функций и фонологии часто использовали задания, представленные в различных модальностях (например, визуальной и аудиальной).

Каждое из направлений изучения ЭФ основывается только на одном из ключевых механизмов избирательности внимания, выдвинутых в ДТВ. Так, исследования в рамках общих когнитивных функций и фонологии синхронизировали целевые стимулы с фазой ритмического сигнала, что соответствует первому механизму избирательности внимания, выдвинутому ДТВ, тогда как в синтаксическом направлении для экспериментального моделирования ЭФ было использовано продолжительное предьявление регулярных ритмических последовательностей, что соответствует второму механизму избирательности внимания, выдвинутому ДТВ.

Важно отметить, что в каждом направлении исследований эффекта фасилитации внимания существуют как эмпирические данные, подтверждающие его существование, так и опровергающие его. Причины подобных противоречивых результатов до сих пор остаются неизвестными. Мы предполагаем, что это может свидетельствовать о значительной зависимости ЭФ от различных внешних факторов, таких как возрастная и языковая группа участников, клинический статус участников, экспериментальный дизайн, тип ритмической стимуляции, модальность ритмической стимуляции и модальность основной задачи, не введенных в качестве ограничений в ДТВ.

Стоит отметить, что эмпирические данные рассмотренных исследований имеют не только теоретическое, но и практическое значение. Можно выделить несколько возможностей практического использования полученных данных в будущем при условии проведения дополнительных исследований:

1) разработка терапевтических программ для помощи пациентам с различными языковыми расстройствами. Эти программы могут способствовать улучшению слуховой обработки, синхронизации нейронных колебаний и сенсомоторной связи;

2) создание диагностических инструментов для выявления нарушений синхронизации при расстройствах развития речи и языка. Это позволит более точно определять временной дефицит при различных расстройствах и персонализировать терапевтические подходы;

3) разработка специальных программ обучения и лечения, основанных на понимании нейронных механизмов, лежащих в основе обработки музыкального и речевого ритма. Эти программы могут быть адаптированы для конкретных расстройств и возрастных групп;

4) использование музыкального ритма, особенно метрических структур, в качестве инструмента для улучшения обработки речи и языка как у здоровых людей, так и у людей с нарушениями. Это может быть реализовано в форме музыкальных занятий, тренингов и терапевтических сессий.

Таким образом, в результате данного повествовательного обзора было установлено:

– существование эмпирических доказательств ЭФ с помощью регулярной ритмической стимуляции;

– ограниченность исследований в выборе возрастных групп, преимущественный фокус на детей и молодых взрослых;

– исследования эффекта фасилитации внимания в рамках синтаксического направления продемонстрировали ряд противоречивых данных;

– фокусирование исследований в рамках синтаксического направления только на изучении слухового внимания;

– ограниченность исследований в построении экспериментальной парадигмы, которая проявляется в выборе только одного механизма избирательности внимания, описанного в динамической теории внимания.

Данные факторы могут быть рассмотрены в рамках будущего систематического обзора и мета-анализа для выявления возможных ограничений ЭФ.

Список литературы

Ссылки на источники см. в разделе References после англоязычного блока

История статьи:

Поступила в редакцию 5 января 2024 г.

Принята к печати 27 января 2024 г.

Для цитирования:

Маркевич М.О., Сысоева О.В. Обзор современных исследований эффекта фасилитации внимания в рамках динамической теории внимания: проблемы и перспективы // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Психология и педагогика. 2024. Т. 21. № 1. С. 76–95. <http://doi.org/10.22363/2313-1683-2024-21-1-76-95>

Вклад авторов:

М.О. Маркевич – концептуализация, написание текста. О.В. Сысоева – концептуализация, написание текста.

Заявление о конфликте интересов:

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Сведения об авторах:

Маркевич Максим Олегович, аспирант, младший научный сотрудник, Научный центр когнитивных исследований, Научно-технологический университет «Сириус» (Краснодарский край, пгт. Сириус, Россия). ORCID: 0009-0006-4137-0552. E-mail: markevichmaksim92@gmail.com

Сысоева Ольга Владимировна, кандидат психологических наук, заведующая лабораторией нейробиологии типичного и атипичного развития, Научный центр когнитивных исследований, Научно-технологический университет «Сириус» (Краснодарский край, пгт. Сириус, Россия); ведущий научный сотрудник, лаборатория высшей нервной деятельности человека, Институт высшей нервной деятельности и нейрофизиологии, Российская академия наук (Москва, Россия). ORCID: 0000-0002-4005-9512; SPIN-код: 2139-6619. E-mail: olga.v.sysoeva@gmail.com

DOI: 10.22363/2313-1683-2024-21-1-76-95

EDN: WVBZFA

UDC 159.9.072

Review article

Contemporary Research on Attention Facilitation Effect within the Dynamic Attending Theory: Issues and Perspectives

Maksim O. Markevich¹  , Olga V. Sysoeva^{1, 2, 3} 

¹ Sirius University of Science and Technology,
1 Olympiysky Ave., Sirius urban-type settlement, Federal Territory “Sirius”,
Krasnodar Territory, 354340, Russian Federation

² Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology of RAS,
5A Butlerova St., Moscow, 101000, Russian Federation

³ Higher School of Economics,
20 Myasnitskaya St., Moscow, 101000, Russian Federation

 markevichmaksim92@gmail.com

Abstract. The results of recent international studies within The Dynamic Attention Theory (DAT) have opened up great prospects for the development of therapeutic methods that use temporal patterns of rhythmic stimulation to model the attention facilitation effect (AFE) in cognitive and specialized language tasks. However, research within the DAT is developing in local directions and still remains less noticeable to a wide range of researchers. In particular, no systematic review and meta-analysis of behavioral and psychophysiological studies of AFE within the DAT have been conducted. This review examined the DAT, namely, its specificity, provisions, mechanisms of attention selectivity, and main research paradigms. We reviewed current research on AFE within the DAT. Studies within the correlational approach, as well as studies of AFE in rhythmic impact paradigms, were considered. Within the latter, we identified two blocks: general cognitive functions and language processes. In the first block, we examined studies of AFE on perception, as well as on perception and memory together, and in the second block, AFE on syntax and phonology. It was found that

most studies focus on children and young adults, which limits the possibility of generalizing the results to other age groups. In addition, studies within the syntactic direction have shown contradictory data regarding the syntactic and modal specificity of AFE, and have also focused only on the study of the auditory modality of AFE. The review also showed the limitations of research in constructing an experimental paradigm, which is manifested in the choice of only one mechanism of attention selectivity described in the dynamic attention theory. Thus, this work emphasizes the need for further research to gain a deeper understanding of AFE, as well as to expand the age groups and modalities included in the studies.

Key words: attention, dynamic attending theory, facilitation effect, regular rhythmic stimulation, rhythm, expectation

Acknowledgements and Funding. This work is supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (Agreement № 075-10-2021-093; Project COG-RND-2138).

References

- Buzsáki, G. (2019). *The Brain from Inside Out* (1st ed.). Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190905385.001.0001>
- Buzsáki, G., & Draguhn, A. (2004). Neuronal oscillations in cortical networks. *Science (New York, N.Y.)*, 304(5679), 1926–1929. <https://doi.org/10.1126/science.1099745>
- Canette, L.-H., Bedoin, N., Lalitte, P., Bigand, E., & Tillmann, B. (2019). The Regularity of Rhythmic Primes Influences Syntax Processing in Adults. *Auditory Perception & Cognition*, 2(3), 163–179. <https://doi.org/10.1080/25742442.2020.1752080>
- Canette, L.-H., Fiveash, A., Krzonowski, J., Corneyllie, A., Lalitte, P., Thompson, D., Trainor, L., Bedoin, N., & Tillmann, B. (2020). Regular rhythmic primes boost P600 in grammatical error processing in dyslexic adults and matched controls. *Neuropsychologia*, 138, 107324. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2019.107324>
- Canette, L.-H., Lalitte, P., Bedoin, N., Pineau, M., Bigand, E., & Tillmann, B. (2020). Rhythmic and textural musical sequences differently influence syntax and semantic processing in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 191, 104711. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2019.104711>
- Cason, N., Astésano, C., & Schön, D. (2015). Bridging music and speech rhythm: Rhythmic priming and audio–motor training affect speech perception. *Acta Psychologica*, 155, 43–50. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2014.12.002>
- Cason, N., & Schön, D. (2012). Rhythmic priming enhances the phonological processing of speech. *Neuropsychologia*, 50(11), 2652–2658. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2012.07.018>
- Chern, A., Tillmann, B., Vaughan, C., & Gordon, R. L. (2018). New evidence of a rhythmic priming effect that enhances grammaticality judgments in children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 173, 371–379. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2018.04.007>
- Degé, F. (2021). Music lessons and cognitive abilities in children: How far transfer could be possible. *Frontiers in Psychology*, 11, 557807. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.557807>
- Denison, R. N. (2024). Visual temporal attention from perception to computation. *Nature Reviews Psychology*, 3, 261–274. <https://doi.org/10.1038/s44159-024-00294-0>
- Elbaz, A., & Yeshurun, Y. (2020). Can rhythm-induced attention improve the perceptual representation? *Public Library of Science ONE*, 15(4), e0231200. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231200>
- Falk, S., Lanzilotti, C., & Schön, D. (2017). Tuning neural phase entrainment to speech. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 29(8), 1378–1389. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01136
- Fiveash, A., Bedoin, N., Gordon, R. L., & Tillmann, B. (2021). Processing rhythm in speech and music: Shared mechanisms and implications for developmental speech and language disorders. *Neuropsychology*, 35(8), 771–791. <https://doi.org/10.1037/neu0000766>

- Fiveash, A., Bedoin, N., Lalitte, P., & Tillmann, B. (2020). Rhythmic priming of grammaticality judgments in children: Duration matters. *Journal of Experimental Child Psychology*, 197, 104885. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104885>
- Fiveash, A., Burger, B., Canette, L.-H., Bedoin, N., & Tillmann, B. (2022). When visual cues do not help the beat: evidence for a detrimental effect of moving point-light figures on rhythmic priming. *Frontiers in Psychology*, 13, 807987. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.807987>
- Fiveash, A., Ferreri, L., Bouwer, F. L., Kösem, A., Moghimi, S., Ravignani, A., Keller, P. E., & Tillmann, B. (2023). Can rhythm-mediated reward boost learning, memory, and social connection? Perspectives for future research. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 149, 105153. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2023.105153>
- Fiveash, A., Ladányi, E., Camici, J., Chidiac, K., Bush, C. T., Canette, L.-H., Bedoin, N., Gordon, R. L., & Tillmann, B. (2023). Regular rhythmic primes improve sentence repetition in children with developmental language disorder. *Npj Science of Learning*, 8(1), 1–8. <https://doi.org/10.1038/s41539-023-00170-1>
- Fiveash, A., Schön, D., Canette, L.-H., Morillon, B., Bedoin, N., & Tillmann, B. (2020). A stimulus-brain coupling analysis of regular and irregular rhythms in adults with dyslexia and controls. *Brain and Cognition*, 140, 105531. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2020.105531>
- Fotidzis, T., Moon, H., Steele, J., & Magne, C. (2018). Cross-Modal Priming Effect of Rhythm on Visual Word Recognition and Its Relationships to Music Aptitude and Reading Achievement. *Brain Sciences*, 8(12), 210. <https://doi.org/10.3390/brainsci8120210>
- Frischen, U., Degé, F., & Schwarzer, G. (2022). The relation between rhythm processing and cognitive abilities during child development: The role of prediction. *Frontiers in Psychology*, 13, 920513. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.920513>
- Goswami, U. (2018). *A Neural Basis for Phonological Awareness? An Oscillatory “Temporal Sampling” Perspective*. <https://doi.org/10.17863/CAM.11061>
- Haegens, S., & Zion Golumbic, E. (2018). Rhythmic facilitation of sensory processing: A critical review. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 86, 150–165. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2017.12.002>
- Henry, M. J., & Herrmann, B. (2014). Low-Frequency Neural Oscillations Support Dynamic Attending in Temporal Context. *Timing & Time Perception*, 2(1), 62–86. <https://doi.org/10.1163/22134468-00002011>
- Henry, M. J., Herrmann, B., & Grahn, J. A. (2017). What can we learn about beat perception by comparing brain signals and stimulus envelopes? *Public Library of Science ONE*, 12(2), e0172454. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0172454>
- Hickey, P., Barnett-Young, A., Patel, A. D., & Race, E. (2020). Environmental rhythms orchestrate neural activity at multiple stages of processing during memory encoding: Evidence from event-related potentials. *Public Library of Science ONE*, 15(11), e0234668. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0234668>
- Hickey, P., Merseal, H., Patel, A. D., & Race, E. (2020). Memory in time: Neural tracking of low-frequency rhythm dynamically modulates memory formation. *NeuroImage*, 213, 116693. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2020.116693>
- Hilton, C. B., & Goldwater, M. B. (2021). Linguistic syncopation: Meter-syntax alignment affects sentence comprehension and sensorimotor synchronization. *Cognition*, 217, 104880. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2021.104880>
- Johndro, H., Jacobs, L., Patel, A. D., & Race, E. (2019). Temporal predictions provided by musical rhythm influence visual memory encoding. *Acta Psychologica*, 200, 102923. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2019.102923>
- Jones, A., Silas, J., Anderson, W., & Ward, E. V. (2023). Null effects of temporal prediction on recognition memory but evidence for differential neural activity at encoding. A registered report. *Cortex*, 169, 130–145. <https://doi.org/10.1016/j.cortex.2023.09.006>
- Jones, A., & Ward, E. V. (2019). Rhythmic Temporal Structure at Encoding Enhances Recognition Memory. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 31(10), 1549–1562. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01431

- Jones, M. R. (1976). Time, our lost dimension: Toward a new theory of perception, attention, and memory. *Psychological Review*, 83(5), 323–355. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.83.5.323>
- Jones, M. R. (2019). *Time Will Tell: A Theory of Dynamic Attending* (1st ed.). Oxford: Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/oso/9780190618216.001.0001>
- Kim, H.-W., Kovar, J., Bajwa, J. S., Mian, Y., Ahmad, A., Mancilla Moreno, M., Price, T. J., & Lee, Y. S. (2024). Rhythmic motor behavior explains individual differences in grammar skills in adults. *Scientific Reports*, 14(1), 3710. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53382-9>
- Kim, H.-W., McLaren, K. E., & Lee, Y. S. (2024). No influence of regular rhythmic priming on grammaticality judgment and sentence comprehension in English-speaking children. *Journal of Experimental Child Psychology*, 237, 105760. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2023.105760>
- Kotz, S. A., Frisch, S., von Cramon, D. Y., & Friederici, A. D. (2003). Syntactic language processing: ERP lesion data on the role of the basal ganglia. *Journal of the International Neuropsychological Society: JINS*, 9(7), 1053–1060. <https://doi.org/10.1017/S1355617703970093>
- Kotz, S. A., Gunter, T. C., & Wonneberger, S. (2005). The basal ganglia are receptive to rhythmic compensation during auditory syntactic processing: ERP patient data. *Brain and Language*, 95(1), 70–71. <https://doi.org/10.1016/j.bandl.2005.07.039>
- Kreidler, K., Vuolo, J., & Goffman, L. (2023). Children with developmental language disorder show deficits in the production of musical rhythmic groupings. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 66(11), 4481–4496. https://doi.org/10.1044/2023_JSLHR-23-00197
- Ladányi, E., Lukács, Á., & Gervain, J. (2021). Does rhythmic priming improve grammatical processing in Hungarian-speaking children with and without developmental language disorder? *Developmental Science*, 24(6), e13112. <https://doi.org/10.1111/desc.13112>
- Lê, M., Quémart, P., Potocki, A., Gimenes, M., Chesnet, D., & Lambert, E. (2020). Rhythm in the blood: The influence of rhythm skills on literacy development in third graders. *Journal of Experimental Child Psychology*, 198, 104880. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2020.104880>
- Notbohm, A., Kurths, J., & Herrmann, C. S. (2016). Modification of Brain Oscillations via Rhythmic Light Stimulation Provides Evidence for Entrainment but Not for Superposition of Event-Related Responses. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10, 00010. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00010>
- Press, C., Kok, P., & Yon, D. (2020). The Perceptual Prediction Paradox. *Trends in Cognitive Sciences*, 24(1), 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2019.11.003>
- Przybylski, L., Bedoin, N., Krifi-Papoz, S., Herbillon, V., Roch, D., Léculier, L., Kotz, S. A., & Tillmann, B. (2013). Rhythmic auditory stimulation influences syntactic processing in children with developmental language disorders. *Neuropsychology*, 27(1), 121–131. <https://doi.org/10.1037/a0031277>
- Seibold, V. C., Balke, J., & Rolke, B. (2023). Temporal attention. *Frontiers in Cognition*, 2, 1168320. <https://doi.org/10.3389/fcogn.2023.1168320>
- Sousa, J., Martins, M., Torres, N., Castro, S. L., & Silva, S. (2022). Rhythm but not melody processing helps reading via phonological awareness and phonological memory. *Scientific Reports*, 12(1), 13224. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-15596-7>
- Spiridonov, V. F., & Falikman, M. V. (2011). *Cognitive Psychology: History and Modernity*. Moscow: Lomonosov Publ.
Спиридонов В.Ф., Фаликман М.В. Когнитивная психология: история и современность. М.: Ломоносовъ, 2011. С. 230–244.
- Treisman, A. M., & Gelade, G. (1980). A feature-integration theory of attention. *Cognitive Psychology*, 12(1), 97–136. [https://doi.org/10.1016/0010-0285\(80\)90005-5](https://doi.org/10.1016/0010-0285(80)90005-5)
- Wilsch, A., Mercier, M. R., Obleser, J., Schroeder, C. E., & Haegens, S. (2020). Spatial attention and temporal expectation exert differential effects on visual and auditory

- discrimination. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 32(8), 1562–1576. https://doi.org/10.1162/jocn_a_01567
- Xu, M., Meng, J., Yu, H., Jung, T.-P., & Ming, D. (2021). Dynamic brain responses modulated by precise timing prediction in an opposing process. *Neuroscience Bulletin*, 37(1), 70–80. <https://doi.org/10.1007/s12264-020-00527-1>
- Yu, W., Chien, Y.-F., Wang, B., Zhao, J., & Li, W. (2024). The effects of word and beat priming on Mandarin lexical stress recognition: an event-related potential study. *Language and Cognition*, 1–23. <https://doi.org/10.1017/langcog.2023.75>
- Yuan, P., Hu, R., Zhang, X., Wang, Y., & Jiang, Y. (2021). Cortical entrainment to hierarchical contextual rhythms recomposes dynamic attending in visual perception. *ELife*, 10, e65118. <https://doi.org/10.7554/eLife.65118>
- Zoefel, B. (2018). Speech Entrainment: Rhythmic Predictions Carried by Neural Oscillations. *Current Biology: CB*, 28(18), R1102–R1104. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2018.07.048>

Article history:

Received 5 January 2024

Revised 26 January 2024

Accepted 27 January 2024

For citation:

Markevich, M.O., & Sysoeva, O.V. (2024). Contemporary Research on Attention Facilitation Effect within the Dynamic Attending Theory: Issues and Perspectives. *RUDN Journal of Psychology and Pedagogics*, 21(1), 76–95. (In Russ.) <http://doi.org/10.22363/2313-1683-2024-21-1-76-95>

Author's contribution:

Maksim O. Markevich – conceptualization, text writing. Olga V. Sysoeva – conceptualization, text writing.

Conflicts of interest:

The authors declare that there is no conflict of interest.

Bio notes:

Maksim O. Markevich, Postgraduate Student, Junior Researcher, Scientific Center for Cognitive Research, Sirius University of Science and Technology (Sirius, Krasnodar Region, Russia). ORCID: 0009-0006-4137-0552. E-mail: markevichmaksim92@gmail.com

Olga V. Sysoeva, PhD in Psychology, Head of the Laboratory of Neurobiology of Typical and Atypical Development, Scientific Center for Cognitive Research, Sirius University of Science and Technology (Sirius, Krasnodar Region, Russia); Leading Researcher, Laboratory of Human Higher Nervous Activity, Institute of Higher Nervous Activity and Neurophysiology, Russian Academy of Sciences (Moscow, Russia). ORCID: 0000-0002-4005-9512; SPIN-code: 2139-6619. E-mail: olga.v.sysoeva@gmail.com