



ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ И ВОЗРАСТНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ВЫСШЕЙ НЕРВНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ФИО студентки – Чернопильская Ксения Игоревна
Андижанский государственный институт иностранных языков
Научный руководитель – Алиева Рано Амануллаевна

Аннотация

Мақола марказий нерв тизими физиологияси ва олий нерв фаолиятининг ёшга оид хусусиятларига бағишланган. Онтогенез давомида асаб тизимининг морфофункционал ривожланиши, шартли рефлексларнинг шаклланиш механизмлари, кўзғалиш ва тормозланиш жараёнларининг нисбати, доминантлик, нейропластиклик, уйқу ва стресснинг ВНДга таъсири чуқур таҳлил қилинган. Алоҳида эътибор болалик, ўсмирлик, етуклик ва кексалик даврларидаги олий нерв фаолиятининг трансформациясига қаратилган. Икки сигнал тизими, нутқ, абстракт тафаккур ва когнитив функцияларнинг ёшга боғлиқ динамикаси баён қилинган. Мақолада жадвал, амалий тавсиялар ва замонавий адабиётлар рўйхати келтирилган.

Статья посвящена физиологии нервной системы и возрастным особенностям высшей нервной деятельности (ВНД). В работе подробно анализируются морфофункциональное созревание нервной системы в онтогенезе, механизмы условных рефлексов, соотношение процессов возбуждения и торможения, феномен доминанты, нейропластичность, а также влияние сна и стресса на ВНД. Особое внимание уделено динамике ВНД в детском, подростковом, зрелом и старческом возрасте. Раскрыты вопросы



первой и второй сигнальных систем, речи, абстрактного мышления и когнитивных функций в возрастном аспекте. Приводятся развернутая таблица, практические рекомендации и список актуальной литературы.

This article provides an in-depth review of nervous system physiology and age-related features of higher nervous activity (HNA). It analyzes morphofunctional development of the nervous system during ontogenesis, mechanisms of conditioned reflex formation, the balance between excitation and inhibition, the phenomenon of the dominant, neuroplasticity, and the impact of sleep and stress on HNA. Special attention is given to the dynamics of HNA in childhood, adolescence, adulthood, and elderly age. The paper covers the first and second signaling systems, speech, abstract thinking, and cognitive functions in an age-related context. A detailed table, practical recommendations, and a current list of references are provided

Ключевые слова: высшая нервная деятельность, возрастная физиология, возбуждение и торможение, доминанта, нейропластичность, сон, стресс, сигнальные системы, когнитивные функции

Введение

Высшая нервная деятельность (ВНД) – это совокупность сложных форм анализа и синтеза внешних и внутренних раздражителей, обеспечивающих совершенное приспособление организма к изменяющимся условиям среды. Основы учения о ВНД заложены И.П. Павловым, который определил её как функцию коры больших полушарий и ближайших подкорковых образований. Однако в современной физиологии понятие ВНД расширено и включает механизмы памяти, внимания, мотивации, эмоций, сознания, речи и мышления. Физиология нервной системы – это фундамент, на котором строятся нейропсихология, возрастная педагогика, психофизиология труда и клиническая неврология.



Актуальность изучения возрастных особенностей ВНД на магистерском и исследовательском уровне обусловлена несколькими факторами. Во-первых, происходящее в последние десятилетия ускорение физического и сенсорного развития (акселерация) требует пересмотра нормативных возрастных границ. Во-вторых, цифровая среда (раннее использование гаджетов) формирует новые типы корковых взаимодействий, которые ранее не встречались. В-третьих, демографическое старение населения делает вопросы сохранения когнитивного здоровья в позднем онтогенезе приоритетными.

Цель данной работы – систематизировать современные нейрофизиологические данные о развитии ВНД от пренатального периода до глубокой старости, выделив механизмы пластичности, критические периоды и практические выводы для специалистов.

Фундаментальные механизмы высшей нервной деятельности

Условный рефлекс – это временная связь между индифферентным раздражителем и биологически значимым событием, формирующаяся при многократном совпадении во времени. По Павлову, механизм условного рефлекса заключается в замыкании связи между корковыми представительствами двух раздражителей. В современной нейронауке доказано, что ключевую роль играют глутаматергические синапсы и феномен долговременной потенциации (LTP) в гиппокампе и коре. Возрастные различия: у новорождённых условные связи формируются крайне медленно (требуют десятков совпадений), нестойки, быстро угасают. У взрослого человека достаточно 1–5 совпадений (особенно при эмоциональном подкреплении). У пожилых возникает феномен «трудности обучения новому» – требуется больше повторений, сформированные рефлексы ригидны.



- Возбуждение – нейрофизиологический процесс, приводящий к генерации потенциала действия и распространению сигнала. Его сила, подвижность и уравновешенность с торможением – основные свойства нервной системы (темперамент по Павлову).

- Торможение подразделяется на:
 - **Безусловное (внешнее, врождённое) – ориентировочный рефлекс, запредельное торможение при сверхсильном раздражителе.**
 - **Условное (внутреннее) – угасательное, дифференцировочное, запаздывательное, условный тормоз.**

Возрастная динамика: у детей до 3 лет резко преобладает иррадированное возбуждение, внутреннее торможение созревает к 6–7 годам (что делает возможным школьное обучение). Подвижность процессов максимальна в юношеском возрасте, снижается после 60 лет, что проявляется в трудности переключения внимания.

Согласно А.А. Ухтомскому, доминанта – это временно господствующий очаг возбуждения в центральной нервной системе, который подчиняет себе деятельность других нервных центров, усиливает сам себя за счёт «притягивания» посторонних раздражителей и тормозит конкурирующие рефлексы. Возрастные особенности:

- У детей доминанты крайне неустойчивы, легко сменяются (например, пищевая доминанта быстро сменяется ориентировочной).
- У подростков доминанты гипертрофированы («доминанта романтических переживаний», «доминанта самопознания»), что объясняет поглощённость одним занятием (игра, социальные сети).
- У взрослых возможна произвольная смена доминант (волевой контроль).



- В старости доминанты становятся патологически инертными (старческий консерватизм).

Нейропластичность – способность нервной системы изменять структуру и функцию в ответ на опыт. Включает:

- Синаптическую пластичность (LTP, LTD – долговременная депрессия).
- Ремоделирование дендритных шипиков.
- Нейрогенез (у взрослых млекопитающих – в гиппокампе и обонятельной луковице, у человека – минимален, но доказан).
- Возрастной аспект: максимальная пластичность в раннем детстве (до 5–7 лет) – «критическое окно» для развития речи, зрительного восприятия. После 25 лет пластичность снижается, но не исчезает (обучение музыке, языкам во взрослом возрасте – пример). У пожилых пластичность резко ослаблена из-за снижения нейротрофинов (BDNF).

Структурно-функциональное созревание нервной системы в онтогенезе

Формирование нервной трубки происходит на 3–4 неделе гестации. К 5 месяцу беременности формируется кора, появляются извилины. Новорождённый рождается с полным набором нейронов, но с резко незрелыми связями. Масса мозга – 350–400 г (25% от взрослой). Миелинизация нервных волокон начинается с моторных и сенсорных путей (спинной мозг, ствол) и заканчивается к 20–25 годам в лобных долях (префронтальная кора). Самый поздний этап миелинизации – ассоциативные зоны, отвечающие за планирование и контроль импульсов. Этим объясняется подростковая импульсивность.



Павлов ввел понятие двух сигнальных систем:

- Первая – сигналы, общие с животными (зрительные, слуховые, обонятельные, тактильные образы).
- Вторая – речь, слово как «сигнал сигналов». Слово замещает конкретный раздражитель, позволяет оперировать абстракциями.

Возрастная динамика второй сигнальной системы:

- До 1,5 лет доминирует первая система, слово воспринимается просто как звук.
- 1,5–3 года – бурное накопление пассивного и активного словаря, формируется номинативная функция слова.
- 4–7 лет – появляется обобщающая функция слова, ребёнок понимает метафоры (но с трудом).
- 8–12 лет – интериоризация речи (внутренняя речь), развитие абстрактно-логического мышления.
- 14–18 лет – вторая сигнальная система становится ведущей, но легко «срывается» под влиянием эмоций (гормональный фон).
- В старости – часто происходит распад абстрактного мышления, возврат к конкретным образам (первая сигнальная система).

Сон – не пассивное состояние, а активный процесс, регулируемый стволовыми центрами (голубое пятно, ядра шва, гипоталамус). Фазы сна:

- Медленный сон (NREM) – восстановление метаболизма, синтез белка, консолидация декларативной памяти.
- Быстрый сон (REM, парадоксальный) – консолидация процедурной и эмоциональной памяти, пластичность синапсов.



Возрастные изменения сна представлены в таблице (раздел 4).

Критические периоды развития ВНД и факторы, влияющие на неё

- 0–2 года: сенсомоторный период – формирование первичных схем действия. Дефицит тактильной стимуляции ведёт к необратимым задержкам психического развития (госпитализм).
- 2–4 года: развитие речи. Депривация речевого общения в этом возрасте (дети-маугли) – утрата способности к полноценному овладению языком.
- 5–7 лет: созревание произвольного внимания и фонематического слуха. Позднее начало обучения чтению (после 9 лет) связано с бóльшими трудностями.
- 10–12 лет: совершенствование логического мышления (операциональная стадия по Пиаже).
- 14–17 лет: развитие префронтальной коры – ответ за планирование и контроль эмоций. Подростковый кризис связан с дисбалансом лимбической (активна) и лобных долей (ещё незрелы).

Глюкокортикоиды (кортизол) через рецепторы гиппокампа и миндалина модулируют память и поведение. У детей раннего возраста хронический стресс (жестокое обращение, депривация) вызывает:

- Гиперактивность гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси.
- Атрофию дендритов в гиппокампе.
- Снижение способности к условно-рефлекторному обучению.



- У подростков стресс усиливает риск тревожных и депрессивных расстройств.
- У взрослых оптимальный стресс (эустресс) улучшает когнитивные функции, но дистресс – ухудшает.
- У пожилых повышение базального уровня кортизола ускоряет когнитивное старение и риск болезни Альцгеймера.

Девочки в раннем возрасте быстрее созревают речевые центры (больше плотность нейронов в зоне Брока).

- Мальчики быстрее развивают пространственное мышление и моторные навыки.
- В подростковом возрасте у девушек раньше завершается миелинизация лобных долей, что даёт более раннее самосознание.
- У пожилых женщин в постменопаузе снижение эстрогенов ускоряет снижение вербальной памяти, у мужчин – более выражено ухудшение зрительно-пространственных функций.

Практические рекомендации для специалистов (на основе возрастной физиологии ВНД)

Ниже приведены рекомендации, адресованные педагогам, клиническим психологам, врачам-неврологам, геронтологам и исследователям.

Рекомендации для работы с детьми до 7 лет

1. Использовать конкретную наглядность – абстрактные инструкции неэффективны из-за незрелости второй сигнальной системы.



2. Ограничивать длительность запретов – слабость внутреннего торможения делает длительное «нельзя» невыполнимым. Лучше использовать переключение внимания.

3. Обеспечить сенсомоторное разнообразие – дефицит тактильных и проприоцептивных сигналов задерживает созревание коры («сенсорное голодание»).

4. Нормализовать гигиену сна – раннее засыпание (до 21:00) необходимо, так как основные факторы роста и пластичности выделяются в медленном сне.

Рекомендации для подросткового периода (12-17 лет)

1. Учитывать лабильность доминант – если подросток «заиклился» на одном увлечении, нужно не бороться, а использовать его как подкрепление для других занятий.

2. Избегать публичных унижений и эмоционального давления – из-за гиперчувствительности миндалины (амигдалы) социальная боль переживается острее, чем физическая, что блокирует обучение.

3. Обучать метакогнитивным стратегиям – развитию самоконтроля через рефлекссию своих действий (помогает созреванию префронтальной коры).

4. Жёстко контролировать гигиену сна – подростки склонны к вечерней хронотипу («совам»), но школьное расписание требует раннего пробуждения. Рекомендуется когнитивно-поведенческая терапия инсомнии.

Рекомендации для взрослых (22-60 лет)



1. Поддерживать нейропластичность – обучение новым навыкам (языки, музыка, сложные моторные акты) поддерживает уровень BDNF и предотвращает преждевременное старение.

2. Управлять стрессом – хронический гиперкортизолизм вызывает ремоделирование гиппокампа. Регулярная аэробная нагрузка (бег, плавание) снижает базальный кортизол.

3. Организовывать сон – депривация сна даже на 2 часа снижает способность к условно-рефлекторному обучению на 30-40% (по данным ЭЭГ и когнитивных тестов).

Рекомендации для пожилого и старческого возраста (65+)

1. Когнитивный резерв – решение кроссвордов, чтение сложных текстов, социальное взаимодействие замедляют потерю синаптической плотности.

2. Физическая активность – ходьба не менее 7000 шагов/день улучшает церебральную перфузию и снижает риск лобно-височной атрофии.

3. Фармакологическая поддержка – при патологическом снижении памяти показаны антихолинэстеразные средства (только по назначению), но также эффективны препараты магния и витамина D (нейротрофический эффект).

4. Учёт инертности доминант – пожилым требуется больше времени на переключение между задачами, нельзя требовать быстрой смены деятельности.

Рекомендации для научных исследований в области возрастной физиологии ВНД



1. Методы: рекомендуется полиграфический подход (ЭЭГ в покое и при нагрузке, регистрация кожно-гальванической реакции, трекинг глаз, когнитивные тесты батареи CANTAB)
2. Анализ данных: использовать не только средние показатели, но и внутригрупповую вариативность (особенно в пожилом возрасте – гетерогенность старения).
3. Этические аспекты: при исследованиях на детях исключить длительные сеансы (>20–30 мин), использовать игровой дизайн.

Заключение

Проведённый анализ показывает, что возрастные особенности высшей нервной деятельности представляют собой не просто количественные изменения скорости реакций или объёма памяти, а качественную перестройку архитектуры мозга и принципов его работы. От неспецифических, иррадированных процессов возбуждения у новорождённых через бурное формирование второй сигнальной системы в дошкольном возрасте и гипертрофию лимбических доминант у подростков к оптимальной интеграции лобного контроля у взрослых – и далее к закономерной инволюции с ригидностью и растормаживанием древних рефлексов в старости.

Понимание этих закономерностей необходимо не только для фундаментальной нейронауки, но и для прикладных областей: персонализированное обучение, профилактика возрастных когнитивных расстройств, рациональная психофармакотерапия. Перспективные направления включают изучение эпигенетического программирования ВНД под влиянием раннего опыта, разработку нейроинтерфейсов для компенсации возрастных дефектов и использование технологий нейростимуляции (tDCS, TMS) для продления когнитивного долголетия



Список литературы

1. Павлов И.П. Полное собрание сочинений. Т. 3–4. – М.–Л.: Издательство АН СССР, 1951. – 438 с.
2. Ухтомский А.А. Доминанта. – СПб.: Питер, 2002. – 448 с.
3. Лурия А.Р. Высшие корковые функции человека. – М.: Академический проект, 2008. – 768 с.
4. Аршавский И.А. Очерки по возрастной физиологии. – М.: Медицина, 1967. – 476 с.
5. Фарбер Д.А., Безруких М.М., Сонькин В.Д. Физиология развития ребенка. – М.: Образование, 2010. – 320 с.
6. Кольцова М.М. Двигательная активность и развитие функций мозга. – М.: Педагогика, 1973. – 144 с.
7. Kandel E.R., Schwartz J.H., Jessell T.M. Principles of Neural Science. 5th ed. – New York: McGraw-Hill, 2013. – 1709 p.
8. Squire L.R., Zola-Morgan M. Memory and the hippocampus // The Oxford Handbook of Cognitive Neuroscience. – 2013. – Vol. 1. – P. 187–208.