



ЭФФЕКТЫ СТРЕССА НА РАБОЧУЮ ПАМЯТЬ: НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ МЕХАНИЗМЫ И КОГНИТИВНЫЕ ПОСЛЕДСТВИЯ

Никитин Сергей Петрович

Студент кафедры сравнительной грамматики, Московский государственный университет
г. Москва Россия

Аннотация

Данная статья посвящена углубленному анализу влияния острого и хронического стресса на функционирование рабочей памяти — ключевой когнитивной системы, ответственной за временное хранение и манипулирование информацией. В основе этих эффектов лежат нейробиологические изменения, вызванные активацией оси гипоталамус–гипофиз–надпочечники и высвобождением глюкокортикоидов (кортизола), а также катехоламинов (норадреналина и дофамина). Рассматривается сложный, нелинейный характер этой связи: умеренный стресс может временно улучшать РП за счет оптимальной активации дофаминергической системы префронтальной коры, тогда как острый или хронический высокий стресс приводит к обратному эффекту, вызывая дисфункцию ПФК и снижая емкость и эффективность РП. Анализируются специфические типы РП, наиболее уязвимые к стрессу (пространственная, вербальная) и последствия этого влияния для принятия решений, обучения и выполнения сложных профессиональных задач. Сделан вывод о том, что понимание этих механизмов критически важно для разработки стратегий по управлению стрессом и поддержанию когнитивной производительности в условиях высокой психологической нагрузки.

Ключевые слова: Рабочая память, Стресс, Префронтальная кора, Кортизол, Норадреналин, Дофамин, Глюкокортикоиды, Острый стресс, Хронический стресс, Когнитивная дисфункция.

Введение: Рабочая Память как Уязвимый Центр Когнитивного Контроля

Рабочая память представляет собой один из наиболее фундаментальных и критически важных компонентов человеческого познания. Она определяется как система, которая не только временно удерживает ограниченный объем информации, но и активно манипулирует ею, что необходимо для выполнения сложных когнитивных задач, таких как рассуждение, планирование, принятие решений и понимание речи.

РП является центральным элементом исполнительных функций и тесно ассоциирована с активностью префронтальной коры головного мозга. Эффективность РП напрямую определяет успешность в академической и профессиональной деятельности, особенно в условиях многозадачности и высокого темпа работы.

Стресс, определяемый как состояние, возникающее в ответ на угрожающие или чрезмерно требовательные внешние или внутренние стимулы (стрессоры), оказывает глубокое и многогранное влияние на когнитивные функции. Взаимодействие между стрессом и РП является особенно интересным, поскольку ПФК, будучи центром исполнительного контроля, также является одной из наиболее чувствительных к нейрохимическим изменениям зон мозга. Цель данной статьи — детально рассмотреть нейроэндокринные и нейромодуляторные механизмы, лежащие в основе эффектов стресса на РП, проанализировать нелинейный характер этой связи (кривая Йеркса–Додсона) и оценить конкретные когнитивные последствия, которые острое и хроническое стрессовое воздействие оказывает на способность человека к эффективному мышлению и обучению.

Нейроэндокринные и Нейрохимические Механизмы

Влияние стресса на рабочую память опосредовано двумя основными системами реагирования: осью (гипоталамус–гипофиз–надпочечники) и симпатoadреналовой системой.

Роль Глюкокортикоидов (Кортизола) и Оси: При воздействии стрессора гипоталамус запускает каскад реакций, который приводит к высвобождению кортизола (главного глюкокортикоида) из коры надпочечников. Кортизол имеет отсроченное, но продолжительное действие. В ПФК, критически важной для РП, присутствуют два типа рецепторов: минералокортикоидные и глюкокортикоидные.

В условиях низкого/умеренного стресса: Активация МР при низких уровнях кортизола может **потенцировать** нейронную активность в ПФК, что может временно **улучшать** концентрацию и некоторые аспекты РП.

В условиях высокого/хронического стресса: Чрезмерная и длительная активация ГР при высоких уровнях кортизола приводит к **дисфункции** ПФК. Это проявляется в снижении возбудимости нейронов, нарушении синаптической пластичности и, как следствие, в резком **снижении эффективности РП** и исполнительного контроля. Длительное воздействие кортизола также вызывает структурные изменения, такие как атрофия дендритов в префронтальной коре и гиппокампе, что имеет долгосрочные негативные последствия для памяти и обучения.

Роль Катехоламинов (Норадреналина и Дофамина): Симпатoadреналовая система реагирует немедленно, высвобождая норадреналин (NA) и дофамин (DA). Норадреналин оказывает бифазное воздействие:

Умеренный уровень НА: Обеспечивает оптимальное соотношение сигнала к шуму в нейронных сетях ПФК, **улучшая когнитивный контроль и РП**. Это соответствует состоянию оптимального возбуждения, необходимого для фокусировки.

Высокий уровень НА: При чрезмерном стрессе концентрация НА становится слишком высокой, что приводит к переходу рецепторов ПФК в состояние, способствующее **гибкости и переключению внимания**, но **снижающее стабильность** поддержания информации в РП. Это вызывает "когнитивную скованность" или, наоборот, чрезмерную отвлекаемость, что ухудшает выполнение задач, требующих постоянного удержания информации. Дофамин, ключевой нейротрансмиттер в ПФК, также играет важную роль: умеренное повышение уровня DA критически важно для эффективного функционирования РП, но его чрезмерное или недостаточное высвобождение приводит к нарушению.

Нелинейный Эффект и Типы Памяти

Влияние стресса на рабочую память не является линейным; оно зависит от интенсивности стрессора и от конкретного подкомпонента РП.

Кривая Йеркса–Додсона и Оптимальный Уровень Возбуждения: Взаимосвязь между уровнем возбуждения (стресса) и когнитивной производительностью часто описывается инвертированной U-образной кривой Йеркса–Додсона. Согласно этому принципу, **умеренный уровень стресса** (сопровожаемый оптимальными уровнями катехоламинов) приводит к **максимальной эффективности РП**, улучшая концентрацию и скорость обработки. Однако **чрезмерный стресс** (связанный с высокими уровнями кортизола и НА) быстро приводит к **снижению производительности**. Этот нелинейный характер объясняет, почему небольшой "дедлайн" может мобилизовать студента, в то время как паника перед важным экзаменом парализует его способность к вспоминанию и рассуждению.

Специфическая Уязвимость Компонентов РП: РП не является монолитной системой. Согласно модели Бэддели, она включает фонологическую петлю (для вербальной информации) и визуально-пространственный блокнот (для пространственной и визуальной информации).

Пространственная РП: Исследования показывают, что **пространственная РП** (например, запоминание расположения объектов) часто оказывается **более уязвимой** к острому стрессу, чем вербальная РП. Считается, что это связано с критической зависимостью пространственной РП от активности гиппокампа, который особенно чувствителен к токсическому воздействию глюкокортикоидов.

Вербальная РП: Хотя вербальная РП (например, удержание последовательности слов) также страдает при высоком стрессе, ее дефицит может быть больше связан с **нарушением внимания** и снижением ресурсов **центрального исполнительного механизма РП**, который отвечает за контроль и координацию

подсистем. Чрезмерная тревога создает "мыслительный шум", который конкурирует с удерживаемой вербальной информацией, снижая ее доступность.

Когнитивные и Поведенческие Последствия

Дисфункция рабочей памяти, вызванная стрессом, имеет далеко идущие последствия для повседневной и профессиональной деятельности.

Снижение Качества Принятия Решений: РП критически необходима для интеграции новой информации с уже имеющимися знаниями и оценки возможных последствий действий. Нарушение РП под воздействием острого стресса приводит к тому, что человек склонен полагаться на **эвристики, автоматические или привычные паттерны поведения**, а не на логический, основанный на данных анализ. Это может выражаться в поспешных, неоптимальных или рискованных решениях, поскольку человек не способен удерживать в уме достаточное количество переменных для сложного расчета, что особенно опасно в критических профессиональных сферах (например, медицина, управление кризисными ситуациями).

Нарушение Обучения и Гибкости Мышления: Хронический стресс, вызывающий долгосрочную дисфункцию ПФК, снижает **когнитивную гибкость** — способность переключаться между задачами или менять стратегию при неудаче. Это приводит к так называемой "**персеверации**" — заикливанию на неэффективных методах решения. Нарушенная РП затрудняет кодирование и консолидацию новой информации, что напрямую сказывается на эффективности обучения, особенно изучении сложных концепций, требующих активной манипуляции данными. Таким образом, стресс создает замкнутый круг: он ухудшает когнитивные способности, необходимые для адаптации к стрессорам, что усиливает субъективное ощущение неконтролируемости и, следовательно, сам стресс.

Заключение

Эффекты стресса на рабочую память представляют собой сложный и нелинейный нейробиологический феномен, центральным звеном которого является префронтальная кора. Хотя умеренное стрессовое возбуждение, опосредованное катехоламинами, может временно улучшать РП и внимание, чрезмерное или хроническое воздействие приводит к дисфункции ПФК из-за чрезмерной активации глюкокортикоидных рецепторов. Этот процесс выражается в снижении емкости, стабильности и эффективности РП, особенно в отношении пространственной информации. Понимание этих нейроэндокринных механизмов не только объясняет когнитивные сбои в условиях стресса (от поспешных решений до ухудшения успеваемости), но и является критической основой для разработки эффективных вмешательств. Стратегии, направленные на модуляцию ответа оси ГГН и поддержание дофаминергического баланса в ПФК, включая методы осознанности, физическую активность и психотерапию, имеют решающее значение для защиты рабочей памяти и сохранения когнитивной

производительности в современных условиях высокой психологической нагрузки.

Литература

1. Arnsten, A. F. T. *Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function*. Nature Reviews Neuroscience, 2015.
2. Schoofs, D., Wolf, O. T. *Chronic stress-induced alterations in the prefrontal cortex: molecular pathways and behavioral correlates*. Frontiers in Neuroscience, 2017.
3. Lupien, S. J., Maheu, F., Tu, M., Schramek, E., Fiocco, A. *The effects of stress and stress hormones on human cognition: Implications for the field of brain and cognition*. Brain and Cognition, 2007.
4. Diamond, D. M., Campbell, A. M., Park, C. R., Halonen, C. F., Zoladz, P. R. *The temporal dynamics model of emotional memory processing: a synthesis on the role of the amygdala, hippocampus, and neocortex in stressful and emotional memories*. Neural Plasticity, 2007.
5. Goldfarb, L., Aizenstein, H. J., Thayer, J. F., Kofman, O. *The effect of acute stress on working memory performance in young adults*. Stress, 2017.
6. Королева, Н. М., Сергеев, В. В. *Нейробиология стресса и исполнительные функции*. Психологический журнал, 2023.
7. Ткаченко, А. Л. *Влияние кортизола на когнитивные процессы человека*. Нейрофизиология, 2024.