

АСИММЕТРИЯ

Journal of asymmetry

Том 3

№ 2, 2009



рецензируемый научно-практический журнал

АСИММЕТРИЯ

Journal of asymmetry

(выпускается с 2007 года)

Том 3

№2, Июнь 2009

Научно-практический рецензируемый журнал

«Асимметрия»

Journal of asymmetry

(выпускается с 2007 года)

Учредители:

В.Ф. Фокин,

А.В. Червяков

Отдел исследований мозга

Научного центра неврологии РАМН,

Адрес: Россия, Москва,

ул. Б. Николоворобинский переулок, 7.

Телефон: +7 (495) 9170765

E-mail: Cerebral-asymmetry@yandex.ru

«Asimmetria»

Journal of asymmetry

(issue from 2007 year)

Publishers:

V.F. Fokin

A.V. Chervakov

Department of Brain research,

Research Center of Neurology

Russian Academy of Medical Sciences

Address: Russia, Moscow,

Bolshoj Nikolo-Vorobinskij

side street, 7

Tel: +7 (495) 9170765

E-mail: Cerebral-asymmetry@yandex.ru

Св-во о рег. СМИ:

Эл № ФС 77-34035 от 12.11.2008 г

ISSN 1999-6489

УДК 612.82:611.8

URL: www.j-asymmetry.com

Главный редактор – В.Ф. Фокин

Редакционный совет:

В.В. Абрамов (Россия),

В.В. Аршавский (Латвия),

И.Н. Боголепова (Россия),

В.А. Геодакян (Россия),

Б. Гутник (Новая Зеландия),

Л.Р. Зенков (Россия),

С.Н. Иллариошкин (Россия),

В.И. Кобрин (Россия),

В.М. Кроль (Россия),

В.П. Леутин (Россия),

Н.В. Пономарева (Россия),

В.М. Полонский (Россия),

В.С. Ротенберг (Израиль),

М.Н. Русалова (Россия),

А.П. Чуприков (Украина)

Секретарь редакции – Червяков А.В.



9 771999 648009

Выпускается на сайте:

www.j-asymmetry.com

ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

В.А. Геодакян <i>«Дихронная эволюция живых систем (энтропия, информация, двухфазные молекулы и метилирование)»</i>	V.A. Geodakyn <i>«Dichronous evolution of living systems (entropy, information, diphasic molecules and methylation)»</i>	3
В.В. Михеев, П.Д. Шабанов <i>«Межполушарная асимметрия индивидуального поведения мышей»</i>	V.V. Mikheev, P.D. Shabanov <i>«Interhemispheric asymmetry of individual behavior in mice»</i>	32
Л.С. Степанян, А.Ю. Степанян, В.Г. Григорян <i>«Межполушарная асимметрия в системной деятельности мозга при коррекции подростковой агрессивности»</i>	L.S. Stepanyan, A.J. Stepanyan, V.G. Grigoryan <i>«Interhemispheric asymmetry in a system brain action in the time of adolescent aggression correction»</i>	41
Л.В. Семашко <i>«Эффективность применения системы адаптации организма учащихся к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам (системы ПФА)»</i>	L.V. Semashko <i>«Effectiveness of pupil's adaptation system using for high psychophysical load»</i>	51
И.П. Ястребцева, А.Е. Новиков <i>«Когнитивные постинсультные нарушения и асимметрии организма»</i>	I.P. Yastrebtseva, A.E. Novikov <i>«Cognitive impairments after stroke and organism asymmetries»</i>	67

ОБЗОР

О.В. Левашов <i>«Функциональная асимметрия магно- и парвоцеллюлярной систем (М и П) (фазической и тонической) при локальных поражениях мозга и при дислексии: нейробиологический подход»</i>	O.V. Levashov <i>«Functional asymmetry of M and P systems under some brain damage and dyslexia»</i>	73
Содержание журнала «Laterality» (volume 14, issue 2, 2009)	Content of «Laterality» journal (volume 14, issue 2, 2009)	99

В.А. Геодакян

ДИХРОННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ (ЭНТРОПИЯ, ИНФОРМАЦИЯ, ДВУХФАЗНЫЕ МОЛЕКУЛЫ И МЕТИЛИРОВАНИЕ)

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,
Москва, Россия

ДИХРОННАЯ ЭВОЛЮЦИЯ ЖИВЫХ СИСТЕМ (ЭНТРОПИЯ, ИНФОРМАЦИЯ, ДВУХФАЗНЫЕ МОЛЕКУЛЫ И МЕТИЛИРОВАНИЕ)

В.А. Геодакян

Живые системы возникли в водной среде из простых неживых молекул, поведение которых термодинамика объясняет просто. В этом плане они открытые рабочие системы, в которых работают разные виды энергии: механическая электрическая, химическая, тепловая и главное, информация. Ранее было показано, что ни одна из видов энергии не может описать работу информации, и предложено ввести для неё новую строку с обобщенными факторами: зарядом, потенциалом, работой информации и четко различать их друг от друга. Тогда энтропия – мера упорядоченности, а информация мера – организации, – это разные понятия. В отличие от энтропии и упорядоченности, информация и организация тесно связаны с целью системы. Отношение информации к энтропии аналогично отношению к ней других зарядов ценных видов энергии (механической, электрической). Тогда знания можно трактовать как заряд, сознание как сопряженный с ними потенциал, а осознание (понимание) как работу интеллекта. В филогенезе информационный потенциал популяций (молекул, клеток, организмов) растет. В онтогенезе – падает. Предложена новая концепция роли энтропии в важных информационных молекулах живых систем как “шкалы времени, носителя, ячеек, матриц”, упорядочивающих организацию текстов природы и культуры. Она объясняет с единой позиции многие эволюционные загадки современной генетики. Как старые: пола, хромосом, гормонов, реципрокных эффектов, гетерозиса, доминантности, так и новые: метилирования, эпигенетики, геномного импринтинга и др.

“Познание – поиск аналогий”

Людвиг Больцман

Введение. С легкой руки Френсиса Бэкона индуктивное развитие наук привело к феномену “Вавилонской башни”. Непонимание возникло не только между науками, но и внутри наук и в методологии. Знаменитый американский физик-теоретик Фримен Дайсон пишет, что главное отличие между учеными не в том, что один физик другой биолог, а в том, что один – диверсификатор, ищет разницу между близкими вещами, усложняя

мир, другой – унификатор – ищет общее между разными вещами, упрощая мир. Дивергенция понятий, терминов, журналов и пр., усложнив мир, привела фактически к изоляции наук. Унификация особенно нужна общим для всех наук **методологии** и “языкам” (математике, кибернетике, теории **систем** и **информации**).

После открытия промежуточных стадий в дивергентной эволюции ДНК и белков из РНК: белковоподобных

РНК и РНКподобных белков, много пишут о мире РНК и ДНК – это правильно, но половина дела. В 3-х мерном Мире должно быть по размерности 4 мира: точек, линий, плоскостей, объемов. В первом одна буква – нет текста. Можно записать только числовой ряд. В последнем – три координаты пространства x , y , z и время T для процессов, он очень сложен, теряется наглядность. Поэтому ограничусь пока линейными и плоскостными формами записи, хотя все, что будет сказано, справедливо и для объемных систем.

В статье сделана попытка, показать.

1. Что бинарно-сопряженные дифференциации, состоящие из консервативной и оперативной подсистем (БСД=КП+ОП) – неперенный атрибут **всех** живых систем, в том числе и многих, кажущихся унитарными (например, мономодальных популяций бесполой и гермафродитных форм, ковалентных молекул главных информационных живых систем: линейных (РНК, белки) плоскостных (нуклеотиды, многие гормоны). 2. Внести ясность в понятия энтропии (S) и информации (I), рассматривая их тоже как БСД; в которой S – КП, I – ОП. 3. Предложить новую концептуальную модель общего строения РНК, ДНК, белков, состоящих из, соответственно, 2, 4, 2, виртуальных, функционально разных S - и I -нитей с предсказуемой эволюцией. 4. Обсудить гипотезу о роли $СН_3$ группы как элементарного диморфизма при образовании молекулярных БСД и показать несколько примеров плоских молекул.

1. Живые системы возникли от неживых, поэтому при поисках

рациональных способов описания было целесообразно сначала обсудить их отношение к методам описания неживых. Это касается, прежде всего, такого универсального обобщения естествознания, как **термодинамика**. Она началась с удивительной работы поручика французского флота, Сади Карно 1824 г, открывшего фактически второй закон термодинамики, задолго до первого (~1850 гг), в рамках ошибочной теории теплорода. Лишь в 1878 г была опубликована его статья, где он отказался от ошибки и дал, правильный механический эквивалент теплоты (Планк, 1938). В 1865 г. Клаузиус, спасая идею Карно, дал теплоте новую трактовку и ввел понятие **энтропии**. Но сделал это так неудачно, что термодинамика стала теорией равновесия. Вклад корифеев науки Максвелла – кинетическая теория газов, использование “демона” (1871), Гиббса – понятие химического потенциала (1875), Гельмгольца – электрического (1885), Больцмана – связь энтропии и вероятности (1877,1896), Планка – связь энтропии, излучения и идеи квантов (1900), теорема Нернста (1906), сделали теорию неприкасаемой. В этой блестящей плеяде я бы выделил удивительную роль Макса Планка, который после почти всех открытий, нанося последний штрих, придавал им завершённую форму. Это трактовки: константы Больцмана, законов Стефана-Вина, теоремы Нернста, введение нулевой энтропии и формулировка 3-го закона термодинамики. Видимо, это были годы, когда, по его словам, 5 лет мучительно привыкал к своей идее квантов.

Связь энтропии и информации открыл Сцилард (1929), а теория информации Шеннона – появилась в 1949 г. Её пытались применить для описания и понимания биологических явлений и, прежде всего филогенеза и онтогенеза. В этом вопросе до сих пор нет ясности, наоборот, много путаницы и непонимания. Особенно в трактовке энтропии и информации.

2. В те же годы в тех же странах происходили важнейшие события биологии. Приведу некоторые вехи (многие из них в этом году юбилейные) и этапы. В 1809 г вышла книга Жана Батиста Ламарка “Философия зоологии” и родился Чарльз Спенсер Дарвин (200 лет). А в 1859 г. вышла его книги “Происхождение видов”. (150 лет). 1865 г. появилась теория Грегора Менделя, и 35 лет полного непонимания и забвения. Драматизм в том, что у Дарвина была книга со ссылками на работы Менделя, которую он рекомендовал другим, но сам не удосужился вникнуть и прошел мимо. Иначе Мендель успел бы получить признание при жизни, а Дарвин не имел бы “кошмара” Дженкина. Который доказал, что по модели “смешения крови” (как считал Дарвин) отбор не может работать. И Дарвин это понимал. В 1900 г. независимо друг от друга, открыли законы Менделя де Фриз, Корренс, Чермак. В 1909 г. Иогансен ввёл термины ген, фен, генотип, фенотип и родился выдающийся биолог-теоретик А.А. Малиновский (100 лет). В 1926 г. появилась замечательная статья С.С. Четверикова по формализации дарвинизма и менделизма, способствующая их сближению. В

1930 г. в Оксфорде вышла книга крупного английского математика Р. Фишера “Генетическая теория естественного отбора” (Fisher, 1930), значение которой, трудно переоценить. 1. Она избавила дарвинизм от “кошмара Дженкина”. 2. Показала, что Мендель мог бы открыть свои главные законы чисто логически, без экспериментов. 3. Что биологи не используют логических методов, дающих огромные преимущества. Дарвинизм получил от генетики большую поддержку, и над ними было чистое небо. Но в 1940 г. появилась первая туча второго “кошмара”, общего для дарвинизма-менделизма – эволюционной теории пола. Известный американский генетик Барбара Мак-Клинток (1902-1992) открыла на кукурузе загадку “прыгающих генов”. В 1950 и 1951 гг написала обстоятельные статьи в солидных журналах. Но учёный мир долго игнорировал и не замечал её открытия. Обиделась и не публиковалась 15 лет! Лишь в 80-х гг, когда её данные получили подтверждения и загадка стала модной, она получила Нобелевскую премию в 1983 г. Но до сих пор, никто не может убедительно объяснить эволюционный смысл, логику, цель, адаптивность явления: куда и зачем прыгают гены? Самый простой ответ был предложен в теории “номадических генов”. Поскольку по эволюционной теории половых хромосом Y-хромосомы - “роддом”, “карантин”, “крематорий” и “салон омоложения” генов. Но генов в нём (у человека) ~ 1%, а их основная масса ~ 95% “живет” и работает в аутосомах (AA). Значит, молодые гены должны, как-то добираться туда, а старые,

отработавшие, вернуться оттуда. А X-хромосомы (~ по 3%), согласно теории, транспортные (отцовская – “детская коляска”, а материнская – “катафалк”). Поэтому гены и прыгают вдоль хромосом от “посадочной полосы” до “взлётной” по теломерным концам каждой хромосомы. От Y-хр в X-хр они переходят неравным кроссинговером ($Y \rightarrow X$ в 4 раза чаще, чем $Y \leftarrow X$!), а от X-хр на AA и обратно трансдукцией, или другим механизмом (Геодакян, 1998, 2000).

Следующим важным событием было в 50-ые гг, физика Ф. Крика и биолога Дж. Уотсона открытие структуры ДНК, которое привело к возникновению новой ветви биологии – молекулярной, с привлечением многих талантливых представителей точных наук. В результате современная биология состоит из трех ветвей: классической, медицинской и молекулярной, с почти одинаковым набором дисциплин (всего ~ 120-150). Однако, вернёмся в физику.

3. В плане термодинамики, живые системы – открытые рабочие системы. В отличие от физико-химических, рабочие взаимоотношения, которых со средой полностью описываются процессами передачи вещества и различных видов энергии, в “работе” живых систем главную роль играет информация. Например, в процессах филогенеза, онтогенеза, репродукции, обучения и т.д. доминирующей является именно информация. Теория Шеннона определяет количество информации как меру той неопределенности данной ситуации, которая исчезает после получения сообщения, т.е. чем меньше априорная вероятность факта, о котором

сообщение, тем больше информации в нем. В более широком смысле под информацией подразумеваются свойства процессов, дополняющие их энергетические и массовые характеристики.

Теория игнорировала как смысл информации, так и ценность для получателя, хотя идея определять ценность информации через приращение вероятности достижения цели, была предложена (Харкевич, 1965).

Для количественного описания состояния системы и процессов, идущих в ней, в термодинамике применяются специальные физические параметры, которые называются обобщенными **зарядами**, или факторами **экстенсивности** (E). К ним относятся: масса, объем, энтропия, электрический заряд и др. Внутренняя энергия системы, как известно, определяется совокупностью этих обобщенных зарядов:

$$U = f(E_1, E_2, E_3, \dots E_n)$$

Она является функцией состояния, ее изменение можно представить в виде соответствующего полного дифференциала (де Бур, 1962):

$$dU = P_1 dE_1 + P_2 dE_2 + \dots P_n dE_n,$$

где коэффициенты P – это частные дифференциалы от U по всем E. Они называются обобщенными **потенциалами**, или факторами **интенсивности**. Это те силы, которые вызывают перенос соответствующих зарядов и производят полезную работу. Каждому виду заряда соответствует свой, сопряженный с ним потенциал. Добавление в систему того или другого заряда повышает сопряженный с ним потенциал. Так, увеличение массы воды в верхнем резервуаре

повышает гидравлическое давление, приращение объемного заряда повышает давление газа, теплового заряда – температуру, электрического заряда – электрический потенциал и т.д. Изолированная от среды система не может совершить никакой работы. Необходим контакт со средой в виде соответствующего канала связи. Каждой форме контакта со средой

отвечает пара сопряженных факторов экстенсивности и интенсивности. Произведение обобщенного потенциала на изменение обобщенного заряда имеет размерность работы и называется обобщенной работой $P \cdot dE = dA$. Каждой паре сопряженных зарядов и потенциалов соответствует особого рода работа (табл. 1).

Табл. 1. Структура термодинамических рабочих систем.

Заряд, E	потенциал, P	уравнение, $P \cdot dE = A$	работа, A
Масса воды, m	разность уровней, H	$H \cdot dm = A$	гидравлическая
Объем газа, v	давление газа, P	$P \cdot dv = A$	расширения газа
Электрич. заряд, q	электрич. потенциал, U	$U \cdot dq = A$	электрическая
Масса, m	химический потенциал, μ	$\mu \cdot dm = A$	химическая
Энтропия, S	температура, T	$T \cdot dS = A$	тепловая

Таким образом, обобщенные заряды являются теми рабочими субстратами, поток которых производит работу. В отличие от обобщенных зарядов, которые зависят от размеров системы, обобщенные потенциалы от размеров не зависят. Поэтому при объединении двух систем заряды ведут себя аддитивно, складываются: $E = E_1 + E_2$, а потенциалы усредняются: $P = (P_1 E_1 + P_2 E_2) / (E_1 + E_2)$. Это может служить критерием правильного выбора сопряженных пар.

4. В 1959 г. (в 100 летний юбилей дарвинизма) я понял, что биологи не могут объяснить, для чего существует два пола, и предложил эволюционную теорию пола (ЭТП), согласно которой раздельнополость (РП) отнюдь не лучший способ размножения (он у гермафродитов – дождевых червей, улиток), а безопасный способ эволюции. Два пола – специализация по главным неперенным аспектам эволюции: **сохранения** и **изменения**.

Нет сохранения – нет жизни, нет изменения – нет эволюции, а жизнь до первого ледникового периода. И то, и другое – конец, но второе с отсрочкой.

Женский пол – консервативная подсистема (КП), мужской – оперативная (ОП). Такая дифференциация повышает устойчивость системы. Она достигается **дихронной** эволюцией: сначала мужской пол, потом женский, что позволяет каждый новый ген проверять на мужчинах. В этом адаптивный смысл дифференциации полов. Стало ясно, что **дихронная** эволюция полов главный камень преткновения дарвинизма-менделизма. Сохранение этого фундамента биологии требует простую смену парадигмы синхронной эволюции на дихронную!

Этот кризис в дарвинизме начался раньше, чем в менделизме. Все трудности Дарвина были связаны с половым диморфизмом.

Идея дихронизма оказалась очень плодотворной, но биологические журналы не публиковали. Удалось опубликовать только у математиков (Геодакян, 1965). Через год обобщил и применил идею к пяти уровням генетических бинарно-сопряженных дифференциаций. В популяции – два пола: женский+мужской, в организме – два вида клеток: гаметы+соматические, в клетке – ядро+цитоплазма, в ядре – аутосомы+гоносомы (половые хромосомы), в нуклеопротеиде (ген, вирус) – ДНК+белки. Сопоставив, неживые и живые рабочие системы, предложил общую трактовку БСД как **аналогов** термодинамических обобщенных зарядов–потенциалов, произведение которых дает работу. В приведенных парах первые, КП (женский пол, гаметы, ядро, аутосомы, ДНК) аналоги обобщенных зарядов. Вторые, ОП (мужской пол, сома, цитоплазма, гоносомы, белки) – потенциалов. Легко убедиться, что они изоморфны зарядам-потенциалам. Например, если объединить два стада крупного рогатого скота, число телят, пропорциональное числу коров, складывается, а их качество, определяемое быком, если в одном стаде бык элитный, в другом нет, усреднится. Позже в эту схему были включены гормоны, гонады, симметрия организмов, мозга, тела, гетеро–гомо сексуальная ориентация, социальные и др. системы.

В начале я считал, что БСД возникли в филогенезе с появлением раздельнополости, т.е. БСД ровесники дифференциации полов. Позже понял, что они гораздо древнее – ровесники жизни. Ведь существует два вида разнообразия: дискретное (δ),

межмодальное, и непрерывное, дисперсия (σ), внутримодальное – неперенное условие абсолютно всех эволюционных систем. Это значит, что БСД должны быть уже у первых живых молекул! Было показано, что **все** БСД также адаптивны, т.к. повышают общую устойчивость системы (Геодакян, 1967–1972).

Экстраполируя КП и ОП в прошлое можно определить неизвестную **унитарную** систему (УС), от которой они произошли, и получить сопряжённую **триаду** (СТ). Ясно, что превращение $\text{КП} + \text{ОП} = \text{БСД}$, $\text{БСД} + \text{УС} = \text{СТ}$ укрупняет разряды информации и упрощает картину мира в два и три раза. Кроме того, это позволяет определить генеалогические древа систем. Например, то, что ДНК и белки произошли от РНК, индуктивная наука узнала только в середине 80-х, открыв переходные формы (рибэнзимы и антирибэнзимы). Там же (Геодакян, 1967) была приведена схема информационных связей $\text{КП} \leftrightarrow \text{ОП} \leftrightarrow \text{среда}$, т.е. $\text{ДНК} \leftrightarrow \text{белок} \leftrightarrow \text{среда}$, из которой вытекал еретический тогда вывод, что центральная догма молекулярной биологии (запрет на поток информации $\text{белок} \rightarrow \text{ДНК}$) не верна. От догмы отказались тихо, молча. Считаю – это не правильно. (В некрологе о почившей в бозе догме надо было указать год ввода и отмены, имя, титулы автора, может быть – список более удачных работ.)

Я писал (1967, 1970), что в попытках использовать теорию информации как инструмент надо помнить, что его нужно создавать и совершенствовать.

5. Действительно, что такое информация? Есть ли она у неживых

систем? Как она связана с энтропией, и какова их роль в живых системах? Есть ли разница между упорядоченностью и организацией? Как их мерить или хотя бы сравнить? У кого больше информации – у зиготы или организма, в генотипе или фенотипе? Как представить себе качество информации, смысл, ценность? Существует ли закон сохранения информации, наподобие других (массы, энергии, заряда)? Какова роль среды?

Одни считали, что информации больше в генотипе, так как из одного генотипа в разных средах получаются разные фенотипы, в результате реализации одной из многих возможностей генотипа (Медников, 1971; Шмальгаузен, 1968). Другие, наоборот, что фенотип взрослого организма, несет больше информации, так как включает полностью информацию генотипа плюс информацию от среды (Гамбург, 1972; Равен, 1964; Уоддингтон, 1970). Рассчитывали количество информации в зиготе или организме и серьезно толковали о вкладе информации, который вносят молекулы воды или мембраны (Сэтлоу, Поллард, 1964; Dancoff, Quastler, 1953; Elsasser, 1958). Такие расчеты количества информации были преждевременны и фактически бесполезны (Аптер, 1970; Геодакян, 1971). В лучшем случае речь могла идти только о верхних пределах, а это почти ничего не дает. Третьи - отождествляли понятия информации и энтропии считая, что вся разница между ними лишь в том, что они имеют разный знак и разную размерность (Бриллюэн, 1960; Шамбадаль, 1967). Такая трактовка,

сводящая понятие информации почти к синониму энтропии, в значительной мере лишена смысла. Конечно, любой процесс передачи информации сопровождается ростом энтропии, точно так же, как и любой процесс передачи электрических, механических (объёмных) или химических зарядов. Энтропия, будучи фактором экстенсивности “низкосортной” энергии (тепла), возникает при всех рабочих процессах, связанных с обесценением любого из перечисленных ценных видов потенциала.

Рассматривая информацию в качестве еще одного ценного потенциала наряду с другими (кроме температуры), отношения информации к энтропии мы также должны трактовать аналогично отношениям их зарядов к энтропии. Отождествление информации с энтропией равносильно отождествлению механических или электрических зарядов с энтропией. И то, и другое неправомерно. Повышение энтропии при передаче любых зарядов, аналогично плате за почтовую посылку, которая не зависит от природы содержимого (уголь, деньги, книги), а пропорционально весу.

Я считал, что эффективнее направить усилия на поиски качественных, концептуальных решений. Сравнивал положение дел в биологии с физикой начала XX в., когда были нужны не сложные расчеты квантовой механики атома (которые появились значительно позже), а первая качественная догадка Резерфорда о планетарном строении атома. Разные точки зрения, концепции, модели, которые можно

пробовать, сравнивать и выбирать. А для начала нужна непротиворечивая система понятий и связей, вероятности, энтропии, информации, позволяющая нарисовать картину в целом. Тогда же предложил новую, несколько иную, трактовку понятий энтропии, упорядоченности, информации, организации и их взаимосвязей, понятий количества и качества информации и др.

6. Происхождение живых систем от неживых, порождало множество попыток найти общие принципы, лежащие в их основе. Особенно широкую дискуссию вызвало отношение живых систем ко второму закону термодинамики. Начиная с А. Бергсона, писавшего об “усилии жизни подняться по склону, по которому спускается вещество”, наметилась тенденция рассматривать энтропию и жизнь как взаимно противоположные понятия.

Можно показать, что в смысле энтропии, живые системы делают то же самое, что и холодильник: и те, и этот за счет поглощаемой энергии производят одновременно энтропию и негэнтропию, т.е. расщепляют некий средний уровень энтропии на более высокий и низкий. Первые, потребляя вещества и энергию пищи, производят потомство (более низкой энтропии) и выделения (высокой энтропии). Второй, потребляя энергию, производит лёд (низкая энтропия) и пар (высокая). Поэтому отношение к энтропии вряд ли может служить критерием отнесения системы к живым или неживым. Негэнтропия действительно является мерой порядка, но тогда максимумом упорядоченности (нуль энтропии)

обладает правильный кристалл простого вещества при абсолютном нуле температуры, а минимумом упорядоченности – газ при высокой температуре. И то, и другое непригодно для жизни. Значит, в энтропийной шкале живые системы не занимают крайнего положения, чего можно было ожидать, если бы энтропия действительно являлась определяющим фактором жизни. Негэнтропия – лишь мера упорядоченности, т.е. удаления от беспорядка, хаоса, а удаление от хаоса сначала может привести к жизни, а потом опять исключает возможность жизни.

7. Если сравнить зиготу с часами, которые после того, как их завели (вложили в пружину потенциальную энергию), работают до тех пор, пока не кончится завод, то можно сказать, что в зиготу вложен I-потенциал, который, разворачиваясь, как пружина часов, производит полезную работу против энтропийных сил среды, расходует при этом потенциал и, в конце концов, умирает.

Принципиальная разница в том, что в пружину мы вносим, сгусток энергии, которая работает сама, а в зиготу вложена информация (программа) о том, как совершать I-работу, извлекая энергию и вещество из среды. Конечно, неправ Шредингер, считая, что организм питается негэнтропией (Шредингер, 1947). Негэнтропия как таковая организму не нужна. В онтогенезе зиготе от среды нужны в первую очередь вещество и энергия, а информация у нее своя. Поэтому, если сохранить “энтропийный склон Бергсона”, то на его середине нужно возвести гору для

живых систем, и ориентировать их на её вершину. А диету Шредингера можно отменить, тогда все будет правильно.

Следовательно, под качеством информации мы понимаем эффективность, потенциальную работоспособность программы, записанной в системе (бактерия, зигота), под количеством информации – число копий данной программы, а под работой информации – реализацию программы, и в том числе производство копий этой программы. Порядка, негэнтропии явно больше на кладбище, а хаоса, энтропии и жизни – в бунтующей толпе

8. Наглядным примером, поясняющим разницу между упорядоченностью и организацией, могут служить регулярный рисунок обоев и картина художника. Упорядоченности больше в рисунке обоев, а организация выше у картины. Правильный рисунок обоев лишен смысла, а картина художника имеет определенный смысл (должна иметь, по крайней мере), преследует определенную цель – создавать то или иное впечатление, настроение вызывать определенные чувства, мысли т.д.

Рассмотрим еще работу автоматической камеры хранения, замок которой имеет четыре разряда по десятичной системе, т.е. 10^4 возможных чисел (от 0000 до 9999). Пока в замок двери не введена информация, все эти числа равнозначны. Среди них есть более упорядоченные: 0000, 1111, 1234, которые имеют простой алгоритм, их легко запомнить, поэтому умный вор начнет пробы с них, другие

неупорядочены, случайны, например 2837. Но, набрав такое число, вносим в замок информацию, какое из них открывает камеру. Хотя его трудно запомнить, но оно служит цели – “хранить чемодан”. Вот это не упорядоченное число и есть информация, ведущая к цели и её нужно считать организованным. Конечно, 0000 тоже может хранить чемодан, но явно хуже, чем 2837. И вообще без энтропийного ряда 10^4 ячеек, куда вносится информация, камера не могла бы работать.

Следовательно, информация (организация) – это особая последовательность, которая служит цели хранения данного чемодана. А энтропия (упорядоченность) – это простой порядок, необходимый во всех камерах, но не имеющий отношения к данному чемодану.

9. Ещё одно понятие, требующее унификации – внутренние и внешние степени свободы. В физике числом степеней свободы называется количество независимых переменных, которое должно быть задано для определения положения тела. У одного атома (точки) три степени свободы, поскольку любое движение точки в трехмерном пространстве можно описать как изменение трех ее координат. Если точку заставить двигаться только по плоскости (наложить один внешний запрет), то у нее останутся две степени свободы; а если ее заставить двигаться только по прямой (два внешних запрета), то у нее останется одна степень свободы. Добавив еще один запрет, мы лишим систему последней степени свободы.

Если два атома соединить в молекулу (налагается один внутренний

запрет), то для описания такой системы (жесткая гантелька) необходимо уже пять независимых параметров: три – для описания движения центра тяжести и два – для описания вращения вокруг, этого центра (вращение вокруг оси молекулы из-за малости момента количества движения вырождено).

О внутренних и внешних степенях свободы системы или о соответствующих запретах можно говорить и на уровне макроколичеств газа, жидкости или твердого тела. Например, то, что жидкость или твердое тело не может расширяться и занять весь объем сосуда, как это делает газ, или то, что кристалл не может принимать форму сосуда, как это делает жидкость, целиком определяется отсутствием у них соответствующих степеней свободы. А то, что одно и то же количество газа в разных сосудах имеет разные объемы и форму, определяется уже внешними запретами (сосудом) (рис. 1).

Следовательно, можно сказать, что система реализует все с учетом внутренних и внешних степеней свободы, т.е. из того, что она в состоянии делать, может делать только то, что позволяют ей условия среды. Иными словами, для реализации того или иного взаимодействия со средой необходимо наличие соответствующей пары степеней свободы.

Для макросистем (моль газа, тепловые, электрические и т.д.), мы должны ввести соответствующие этим формам движения степени свободы и запреты. Чтобы упростить картину, введем три новых понятия. Пространство способностей –

совокупность внутренних степеней свободы системы, образующих некое многомерное пространство. Это – перечень внутренних потенциальных программ системы, что система в состоянии делать, в принципе. Пространство возможностей – совокупность внешних степеней свободы, также образующих некое многомерное пространство. Это перечень того, что системе позволяют реализовать условия среды. Пространство реализаций – точки, принадлежащие одновременно обоим пространствам, образующие третье многомерное пространство характеризует поведение системы (рис.1).

Пространство способностей образует некую матрицу, которая будет заполнена, если позволят условия среды. Например, пустая таблица Менделеева (без вписанных элементов) представляет такую матрицу. В зависимости от конкретных условий среды, она будет заполнена в той или иной степени. Для нашей планеты она заполнена на 92 клетки, а на Солнце – меньше заполненных клеток. Вместе с тем не исключено, что во Вселенной существуют места с такими условиями, где матрица заполнена еще больше, чем у нас, и устойчивы трансурановые элементы. Эти представления легко и просто решают бесконечные споры о примате генотип-среда, адаптогенез-номогенез, аналогии-гомологии и др. Достаточно нарисовать частично перекрывающиеся пространства и все ответы будут на двух, возникших границах (Геодакян, 1970).

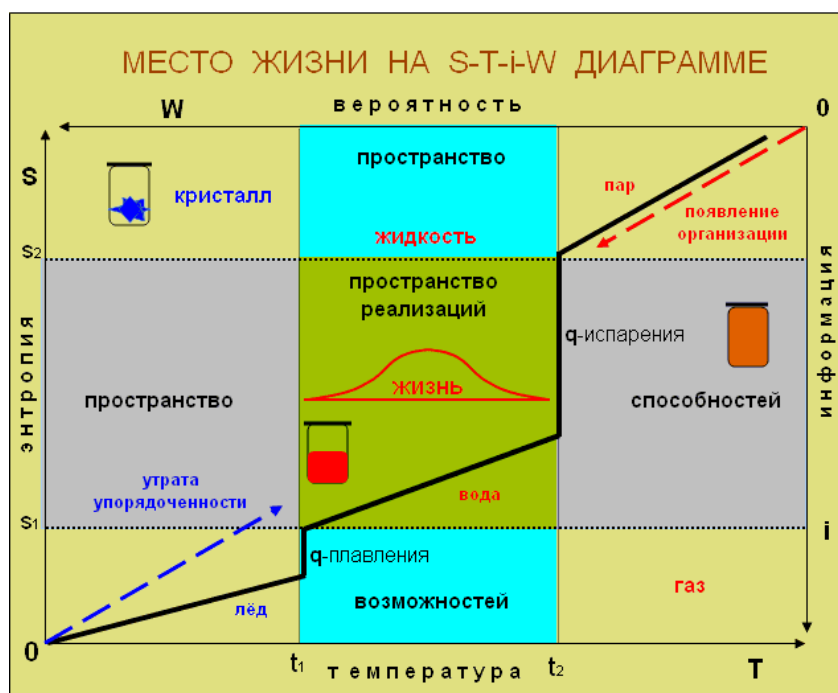


Рис. 1. Диаграмма S - T . При $T=0$, $S=0$ (для алмаза, 3-й з-н); $S=f(T)$, скачки S , при $T=\text{const}$ фазовые переходы H_2O ; пространства способностей - границы существования по S (2,5,8), возможностей по T (4,5,6) и реализаций (5), для жизни и воды (среда). Диаграмма i - W . При $W=0$, $i=0$ (9), с ростом W , растет i , скачки i , при $W=\text{const}$, аналоги фазовых переходов. Выводы: 1. Жизнь возможна только в области реализации (5). 2. Жизни нужны не экстремумы сохранения (1) или изменения (9), а *opt* (5). 3. Энтропия и информация антиподы, $S+i=1$, $KП+ОП=БСД$.

10. В применении к живым системам часто говорим о передаче генетической информации, каналах, о хранении, о памяти, о кодировании или утрате информации. Следовательно, под информацией подразумеваем некую сущность, с которой можно все это проделать. Поэтому можно считать, что в системах, в которых определяющими являются информационные процессы, рабочей субстанцией является **информация**. Например, в размножении и развитии организма, в процессе обучения, в работе лектора, шпиона и т.д. массовые и энергетические эффекты несущественны (скажем, шпион может сообщить огромной важности секрет шёпотом, при этом, массы вещества не перемещаются, тепло не выделяется, электрические искры не сыплются!).

Ни одна из строк табл.1 не может описать такую работу. Значит, информацию следует рассматривать как еще один фактор экстенсивности – информационный заряд наподобие других обобщенных зарядов. Тогда возникает вопрос о соответствующем, сопряженном с ним потенциале, который по аналогии с другими потенциалами обуславливает поток информации, и производство которого на изменение количества информации тоже имеет размерность работы.

Фактор интенсивности, сопряженный с I -зарядом, можно назвать **I -потенциалом**, а работу, которую они совершают – **I -работой**, или работой **организации**. Введение новых понятий диктуется соображениями аналогии, логической стройности и удобства. Стало быть,

предлагается в табл.1 добавить специальные I-строки, имеющие статус ценных видов энергии: механической, электрической, но не тепловой!

Нас не должно смущать то, что Сцилард и Шеннон предложили только одно понятие количества информации (I-заряд). И то, что I-потенциал и I-работу мы пока не можем измерять. Аналогичная ситуация была неоднократно во всех строках. С тепловой до 1865 г., с химической до 1875 г., с электрической до 1885 г. (см. выше). Было время, когда не умели мерить ту же температуру или энтропию, а эти понятия были введены в науку. Просто, зная логику структуры рабочих систем, можем сразу заполнить всю строку, не дожидаясь пока индуктивная (эмпирическая), наука откроет эти понятия.

Более того, можно думать, что живые системы, в которых информация играет главную роль, а энтропия отходит на второй план, окажутся более привлекательны, для разработки самой теории информации. Напомню, что идея эволюционизма (трансформизма) пришла в астрофизику из биологии полвека спустя. Чем меньше масштаб времени, тем легче “увидеть” умозрением. Например, связь информации с энтропией и вероятностью легко получить из простых генетических соображений (рис. 2).

Если распределение генотипов (Г) или фенотипов (Ф) любого количественного признака в популяции – кривая Гаусса, т.е. $p=f(\Gamma)$, где p – вероятность (частота) данного генотипа в популяции, то чем дальше

генотип самца от моды (т.е. чем он оригинальнее по этому признаку), тем выше его I-потенциал (информативность). Значит, I-потенциал модальных самцов нуль и, чем дальше от моды, тем выше. Логарифм позволяет суммировать вероятности. Тогда максимальный потенциал у крайних самцов, а их единицы. Чтобы получить реальный вклад, нужно помножить эти две кривые (количества $p=f(\Gamma)$ и качества – $\lg p=f(\Gamma)$). Тогда их произведение будет I-работа $A_I = -p \lg p$, т.е. получаем формулу Сциларда-Шеннона гораздо проще, чем это делается в физике с помощью “демона” Максвелла. Кстати, задолго до Максвелла идею “демона” применил Лошмидт. К ней проявили неприятие Клаузиус, Больцман, Эйнштейн (Шамбадаль, 1967). Кроме того, это говорит о том, что в поисках ясности в отношениях вероятности-энтропии-информации, биологические рассуждения, мысленные опыты и модели могут оказаться проще, чем физические (с участием, не внушающих доверия, нечистых сил).

11. Следующее важное понятие, которое следует обобщить и применять ко всем системам, – это понятие **цели**. Знание “цели” системы сильно облегчает объяснение и предсказание поведения системы. “Цель” четко выступает в поведении управляемых, регулируемых или адаптивных систем, но она может быть условно определена и для всех других. Разница в поведении систем, имеющих одинаковую цель, сводится к разным способам её достижения.



Рис. 1. 1. Распределение вероятностей, p , (частот) генотипов в популяции (Гаусса) по любому количественному признаку. m - модальная часть, $e-$, $e+$ - экологические, H - i-потенциал, разность генотипа самца и m -самки. 2. Информативность, $-\log p$, генотипа самца для m -самки: чем оригинальнее генотип, тем выше $-\log p$. 3. i-работа самок не зависит от отбора. 4. i-работа самцов, из-за узкой нормы реакции и широкого сечения канала связи зависит от направления отбора. **Вывод:** формула Сциплард (1929)-Шеннон (1949), $I = -p \log p$, не что иное, как i-работа Геодакян (1983).

Это важно при выявлении общих закономерностей. Пока мы не знали о законе гравитации, трудно было увидеть общее в поведении таких различных систем, как качающийся маятник, текущая река, вращающиеся вокруг Солнца планеты. Но когда узнали, что в основе их поведения лежит одна и та же “цель”, – минимум гравитационного потенциала, поведение этих систем стало легко объяснимо как реализация одной цели разными путями. Таким образом, если мы ищем сходство между разными системами, то необходимо искать и формулировать общие цели для возможно широкого круга систем. В качестве такой обобщенной, единой цели для всех систем может служить, например, сохранение себя во времени. Такую цель можно признать и за кристаллом алмаза, который “стремится” сохранить себя, противопоставляя разрушающим факторам среды (высокой температуре и дезагрегации) свою твердость. И за

горячим газом, который ту же цель, сохранить свою подвижность и свободу, достигает “уходя” от низких температур и агрегации. И за живым организмом, который ту же цель достигает размножением, чтобы сохранить то, что было и эволюцией, чтобы изменить, получить что-то новое. Тогда можно сказать, что принципиальная разница между неживыми и живыми системами в том, что у первых цель однонаправлена – или туда, или сюда (один фронт, один враг), а у вторых двунаправлена – и туда, и сюда (два фронта, два врага). Как образ можно предложить значки компьютерного меню формат для выравнивания строк: по левому или правому краю, или по центру.

В отличие от энтропии, информация тесно связана с целью системы (Харкевич, 1965, Малиновский, 1968, Геодакян, 1970). Информация, которая увеличивает вероятность достижения цели, повышает организацию. И, наоборот, дезинформация, ухудшая

организацию, уменьшает шанс достижения цели, а у энтропии и упорядоченности функции проще.

12. Определив понятие качества информации как некий потенциал, перепад которого создает поток I -заряда и совершает I -работу организации, мы тем самым устанавливаем различия между понятиями энтропии и упорядоченности с одной стороны и, соответственно информации и организации с другой.

Суть проблемы – понять отношения между **энтропией, вероятностью, информацией и жизнью**. Проще всего это можно сделать на, хорошо известной, диаграмме S - T , на которой нарисован такой же график I - W “вверх ногами”, при росте S , I падает, при росте T , W падает, т.е. пары векторов S - I и T - W антипараллельны (рис.1).

На графике S - T по оси абсцисс – абсолютная температура, по оси ординат – энтропия. Нулевая точка обеих осей совпадает. Это 3-й закон термодинамики (или теорема Нернста в формулировке Планка): при $T=0$, для всех простых кристаллов (напр. алмаза), $S=0$. Дальше, удобнее перейти к воде, т.к. она является средой земной жизни. Монокристалл льда состоит из двух элементов (H и O), поэтому при $T=0$, $S_{\text{льда}} > 0$ на $S_{\text{смешения}}$ (элементов). При нагреве льда от $0^\circ K$ до $0^\circ C$ монотонный рост S . В точке плавления льда, скачок S , при $T=\text{const}$ (скрытая теплота плавления). Начинается область жидкой фазы. Монотонный нагрев воды до $100^\circ C$. В точке кипения воды 2-й скачок S , при $T=\text{const}$ (теплота испарения). Дальше нагрев паров воды, до T распада на атомы, звёздных T . На графике I - W , все,

наоборот: при абсолютном нуле T - S , максимум I и W , при звездных температурах, их минимум.

Следовательно, энтропия характеризует место, занимаемое системой по шкале порядок–хаос, а изменения ее – процессы упорядочения и разупорядочения.

Очевидно, что в этой энтропийной шкале у живых систем порядка явно меньше, чем у набора монокристаллов, химических элементов, входящих в их состав при абсолютном нуле и, несомненно, больше, чем у газовой смеси из тех же элементов при высокой температуре. Образно говоря, если все атомы живого организма рассортировать в монокристаллы и охладить до $0^\circ K$, их энтропия будет 0, абсолютная упорядоченность, а организация живого исчезнет. Таким образом, не упорядоченность является критерием и мерилom жизни, а особая организация. И утратить эту организацию можно, как уменьшив, так и увеличив упорядоченность системы.

Выделим по обеим осям возможную зону жизни. По S (пространство способностей), в крайних областях высокой агрегации (в кристалле) или атомарной дезагрегации (в холодной космической атомарной пыли) жизнь невозможна. По T (пространство возможностей) также, ни во льду, ни в горячем паре жизнь невозможна. Она возможна только в области существования жидкой воды (примерно 100°) и лабильных агрегатов. Эти границы делят S - T диаграмму на 9 зон. Зона жизни (пространство реализаций) находится в центре диаграммы, а в остальных 8 зонах: при низких и высоких S и T ,

жизнь невозможна. Рассмотрим главную диагональ от $T=S=0$ до $T=S=\max$ и три зоны, расположенные по ней (на рис. 1,5,9). Вектор. (1←9) показывает направление эволюции остывающей вселенной. Уменьшения S , роста: негэнтропии, упорядочения, конденсации, агрегации, вероятности, информации, сохранения. По обратному вектору (1→9), все наоборот. Поэтому и рост, и падение энтропии живых систем за пределы зоны приводят к их гибели. Уже было сказано, что живым системам необходимо одновременно и сохранение и изменение. Где на S - T диаграмме лучшие условия сохранения? В зоне 1. “Питаюсь негэнтропией” (по совету Шредингера, 1947), мамонты дружно погибли, но их туши прекрасно сохранились в вечной мерзлоте. Потому, что им не хватало, наоборот, энтропии. Что толку от того что, прекрасно сохранившиеся, самец и самка лежат рядом в толще льда. Они не могли размножаться и эволюционировать. А где лучшие условия для изменения? В зоне 9. Вот там и нужна негэнтропия, т.к. в газовой фазе невозможно сохранить нужную организацию. И еще, неживым системам: алмазу и горячему газу легче сохранить свое существование во времени, чем паре мамонтов. Алмазу нужна негэнтропия, газу – энтропия (и чем больше, тем лучше), а мамонтам – определенное оптимальное соотношение той и другой, в зависимости от того, где они находятся, левее или правее оптимума для жизни. Но это лишь для того, чтобы не замёрзнуть и не свариться, а для дальнейшей жизни и эволюции, этого не достаточно, необходима ещё

старая информация о прошлом и возможность получения новой о будущем. Отсюда следует очень интересный вывод, несмотря на то, что для живых систем, определяющей является информация, а не энтропия, последняя тоже жизненно важна. Значит, живым системам нужна не максимальная упорядоченность, а только определенная. Тогда, более древний, фундаментальный и поэтому более простой мир физики (материи и энергии) лучше описывается энтропией и упорядоченностью, а производный от него, более молодой и сложный мир биологии лучше описывается информацией и организацией. Конечно, это не значит, как наивно считали некоторые авторы, что “живые системы обводят вокруг пальца 2-й закон термодинамики”. Это не так. Законам термодинамики, как и закону гравитации, подчиняются все вышележащие уровни организации (камень, кошка, книга падают одинаково, но специфическое поведение этих систем могут объяснить лишь законы своего уровня).

13. Самые фундаментальные программы жизни репродуктивная (РЕП) и эволюционная (ЭВ) также являются БСД. Первая **сохраняет** и передает генетическую информацию по поколениям (киль), а вторая **изменяет** её в нужном направлении (руль). Репродукция необходимое, но недостаточное условие жизни. Главные носители генетической информации, молекулы ДНК, обладают двумя программами: репликации (ДНК→ДНК) и трансляции (ДНК→белок). Первая программа осуществляет поток генов по

поколениям – филогенез. Вторая – в онтогенезе каждого поколения “выносит” информацию генов (в виде фенотипа), навстречу отбору для проверки их соответствия требованиям среды. Для этого переводит её с 4-буквенного “языка” РНК и ДНК на 20-буквенный, понятный для среды, более богатый и гибкий язык белков, т.е. реализует фенотип и онтогенез. Смысл этого перевода, прежде всего, – окружить более устойчивые к факторам среды молекулы ДНК менее устойчивыми белками. Например, если температура денатурации ДНК примерно 65°C, а белков – около 45°C, то вирус, представляющий собой ДНК в белковой оболочке, денатурирует при 45°C, т.е. благодаря сопряженному с ней белку нечувствительная к 45°C, молекула ДНК становится чувствительной. Значит, белок является как бы информационным посредником между ДНК и средой, способным заблаговременно “предупреждать” о наступлении жары (в данном случае). Другие белки подобным образом позволяют ДНК “ощущать” приближение холода, третьи – “видеть”, “слышать”, “узнать” о других опасностях среды и т.д. Чем больше направлений “выноса” (мерность фенотипа) и чем дальше выносятся информация фенотипа от генотипа, тем богаче фенотип. Богатство фенотипа повышает эффективность организации, расширяет экологическую нишу, позволяет уменьшить численность потомства и частоту смены поколений, т.е. удлиняет жизнь. Далее, белки позволяют в онтогенезе модифицировать один и тот же генотип, в зависимости от условий

среды, в разные фенотипы. Фенотип любого признака определяется генотипом и средой: $\Phi = \Gamma + E$, отсюда $\Gamma/\Phi + E/\Phi = 1$. Если в предельно экстремальной среде E^* , предельно возможный фенотип, Φ^* , то $\Gamma/\Phi^* + E^*/\Phi^* = 1$, где $\Gamma/\Phi^* = H$ есть не что иное, как наследуемость признака, а $E^*/\Phi^* = HP$ – его норма реакции. Значит, $H + HP = 1$ и HP характеризует максимально возможное участие среды в определении признака. Иначе говоря, генотип любого признака задает возможный диапазон его изменчивости, а среда определяет точку внутри этого диапазона. Чем оптимальнее среда, тем “ближе” фенотип к генотипу. И, наоборот, чем экстремальнее среда, тем они “дальше” друг от друга.

14. Согласно ЭТП, норма реакции женских особей по всем признакам несколько шире, чем мужских, т.е. выше их адаптивность (пластичность) в онтогенезе (Геодакян, 1974, 1989). Это приводит к тому, что один и тот же вредный фактор среды модифицирует фенотип женских особей, не затрагивая их генотипа, и элиминирует фенотип и генотип мужских. Например, при наступлении ледникового периода широкая норма реакции женских особей у далеких наших предков позволяла “делать” гуще шерсть, или толще подкожный жир, на основе старых генов, и выжить. Узкая норма реакции мужских особей этого не позволяла, поэтому из них выживали и передавали свои гены потомкам только самые генотипически “лохматые и жирные”. После появления культуры (огня, шубы, жилища) наряду с ними выживали и добивались успеха у женщин еще и

“изобретатели культуры”. Тогда понятно, что культура (шуба) играет роль фенотипа (шерсти).

Разная норма реакции приводит к тому, что в поведенческом, психологическом плане мужской и женский пол тоже отличаются друг от друга. У женщин выше обучаемость, воспитуемость, конформность, у мужчин – находчивость, сообразительность, изобретательность (поиск). Поэтому новые задачи, которые решаются впервые, но можно решить кое-как (максимальные требования к новизне и минимальные – к совершенству), лучше решают мужчины, а знакомые задачи (минимум новизны, максимум совершенства), наоборот, – женщины (Геодакян, 1991). Эти биологические особенности полов проливают свет, в частности на, непонятные иначе, разные их роли и отношения в культуре. Аналогию “фенотип–культура” можно расширить. И то и другое, не что иное, как: 1) “вынос” генетической информации к среде (вместо врожденных инстинктов – обучение, вместо шерсти – шуба); 2) более гибкие формы информационного контакта со средой, расширяющие экологическую нишу; 3) посредники между системой и средой; 4) обогащение в процессе эволюции; 5) повышения приспособленности, приносящие пользу; 6) явления, удлиняющие онтогенез и его стадии; 7) формы экономной эволюции, и т.д. Следовательно, культуру можно рассматривать как внезиготное обогащение фенотипа.

По такой общей схеме можно трактовать широкий класс БСД (систем и понятий), представляющих

становой хребет дивергентной эволюции систем: биологических, социальных, технических, игровых и др.: филогенез–онтогенез, ДНК–белки, ядро–цитоплазма, аутосомы–гоносомы, гомо–гетеро (зиготы и гаметы), диплоидия, гаметы–сома, два пола, эстрогены–андрогены, генотип–фенотип, симметрия–асимметрия, и т.д. И все это на любых уровнях организации: от атомов до звёзд, от молекул до популяций, от рефлексов до психики (см. табл.2)

15. Такая трактовка сопряженных форм и фаз значит, что их число в природе должно быть одинаково. Но почему-то форм гораздо больше, чем фаз. Это потому, что формы видны, а то, что это фазы, нужно догадаться. Например, то, что мужские и женские особи разные формы – очевидно, а то, что женские признаки это – бывшие мужские, а мужские – будущие женские, можно “увидеть” только умозрением. Или же звёзды: белые карлики–красные гиганты, их долго считали двумя разными формами, но они оказались двумя фазами одной звезды. Или пары, гусеница–бабочка, головастик–лягушка и др. Биолог-инопланетянин, при кратком посещении Земли, описал бы их как разные формы. И чем больше дихронизм, тем труднее увидеть фазы. То же самое и с асимметрией полушарий: мы “видим”, что в разных полушариях разные формы функций, а чтобы “увидеть”, что это на самом деле разные фазы одной и той же функции, нужно умозрение. Человеку (и высшим животным) понимание пространства приходит и в онтогенезе, и в филогенезе раньше, чем понимание времени, не даром первое уже в

ведении правого полушария, а второе – еще левого. По этой же причине люди конкретного склада ума (мышления) легче понимают диморфизм, чем дихронизм. Об этом же говорит максимальный половой диморфизм по пространственно-зрительным способностям то, что начертательная геометрия – камень преткновения для

студенток ВТУЗ, и то, что любовь перед экзаменом повышает отметки у студенток и понижает – у студентов. Это справедливо и для большого спорта (Готадзе, 2007). Секс сильный допинг для женщин и антидопинг для мужчин (“...сам на утро бабой стал” Стенька Разин).

Табл. 2. Некоторые информационные бинарно-сопряженные системы – аналоги термодинамических зарядов–потенциалов.

Система	подсистемы	
(Информационная работа)	консервативная (заряды)	оперативная (потенциалы)
Эволюция живых систем	филогенез	онтогенез
Форма	симметричная	асимметричная
Нуклеопротеид (ген, вирус)	ДНК (РНК)	белок
Ген (в организме)	доминантный (А)	рецессивный (а)
Ген (в популяции)	гетерозигота (Аа)	гомозиготы (АА, аа)
Геном	аутосомы	гоносомы
Клетка	ядро	цитоплазма
Гаметы	яйцеклетки	сперматозоиды
Гаметы	гомо-	гетеро-
Мозг (низ–верх)	подкорка	кора
Мозг (зад–перед)	затылочный отдел	лобный отдел
Мозг (правое–левое)	правое полушарие	левое полушарие
Организм (морфология)	левая половина	правая половина
Организм (генетика)	гаметы	сома
Организм (физиология)	эстрогены	андрогены
Рефлекс	безусловный	условный
Особь	генотип	фенотип
Популяция	женский пол	мужской пол
Общество	правши	левши
Интеллект	знания	сознание
Речь (язык)	письменная	устная
Этнос	генофонд	культура

16. Все это дало основание рассмотреть с тех же позиций и такие понятия, как знания, сознание, интеллект и культура. Что такое сознание? Какие отношения между ним и знаниями? В русском языке слово сознание происходит от слова знание (информация, сведения, умение, владение). Приставка **со**

означает вместе, совместно, общее – **сосед**, **соратник**, **сотрудник** и т.д. Не составляют ли они сопряженную пару, произведение которой представляет работу интеллекта? Если так, то кто из них заряд, а кто потенциал? Кстати, мне не удалось найти удовлетворительного определения сознания. Они или не охватывают все

виды сознания (потеря сознания, общественное сознание, самосознание, подсознание), или требуют наличия речи (тогда, как глухонемые, приматы, дельфины?), или собеседника (тогда, как узник одиночной камеры?). Но ведь слыша это слово, мы прекрасно понимаем, что имеется в виду. Не значит ли это, что сам язык содержит такое определение? А если так, то нельзя ли его извлечь оттуда, с помощью лингвистического анализа, сравнив с другими сопряженными парами? Например, мы говорим: много знаний (массы, тепла, зарядов), но высокое сознание (давление, температура, потенциал). Почему-то: знание дела, языка, математики, но сознание долга, чести, ответственности (перед кем-то). Почему-то не применяем множественного числа к потенциалам, не говорим: мы потеряли свои сознания (или у нас поднялись температуры, давления) и т.д. Нельзя ли из этого сделать вывод, что знания имеют природу обобщенных зарядов, а сознание – потенциала? Если можно, то это уже – определение понятия. Ведь накопление знаний приводит к росту сознания, как и накопление любых зарядов, к росту их потенциалов. Тогда произведение знаний и сознания представляет осознание (понимание), т.е. I-работу. Значит сознание – I-потенциал, без которого I-заряды (знания) не могут работать. Если сердечник потерял сознание, то его знания о валидоле не помогут. Или же недавнее открытие психологов Калифорнийского университета Лос-Анжелеса, показавших, что в дни овуляции студентки предпочитают умных мужчин, а в остальные дни – богатых

или влиятельных. Здесь, видимо, работает уже подсознание.

То же самое с культурой. Если это фенотип, ОП (потенциал) еще одной дифференциации на уровне индивида, этноса, что выступает в роли сопряженной с ней КП (заряда)? Если культура (этноса) – аналог фенотипа организма, то сопряженная с ней КП должна быть аналогом его генотипа. Тогда это не что иное, как генофонд этноса и т.д. (табл. 2).

17. Согласно Эволюционной теории пола вначале были бесполое (БП) организмы, из них возникли гермафродитные (ГФ), которые дивергировали в раздельнополые (РП). На уровне организма БП и ГФ – ещё мономодальны, а РП – уже бимодальны. Поэтому, в рамках адаптогенеза, по любому фактору среды (и в первую очередь по температуре), у первых один оптимум, а у последних – два: женский и мужской, на расстоянии полового диморфизма (ПД). Так как, во время возникновения, они жили в одинаковых условиях и были адаптированы к ним, то можно считать, что оптимум первых был в центре полового диморфизма вторых. Все три оптимума (моды) и дисперсии признаков вокруг них, по координате система–среда, определяет норма реакции. Её в свою очередь определяют эстрогены и андрогены (или их предшественники у предков). Это позволило дать обобщенную трактовку **эстрогенов** как веществ, расширяющих норму реакции, удаляющих систему от среды и, тем самым, тормозящих эволюцию. **Андрогенов**, наоборот, сужающих норму реакции, приближающих к

среде, ускоряющих эволюцию (Геодакян, 2000). Поэтому появилась возможность, применить теорию БСД и СТ к меж- и внутримолекулярным БСД.

18. Когда я, в поисках молекул БСД, интересовался разными гормонами, то обратил внимание, что разница между КП и ОП очень часто равняется CH_3 , т.е. $\text{ОП} + \text{CH}_3 = \text{КП}$. То же самое оказалось и в других группах, информационно важных живых систем: нуклеотидов, аминокислот и др. Например, норадреналин + CH_3 = адреналин, тестостерон + CH_3 = эстрон, кортизол + CH_3 = кортизон, урацил + CH_3 = тимин, глицин + CH_3 = аланин, валин + CH_3 = лейцин и т.д. Случайно ли это? Думаю, что нет. Сколько мне известно, существуют разные, порой противоречивые концепции о роли метилирования: для отключения генов в разных тканях, для подавления ретротранспозонов и других геномных паразитов. Известна теснейшая связь метилирования с полом, раком, эмбриогенезом, экспрессией-репрессией генов и др. Очень много загадок и нет разгадок. Не говоря уж о прогностичной теорий. Здесь высказывается гипотеза об эволюционной роли CH_3 группы, как единицы элементарного диморфизма между молекулярными КП и ОП. Можно даже предсказать, если гипотеза верна, то эволюционный возраст “спящих” генов у женского пола, должен быть больше, чем у мужского.

19. ДНК и белки тоже БСД, в которой ДНК – КП, белки – ОП: БСД = КП + ОП. Экстраполяция в прошлое приводит к унитарной

системе (УС), от которой произошла эта пара: $\text{УС} \rightarrow (\text{КП} + \text{ОП})$, т.е. $\text{РНК} \rightarrow (\text{ДНК} + \text{белки})$. Стало быть, **РНК**, **ДНК** и **белки** составляют СТ. Такая триада в системе координат y = филогенетическое время (эволюционная ось), x = генотип (или фенотип) любого адаптивного признака, или, связанный с ним фактор среды (например, густота шерсти-температура, морфо-экологическая ось). Если выбрать определенное соотношение масштабов осей, то сопряженная триада будет равносторонним треугольником, обращенным основанием в будущее, вершиной в прошлое.

Рассмотрение диад и триад, вместо несвязанных систем, как уже говорилось, сокращает число систем и упрощает мир. Кроме того, все БСД – эко-эволюционные “компасы”, показывающие направление система $\rightarrow$ среда и прошлое $\rightarrow$ будущее. А триады, в принципе, могут служить еще и “спидометром”, показывающим не только скорость, но и “километраж” (пройденный путь). В том же духе, теория трактует общий принцип их внутреннего строения. Первичная структура **РНК**, **ДНК**, **белков** также состоит из КП и ОП. Они построены по одному плану. Считается, что молекулы РНК и белков имеют одну цепь, ДНК – две. На самом деле, у всех трёх молекул цепи двойные, т.к. состоят из, ковалентно прикрепленных друг к другу, двух, **функционально разных**, нитей. **Энтропийной** (S), регулярной, периодичной, неспецифичной, это КП полимера. Скелет, остов молекулы, играющий роль, эко-эволюционной шкалы, матрицы, канвы для информации.

Можно считать, что они 2-х буквенные у всех трёх, но буквы разные: у РНК – рибоза–фосфат, у ДНК – дезоксирибоза–фосфат, у белков – карбоксил–амин (COOH-NH_2). Вторая нить, **информационная** (I), нерегулярная, аperiодичная, специфичная. Это ОП молекулы наполнение, текст генетической информации. У РНК и ДНК она состоит, в основном, из 4-х буквенуклеотидов, прикрепленных к S-нити, 3 из них (аденин, цитозин, гуанин) одинаковы, а 4-ый – разный (у РНК – урацил, у ДНК – тимин). У белков I-нить состоит из, прикрепленных к S-нити аминокислот. В современных белках, их около 20. Значит, РНК и ДНК – разные диалекты одного языка, а белки – другой язык. (Интересно, что по числу букв по Гиннесу тах в языке кхмеров – 72, а min – 11 в языке Ротокас на острове Бугенвиль Папуа Новая Гвинея). У всех трех полимеров, S-нити аналоги нитки для бус, чистой тетради в клетку или нотной (без нот), пустой таблицы Менделеева, холста картины, основы ковра, сот пчёл. А I-нити аналоги – бус, букв, нот, элементов, картины, узора ковра и мёда, соответственно. Энтропийные нити – (упорядочены), имеют начало и конец (у РНК, ДНК – более древний 5'-торец – начало, более молодой 3'-торец – конец, у белков COOH – начало, NH_2 – конец). Поскольку тексты в РНК, ДНК и белках – коллиннеарны, то их начала и концы совпадают. S-нити задают шкалу времени, интервал между буквами, шаг, экологический и эволюционный градиент. Направления временных векторов S- и I-нитей одной цепи совпадают. Ведь есть полимеры чисто энтропийные, без I-нити.

Например, алифатический ряд углеводов, гликоген, состоящий из тысяч мономеров глюкозы.

Оппоненты и скептики возражают, что S- и I-нити одна ковалентная молекула, поэтому нельзя считать её двунитчатой. Это – неверно. Как раз распределение связей разной силы, может подтвердить их бинарность, найденную в поисках разности энтропии и информации. Ведь предлагаемая первичная структура 4-х нитчатой ДНК – это плоская лента, по краям которой лежат две нити из сильных ковалентных связей 50-110 кк/м, а между ними посередине две нити из водородных связей средней силы 5-7 кк/м, т.е. она, фактически, **двухфазная** – состоит из “твердокристаллических” боковин и “жидкокристаллической” середины. В **двухфазной** молекуле РНК – две нити. А в **двухфазной** молекуле белков “твёрдая” фаза по центру, “жидкая” по периферии. Кроме того, тенденция эволюции белков, не только рост числа букв алфавита, но и новая размерность – объема. Здесь опять, наглядными образами для предлагаемых структур ДНК, РНК, белков могут служить, уже упомянутые выше, знаки равенения строк меню формат: “по ширине”, “по краю”, “по центру”. Поэтому, мне представляется, что нет оснований, отвергнуть S-I трактовку полимеров жизни. Ведь два полушария тоже один мозг, но функционально, по цели, роли они разные. Мы же выделяем, виртуально, среднюю часть и концы стержня, центральную и периферию круга, видимые границы вовсе не обязательны. Любой текст подразумевает (видимые или воображаемые) ячейки для букв и

пропусков, строки, страницы. Их роль (функция) энтропийная – упорядочить текст: 1. Нумерация букв и пропусков в строке, строк в странице и страниц в книге. 2. Векторизация текста, выделение его начала и конца. 3. Выравнивание его: у РНК по одному краю, у белков по центру, у ДНК по ширине. 4. Создание ёмкости, носителя, локуса для информации генов и фенов. Ведь можно написать каллиграфически, красиво чужь, а коряво – глубокие мысли. В первом случае много негэнтропии, но мало информации, во втором – наоборот. Отношение I-нити к сопряжённой S-нити, аналогично отношению гена (у РНК и ДНК) и фена (у белков) к своему локусу, месту. Такая концепция позволит, в принципе, вскрыв логику прошлого поведения системы в эко-эволюционном пространстве (молекулярную историю), экстраполировать в будущее и предсказать его (молекулярная футурология).

Рис. 3 показывает такую попытку для РНК, ДНК, белков. Если верна исходная гипотеза, что ДНК и белки сопряжённая пара, то экстраполяцией в прошлое определяем унитарную систему РНК и получаем сопряжённую триаду. При определённом масштабе эко-эволюционных осей, этот треугольник будет равносторонним. По логике теории БСД в момент появления СТ первым актом должен быть эволюционный экологически симметричный шаг, т.е. возникновение совершенно одинаковых, но отличных от материнской УС, двух дочерних подсистем (2ОП). По гипотезе о роли CH_3 группы (см. п. 18), она является экологическим шагом. Для того чтобы

совпали оптимумы РНК и (ДНК+белок)/2, необходимо существование радикала, смещающего систему к среде на величину $(\text{CH}_3)/2$. Это предсказание теории. Им оказалась ОН группа. После этого одна из дочерних ОП получает экологический системный радикал CH_3 и превращается в КП ($2\text{ОП} + \text{CH}_3 = \text{КП} + \text{ОП}$). С этого момента экологическая информация поступает только в ОП, и она превращается в эволюционный авангард, а КП – в эволюционный арьергард. В процессе дихронной эволюции, равносторонний треугольник превращается сначала в прямоугольный, потом в тупоугольный (в вершине КП). Новая информация попадает в ОП, оттуда, после проверки, в КП. Выводы приведены на рис. 3. ДНК эволюционирует в направлении роста числа цепей: 3, 4, ..., а белки – роста числа букв (аминокислот, 21, 22,), и освоения объёмных форм информации.

20. Аналогичная картина и у мономеров, плоских молекул, гормонов. Здесь также прослеживается тот же принцип меж- и внутримолекулярной дифференциации на КП и ОП. С той лишь разницей, что энтропийные и информационные части у них не одномерные, а двумерные. Вместо S-нити – остов молекулы-родоначальницы, одинаковый для всех членов ряда, с несколькими пустыми ячейками, в строго определенных местах, для разных будущих радикалов. Вместо I-нитей – которые отличаются друг от друга числом и порядком букв, у плоских молекул специальные пустые ячейки для будущих радикалов. Сами радикалы двух типов: удаляющие систему от

среды и тормозящие эволюцию, например, ароматическое кольцо, CH_3 (2 раза слабее), и приближающие к

среде и ускоряющие эволюцию, их несколько, O, OH, NH_2 , COOH и др.

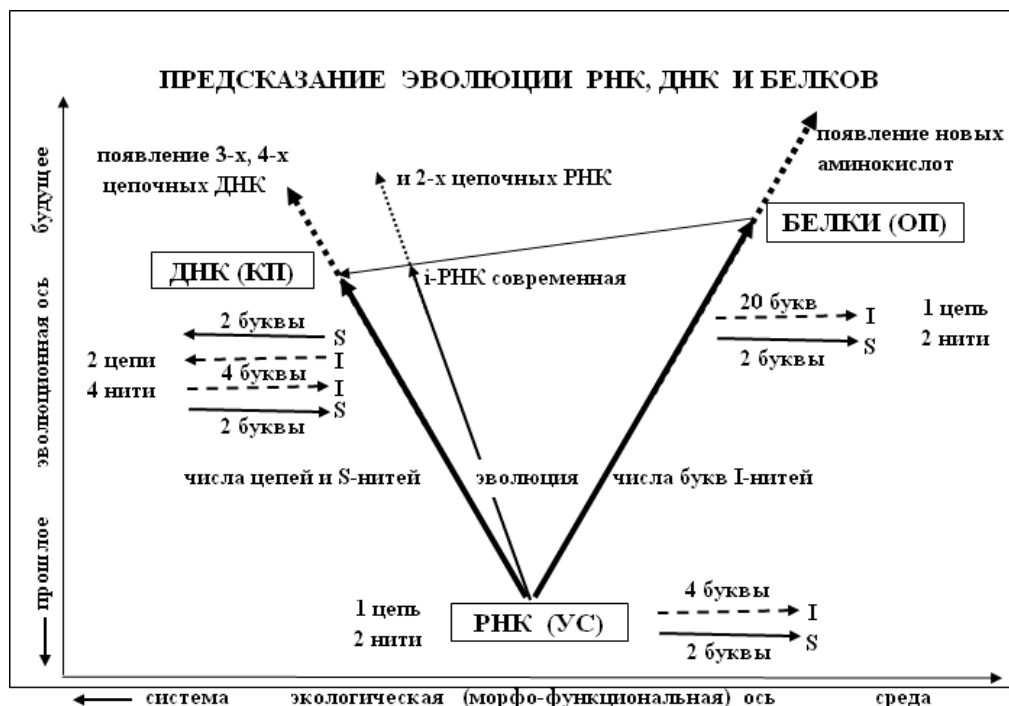


Рис. 3. Экстраполяция дивергентной эволюции энтропийных и информационных нитей у нуклеиновых кислот и белков, позволяет предсказывать их будущее.

На рис. 4 показано современное поколение (n) БСД гормонов мозгового вещества надпочечников: **адреналина** (КП) и **норадреналина** (ОП). Процедура та же. Экстраполяция в прошлое приводит к третьему гормону **дофамину** (УС), от которого они произошли, поколение (n-1). Дальнейшая экстраполяция к корням приводит сначала к одной аминокислоте – тирозину, потом к другой – родоначальнице этого ряда фенилаланину. Места прикрепления будущих радикалов к атомам С и N помечены кружочками и рамками. Видно, что добавление гидрофильных OH групп, – создает недифференцированную пару молекул нового поколения (симметричный эволюционный шаг), смещенную к среде (2ОП). А добавление в одну из

них гидрофобного радикала CH_3 , удаляет её от среды (воды) и создает КП (асимметричный экологический шаг).

На рис. 5 приведены БСД главных половых гормонов: **эстрона**, **тестостерона**, и их УС **андростендиона**, составляющих вместе СТ. Картина другая, но логика та же. Восстановление двух кислородных атомов в гидроксил ($2\text{O}+2\text{H}=2\text{OH}$) в разных местах молекул, т.е. сдвиг двух дочерних систем на пол шага к среде, с превращением кольца А в ароматическое, для чего необходимо убрать CH_3 группу, но сохранить половой диморфизм между КП и ОП равным CH_3 . Значит, ароматическое кольцо удаляет эстрон от среды и

тормозит эволюцию в два раза сильнее, чем CH_3 группа, поэтому одна из CH_3 групп тестостерона, не что иное как – сдача. Таким образом, удаётся определить соотношение абсолютных величин трех главных эко-эволюционных факторов: ароматического кольца $|\text{C}_6\text{H}_6| = -2$, метильной группы $|\text{CH}_3| = -1$ и гидроксильной группы $|\text{OH}| = +\frac{1}{2}$, где – (минус) означает удаление от среды и ретардацию, + приближение к среде и акселерацию, числа – абсолютные значения, нулевая точка – оптимум экологической ниши.

Так рождаются молекулярные БСД и СТ. Оказывается, что места прикрепления радикалов в будущих поколениях молекул predeterminedены уже у родоначальницы ряда. Например, место для CH_3 только у атома N. Но со временем, т.к. новая информация от среды попадает в ОП, и

только оттуда в КП, то эволюция ОП ускоряется, а КП тормозится.

Другая группа важнейших кортикостероидов содержит 5 гормонов: кортизол (КП, 2CH_3 группы), кортизон (ОП, 1CH_3), альдостерон (УС, 1CH_3), 18-оксикортикостерон (1CH_3) и прогестерон (3CH_3). Сложнее и требует специального исследования. Но вскрытые закономерности явно присутствуют.

Еще два примера сопряженной эволюции триад, ряды пиримидинов и пуринов (рис. 6,7) тесно связаны, с одной стороны, с эволюцией РНК-ДНК (рис. 3), с другой стороны, они продолжают линию плоских молекул (рис. 4,5). Поскольку они являются буквами в I-нитях РНК и ДНК, то их эволюции должны быть согласованы (коэволюция).

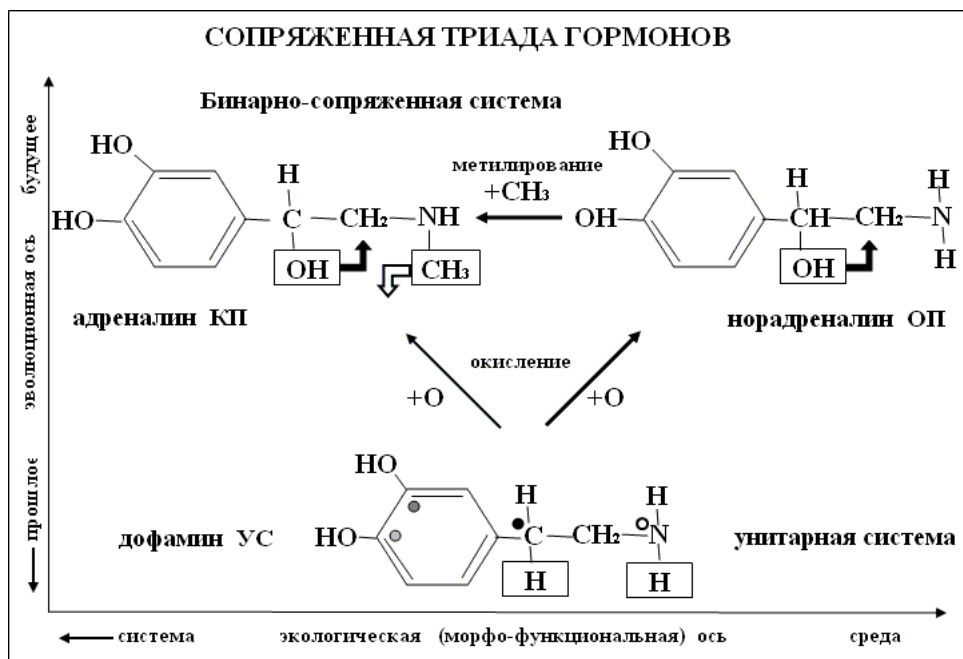


Рис. 4. Энтропийные рамки-ячейки для информации радикалов. Светлый кружок у N место CH_3 (удаляет от среды и замедляет эволюцию - светлая стрелка), черный кружок у C - место радикалов (которые приближают к среде, ускоряют эволюцию - черные стрелки). Серые кружки при радикалах, возникших на предыдущих шагах эволюции от родоначальницы ряда - аминокислоты фенилаланина (остов без радикалов).

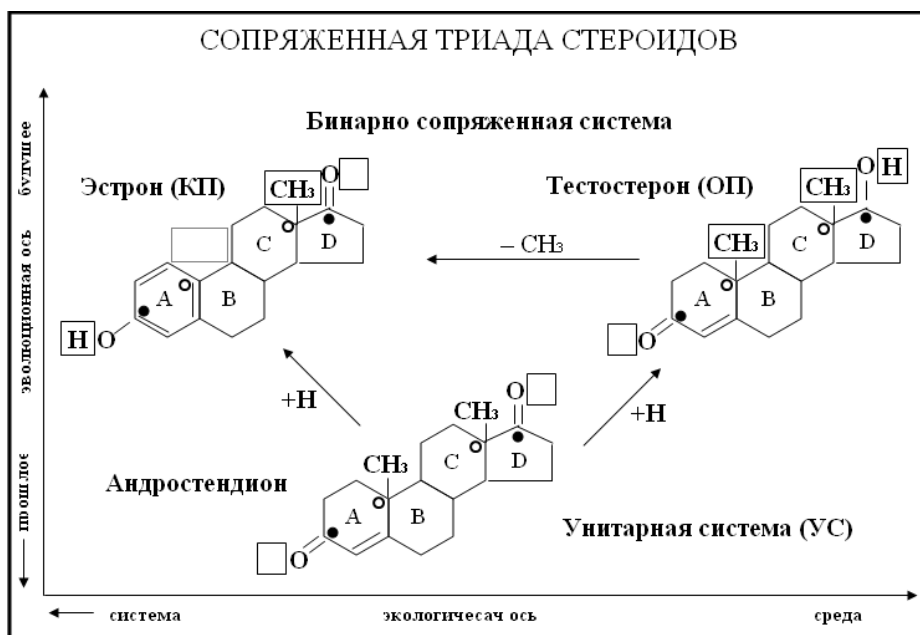


Рис. 5. Сопряженная пара эстрон-тестостерон экстраполяция в прошлое приводит к андростендиону. Светлые кружочки - места CH_3 радикалов, черные - других. Эволюционный шаг - симметричный $+2\text{H}$. Экологический шаг - асимметричный - деметилирование кольца А, превращает его в ароматическое, с сильным удалением от среды.

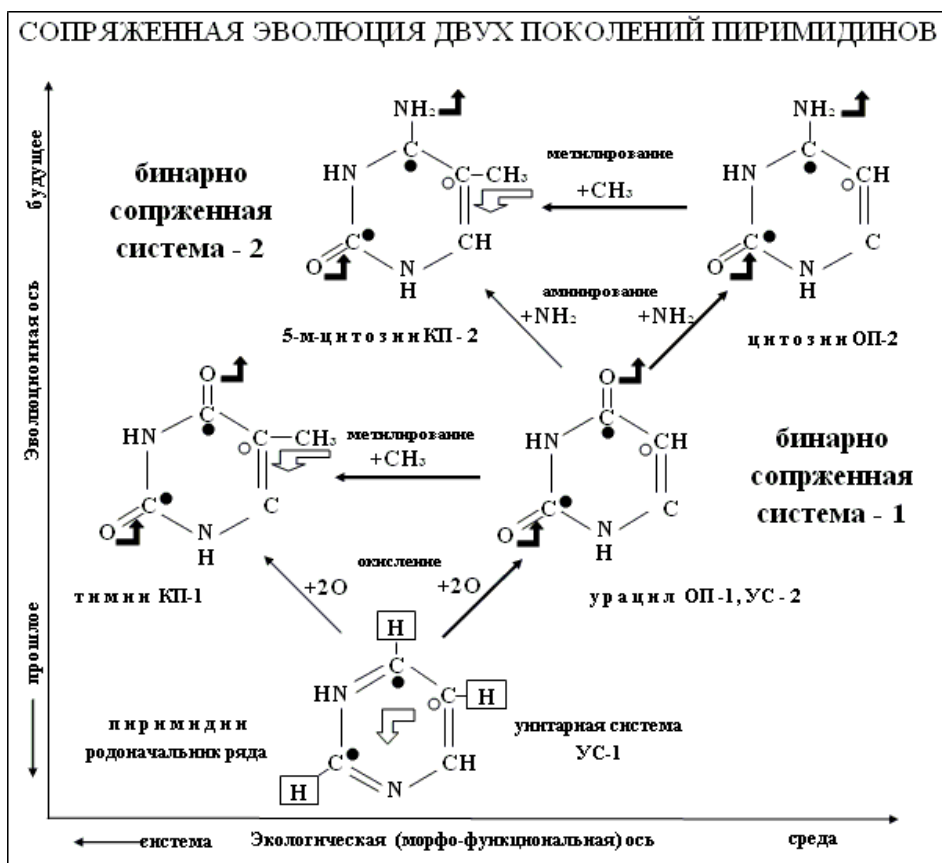


Рис. 6. Энтропийные рамки-ячейки для информации радикалов. Светлые кружочки - места CH_3 , черные - других радикалов. Эволюционный шаг создания БСС - симметричный, экологический, создания КП - асимметричный. Светлые фигурные стрелки - направления удаления от среды и торможения эволюции, черные - приближения к среде и ускорения эволюции. Если логика концепции верна, то следует интересный вывод - в будущем вместо тимина будет 3-м-цитозин.

Таким же образом, сможем получить вклад более слабых факторов, второстепенных в теории, но порой очень важных в практике, как число двойных связей в молекуле, их монотонный рост или падение. Ароматические соединения близкие по

структуре к стероидам, часто имеют много двойных связей и обладают сильной канцерогенной активностью, например, метилхолантрен 9-двойных связей. Предлагаемый метод может оказаться очень плодотворным в таких проблемах.

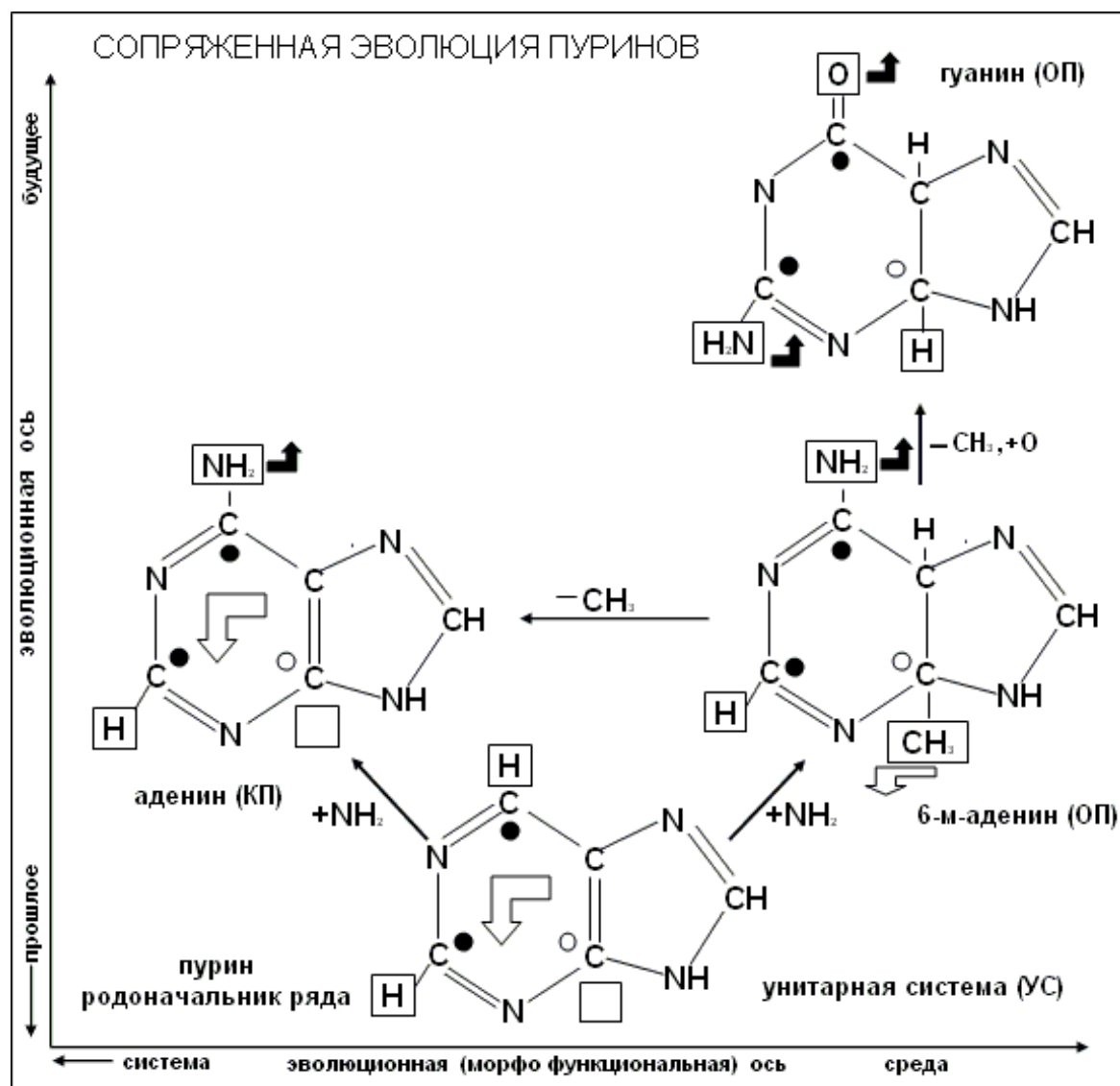


Рис. 7. Эволюция пуринов. Обозначения те же, что на рис. 5. По логике концепции, скорее всего, вывод, что 6-м-аденин был предшественником гуанина.

Удалась ли моя унификаторская попытка и не пренебрёг ли при этом мудрым советом Сади Карно – “Говорить мало о том, что знаешь, и ничего не говорить о том, чего не знаешь” – судить читателю.

Сокращения в тексте

ЭТП – Эволюционная теория пола
 УС, БСС, БСД, СТ – Унитарные, бинарно сопряженные, системы, дифференциации, триады. КП, ОП – Консервативные, оперативные подсистемы. ПД – половой диморфизм. НР – норма реакции. БП – бесполое, ГФ – гермафродиты, РП – раздельнополые. S – Энтропия, I – информация, W, p – вероятности, T – температура, C – Цельсия, K – Кельвина.

Литература:

1. Аптер М. 1970. Кибернетика и развитие. М. «Мир».
2. Бриллюэн Л. 1960. Наука и теория информации. М. «Физматгиз».
3. де Бройл Л. 1965. Революция в физике. М. «Атомиздат».
4. де Бур Я. 1962. Введение в молекулярную физику и термодинамику. М. Изд-во иностр. лит.
5. Гамбург К.З. 1972. //Онтогенез. Т. 3. № 5.
6. Геодакян В.А. 1965. Роль полов в передаче и преобразовании генетической информации //Пробл. передачи информации. Т. 1. № 1. С. 105-112.
7. Геодакян В.А. 1967. Дифференциация на постоянную и оперативную память в генетических системах //Структурные уровни биосистем. М. «Наука». С.211-225.
8. Геодакян В.А. 1970. //Системные исследования. М. «Наука». С. 49-62.
9. Геодакян В.А. 1971а. //Онтогенез. Т. 2. № 6. С. 683-694.
10. Геодакян В.А. 1971б. О дифференциации систем на две сопряженные подсистемы //Управление и информационные процессы в живой природе. М. «Наука». С. 26-29.
11. Геодакян В.А. 1972. О структуре эволюционирующих систем //Пробл. кибернетики. Вып. 25. М. «Наука». С. 81-91.
12. Геодакян В.А. 1974. Дифференциальная смертность и норма реакции мужского и женского пола //Журн. Общ. Биол. Т. 35. № 3. С. 376-385.
13. Геодакян В.А. 1975. Концепция информации и живые системы //Журн. Общ. Биол. Т. 36. № 3. С. 336-347.
14. Геодакян В.А. 1983. Эволюционная логика дифференциации полов и долголетие //Природа. № 1. С. 70-80.
15. Геодакян В.А. 1984. Системный подход и закономерности в биологии //Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1984. М. «Наука». С. 329-339.
16. Геодакян В.А. 1987. Системно-эволюционная трактовка асимметрии мозга //Системные исследования. Методол. Пробл. Ежегодник 1986. М. «Наука». С. 355-376.
17. Геодакян В.А. 1989. Теория дифференциации полов в проблемах человека //Человек в системе наук. М. «Наука». С.171-189.
18. Геодакян В.А. 1991. Эволюционная теория пола //Природа. №8. С. 60-70.
19. Геодакян В.А. 1998. Эволюция асимметрии, сексуальности и культуры //Информационное мировоззрение и эстетика. Таганрог. С. 116-143.
20. Геодакян В.А. 2000. Эволюционные хромосомы и эволюционный половой диморфизм //Изв. РАН. Серия биол. № 2. С. 133-148.
21. Геодакян В.А. 2003. Конвергентная эволюция фенотипа, асимметрии и сексуальности к культуре//Сексология сексопатология. № 6. С. 2-8. № 7. С. 2-7. № 8. С. 2-6.
22. Геодакян В.А. 2006. Системные корни эволюции человека и общества: роль половых гормонов //Информационная культура общества и личности в XXI веке. Краснодар. С. 75-80.
23. Геодакян В.А. 2007а. Бинарно-сопряженные дифференциации,

- информация, культура//Информация, время, творчество. М. С.195-204.
24. Геодакян В.А. 2007б. Почему ранние и поздние дети разные?//Информационные и коммуникационные науки в изменяющейся России. Краснодар. С. 150-154.
25. Готадзе А. 2007. Большая раздевалка //Большой спорт. № 1-2. С. 40-45.
26. Лауэ М. 1956. История физики. М. «Госиздат. технико-теоретической лит.».
27. Малиновский А.А. 1968. Некоторые вопросы организации биологических систем// В сб.: Организация и управление. М. «Наука». С. 105-138.
28. Медников Б.М. 1971. //Природа. № 7. С. 15-23.
29. Планк М. 1938. Принцип сохранения энергии. М.-Л. С. 23-24.
30. Равен Х. 1964. Оогенез. М. «Мир».
31. Сэтлоу Р., Поллард Э. 1964. Молекулярная биофизика. М. «Мир».
32. Уоддингтон К.Х. 1970. Основные биологические концепции //В сб. На пути к теоретической биологии. М. «Мир». С. 11-38.
33. Шамбадаль П. 1968. Развитие и приложения понятия энтропии. М. «Наука».
34. Шмальгаузен И.И. 1968. Что такое наследственная информация// В сб. Кибернетика в монографиях. Т. 4. Новосибирск. «Наука». С.24-35.
35. Шредингер Э. 1947. Что такое жизнь с точки зрения физики? М. Изд-во иностр. лит.
36. Франкфурт У.И., Френк А.М. 1964. Джозайя Виллард Гиббс. М. «Наука».
37. Харкевич А.А. 1965. О ценности информации //Пробл. кибернетики. Вып. 13. М. «Физматгиз» С. 53-59.
38. Dancoff S.M., Quastler H. 1953. Information Theory in Biology. University of Illinois Press. Urbana.
39. Elsasser W.M. 1958. The Physical Foundation of Biology. Pergamon Press. London.
40. Fisher R. 1930. The Genetical Theory of Natural Selection. Oxford Univ. Press. Oxford.

В.В. Михеев, П.Д. Шабанов

МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ МЫШЕЙ

Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург, Россия

МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПОВЕДЕНИЯ МЫШЕЙ

В.В. Михеев, П.Д. Шабанов

Исследована роль левого и правого полушарий в реализации элементов индивидуального поведения самцов мышей линий SHR, DBA/2 и C57BL/6 в «открытом поле». Показано, что выбранные для эксперимента линии животных изначально имеют различия в проявлении элементов индивидуального поведения. Сравнение эффектов унилатеральной инактивации у животных линии SHR выявило доминирование правого полушария в регуляции общей продолжительности подъёмов на задние лапы и груминга, при этом большая специализация полушарий наблюдается в регуляции временных параметров поведенческих реакций. У мышей линии DBA/2 в контроле подъёмов на задние лапы доминировало левое полушарие, а сидения – правое. У самцов линии C57BL/6 было выявлено доминирование правого полушария только в отношении локомоции. Таким образом, показано, что у мышей в подавляющем большинстве случаев (11 из 18) кора больших полушарий в регуляции элементов индивидуального поведения вообще не участвует. В двух случаях было зарегистрировано симметричное участие гемисфер в регуляции поведенческих реакций и только в пяти случаях наблюдалось однополушарное доминирование в контроле элементов поведения. При этом у трёх исследованных линий самцов мышей паттерн межполушарной асимметрии индивидуального поведения совершенно различен.

Ключевые слова: межполушарная асимметрия, индивидуальное поведение, межлинейные различия, открытое поле

INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY OF INDIVIDUAL BEHAVIOR IN MICE

V.V. Mikheev, P.D. Shabanov

The role of the left and right hemispheres in realization of behavior for SHR, DBA/2 and C57BL/6 males mice in open field was studied. All three lines of mice differed each from other in elements of individual behavior. Comparison of effects of unilateral inactivation in SHR mice revealed domination of the right hemisphere in regulation of total duration of rearings and grooming, the most specialization of hemispheres being registered in regulation of temporary parameters of behavioral reactions. In DBA/2 mice, the left hemisphere dominated in control of rearings, and the right one did on seating. In C57BL/6 mice, the right hemisphere dominated only on locomotion. Therefore, the cortex of the brain (after inactivation) did not participate in regulation of individual behavior in the majority of the experiments (11 from 18). In two cases, the symmetric participation of hemispheres in regulation of behavioral reactions was obtained, and in 5 cases, the unilateral domination of hemispheres in control of behavioral elements was registered. Thus, in three lines of mice, the pattern of interhemispheric asymmetry of individual behavior is principally different.

Key words: interhemispheric asymmetry, individual behavior, interspecies differences, open field

Введение. Инбредные линии используют в исследованиях по мышей DBA/2 и C57BL/6 широко генетике поведения и

фармакогенетике. Животные этих генотипов различаются практически по всем исследованным нейрохимическим, физиологическим и поведенческим показателям, что позволило выделить их в диаметрально противоположные универсальные «психологические» типы [3, 19]. В частности, выраженные межлинейные различия наблюдаются по показателям двигательной и исследовательской активности в условиях незнакомой обстановки – в тесте «открытое поле» [15, 16]. Есть основания полагать, что основой описанных межлинейных различий являются наследственные особенности функционирования дофаминергической системы мозга [17]. Известно также, что данная нейромедиаторная система, по крайней мере у некоторых исследованных линий крыс, функционирует асимметрично [6, 22]. С этой точки зрения указанные линии мышей являются удобным объектом для исследования роли дофаминовых рецепторов в организации функциональной межполушарной асимметрии при реализации элементов индивидуального и внутривидового поведения. Однако до сих пор не изучена роль левого и правого полушарий в реализации видотипичного поведения мышей разных линий.

Цель работы состояла в изучении влияния унилатеральной корковой инактивации на поведение самцов мышей линий SHR, DBA/2 и C57BL/6 в тесте «открытое поле».

Материалы и методы. Опыты проводили на 240 взрослых половозрелых самцах мышей линий SHR, C57BL/6 и DBA/2 в осенне-

зимний сезон в период с 9 до 12 ч дня. «Открытое поле» представляло собой квадратную площадку (60 x 60 см) с 9 отверстиями, диаметром 20 мм [9, 10]. Запись этограммы проводилась с помощью персонального компьютера по программе OPEN FIELD ver. 2.1 [13]. В течение 3 или 5 мин регистрировали суммарную продолжительность локомоции, подъёмов на задние лапы, заглядываний в отверстия, движения на месте и груминга. Временную инактивацию одного из полушарий проводили с помощью метода распространяющейся депрессии [4, 5]. Для этого за двое суток до начала опытов в кости черепа над соответствующим полушарием высверливалось отверстие диаметром около 1 мм. За 20 мин до опыта через это отверстие на кору мозга апплицировали кусочек фильтровальной бумаги, смоченной 25%-ным раствором калия хлорида. Полученные данные обрабатывали статистическими методами с использованием непараметрического критерия Вилкоксона-Манна-Уитни.

Результаты экспериментов. Этологический анализ поведения мышей различных линий в «открытом поле». Результаты тестирования самцов мышей в «открытом поле» приведены в табл. 1. За 5 мин эксперимента животные всех исследованных линий продемонстрировали весь спектр поведенческих реакций, характерный для данной методики.

Видно, что мыши линии SHR характеризовались большей продолжительностью заглядываний в отверстия (норковый рефлекс) по

сравнению с линейными особями. Кроме того, груминг у них продолжался дольше, чем у мышей линии C57BL/6, а вертикальная исследовательская активность – дольше, чем у мышей линии C57BL/6. Линейные животные отличались

между собой только по показателю груминга. Таким образом, выбранные нами для эксперимента линии животных изначально имеют различия в проявлении элементов индивидуального поведения.

Таблица 1. Продолжительность элементов поведения у самцов мышей различных линий в «открытом поле»

Элементы поведения	Линии мышей		
	SHR (n=30)	DBA/2 (n=25)	C57BL/6 (n=33)
Локомоция	95,5±4,8	97,0±7,8	104,3±8,9
Подъем на задние лапы	19,8±2,3	11,8±1,7 ^S	14,9±2,8
Заглядывания в отверстия	13,6±1,1	4,2±1,9 ^S	4,9±0,8 ^S
Сидение	165,4±5,7	178,1±6,4	174,5±7,1
Груминг	4,5±0,7	3,7±0,8 ^C	0,6±0,2 ^{S,D}
Дефекация	1,9±0,3	2,7±0,4	1,2±0,2

Примечание. Данные представлены в секундах. Различия достоверны: S – по сравнению с мышами линии SHR, C – по сравнению с мышами линии C57BL/6, D – по сравнению с мышами линии DBA/2.

Роль левого или правого полушарий в регуляции элементов индивидуального поведения мышей различных линий в «открытом поле». Влияние временной унилатеральной инактивации полушарий на поведение самцов беспородных мышей в «открытом поле». В табл. 2 представлены результаты экспериментов, в которых исследовалось влияние унилатеральной инактивации полушарий на общую продолжительность элементов индивидуального поведения самцов мышей линии SHR. Временное выключение коры левого полушария (активно правое) снижало продолжительность вертикальной составляющей исследовательской активности заглядывания в отверстия. Инактивация коры правого полушария (активно левое) также снижала

продолжительность данных поведенческих реакция, но, кроме того, еще увеличивала продолжительность груминга. В регуляции локомоции, сидения и дефекации ни левое, ни правое полушарие принимали равное участие. Сравнение эффектов инактивации выявило доминирование правого полушария в регуляции подъемов на задние лапы и заглядываний в отверстия. При этом сразу подчеркнём, что доминирующим мы считаем то полушарие, при активном состоянии которого исследуемый показатель был ближе к исходному уровню, то есть в условиях функционирования обеих гемисфер. Аналогичный анализ, проведённый для частоты появления элементов индивидуального поведения (табл. 3), показал, что в этом случае доминирования одного из полушарий не наблюдается.

Таблица 2. Влияние временной унилатеральной инактивации больших полушарий головного мозга на общую продолжительность элементов поведения самцов мышей линии SHR в «открытом поле»

Элементы поведения	Активны оба полушария	Активно правое полушарие	Активно левое полушарие
Локомоция	95,5±4,8	88,2±6,7	83,8±7,4
Подъем на задние лапы	19,8±2,3	13,9±2,7 ↓ Дом	10,9±2,3 ↓↓
Заглядывания в отверстия	13,6±1,1	7,4±1,3 ↓↓	7,2±1,1 ↓↓
Сидение	165,4±5,7	184,3±7,5	188,5±8,8
Груминг	4,5±0,7	6,2±1,4 Дом	9,6±1,8 ↑↑
Дефекация	1,9±0,3	1,5±0,4	1,6±0,2

Примечание. Данные представлены в секундах. Отличия при инактивации полушарий достоверны: ↑ и ↓ – $p < 0,05$; ↑↑ и ↓↓ – $p < 0,01$. Дом – доминирующее полушарие.

Однако был выявлен случай полушарий в регуляции какого-либо асимметричного функционирования параметра поведения, когда одно гемисфер в отношении груминга. полушарие тормозит, а другое Асимметрией мы называем вариант активизирует проявление данной разнотипного участия поведенческой реакции.

Таблица 3. Влияние временной унилатеральной инактивации больших полушарий головного мозга на частоту появления элементов поведения самцов мышей линии SHR в «открытом поле»

Элементы поведения	Активны оба полушария	Активно правое полушарие	Активно левое полушарие
Локомоция	101,6±7,3	101,9±13,6	90,7±11,1
Подъем на задние лапы	20,5±2,4	16,4±3,3 ↓	12,9±2,6 ↓
Заглядывания в отверстия	13,6±1,1	7,7±1,4 ↓↓	8,2±1,3 ↓↓
Сидение	58,1±3,1	57,6±6,0	50,2±4,7
Груминг	1,4±0,2 Ас	1,0±0,2 ↓	2,1±0,4 ↑
Дефекация	1,9±0,3	1,5±0,4	1,6±0,2

Примечание. Отличия при инактивации полушарий достоверны: ↑ и ↓ – $p < 0,05$; ↑↑ и ↓↓ – $p < 0,01$. Ас – асимметричное функционирование полушарий.

Сравнение результатов экспериментов, представленных в табл. 2 и 3, показало, что роль полушарий в регуляции частоты появления и общей продолжительности одного и того же поведенческого элемента может быть различной. Кроме того, видно, что большая специализация полушарий наблюдается в регуляции временных параметров поведенческих реакций.

Влияние временной унилатеральной инактивации больших полушарий на поведение самцов мышей линии DBA/2 в «открытом поле». Влияние временной инактивации одного из полушарий на общую продолжительность элементов поведения в «открытом поле» в течение 5 мин исследовали на 50 самцах мышей линии DBA/2 (табл. 4). Выключение коры левого полушария

(активно правое) снижало продолжительность подъёмов на задние лапы, а правосторонняя корковая инактивация (активно левое полушарие) уменьшала продолжительность сидения. Эти

данные свидетельствуют, на наш взгляд, о том, что в первом случае доминирует левое полушарие, а во втором – правое.

Таблица 4. Влияние временной унилатеральной инактивации больших полушарий головного мозга на общую продолжительность элементов поведения самцов мышей линии DBA/2 в «открытом поле»

Элементы поведения	Активны оба полушария	Активно правое полушарие	Активно левое полушарие
Локомоция	58,2±7,8	75,6±15,7	67,6±13,5
Подъем на задние лапы	7,1±1,7	3,3±1,9 ↓	6,2±2,8 Дом
Заглядывания в отверстия	2,5±1,2	1,6±0,4	2,2±1,1
Сидение с принюхиванием	44,5±7,0	39,7±9,3 Дом	28,3±7,2 ↓
Груминг	2,2±0,8	1,9±1,1	2,0±1,4
Дефекация	1,4±0,3	1,3±0,4	1,5±0,2

Примечание. Данные представлены в секундах. Отличия при инактивации полушарий достоверны: ↑ и ↓ – $p < 0,05$. Дом – доминирующее полушарие.

Влияние временной унилатеральной инактивации больших полушарий на поведение самцов мышей линии C57BL/6 в «открытом поле». На 50 самцах мышей линии C57BL/6 в течение 5 мин в «открытом поле» изучали влияние унилатеральной инактивации полушарий на общую продолжительность элементов поведения (табл. 5). Видно, что

инактивация левого полушария оказывала значимое влияние только в отношении подъёмов на задние лапы, а правосторонняя инактивация – и на подъёмы на задние лапы и на локомоцию, в результате чего выявилась ведущая роль правого полушария в регуляции горизонтальной составляющей исследовательской активности.

Таблица 5. Влияние временной унилатеральной инактивации больших полушарий головного мозга на общую продолжительность элементов поведения самцов мышей линии C57BL/6 в «открытом поле»

Элементы поведения	Активны оба полушария	Активно правое полушарие	Активно левое полушарие
Локомоция	62,6±8,9	52,3±9,3 Дом	35,1±6,3 ↓↓
Подъем на задние лапы	8,9±2,8	2,9±1,4 ↓↓	2,6±1,2 ↓↓
Заглядывания в отверстия	2,9±0,8	2,9±0,9	4,3±1,2
Сидение с принюхиванием	14,2±3,1	18,9±4,7	18,1±3,7
Груминг	0,4±0,2	0,4±0,2	0
Дефекация	1,0±0,3	0,9±0,4	1,1±0,2

Примечание. Данные представлены в секундах. Отличия при инактивации полушарий достоверны: ↑ и ↓ – $p < 0,05$. Дом – доминирующее полушарие.

В табл. 6 приведены сводные данные о роли больших полушарий головного мозга в регуляции общей продолжительности элементов индивидуального поведения самцов мышей исследованных линий в «открытом поле». Прежде всего, обращает на себя внимание тот факт, что в подавляющем большинстве случаев (11 из 18) участие коры полушарий вообще не выявлялось. В двух случаях было зарегистрировано симметричное участие гемисфер в регуляции поведенческих реакций и

только в пяти случаях наблюдалось однополушарное доминирование в контроле элементов поведения. Следует отметить, что в четырех из пяти зарегистрированных случаев однополушарного доминирования ведущим оказывалось правое полушарие. Таким образом, суммируя результаты проведенных экспериментов, можно сделать вывод о том, что у трех исследованных линий самцов мышей паттерн межполушарной асимметрии совершенно различен.

Таблица 6. Роль левого и правого полушарий в регуляции общей продолжительности элементов индивидуального поведения у самцов мышей различных линий в «открытом поле»

Элементы поведения	SHR	DBA/2	C57BL/6
Локомоция	-	-	Прав
Подъем на задние лапы	Прав	Лев	С
Заглядывания в отверстия	С	-	-
Сидение	-	Прав	-
Груминг	Прав	-	-
Дефекация	-	-	-

Примечание. С – симметричное участие гемисфер в регуляции элемента поведения, Прав – доминирование правого полушария, Лев – доминирование левого полушария, “-” – участия гемисфер не выявлено.

Обсуждение результатов. «Открытое поле» является удобным тестом для изучения асимметрии полушарного контроля двигательной активности, исследовательского поведения и уровня тревожности грызунов [1, 2, 23].

Так, в лаборатории проф. В.Л.Бианки в опытах на беспородных мышях было установлено, что временная инактивация коры левого полушария с помощью распространяющейся депрессии снижает двигательную активность мышей в «открытом поле», в то время как аналогичное воздействие на кору правой гемисферы оказывается неэффективным или, даже наоборот,

вызывает гиперактивность [14]. Исследовали также межполушарную асимметрию двигательной активности, эмоционального и исследовательского поведения у самцов и самок крыс линии Вистар в «открытом поле». В течение 1 ч регистрировали число пересечений квадратов, подъёмов на задние лапы и заглядываний в отверстия, а также число уринаций и дефекаций у интактных крыс и животных с односторонней временной инактивацией одной из гемисфер [14]. Оказалось, что в первые минуты экспозиции, а также во второй половине опыта у самцов в осуществлении двигательной и исследовательской активности

доминировало левое полушарие. У самок во второй половине опыта доминировало правое полушарие. Таким образом, общими для крыс и мышей стали следующие факты:

- поочерёдная инактивация правого и левого полушарий выявляет функциональную межполушарную асимметрию в организации контроля двигательной активности крыс и мышей;

- левое полушарие оказывает преимущественно активирующее, а правое – в основном тормозное влияние на двигательную активность. У большинства животных доминирующую роль в реализации моторики играет левое полушарие;

- степень выраженности активирующего (левополушарного) и тормозного (правополушарного) влияний зависят от уровня двигательной активности.

- перерезка мозолистого тела приводит к уменьшению межполушарной асимметрии двигательной активности и разделению выборки животных на две группы: высоко- и низкоактивных особей.

Кроме того, было показано, что степень выраженности асимметрии находится в зависимости от условий содержания животных. Так, например, хэндлированные крысы демонстрировали более выраженное предпочтение в «открытом поле», чем нехэндлированные: опыты с унилатеральным удалением коры показали отсутствие асимметрии регуляции поведения со стороны правого и левого полушарий головного мозга у нехэндлированных крыс. Сочетание хэндлинга и обогащенной среды при содержании животных до

эксперимента привело к уменьшению двигательной активности практически до нулевого уровня при удалении правого неокортекса [18].

Результаты наших экспериментов [8, 11, 12, 20, 21] кардинально отличаются от полученных ранее в опытах Е.Б. Филипповой [2, 14]. Так, в наших опытах инактивация как правого, так и левого полушарий не приводила к достоверным изменениям горизонтальной двигательной активности. Соответственно не наблюдалось и межполушарных различий по данному компоненту индивидуального поведения. В то же время вертикальная исследовательская активность достоверно снижалась и при выключении левой, и при выключении правой гемисферы. При этом наблюдалось доминирование правого полушария.

Не совпадают наши данные и с результатами экспериментов Е.Ш.Кулигиной и соавторов [7]. Авторами статьи было показано, что самцы мышей линии C57BL/6 характеризуются значительно большей горизонтальной двигательной активностью (локомоцией), чем мыши линии DBA/2. Межполушарные различия в этих опытах не исследовались.

Объяснить вышеуказанные различия в результатах можно с нескольких точек зрения. В первую очередь надо отметить, что само по себе поведение мышей крайне вариабельно и может изменяться под влиянием многих фактов, как-то: времени суток, степени сытости животных, освещённости в «открытом поле», уровня шума и т.д. К сожалению, очень часто эти моменты

не только не описаны в методике, но и не учитываются при постановке экспериментов.

Во-вторых, межполушарная асимметрия контроля поведения мышей также очень динамична и напрямую связана со степенью активности особей, временем суток и, безусловно, выбранной линией животных, а также стоком (партией) мышей, на котором выполнялись эксперименты. Всё это свидетельствует в пользу продолжения подобных исследований с более чётким методическим подходом и обязательно с фармакологическим анализом обнаруживаемых и межлинейных, и межполушарных различий.

Выводы:

1. Паттерн индивидуального поведения самцов мышей линий SHR, DBA/2 и C57BL/6 в тесте «открытое поле» различен.

2. У самцов мышей имеет место функциональная межполушарная асимметрия в регуляции элементов индивидуального поведения, направление и степень выраженности которой у линий C57BL/6 и DBA/2 различны и, в том числе, отличаются от таковых у беспородных животных.

3. В большинстве же случаев кора как левого, так и правого полушария вообще не принимает значимого участия в реализации элементов индивидуального поведения.

4. Большая специализация полушарий наблюдается в регуляции временных параметров поведенческих реакций.

Литература:

1. Бианки В.Л. Асимметрия мозга животных. – Л.: Наука, 1985. – 295 с.
2. Бианки В.Л., Филиппова Е.Б. Межполушарная асимметрия и двигательная активность у грызунов // Журн. высш. нервн. деят. – 1984. – Т. 34, № 6. – С. 1093 – 1099.
3. Бландова З.К., Душкин В.А., Малашенко А.М., Шмидт Е.Ф. Линии лабораторных животных для медико-биологических исследований. – М.: Наука, 1983. – 191 с.
4. Буреш Я., Бурешова О. Применение корковой распространяющейся депрессии при исследовании условных рефлексов // Электроэнцефалографическое исследование высшей нервной деятельности. – М.: Наука, 1962. – С. 322 – 340.
5. Буреш Я., Бурешова О., Хьюстон Д.П. Методики и эксперименты по изучению мозга и поведения. – М.: Высшая школа, 1991. – 400 с.
6. Кругликов Р.И., Орлова Н.В., Гецова В.М. Содержание норадреналина и серотонина в симметричных отделах мозга крыс в норме, при обучении и введении пептидов // Журн. высш. нервн. деят. – 1991. – Т. 41, № 2. – С. 359 – 363.
7. Кулигина Е.Ш., Лебедев А.А., Лучникова Е.М. Сравнительно-генетический анализ роли дофаминергических систем мозга в контроле элементов поведения в тесте «открытое поле» у мышей DBA/2J и C57BL/6J // Генетика. – 1997. – Т. 33, № 11. – С. 1529 – 1533.
8. Кулигина Е.Ш., Михеев В.В. Фармакоэтологический анализ межлинейных различий у мышей // Морфо-функциональные механизмы адаптации и коррекции патологических нарушений. Тез. докл. междунар. конф. – Кишинев, 1995. – С. 105.
9. Маркель А.Л. К оценке основных характеристик поведения крыс в тесте «открытое поле» // Журн. высш. нервн. деят. – 1981. – Т. 31, № 2. – С. 301 – 307.
10. Маркель А.Л., Галактионов Ю.К., Ефимов В.М. Факторный анализ поведения крыс в тесте открытого поля // Журн. высш. нервн. деят. – 1988. – Т. 38, № 5. – С. 855-863.
11. Михеев В.В., Шабанов П.Д. Нейрофармакологический анализ межполушарной асимметрии мозга в регуляции поведения, болевой чувствительности и анальгезии у мышей

12. разных генетических линий // Психофармакол. и биол. наркол. 2007. – Т.7, №3-4. – С.2131-2140.
13. Михеев В.В., Шабанов П.Д. Фармакологическая асимметрия мозга. – СПб.: Элби-СПб, 2007. – 384 с.
14. Сандодзе В.Я., Портной В.Н., Раздольский А.С., Марсагишвили Г.А. Система для регистрации и анализа свободного поведения в условиях теста «открытое поле» // Вопр. биол. и мед. техн. – 1989. – Т.9. – С.150-154.
15. Филиппова Е.Б. Межполушарная асимметрия исследовательских и эмоциональных характеристик поведения крыс в открытом поле // Журн. высш. нервн. деят. – 1985. – Т. 35, № 6. – С. 1082 – 1087.
16. Abeelen van J.H.F. Genetic analysis of behavioural responses to novelty in mice // Nature. – 1975. – Vol. 23. – P.238-241.
17. Cabib S., Algeri S., Perego C., Puglisi-Allegra S. Behavioral and biochemical changes monitored in two inbred strains of mice during exploration of an unfamiliar environment // Physiol. and Behav. – 1990. – Vol. 47, № 4. – P. 749 – 753.
18. Cabib S., Puglisi-Allegra S. Genotype-dependent effects of chronic stress on apomorphine-induced alterations of striatal and mesolimbic dopamine metabolism // Brain Res. – 1991. – Vol. 542, № 1. – P.91-96.
19. Denenberg V.H. Lateralization of function in rats // Amer. J. Physiol. – 1983. – Vol. 245, № 4. – P.505 – 509.
20. Frischknecht H.R., Siegfried B., Waser P.G. Opioids and behavior: genetic aspects // Experientia. – 1988. – Vol. 44, № 6. – P.473-481.
21. Kuligina E.S., Lebedev A.A., Mikheiev V.V., Shabanov P.D. Pharmacological analysis of hemispheric asymmetry for motor activity in DBA/2J and C57BL/6J mice // Pharmacol. Res. – 1995. – Vol. 31, Suppl. – P. 106.
22. Kuligina E.S., Lebedev A.A., Luchnikova E.M., Mikheiev V.V. Pharmacological analysis of strain differences in hemispheric asymmetry for motor activity in DBA/2J and C57BL/6J mice // Brasil. J. Genetics. – 1996. – Vol. 19, № 2. Suppl. – P. 115.
23. Rosen G.D., Finklestein S., Stoll A.L. et al. Neurochemical asymmetries in the albino rat's cortex, striatum, and nucleus accumbens // Life Sci. – 1984. – Vol. 34, № 12. – P. 1143 – 1148.
24. Tees R.C. Visual experience, unilateral cortical lesions, and lateralization of function in rats // Behav. Neurosci. – 1984. – Vol. 98, № 6. – P. 969 – 978.

Информация об авторах:



Михеев Владимир Владимирович, доктор биологических наук, старший преподаватель кафедры фармакологии Военно-медицинской академии им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург, 194044, ул. акад. Лебедева, 6; тел. (812)542-4397; 8-921-787-2983



Шабанов Петр Дмитриевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой фармакологии Военно-медицинской академии им. С.М.Кирова, Санкт-Петербург, 194044, ул. акад. Лебедева, 6; тел. (812)542-4397; 8-921-900-1951; 8-905-236-2958; pdshabanov@mail.ru

Л.С. Степанян, А.Ю. Степанян, В.Г. Григорян

МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ В СИСТЕМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА ПРИ КОРРЕКЦИИ ПОДРОСТКОВОЙ АГРЕССИВНОСТИ

Ереванский государственный университет, Ереван, Армения

МЕЖПОЛУШАРНАЯ АСИММЕТРИЯ В СИСТЕМНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ МОЗГА ПРИ КОРРЕКЦИИ ПОДРОСТКОВОЙ АГРЕССИВНОСТИ

Л.С. Степанян, А.Ю. Степанян, В.Г. Григорян

Исследованы межполушарные взаимосвязи левого и правого полушарий коры головного мозга при проведении психокоррекционных мероприятий у подростков с высоким уровнем личностной агрессивности. Показано правополушарное доминирование в исходных регистрациях, свидетельствующее о наличии негативного эмоционального фона. К концу психокоррекционных мероприятий наблюдалось преимущественное доминирование левого полушария, позволяющее судить о развитии положительного эмоционального фона. Показана зависимость особенностей межполушарных взаимодействий от характера выполняемой деятельности.

Ключевые слова: личностная агрессивность, ситуационная тревожность, вызванные потенциалы, кора головного мозга, межполушарные взаимодействия.

INTERHEMISPHERIC ASYMMETRY IN A SYSTEM BRAIN ACTION IN THE TIME OF ADOLESCENT AGGRESSION CORRECTION

I.S. Stepanyan, A.J. Stepanyan, V.G. Grigoryan

Brain asymmetry during psychological correction actions among teenager with high level of personal aggression is investigated. Right hemisphere domination in initial registrations among teenagers with high level aggression is shown. It testifies about presence of negative emotional state. Predominantly inversion from the right to the left hemisphere by the end of psychological correction actions is revealed. Interhemispheric features depended on character of realizing activity is found out.

Key words: personal aggression, situational anxiety, event-related potentials, cortex, brain asymmetry.

Введение. Актуальность проведения психокоррекционных мероприятий, призванных снизить уровень агрессивности в подростковой среде, занимает важное место в профилактике девиантного поведения. Психологическая коррекция как метод комплексного воздействия на подростка направлена на изменение его жизненных установок и навыков поведения и предполагает

формирование новых конструктивных методов решения своих проблем. Базируясь на положениях о том, что состояние нейробиологической основы определяет и степень чувствительности к психогенным ситуациям, и возникновение эмоциональных и поведенческих расстройств можно утверждать, что психопрофилактика и психогигиена агрессивного поведения должны основываться на научных

знаниях, которые позволяют выработать оптимальные эффективные методы предупреждения и коррекции агрессивного поведения.

Необходимость определения реальных психофизиологических детерминант агрессивности подростков, которые позволяют раскрыть механизмы и средства ее предотвращения и коррекции обуславливает актуальность настоящей работы.

Одними из этих психофизиологических детерминант являются изменения уровня активности в различных участках коры головного мозга, а также особенности межполушарных взаимодействий.

По положениям ряда авторов межполушарная функциональная асимметрия как фундаментальная закономерность работы мозга и определяет характеристики психических состояний и деятельности субъекта (Брагина, Доброхотова, 1988; Данилова, 1992; Tucker, 1981 и др.). При этом показано, что в обеспечении эмоциональной сферы человека левое и правое полушария головного мозга вносят разный вклад и выполняют свои специфические функции (Блум и др., 1988; Sperry, 1982 и др.). Так, Kolb и Milner (1981) предложена гипотеза о вовлеченности левого полушария при негативных эмоциях, в работах Reuter-Loren, Davidson, (1981), Stenberg (1992) и др. приводятся данные о преимущественной эмоциональности правого полушария. В работах А. Вартаняна (1999) отмечается, что левое полушарие ответственно за восприятие и экспрессию положительных эмоций,

а правое – отрицательных, а также что корковая регуляция эмоций осуществляется в норме при взаимодействии полушарий. У. Геллер (Heller, 1993) обнаружила преобладание активации *левой* передней коры на фоне *высокого эмоционального напряжения* отрицательного знака, т.е. обращается внимание не только на знак эмоций, но и на *активационный компонент* эмоционального возбуждения – *размерность, интенсивность* переживаемой эмоции, что дает в определенной степени возможность объяснить противоречия между результатами различных исследователей.

В тоже время, характерным признаком функциональной асимметрии полушарий является ее лабильность. Асимметрия непостоянна и изменяется на разных стадиях осуществления той или иной деятельности.

Таким образом, отсутствие однозначных выводов о полушарной специализации эмоций, в частности, относящихся подростковому периоду со своими возрастными особенностями и предопределило цель и задачи настоящей работы.

Цель и задачи. Учитывая, что особенности межполушарных взаимодействий являются тонким индикатором изменений психоэмоционального статуса мы предположили, что результативность проведения психокоррекционных мероприятий может быть объективизирована посредством

анализа межполушарных взаимодействий.

В связи с чем целью данного исследования было исследование динамики изменений особенностей межполушарных взаимодействий при проведении психокоррекционных мероприятий у подростков.

В свою очередь, для объективного изучения когнитивных функций у человека применяется метод вызванных потенциалов, используемый в качестве инструмента функциональной диагностики коры головного мозга. По данным картирования зрительных ВП получены сведения о физиологическом генезе и значимости отдельных компонентов ВП (Лебедева, 2002; Albrecht et al, 2005 и др.). В частности, показана связь компонента P300 с оценкой сигнала и принятием решений (Иваницкий, 1988; Канунников, 1988; Шагасс, 1975), а также связь изменений параметров компонента P300 вызванной активности, зарегистрированной в лобных и височных областях с аффективными расстройствами поведения (Campanella et al., 2004; Hanatani et al., 2005; Pauli et al., 2005). Параметры (ЛП и амплитуда) компонента P300 используются авторами как индикатор степени вовлеченности исследуемых областей в обеспечение контроля эмоций и мотиваций.

Задачами исследования явились: тестирование на уровень агрессивности; сравнительная оценка межполушарной разницы по амплитудно-временным характеристикам компонента P300 вызванных потенциалов (ВП)

фронтальной, орбито-фронтальной, височной и передне-нижне-височной областей левого и правого полушарий при проведении психокоррекционных мероприятий.

Материалы и методы. В эксперименте участвовали 50 подростков-волонтеров. Для диагностики предрасположенности к развитию агрессивного поведения использовались следующие методики: опросник Басса-Дарки, опросник Г. Айзенка «Диагностика психических состояний»; проективные методики исследования личности «Тест Руки Вагнера» и «Несуществующее животное». На основании тестирования респонденты, характеризующиеся низким уровнем агрессивности были исключены из выборки и не подвергались дальнейшему исследованию. Таким образом, в исследование были вовлечены 20 «высокоагрессивных» испытуемых (11 мальчиков и 9 девочек), с каждым из которых проводилось 4 сеанса психокоррекции.

При выборе тестов принималось во внимание их селективность, соответствие стандартным тестовым нормам, валидность и надежность.

Для проведения психокоррекционных работ было использовано сочетание «агрессивной» компьютерной игры "OPERATION TRONDHEIM" (класса «стрелялок» - "3D Action-Shouter", которая относится к ролевым компьютерным играм, подклассу «игры с видом из глаз своего компьютерного героя») и следующих общепринятых методик психокоррекции агрессивности

(Платонова, 2004): «Датский бокс», «Безмолвный крик», «Пресс», «Толкалки». Эффективность психокоррекции контролировалась с помощью определения динамических изменений уровня тревожности и лабильности эмоциональной сферы с помощью теста Люшера, а также анализа объективных нейрофизиологических показателей – особенностей межполушарных взаимодействий.

С целью изучения активности мозговых структур регистрировали зрительные вызванные потенциалы фронтальной (F_3-F_4), орбито-фронтальной ($F_{P1}-F_{P2}$), височной (T_3-T_4) и передне-нижне-височной (F_7-F_8) областей коры левого и правого полушарий до начала психокоррекционных мероприятий (T_0) и к концу последнего сеанса коррекции (T_1). Зрительный стимул был использован в качестве общепринятой «парадигмы пробного стимула», когда зрительное возбуждение, не связанное с осуществляемой основной деятельностью и применяемое всегда в одинаковой дозировке, используется как эталонный индикатор степени активации корковых областей, что позволяет считать, что изменения амплитуды зрительных ВП отражают уровень изменений активности под влиянием изучаемой деятельности от T_0 к T_1 .

Исследования проводили в затемненной, звукозаглушенной, экранированной камере в удобном для испытуемого полулежачем расслабленном положении с

закрытыми глазами. В качестве зрительного стимула использовали световые вспышки средней интенсивности - 0.4 Дж с частотой 0.3 Гц. Регистрацию проводили с помощью отводящих хлорсеребряных электродов диаметром 7-8 мм, которые располагались в симметричных точках исследуемых областей коры головного мозга обоих полушарий по системе 10/20. Индифферентный электрод располагался на мочке уха. Вызванные потенциалы коры головного мозга усредняли по 32 индивидуальным реакциям. Регистрация вызванной электрической активности на световое раздражение, генератором которого служил фотостимулятор FTS-21, осуществлялась на 8-канальном электроэнцефалографе фирмы "Medicor", Венгрия (постоянная времени - 1с, полоса пропускания - 0.5-70 Гц). Для автоматической регистрации, суммирования и анализа ВП использовали компьютерные программы "EPPREC" и "EPPROC". В ходе анализа для визуального контроля на дисплее высвечивался результат текущего усреднения ВП. Эпоха анализа равнялась 500 мс; частота оцифровки сигнала составляла 250 Гц.

В настоящей работе для выявления межполушарных различий анализировались амплитудные характеристики позитивного компонента P300 ВП, как наиболее реактивного к эмоционально-значимым стимулам.

Полученные экспериментальные данные подвергались статистической обработке по Т-тесту зависимых пар

(пакет статистических программ SPSS BASE 10.0 for WINDOWS).

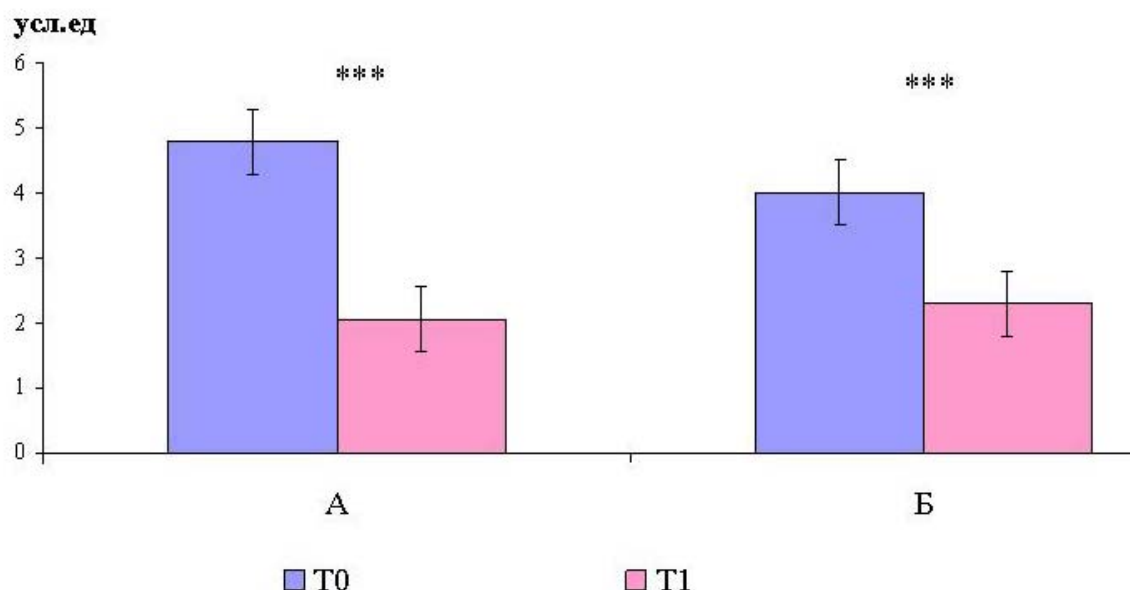


Рис. 1. Динамические изменения показателей ситуационной тревожности (А) и эмоциональной лабильности (Б) при проведении психокоррекционных мероприятий у испытуемых

Результаты и их обсуждение. Сравнительный анализ динамических изменений уровня тревожности и эмоциональной лабильности по тесту Люшера показал, что до начала коррекционных работ испытуемые характеризовались высоким уровнем тревожности (4,75 усл.ед.) и неустойчивостью эмоциональной сферы (4 усл.ед.), к концу эксперимента наблюдалось достоверное ($p \leq 0,001$, $p \leq 0,01$) понижение уровня тревожности до низких значений (2,06 усл.ед), а также показателей лабильности эмоциональной сферы в сторону устойчивости (от 4,0 до 2,29 усл.ед.) (рис.1).

Анализ полученных в результате статистической обработки амплитуды компонента Р300 зрительных ВП

исследуемых областей коры головного мозга у «высокоагрессивных» испытуемых выявил следующую картину.

Во фронтальной области до начала коррекционных работ по амплитуде позднего положительного компонента Р300 статистически значимо ($p < 0,001$) доминировало правое полушарие, к концу эксперимента статистически значимо ($p < 0,05$) доминировало левое полушарие (рис.2).

В орбито-фронтальной области амплитуда позитивного компонента Р300 в исходных регистрациях была выше в правом полушарии ($p < 0,05$), к концу эксперимента обнаруженная межполушарная разница нивелировалась, однако при этом наблюдалось повышение активности

правой орбито-фронтальной области (рис.2).

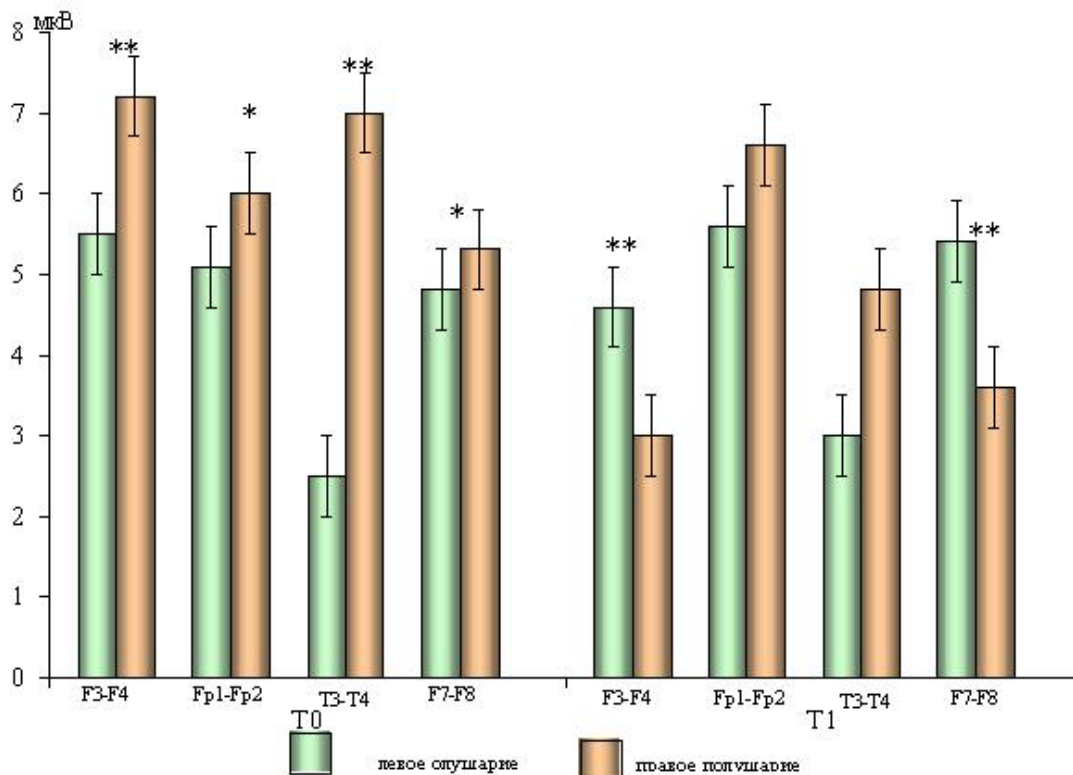


Рис.2. Динамические изменения амплитуды компонента P300 зрительных ВП фронтальных (F3-F4), орбито-фронтальных (Fp1-Fp2), височных (T3-T4) и передне-нижне-височных (F7-F8) областей коры больших полушарий до (T0) и к концу (T1) психокоррекции агрессивности. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$

В височной области по амплитуде компонента P300 до начала эксперимента статистически значимо ($p < 0,05$) доминировало правое полушарие, к концу психокоррекционных мероприятий активность обоих полушарий коры головного мозга синхронизировалась за счет понижения активности правой височной области.

В передне-нижне-височной области в исходных регистрациях статистически значимых межполушарных различий по амплитуде компонента P300 не выявлено. К концу эксперимента амплитуда позитивного компонента

была статистически значимо больше ($p < 0,05$) в левом полушарии.

Таким образом, полученные в результате проведенной психокоррекции данные о понижении уровня тревожности и усилении контроля над эмоциональной сферой у «высокоагрессивных» испытуемых обоего пола свидетельствуют о высокой эффективности и целенаправленности комплексных психокоррекционных работ для данной категории подростков. Применение этих методов коррекции, позволяет подростку разрядиться от накопленных отрицательных эмоций, при этом фор-

мируя новые конструктивные взаимоотношения личности с окружающими.

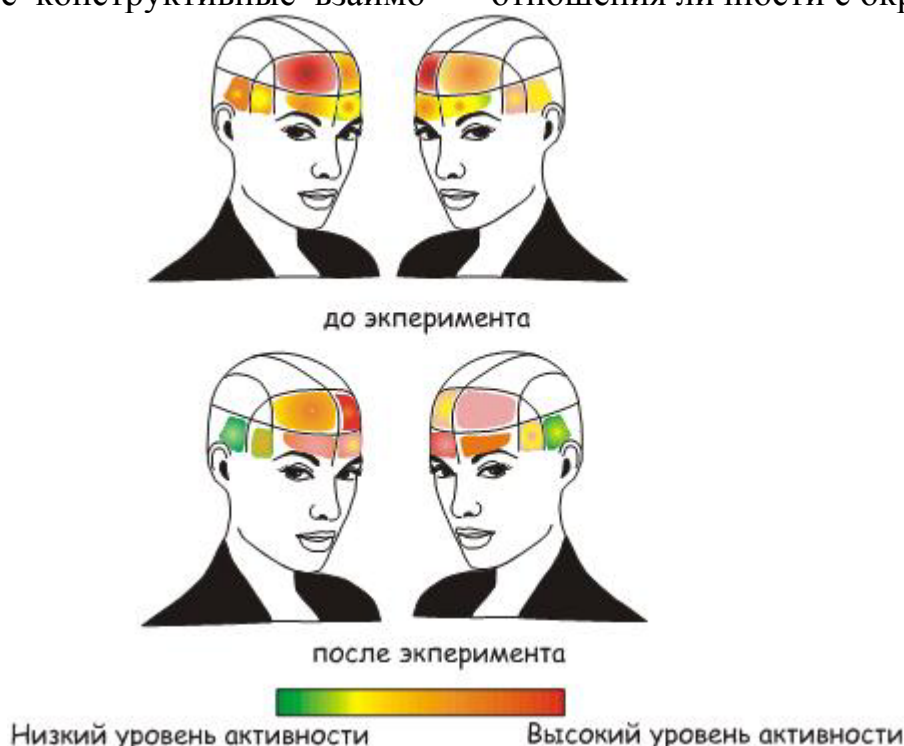


Рис.3. Гипотетическая схема межполушарных взаимодействий по уровню активности исследуемых областей до и к концу психокоррекционных мероприятий.

На нейрофизиологическом уровне исследования результативности психокоррекции подростковой агрессивности также было получено объективное подтверждение благотворного влияния примененных методов.

Обнаруженные данные о доминировании правого полушария в исследуемых областях по амплитудным характеристикам поздней положительной волны P300 в фоновых регистрациях у «высокоагрессивных» испытуемых (рис.3),

учитывая роль правого полушария в генерации отрицательных эмоций, позволяют предположить, что у испытуемых имеется изначально повышенный отрицательный эмоциональный фон, что

подтверждается также данными психологического тестирования.

Наблюдаемая под воздействием психокоррекционных мероприятий смена полушарного доминирования с правого на левое полушарие во фронтальной области, в зоне когнитивного контроля эмоций, а также в передне-нижне-височной области, ответственной за эмоциональную обработку информации, свидетельствует об усилении когнитивного контроля отрицательных эмоций и понижении уровня агрессивности. Полученные нами факты согласуются с данными ряда авторов (Русалова, 1988; Davidson, 2000; Heller, 1993; Heller, Nitscke, 1997; Tomarken, Keener 1998; Baehr, 2003; Peterson et al., 2008), о том, что левое полушарие ответственно за

восприятие и экспрессию положительных эмоций, а правое – отрицательных, а также что корковая регуляция эмоций осуществляется в норме при взаимодействии полушарий. Полученные нами факты согласуются также с результатами исследований Пильмана и др. (1999), о том, что ухудшение функции левого полушария может увеличить склонность к девиантному поведению. Возможно, это обусловлено тем, что низкая активность левого полушария делает ситуацию непонятной, невербализуемой и, следовательно, эмоционально-отрицательной.

С другой стороны под воздействием психокоррекционных мероприятий наблюдалось повышение активности правой орбито-фронтальной области, что согласно E. Harmon-Jones, Sigelman (2001) и H. Demaree et al. (2005), приводит к подавлению таких отрицательных эмоций как гнев и ярость, являющихся одними из проявлений агрессивности.

В тоже время, выявляемая после психокоррекции синхронная активность височных областей, обусловленная понижением активности в правой височной области, свидетельствует о нейтрализации отрицательных эмоций на глубоких уровнях мозговой организации. Полученные нами факты согласуются с данными ряда авторов (Raine, Yang, 2006; Tebartz van Elst, 2000), согласно которым, в состояниях, связанных с негативной эмоциональной активацией, наблюдается существенное повышение уровня активации правого полушария с

акцентом в правой височной и передне-нижне-височной областях (F8, T4), а также работ А. Киренской (2007), в которых показана патологически высокая активация правого полушария у лиц с делинквентным поведением.

Таким образом, обнаруженные изменения в психоэмоциональной сфере, а также активация левого полушария позволяют с большой уверенностью утверждать о положительном воздействии психокоррекционных мероприятий, которые, по видимому, приводят к осознанию своего эмоционального состояния и усилению когнитивного контроля отрицательных эмоций у испытуемых.

Вышеизложенные данные свидетельствуют о том, что динамика межполушарного доминирования и особенности межполушарных взаимодействий обусловлены также и особенностями текущей деятельности.

Полученные экспериментальные данные могут иметь как фундаментальное, так и практическое значение для профилактики и предупреждения развития ранних форм девиантного поведения.

Выводы:

1. Обнаружено понижение уровня тревожности и эмоциональной лабильности у «высокоагрессивных» подростков при воздействии психокоррекционных мероприятий.

2. Выявлена инверсия полушарного доминирования с правого на левое полушарие при воздействии психокоррекционных мероприятий,

позволяющее судить о разрядке накопленных отрицательных эмоций и развитии положительного эмоционального фона.

3. Показаны динамические изменения межполушарных взаимодействий, обусловленные текущей деятельностью.

Список литературы:

1. Блум Ф., Лейзерсон А., Хофстедтер Л. Мозг, разум и поведение. //М.: Мир. – 1988. - 248 с.
2. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. М. 1988. 244 с.
3. Вартанян И.А. Физиология сенсорных систем. СПб. Лань 1999. 153 с.
4. Данилова Н.Н. Психофизиологическая диагностика функциональных состояний. М.: Изд-во МГУ. 1992. 178 с.
5. Иваницкий А. М. Синтез информации в ключевых отделах коры как основа субъективных переживаний. // Журн. высш. нервн. деятельности 1997. Т. 47 №2 с. 209.
6. Канунников И. Е., Ветошева В. И. Современные представления о психофизиологической значимости Р300. //Физиология человека. 1988. Т.14 №2. с.314.
7. Киренская А.В. Межполушарная асимметрия в системной деятельности мозга в норме и при психических нарушениях. // Автореф. на соиск. степени доктора биол. наук. М., 2007, 48 с.
8. Лебедева И.С.,Абрамова Л.И.,Бондарь В.В. Слуховые ВП у больных шизофренией и аффективными расстройствами. // Научный центр психического здоровья РАМН. Москва. Ж. нерв. псих. им. С. С. Корсакова. 2002. №1. с. 56-60.
9. Русалова М.Н. Влияние эмоций на активацию левого и правого полушарий головного мозга // Физиология человека. 1988. Т.14. № 5. С.754–761.
10. Шагас П.Вызванные потенциалы мозга в норме и патологии. М.:Мир. 1975. 341с.
11. Albrecht B., Banaschewski T., Brandeis D., Heinrich H., Rothenberger A. Response inhibition deficits in externalizing child psychiatric disorders: An ERP- study with the Stop-task // Behav Brain Funct. 2005. Dec 9. V1. p22.
12. Baehr E., Rosenfeld P., Baehr R. Frontal asymmetry changes reflect brief mod shifts in both normal and depressed subjects. //Proceedings of the International Society of Neuronal Regulation. 2003. V.3. p.315-321.
13. Campanella S., Hanoteau C., Dépy D. et al. Right N170 modulation in a face discrimination task: an account for categorical perception of familiar faces. // Psychophysiology. 2000. Nov. V.37. №6. PP.796-806.
14. Davidson R. Anterior cerebral asymmetry and the value of emotion. // Brain and Cognition. 1992. V.20. P.125–151.
15. Davidson R.J., Jacson D.C., Kalin N. H. Emotion, plasticity, context and regulation. // Perspectives from affective neuroscience. Psychological Bulletin. 2000. V.126. P.890-906
16. Demaree H.A., Everhart D.E., Youngstrom E.A., Harrison D.W. Brain Lateralization of Emotional Processing: Historical Roots and a Future Incorporating "Dominance" // Behavioral and Cognitive Neuroscience Reviews. 2005. V. 4. № 1. P.3-20.
17. Hanatani T., Sumi N., Taguchi S. et al. Event-related potentials in panic disorder and generalized anxiety disorder. // Psychiatry Clin Neursci. 2005. Vol.59. №1. P.83
18. Harmon-Jones E, Sigelman J. State anger and prefrontal brain activity: evidence that insult-related relative left-prefrontal activation is associated with experienced anger and aggression. // J. Pers. Soc. Psychol. 2001. May. V.80. №5. pp.797–803

19. Heller W. Neuropsychological mechanisms of individual differences in emotion. Personality and arousal. // Neuropsychology. 1993. V.7. P.476–489
20. Heller W., Nitschke J.B. Regional brain activity and emotion: a framework for understanding cognition in depression. // Cognit. Emot. 1997. V.11. №5/6. pp.637–661.
21. Kolb B., Milner B. Observations on spontaneous facial expression after local cerebral excisions and after intracerebral injection of Sodium Amital // Neuropsychol. 1981. V. 19. № 4. P.107–116.
22. Pauli P., Amrhein C., Muhlberger A. et al. Electrocutaneous evidence for an early abnormal processing of panic-related words in panic disorder patients. // Int. J. Psychophysiol. 2005. V.57. №1. pp. 33–42
23. Peterson C.K., Shackman A.J., Harmon-Jones E. The role of asymmetrical frontal cortical activity in aggression. // Psychophysiology. 2008. №45. pp. 86–92.
24. Raine A., Yang Y. Neural foundations to moral reasoning and antisocial behavior // Social Cognitive and Affective Neuroscience 2006 1(3):203–213 1997
25. Reuter-Lorenz P., Davidson R.J. Differential contribution of the two cerebral hemispheres to the perceptions of happy and sad faces // Neuropsychology. 1981. V. 19. № 4. P.609–615.
26. Sperry R.W. Some effects of disconnecting the cerebral hemispheres // Science. - 1982. - V. 217. - №4566. - P.1223–1226.
27. Stenberg G. Personality and the EEG: arousal and emotional arousability // Person, individ. Differ. 1992. V. 13. № 10. P. 1097–1113.
28. Tebartz van Elst L., Ebert D., Trimble M. Hippocampus and amygdala pathology in depression. // Am.J. Psychiatry. 2000. №157. P. 115–118.
29. Tomarken A.J., Keener A.D. Frontal brain asymmetry and depression: A self-regulatory perspective. // Cognition and Emotion. 1998. V.12. P. 387–420
30. Tucker D.M. Lateral brain function, emotion/ and conceptualisation // Psychol. Bull. 1981. V. 81. № 1. P. 19–44.

Информация об авторах:

Григорян Вилена Грантовна, доктор биологических наук, профессор кафедры физиологии ч/ж биологического факультета Ереванского государственного университета.

E-mail: slusine7@rambler.ru, sau20@rambler.ru

Степанян Лусине Самвеловна, кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры физиологии ч/ж биологического факультета Ереванского государственного университета.

E-mail: slusine7@rambler.ru

Степанян Анна Юрьевна, кандидат биологических наук, научный сотрудник кафедры физиологии ч/ж биологического факультета Ереванского государственного университета.

E-mail: sau20@rambler.ru

Л.В. Семашко

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА УЧАЩИХСЯ К ВЫСОКИМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ И ФИЗИЧЕСКИ НАГРУЗКАМ (СИСТЕМЫ ПФА)

ГУ Межведомственный «Российский научно-практический центр физической реабилитации детей-инвалидов» на базе ВНИИФК, Россия, Москва

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМЫ АДАПТАЦИИ ОРГАНИЗМА УЧАЩИХСЯ К ВЫСОКИМ ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНЫМ И ФИЗИЧЕСКИ НАГРУЗКАМ (СИСТЕМЫ ПФА)

Л.В. Семашко

В статье представлены сравнительные результаты миографических и стабилографических исследований воздействия на организм детей, подростков и молодежи оригинальной Системы адаптации организма учащихся к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам - Системы ПФА и традиционных программ физического воспитания. Исследовалась асимметрия тонуса парно расположенных мышц лица, шеи, спины, ног и функция равновесия. Учащиеся экспериментальной Группы «Синтез» пройдя курс специальных занятий, показали статистически значимо более высокие результаты, определяющие состояние опорно-двигательной системы, чем учащиеся контрольных групп, обучающихся по традиционным программам, что выражено значительно меньшей асимметрией мышечного тонуса и более совершенной функцией равновесия у школьников экспериментальной Группы «Синтез», чем у школьников контрольных групп.

Ключевые слова: асимметрия, опорно-двигательная система, функция равновесия, постуральная система, миография, стабилография, Система ПФА (Система адаптации организма учащихся к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам)

EFFECTIVENESS OF PUPIL'S ADAPTATION SYSTEM USING FOR HIGH PSYCHOPHYSICAL LOAD

L.V. Semashko

The article focuses on the comparative results of myographic and stabilographic researches of the influence of the unique System of Psychophysical Adaptation and traditional methods of physical education on young organisms. The students' of experimental group Syntes having passed the training course show higher results of their support-locomotive systems statistically than the control groups training traditional methods, what has been proved by the students of experimental group Syntes who has considerably smaller skewness of muscular tonus and more absolute equilibrium function than the students of control groups.

Keywords: skewness, the support-locomotion system, equilibrium function, the postural system, myography, stabilography, skewness, the System of the Adaptation of Students' Organisms for High Psychophysical Load (the PPA System)

Введение.	Актуальность	Целью	данного	исследования
исследуемой	темы	связана	с	поиском
реальных	способов	улучшения		
состояния	здоровья	российских		
школьников	[1,2,3].			
		является	оценка	эффективности
		применения	оригинальной	Системы
		адаптации	организма	учащихся
		высоким	психоэмоциональным	и

физическим нагрузкам (Системы психофизической адаптации – Системы ПФА) в учебных коллективах. Исследование функционального состояния опорно-двигательного аппарата в процессе внедрения данной методики в образовательный процесс позволяет наиболее точно определить методы коррекции.

В Федеральном центре физической реабилитации детей-инвалидов под руководством Н. А. Гросс были проведены миографические исследования тонуса парно расположенных мышц и стабิโลграфические исследования функции равновесия учащихся всех возрастных групп [7]. В миографических исследованиях сравнивались результаты измерения асимметрии парно расположенных мышц учащихся 5-ти групп: одной экспериментальной и 4-х контрольных; в стабิโลграфических исследованиях сравнивались результаты эффективности функции равновесия учащихся одной экспериментальной и 3-х контрольных групп.

Экспериментальная творческая Группа «Синтез» к моменту общего исследования прошла курс специальных занятий и обладала знаниями и навыками восстановления индивидуальной анатомической нормы положения тела в пространстве [6], а учащимся контрольных групп только предстоял процесс внедрения методики Системы ПФА в учебный процесс.

В каждой обследованной группе был различный режим психофизических нагрузок. Для учащихся Группы «Синтез» была

характерна высокая психоэмоциональная и физическая нагрузка, которая заключалась в большой учебной и концертной деятельности. Большинство учащихся творческой Группы «Синтез» кроме занятий в общеобразовательной школе и Группе «Синтез» имели еще дополнительные внешкольные нагрузки, такие как занятия в музыкальной школе, курсах иностранных языков или в художественных школах. Школьники танцевальной группы «Лайт» г. Химки имели умеренную психофизическую нагрузку и концертную деятельность в сочетании с обучением в общеобразовательной школе. Учащиеся школы № 735 г. Москвы обучались по традиционной программе общеобразовательной школы. У некоторых из них были дополнительные внешкольные занятия. Все учащиеся школ дважды в неделю занимались физической культурой в общеобразовательной школе и пользовались традиционной школьной мебелью. В число обследованных учащихся вошли студенты Школы–студии МХАТ (ВУЗ). Их физическая нагрузка была недостаточной и некачественной, при крайне редкой посещаемости уроков физического воспитания. Последнюю группу под названием «другие» составили учащиеся различных школ, которые обследовались индивидуально и не принадлежали какой-нибудь определенной группе. Всего 94 человека прошли миографическое обследование и 110 человек – стабิโลграфическое обследование.

Миографические и стабิโลграфические исследования являются взаимодополняющими

методами изучения функционального состояния опорно-двигательной системы. В отличие от учащихся всех обследованных контрольных групп, занимавшихся по традиционным учебным программам, в основе обучающего цикла экспериментальной Группы «Синтез» была оригинальная Система адаптации организма учащихся к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам - Система психофизической адаптации - Система ПФА. Решение о выдаче патента Российской Федерации на изобретение (регистрационный № 2007129651, входящий № 032296, дата поступления 02.08.2007). Название изобретения «Способ адаптации организма учащихся к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам». В дополнение к обычным занятиям современной и классической хореографией учащиеся группы «Синтез» выполняли упражнения Универсального восстановительно-развивающего комплекса «Пять минут для здоровья» - «Пятиминутка», созданного на основе методов Системы ПФА. [3, 4]. Свидетельство № 9859 от 03 апреля 2006 года о депонировании и регистрации Российским авторским обществом произведения-объекта интеллектуальной собственности – рукопись научного труда под названием «Восстановительно-развивающий комплекс упражнений

«Пятиминутка» с методическими указаниями и 118 фотографиями».

Методика проведения миографического исследования. Для изучения эффективности влияния Системы ПФА на опорно-двигательную систему учащихся, а также взаимосвязи асимметрии тонуса парно расположенных мышц и функции равновесия были выбраны методы стабилотграфии и миографии.

Исследование асимметрии мышечного тонуса проводилось при помощи аппарата NORODYN 2000 SEMG Myotronics-Noromed, Inc., США, который позволяет произвести объективную оценку нейромышечных нарушений с использованием поверхностной электромиографии (SEMG). Нами исследовалась асимметрия тонуса парно расположенных мышц учащихся всех возрастных групп с применением данного метода. Тонус мышц измерялся в милливольтках.

Для каждого параметра SEMG программно-аппаратно определялось значение коэффициента асимметрии Diff. Если разница между правым и левым значениями параметром находилось в пределах погрешности измерений, то значение Diff для данного параметра принимается равным 0.

Для статистически значимых величин Diff они определяются по формуле

$$Diff(P) = \begin{cases} \frac{Max\{P_L, P_R\} - Min\{P_L, P_R\}}{Max\{P_L, P_R\}}, & \text{если } P_L < P_R \\ -\frac{Max\{P_L, P_R\} - Min\{P_L, P_R\}}{Max\{P_L, P_R\}}, & \text{если } P_L > P_R \end{cases}$$

где $Diff(P)$ — значение Diff для параметра P,

$Max\{P_L, P_R\}$ — наибольшее из пары значений $\{P_L, P_R\}$,

$Min\{P_L, P_R\}$ — наименьшее из пары значений $\{P_L, P_R\}$.

Нулевое значение Diff соответствует полностью симметричному параметру.

± 1 соответствует максимальной асимметрии (одно из значений много больше другого).

Знак “-” указывает на смещение значения параметра влево (левое значение больше правого). Знак “+”, соответственно, вправо. При статистической обработке массива данных использовались модули (абсолютные значения) Diff, т.к. нас интересует среднее значение коэффициента асимметрии без учета ее знака.

Методика проведения стабиллографического исследования. Стабиллография – метод регистрации перемещения центра давления через стопы пациента на плоскость стабиллографической платформы в процессе поддержания равновесия тела в вертикальной плоскости. Метод дает информацию о вертикальной проекции центра масс тела человека на плоскость опоры. По изменению центра давления на платформу стабиллографа судят о колебаниях центра масс тела человека [5]. В норме равновесие тела человека удерживается только малыми моноартикулярными мышцами позвоночника. При нарушении по какой-либо причине импульсации, поступающей от любого из датчиков постуральной системы, и угрозе нарушения равновесия в работу включаются фазические мышцы спины и поясницы, которые не выдерживают длительного напряжения. Их перенапряжение может приводить к

нарушению равновесия и являться причиной развития различных болевых синдромов и нейровегетативных расстройств (Caporossi R., 1991) [1, 5]. Занятия по Системе ПФА способствуют улучшению функции равновесия при достижении индивидуальной анатомической нормы положения тела в пространстве. Исследования функции равновесия учащихся проводились при использовании компьютерного стабиллоанализатора «Стабилан 01». Непосредственным объектом стабиллографического исследования является процесс поддержания человеком вертикальной позы – функции равновесия (ФР). Стабиллография применялась для диагностики двигательных нарушений и сравнительной оценки применения восстановительно-развивающих занятий по оригинальной методике Системы ПФА.

С помощью стабиллометрии производилось количественное изучение интегральных выходных параметров системы постурального регулирования при поддержании человеком вертикальной позы [5].

В данной работе использованы диагностические методики, позволившие произвести запись стабиллографического сигнала и выдачу заключения о проведенном обследовании: это стабиллографический тест, тест Ромберга, тест с поворотом головы.

В случае расчета разности результатов среднего смещения центра масс по фронтали первый результат (проба с открытыми глазами)

вычитался из второго результата (проба с закрытыми глазами). При этом результат со знаком «—» для среднего смещения по фронтали указывает на левое смещение, а со знаком «+» на правое смещение. Для среднего смещения по сагиттали результат со знаком «—» указывает на

смещение назад, а со знаком «+» на смещение вперед.

Стабилометрические исследования функции равновесия физиологичны, так как проводятся в естественных условиях, не вызывая никаких паталого-физиологических реакций у испытуемых [5].

Таблица 1. Средние значения коэффициента асимметрии мышечной активности по группам

Мышцы	Группа				
	«Синтез»	«Лайт» г. Химки	Школа 735 г. Москвы	Студенты Школы- студии МХАТ	«Другие»
	A	B	C	D	E
Frontalis	0.28<C	0.34	0.57	0.53	0.57
Anterior Temporalis	0.39<E	0.74	0.61	0.59	0.70
Masseter	0.43	0.53	0.50	0.58	0.53
Sternocleidomastoid	0.27<C	0.13<C	0.45	0.50	0.40
<i>Мышцы лица и шеи (вид спереди) в целом</i>	0.34<CDE	0.44	0.53	0.55	0.55
Splenius Capitus	0.33	0.58	0.35	0.44	0.42
Upper Trapezius	0.44	0.27	0.46	0.52	0.51
Middle Trapezius	0.31<C	0.39	0.52	0.51	0.44
Lower Trapezius	0.14<BCDE	0.61	0.50	0.53	0.40
Latissimus Dorsi	0.32<BC	0.81	0.51	0.47	0.42<B
<i>Мышцы шеи (вид сзади) и спины в целом</i>	0.31<BCD	0.53	0.47	0.50	0.44
Tibialis Anterior	0.57	0.64	0.64	0.59	0.62
Gastrocnemius	0.2<CDE	0.31	0.55	0.50	0.50
<i>Мышцы ног в целом</i>	0.38<CE	0.47	0.59	0.54	0.56
Все мышцы в целом	0.33<BCDE	0.49	0.51	0.52	0.50

Примечание. Запись в первой ячейке данных “0.28<C” означает, что среднее значение коэффициента асимметрии мышечной активности Frontalis для группы «Синтез» статистически значимо меньше, чем соответствующее значение для школы 735 (уровень значимости — 5%). Аналогично для остальных ячеек.

Результаты миографических исследований.

Результаты миографических исследований представлены в таблице 1.

Коэффициент асимметрии мышечной активности по группам в показателе «все мышцы в целом»

отразил наибольшее приближение к симметрии парно расположенных мышцы у школьников Группы «Синтез». Группа «Лайт» на втором месте, однако отдельные показатели завышены относительно других групп; на третьем месте «Другие», на

четвертом – учащиеся школы №735 и на последнем месте студенты Школы–студии МХАТ, у которых зафиксированы самые высокие показатели асимметрии тонуса всех изученных парно расположенных мышц. Это означает, что высокая степень асимметрии тонуса парно расположенных мышц вызывает большое напряжение мускулатуры, участвующей в поддержании вертикальной позы; при этом происходит нарушение осанки и возникают отрицательные изменения морфофункционального состояния организма. Высокие коэффициенты асимметрии мышечной активности

информируют о неэффективной деятельности опорно-двигательной системы.

В таблице 1 показано, что по большинству показателей у школьников Группы «Синтез» асимметрия тонуса парно расположенных мышц статистически значимо ниже, чем у всех остальных учащихся обследованных групп. По 10-ти показателям из 11-ти коэффициент асимметрии тонуса парно расположенных мышц у школьников Группы «Синтез» ниже, по 11-ти из 15-ти показателей статистически значимо ниже.

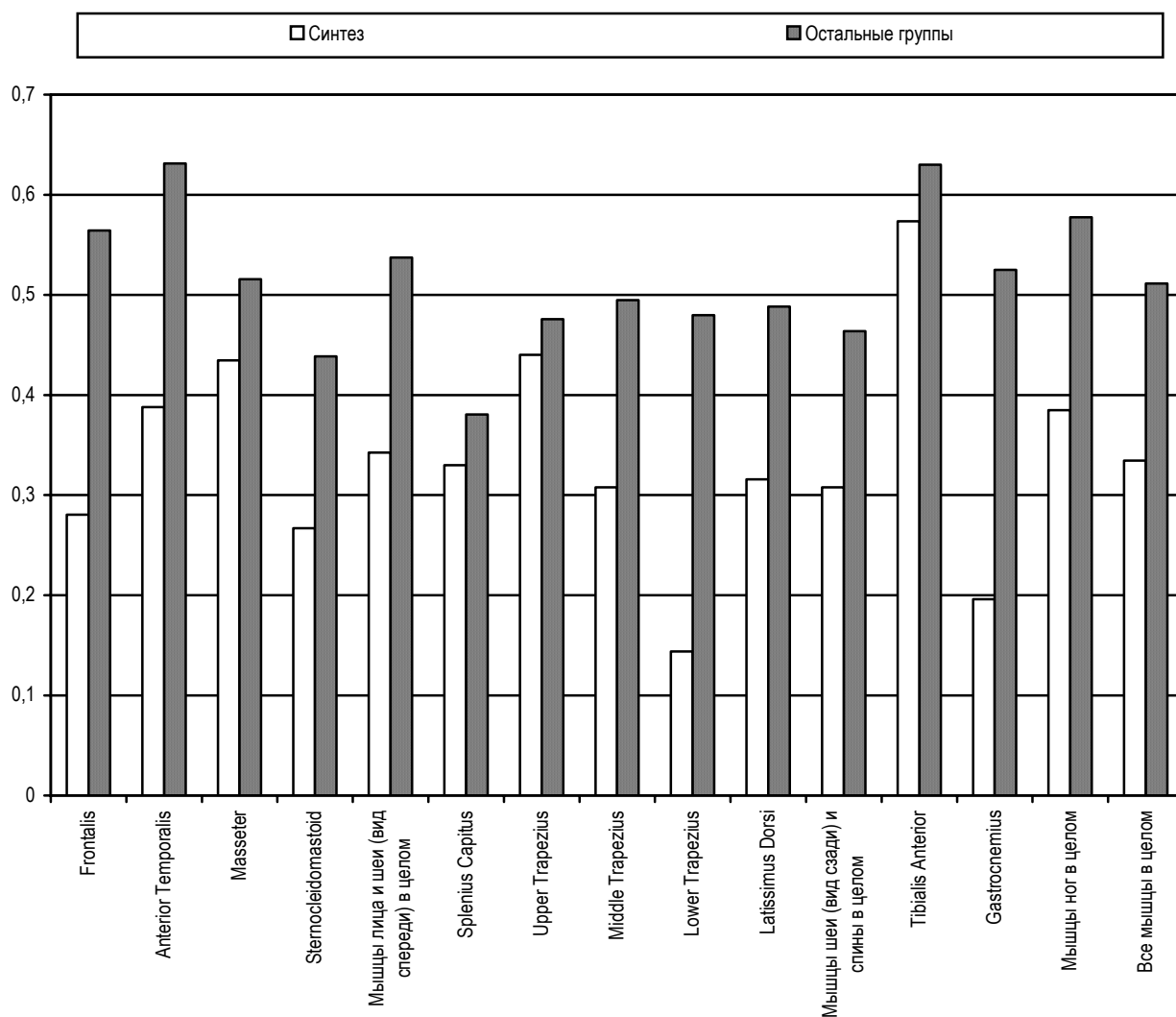


Рис.1. Сравнительные данные для группы «Синтез» и «Остальных групп» в целом приведены на рисунке 1 и в таблице 2.

Средние значения коэффициента асимметрии мышечной активности для группы «Синтез» и «остальных групп» в целом.

По оси ординат расположены значения коэффициента асимметрии мышечной активности, по оси абсцисс в пределах таблицы (столбики) результаты исследования по группам,

внизу за пределами таблицы названия исследуемых мышц.

На рисунке 1 отображены средние значения асимметрии мышечной активности для двух групп: «Синтез» и «Остальные группы» для наиболее наглядного сравнения результатов исследования.

Таблица 2. Средние значения коэффициента асимметрии мышечной активности для группы «Синтез» и «остальных групп» в целом.

Мышцы	Группа	
	«Синтез»	Остальные группы
	А	В
Frontalis	0.28<B	0.56
Anterior Temporalis	0.39<B	0.63
Masseter	0.43	0.52
Sternocleidomastoid	0.27<B	0.44
<i>Мышцы лица и шеи (вид спереди) в целом</i>	0.34<B	0.54
Splenius Capitus	0.33	0.38
Upper Trapezius	0.44	0.48
Middle Trapezius	0.31<B	0.49
Lower Trapezius	0.14<B	0.48
Latissimus Dorsi	0.32<B	0.49
<i>Мышцы шеи (вид сзади) и спины в целом</i>	0.32<B	0.46
Tibialis Anterior	0.57	0.63
Gastrocnemius	0.2<B	0.53
<i>Мышцы ног в целом</i>	0.38<B	0.58
Все мышцы в целом	0.33<B	0.51

Результаты исследования отдельных групп мышц показали значительную разницу коэффициента асимметрии мышц лица и передних мышц шеи между группами, в частности, Frontalis – у школьников группы «Синтез» (А) этот показатель в два раза меньше, чем у всех остальных (В) А – 0.28< В 0.56, Anterior Temporalis: А 0.39<В 0.63, Sternocleidomastoid А 0.27<В0.44. В целом коэффициенты асимметрии

мышцы лица и передней части шеи (вид спереди) у группы «Синтез» статистически значимо ниже, чем у всех остальных обследованных групп учащихся - А 0.34<В 0.54.

Мышцы шеи и тела (вид сзади), по группам также имеют статистически значимую разницу асимметрии тонуса парно расположенных мышц. Middle Trapezius А 0.31<В 0.49; Lower

Trapezius A $0.14 < B$ 0.48 ; Latissimus Dorsi A $0.32 < B$ 0.49 .

Мышцы шеи и тела (вид сзади) в целом у школьников группы «Синтез» статистически значимо более симметричны, чем у всех остальных обследованных школьников в целом – A $0.32 < B$ 0.46 .

Результат исследования разницы тонуса парно расположенных мышц ног по двум группам - «Синтез» и «Остальные группы», также показал статистически значимую разницу коэффициента асимметрии тонуса мышц: Gastrocnemius - A $0.2 < B$ 0.53 , и в целом по группе исследуемых мышц ног $0.38 < B$ 0.58 .

При рассмотрении асимметрии тонуса всех, изучаемых в данном случае, парно расположенных мышц в целом, также зафиксирован статистически значимый результат: коэффициент асимметрии парно

расположенных мышц по группам: A $0.33 < B$ 0.51 .

Эффективность занятий по Системе ПФА подтверждается статистически значимой разницей между результатами исследований асимметрии тонуса парно расположенных мышц учащихся Группы «Синтез», занимающихся по авторской методике и всех остальных групп, занимающихся по традиционным программам.

Результаты стабилографических исследований.

Тест Ромберга. Для наглядного сравнения результатов исследования функции равновесия приведены наиболее характерные для групп примеры статокинезиграмм; единица измерения - мм.

Примеры статокинезиграмм теста Ромберга для экспериментальной Группы «Синтез» и контрольной группы - школы №735.

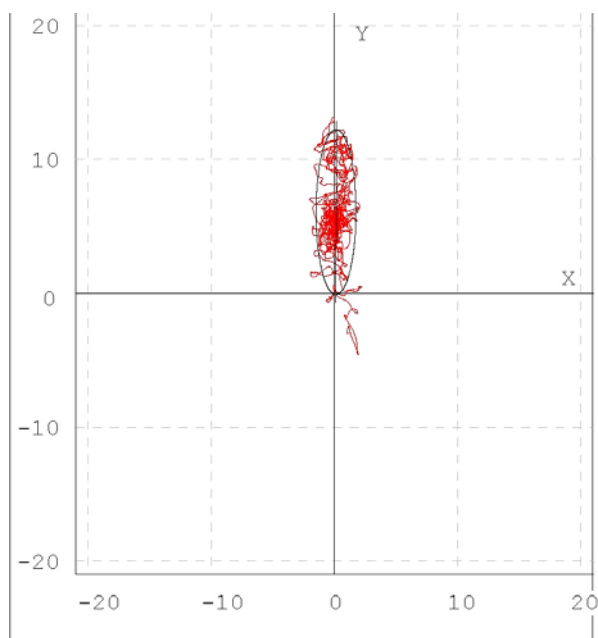


Рис. 2. Открытые глаза. Экспериментальная Группа «Синтез»

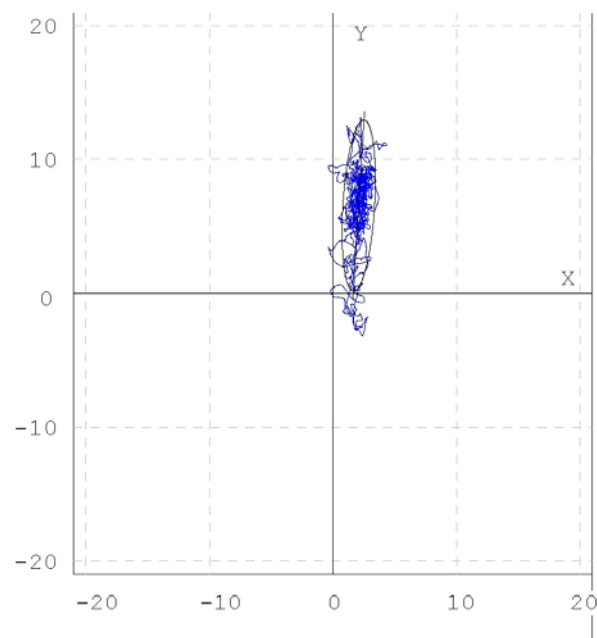


Рис. 3. Закрытые глаза. Экспериментальная Группа «Синтез»

В таблице 3 представлены результаты среднего смещения от

центра массы тела по фронтальной и

сагиттальной плоскостям в положении с открытыми глазами.

В группе «Лайт» наименьшее смещение по фронтالي 0,07мм, -1,75 МХАТ, .4.06 – Школа №735, -4.28 – «Синтез».

Среднее смещение по фронтالي МО(х), центра массы тела с закрытыми глазами представлено в таблице 4 следующими результатами: «Синтез» -

0.36, «Лайт» -0.91, МХАТ -0.29, Школа №735 -2.76,.

Среднее смещение по сагиттали с открытыми глазами: Школа №735: -1.44, МХАТ -1.75, «Синтез» -4.28.

Среднее смещение по сагиттали с закрытыми глазами «Синтез» - 0.12, Школа №735 0.53, «Лайт» 3.88, МХАТ -4.36.

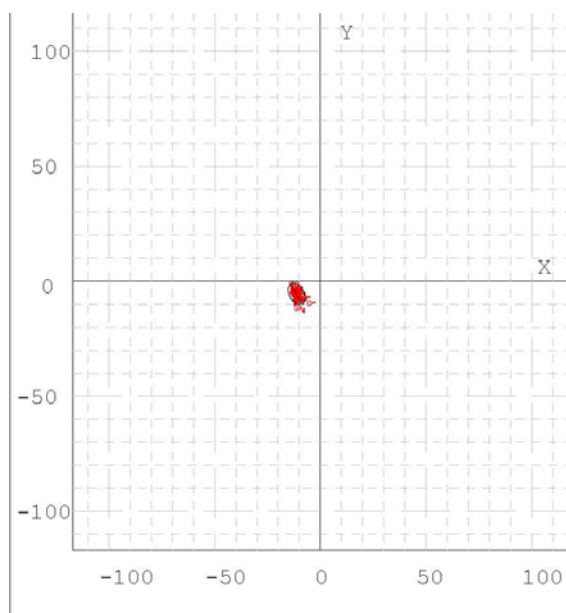


Рис. 4. Открытые глаза. Контрольная группа Школа №735

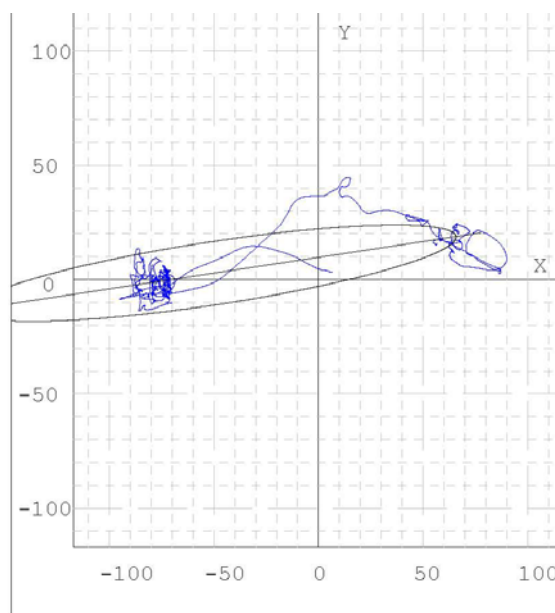


Рис. 5. Закрытые глаза. Контрольная группа Школа №735

Обращают на себя внимание результаты среднего смещения центра масс по фронтали и сагиттали у учащихся экспериментальной Группы «Синтез». Они значительно лучше, чем у них же самих в тесте с открытыми глазами и у учащихся экспериментальных групп в тестах с открытыми и с закрытыми глазами.

Исследование показало, что учащиеся Группы «Синтез», прошедшие экспериментальный курс занятий по Системе ПФА, овладели навыком рефлекторного восстановления индивидуальной анатомической нормы положения тела

в пространстве, обладают большей стабильностью функции равновесия с наименьшими мышечными напряжениями при уменьшении площади эллипса, охватывающего 90% кривой статокинезиграммы, которая отражает точность функций постральной системы.

В тесте с открытыми глазами среднее квадратическое отклонение от центра по фронтали у группы «Синтез» 2.17, по сагиттали 5.21. В тесте с закрытыми глазами по фронтали 2.76, по сагиттали 4.47. Это самые высокие результаты среди всех обследованных групп. В тесте с

закрытыми глазами результат среднеквадратического отклонения по сагиттали у школьников экспериментальной группы «Синтез» имеет статистически значимое

различие по сравнению со всеми контрольными группами: «Синтез» $4.47 < 6.26$ Школа №735, «Лайт» 6.72, МХАТ 6.72.

Таблица 3. Тест Ромберга: проба с открытыми глазами

Параметры	Группа			
	Танцевальная группа «Лайт» г. Химки	Группа «Синтез»	Школа 735	Школа-студия МХАТ (ВУЗ)
Среднее смещение по фронтали МО(х), мм	0.07	-4.28	4.06	-1.75
Среднее смещение по сагиттали МО(у), мм	-3.95	3.22	1.44	2.81
Разброс (среднеквадратическое отклонение) по фронтали Q(х), мм	3.27	2.17	4.67	3.62
Разброс (среднеквадратическое отклонение) по сагиттали Q(у), мм	4.07	5.21	5.41	4.5

Примечание. В тесте Ромберга (как, впрочем, и в тесте с поворотом головы) средние смещения МО(х), МО(у) протоколируются, но в диагностике не участвуют, т.е. отсутствует критерий «В норме / Большие нормы»

В тесте с закрытыми глазами у группы «Синтез» разброс (среднеквадратическое отклонение) по фронтали 2.76, что является самым высоким результатом. У учащихся контрольных групп: «Лайт» - 5.32, школы №735 - 5.4, МХАТ – 5.49 (табл. 4). Результаты исследования функции

равновесия учащихся Группы «Синтез» в Тесте Ромберга показали, что постуральная система школьников, специально обученных авторской методике Системы ПФА, работает более точно, чем у других учащихся, не обладающих специальными знаниями и навыками.

Таблица 4. Тест Ромберга: проба с закрытыми глазами

Параметры	Группа			
	Танцевальная группа «Лайт» г. Химки	Группа «Синтез»	Школа 735	Школа-студия МХАТ (ВУЗ)
Среднее смещение по фронтالي $MO(x)$, мм	-0.91	-0.36	2.76	-0.29
Среднее смещение по сагиттали $MO(y)$, мм	3.88	-0.12	0.53	-4.36
Разброс (среднеквадратическое отклонение) по фронтالي $Q(x)$, мм	5.32	2.76	5.4	5.49
Разброс (среднеквадратическое отклонение) по сагиттали $Q(y)$, мм	6.72*	4.47	6.26*	6.72*

* — значения для разброса (среднеквадратического отклонения) больше нормы (норма — ~6 мм).

В таблице 5 показана разность показателей проб с открытыми и с закрытыми глазами. Разность среднего смещения по фронтالي: в группе «Лайт» —0.98, в группе «Синтез» 3.92; в школе №735 —1.31; в Школе-студии МХАТ 1.46.

Разность среднего смещения по сагиттали в группе «Лайт» 7.83, в

группе «Синтез» —3.34; в школе №735 —0.91; в Школе-студии МХАТ —7.17.

Наименьшая разность среднего смещения по фронтالي у группы «Лайт», по сагиттали у школы №735 —0.91.

Таблица 5. Тест Ромберга: разность показателей проб с закрытыми и с открытыми глазами.

Параметры	Группа			
	Танцевальная группа «Лайт» г. Химки	Группа «Синтез»	Школа 735	Школа-студия МХАТ (ВУЗ)
Для среднего смещения по фронтالي $MO(x)$, мм	-0.98	3.92	-1.31	1.46
Для среднего смещения по сагиттали $MO(y)$, мм	7.83	-3.34	-0.91	-7.17

Вызывают интерес результаты исследования функции равновесия школьников экспериментальной Группы «Синтез» в тесте с закрытыми глазами. Их показали лучшие среди

всех обследованных групп учащихся. Высокие цифровые показатели, представляющие разницу результатов двух тестов, не типичны, так как только у школьников Группы «Синтез» результаты теста с

закрытыми глазами выше, чем с открытыми. Из этого следует, что учащиеся Группы Синтез, прошедшие специальный курс занятий по

авторской методике Системы ПФА наиболее эффективно поддерживают вертикальное положение тела без участия зрительного анализатора.

Таблица 6. Тест Ромберга: отношение показателей проб с открытыми и закрытыми глазами. Основные диагностические показатели

Параметры	Группа			
	Танцевальная группа «Лайт» г. Химки	Группа «Синтез»	Школа 735	Школа-студия МХАТ (ВУЗ)
Для разброса (среднеквадратического отклонения) по фронтоли Q(x)	1.61*	1.27	1.5	1.58*
Для разброса (среднеквадратического отклонения) по сагиттали Q(y)	1.7*	0.97	1.27	1.52*

* — значения для отношения разбросов (среднеквадратических отклонений) больше нормы (норма — ~1.5).

Отношения среднеквадратических отклонений для проб с открытыми и закрытыми глазами представлены в таблице 6. Это диагностические показатели. Превышение нормы, равной ~1.5 является показателем нарушения в работе постуральной системы. Во всех экспериментальных группах зафиксированы превышения нормы среднеквадратических отклонений центра масс: школа №735 по фронтоли 1.5, Группа «Лайт» по фронтоли 1.61, по сагиттали 1.7, Школа - студия МХАТ по фронтоли 1.58, по сагиттали 1.52. Наиболее благополучно выглядят результаты Группы «Синтез»: среднеквадратическое отклонение по фронтоли 1.27, по сагиттали 0.97. Эти

результаты показывают, что наилучшее состояние постуральной системы наблюдается у школьников группы «Синтез», занимающихся по Системе ПФА.

Тест с поворотом головы. Приведенные примеры статокинезиграмм в Тесте с поворотом головы показывают наиболее характерные особенности функции равновесия учащихся двух групп: экспериментальной – школы №735 и контрольной Группы «Синтез». Тест с поворотом головы является диагностическим и, если наблюдается превышение нормы, то это свидетельствует о нарушениях постуральной системы.

Примеры статокинезиграмм теста с поворотом головы группы «Синтез» и школы №735.

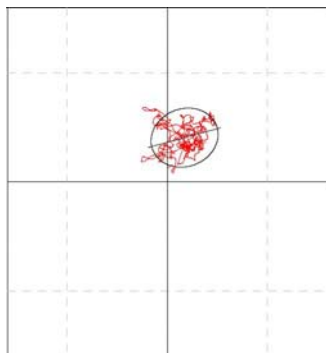


Рис. 6. Фоновая. Группа «Синтез»

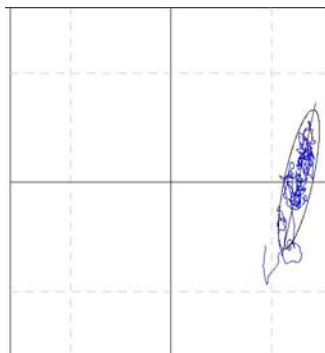


Рис. 7. Голова направо. Группа «Синтез»

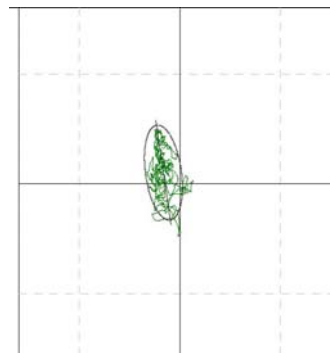


Рис. 8. Голова налево. Группа «Синтез»

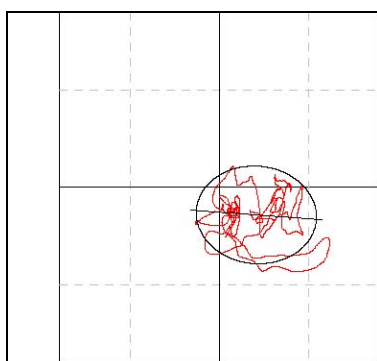


Рис. 9. Фоновая. Школа 735

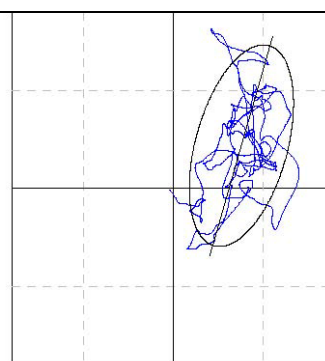


Рис. 10. Голова направо. Школа 735

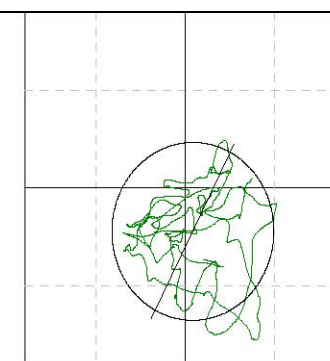


Рис. 11. Голова налево. Школа 735

В «Тесте с поворотом головы» диагностика проводится по значению отношения разброса (среднеквадратического отклонения) при повороте головы направо к разбросу (среднеквадратическому отклонению) при повороте головы

налево, если разброс (среднеквадратическое отклонение) при повороте головы направо больше, чем разброс (среднеквадратическое отклонение) при повороте головы налево, и наоборот.

Таблица 7. Тест с поворотом головы: отношение среднеквадратических отклонений от нормы во фронтальной и сагиттальной плоскостях по группам.

Параметры	Группа			
	Танцевальная группа «Лайт» г. Химки	Группа «Синтез»	Школа 735	Школа-студия МХАТ (ВУЗ)
$K_{\text{фронталь}}$	1.42	1.38	1.89*	1.72*
$K_{\text{сагитталь}}$	1.43	1.23	1.58*	1.52*

* — значения для отношения разбросов (среднеквадратических отклонений) больше нормы (норма — ~1.5).

В таблице 7 показано отношение среднего положения центра давления в среднеквадратических отклонений «Тесте с поворотом головы» во

фронтальной и сагиттальной плоскостях. Показатели, превышающие норму (~1.5 раза) зафиксированы у учащихся школы №735 и у студентов Школы - студии МХАТ во фронтальной плоскости: 1.89 – школа №735, 1.72 – Школа – студия МХАТ. В сагиттальной плоскости 1.58 – школа №735, 1.52 – Школа-студия МХАТ. Танцевальный коллектив «Лайт» имеет более высокие результаты: 1.42 – по фронту и 1.43 – по сагиттале, что укладывается в норму теста, так как они ниже предела нормы. Самый лучший результат у школьников творческой Группы «Синтез»: 1.38 по фронту, 1.23 – по сагиттали.

Результаты Теста с поворотом головы показали преимущество учащихся Группы «Синтез», владеющими знаниями и навыками, касающимися восстановления и поддержания индивидуальной анатомической нормы положения тела в пространстве.

Заключение. Миографические и стабилеографические исследования выявили статистически значимые различия между группами обследованных учащихся.

Миографические исследования асимметрии парно расположенных мышц учащихся различных групп показали статистически значимую разницу между группами А - «Синтез» и В - «Остальные группы». При рассмотрении асимметрии тонуса парно расположенных мышц в целом зафиксирован статистически значимый результат: коэффициент асимметрии парно расположенных мышц по группам: $A\ 0.33 < B\ 0.51$.

Распределение групп учащихся по степени асимметрии парно расположенных мышц и эффективности функции равновесия привело к выводу о значимости качества и количества занятий физической культурой во всем её многообразии, включающем в себя современную и классическую хореографию, а также эффективные психофизические техники.

Независимо от возраста большинство учащихся, не имеющих специальных знаний и навыков грамотной работы с телом, имеют высокую степень неоправданных взаимозависимых психоэмоциональных и мышечных напряжений, которые оказывают отрицательное воздействие на функциональное состояние организма.

На основании изучения результатов исследований сделан вывод о недостаточности и низкой эффективности физической нагрузки, для нормального функционирования организма учащихся обследованных экспериментальных групп. Нарушения работы опорно-двигательной системы выявлены у школьников 735-й школы г. Москвы и студентов Школы-студии МХАТ. В перспективе подобные нарушения приводят к снижению работоспособности и ухудшению психоэмоционального состояния (снижению самооценки)

В диагностических показателях отношения результатов проб с открытыми и закрытыми глазами превышение нормы ~1.5 раза является показателем нарушения постуральной системы:– 1.61, 1.7 – группа «Лайт»; 1.58, 1.52 – Школа – студия МХАТ. Отношение среднеквадратических

отклонений среднего положения центра давления в «Тесте с поворотом головы» во фронтальной и сагиттальной плоскостях у школьников 735-ой школы г. Москвы и Школы - студии МХАТ превышает норму ~1.5 раза.

Самые высокие показатели функции равновесия и минимальной асимметрии тонуса парно-расположенных мышц выявлены у школьников Группы «Синтез», занимающихся по оригинальной методике Системы адаптации организма учащихся к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам. Осанка учащихся группы «Синтез», имеющих нарушения работы опорно-двигательного аппарата, была более симметричной по сравнению с другими обследованными учащимися. Дети и подростки этой группы показали навыки нейтрализации излишних мышечных напряжений на поддержание вертикального положения тела, исключая препятствия для эффективной рефлекторной деятельности опорно-двигательного аппарата при восстановлении индивидуальной анатомической нормы положения тела в пространстве. Они координировали свои действия с требованиями исследователя, собственными намерениями и многократно выверенными ощущениями, демонстрировали осознанное управление телом, произвольное «освобождение» мышц от излишних напряжений при поддержании вертикали тела с наименьшими усилиями, создавая благоприятные условия для деятельности постуральной системы. В связи с этим можно предположить, что

у школьников группы «Синтез» начальный период «ложного сенсорного восприятия» собственного тела был закончен, что явно выражено наилучшими результатами проведенных исследований.

Литература:

1. Кучма В. Р., Сердюковская Г. Н., Демин А. К. Руководство по гигиене и охране здоровья школьников: для медицинских и педагогических работников, образовательных учреждений, лечебно-профилактических учреждений, санитарно-эпидемиологической службы / М.: Российская ассоциация общественного здоровья, 2000. – С.59-67.
2. Кучма В.Р. Состояние здоровья детей и подростков и современные подходы к его коррекции. // Диагностика, профилактика и коррекция нарушений опорно-двигательного аппарата у детей и подростков. Материалы Всероссийской конференции с международным участием (Москва, 5-6 декабря 2002 г.). – М.: ГУ НЦЗД РАМН, 2002. – С. 15-23.
3. Семашко Л. В. Свидетельство № 9859 от 03 апреля 2006 года о депонировании и регистрации Российским авторским обществом произведения-объекта интеллектуальной собственности – рукопись научного труда под названием «Восстановительно-развивающий комплекс упражнений «Пятиминутка» с методическими указаниями и 118 фотографиями».
4. Семашко Л.В. Адаптация организма учащихся школ исполнительского мастерства к высоким психоэмоциональным и физическим нагрузкам: автореф. дис. ...канд. биол. наук – М., 2003. – 23 с. Автореферат

5. Сухарева Л.М., Раппопорт, И.В. Звездина. Состояние здоровья и физическая активность современных школьников. // Гигиена и санитария. 2002. № 3. – С. 52-55.
6. Чикуров Ю. В. Краниосакральная терапия. – М.: Триада-Х, 2004. – С. 7-8.
7. Мохов Д. Е., Усачев В. И. Постурология в остеопатии. Издательский дом СПбМАПО 2004, - 44 с.

Информация об авторе:



Семашко Лилия Васильевна, кандидат биологических наук, консультант-методист ГУ Межведомственный «Российский научно-практический центр физической реабилитации детей-инвалидов» на базе ВНИИФК

И.П. Ястребцева, А.Е. Новиков

КОГНИТИВНЫЕ ПОСТИНСУЛЬТНЫЕ НАРУШЕНИЯ И АСИММЕТРИИ ОРГАНИЗМА

ГОУ ВПО "Ивановская государственная медицинская академия Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию", Иваново, Россия

КОГНИТИВНЫЕ ПОСТИНСУЛЬТНЫЕ НАРУШЕНИЯ И АСИММЕТРИИ ОРГАНИЗМА

И.П. Ястребцева, А.Е. Новиков

Цель работы – Изучение влияния структурных и функциональных асимметрий в системе управления и реализации организмом человека на формирование когнитивных нарушений после инсульта головного мозга. **Материал и методы** – углубленное клинико-неврологическое, психологическое, включающее тест Шульте, тест запоминания 10 слов, пересказ рассказа, таблицы Равенна, тест на обобщение, сравнение понятий, исключение 4-ого лишнего, простые и сложные аналогии, тест MINI-MENTAL STATE EXAMINATION, FRONTAL ASSESSMENT BATTERY, тест рисования часов, тест полушарного доминирования Н.М.Тимченко и методику определения доминирования правого/левого полушария, типовые тесты Т.А.Доброхотовой и Н.Н.Брагиной, функциональное и инструментальное исследование. Все тесты были применены на 255 пациентах, перенесших инсульт головного мозга. **Результаты** – Показана определяющая роль асимметрий системы управления в снижении когнитивных функций после инсульта головного мозга. **Заключение** – Сложное взаимодействие очагово-атрофических двусторонних поражений лобно-теменно-височных областей и функционального доминирования полушария головного мозга определяют постинсультные КН.

Ключевые слова: когнитивные нарушения, асимметрии, инсульт.

COGNITIVE IMPAIRMENTS AFTER STROKE AND ORGANISM ASYMMETRIES

I.P. Yastrebtseva, A.E. Novikov

Background and Purpose – We investigated the influence of structural and functional asymmetries in the management system and its realization on cognitive impairment formation after stroke. **Methods** – A detailed battery of clinico-neurologic, psychological tests including Shulte's test, and test of 10 words need to be memorized, and retelling of a story, and Raven's tables, and test of generalization and notions comparison, and searching for a forth odd element, and simple and complex analogues, and mini-mental state examination, and frontal assessment battery, and clock drawing test, and test of N. M. Timchenko, and the technique of left/right hemisphere domination determining, and standard T.A.Dobrochotova' and N.N.Bragina's tests, and also functional and instrumental investigation. All tests were undertaken on 255 patients after stroke. **Result** – The crucial role of management system asymmetries for cognitive disturbances reduction was identified. **Conclusion** – Complicated interactions of focal atrophic bilateral damage to frontal, temporal and parietal regions with functional activity of brain hemisphere underlie cognitive impairment after stroke.

Key words: cognitive impairment, asymmetries, stroke.

Когнитивные нарушения (КН) являются частым осложнением перенесенного инсульта головного мозга у выживших пациентов. Расстройства мнестико-интеллектуальной сферы ограничивают возможности пациентов в их повседневной жизни. При тяжелых дисфункциях, достигающих степени деменции, они приводят к инвалидизации и грубым ограничениям жизнедеятельности,

требующим помощи и регулярной заботы ближайшего окружения пациента. Это определяет высокую медико-социальную актуальность обсуждаемой проблемы.

Вопросы локализации постинсультных поражений, приводящих к когнитивным дисфункциям, неоднократно обсуждались в научной литературе [7, 16, 17]. Роль асимметрий человеческого организма также является предметом дискуссии [5, 9, 13, 15]. Существуют асимметрии как в системе управления организмом человека, каковым является головной мозг, так и в системе реализации, т.е. в руках и ногах. Асимметрии могут быть функциональными, в зависимости от доминирующего полушария головного мозга, ведущей руки и ноги, и структурными, определяемыми постинсультными очаговыми и атрофическими изменениями или длиной конечностей.

Изучение влияния структурных и функциональных асимметрий в системе управления и реализации организмом человека на формирование КН после инсульта головного мозга, явилось целью настоящей работы.

Материал и методы.

Под наблюдением находилось 390 пациентов, перенесших инсульт головного мозга в возрасте от 40 до 75 лет, средний возраст $53,3 \pm 9,0$ лет. Давность инсультов у наблюдаемых нами пациентов составила от 1 до 19 лет. 85 пациентов, принятых в данное исследование, наблюдались в динамике, в среднем 3 года. 228 пациентов (89,4%) перенесли ишемический инсульт, причем 127 (49,8%) - в каротидной системе, 88 (34,5%) - в вертебробазилярной, 13

(5,1%) - в обоих сосудистых бассейнах; 25 (9,8%) - паренхиматозный геморрагический инсульт; 22 (8,6%) - супратенториальный, 3 (1,2%) - субтенториальный. В 2-х наблюдениях (0,8%) отмечались повторные ишемический и геморрагический инсульт.

Проведено углубленное клинико-неврологическое, психологическое, функциональное и инструментальное исследование. Всем пациентам проводилось расширенное нейропсихологическое тестирование с использованием количественных шкал. Оно включало тест Шульте, тест запоминания 10 слов, пересказ рассказа, таблицы Равенна, тест на обобщение, сравнение понятий, исключение 4-ого лишнего, простые и сложные аналогии, тест MINI-MENTAL STATE EXAMINATION (MMSE) [11], FRONTAL ASSESSMENT BATTERY (FAB) [10], тест рисования часов [6]. Полушарное доминирование верифицировалось тестом полушарного доминирования Н.М.Тимченко и методикой определения доминирования правого/левого полушария [3]. Для определения функциональных асимметрий использовались типовые тесты Т.А.Доброхотовой и Н.Н.Брагиной (1994) [1]. Результаты психологического тестирования консультированы в психологической лаборатории областной клинической психиатрической больницы.

Пациенты, у которых в конце острого периода инсульта не регистрировались КН (36,9%) составили 1-ую группу сравнения, регистрировались связанные со старением КН (англ. aging-associated

cognitive decline) (23,3%) - 2-ую, умеренные когнитивные нарушения (англ. mild cognitive impairment) (33,9%) – 3-ью, сосудистая деменция (5,9%) – 4-ую.

Верификация диагноза посредством компьютерной или/и магнитно-резонансной томографии была проведена 153 пациентам, в том числе 81 - в динамике. Компьютерная томография головного мозга проводилась на рентгеновском компьютерном томографе "SOMATOM ARS" фирмы "Siemens" (Германия) (толщина исследуемого слоя при одном сканировании 2-3-5-10 мм, пространственное разрешение 256-512 мм). МРТ проводилась на магнитно-резонансном томографе фирмы Siemens, напряженностью магнитного поля 1,0 Тесла, толщиной срезов от 2 мм, пространственной разрешающей способностью томографа 1 мм.

Результаты.

Корреляции между функциональными и структурными асимметриями рук, ног и выраженностью КН нами найдены не были.

Выраженность мнестико-интеллектуальных расстройств, по нашим данным, определялась всей совокупностью очаговых и атрофических изменений, причем как клинически манифестных, так и "немых" (молчаливых). Четкой линейной зависимости между степенью церебральной атрофии с расширением ликворосодержащих пространств, наличием лейкоарейоза, распространенностью мелких очагов и выраженностью КН наши наблюдения не выявили. Так, при умеренно выраженном распространении

мелкоочаговых изменений КН у одних больных не выявлялись, у других приводили к инвалидизации с потерей способности к самообслуживанию. У пациентов 3-ей группы сравнения мелкоочаговые изменения при нейровизуализации варьировали от множественных диффузных до единичных.

Однако если у пациентов 1-ой и 2-ой групп грубые морфологические изменения не фиксировались, то среди больных 3-ей группы нейроморфологические изменения затрагивали зоны 2-го и 3-го функциональных блоков по А.Р.Лурия [2].

У пациентов 4-ой группы на КТ и МРТ определялась выраженная атрофия смешанного типа, преимущественно лобно-теменно-височной локализации, и многоочаговые двусторонние асимметричные поражения в подкорковых структурах, теменно-височной и медиобазальных отделах лобной долей обоих полушарий мозга. Зоны острой дисгемии располагались в доминирующем полушарии головного мозга. Как правило (86,7% наблюдений 4-ой группы), это было левое полушарие. В 13,3% случаев 4-ой группы пациенты перенесли инсульт в бассейне правой задней мозговой артерии, что было подтверждено при нейровизуализации. На МРТ присутствовали также очаги в левом полушарии. При определении доминантного полушария головного мозга регистрировалось функциональное доминирование правого полушария.

Интересен вопрос размера очаговых поражений. Объемный и линейный размер постинсультных зон

широко варьировал от мелких до обширных в 3-ей и 4-ой группах сравнения. В 1-ой и 2-ой группах крупные очаги зафиксированы не были.

Признаки лейкоарейоза [14] регистрировались на T-2 взвешенных изображениях МРТ в 4,2% наблюдений. Полученные нами результаты подтверждают данные авторов [14], которые не установили линейной корреляции между уровнем нейropsychологического дефекта и выраженностью перивентрикулярных и диффузных изменений белого вещества. Однако, у всех пациентов с лейкоарейозом были признаки либо умеренных КН, либо деменции. Обязательно у этих больных страдало наглядно-образное мышление, внимание, кратковременная вербальная и невербальная память, восприятие. Отмечались нарушения по тестам MMSE, FAB и грубые затруднения, вплоть до невозможности выполнения по тесту «Часы». При динамическом наблюдении за этими больными отмечено быстропрогредиентное нарастание когнитивного снижения у пациентов с лейкоарейозом с двух сторон при наличии многоочагового поражения головного мозга.

Обсуждение

Частота и степень нарушения различных высших психических функций неравнозначны у больных с поражением правого и левого полушария [4]. Как правило, леворукость ассоциировалась с более выраженным возрастным когнитивным снижением [19].

Наши данные выявили облигатность поражения доминантного полушария головного

мозга для формирования КН. Очаговые поражения полушарий головного мозга нарушали межполушарные взаимоотношения, меняли взаимодействие специфических и неспецифических морфофункциональных структур головного мозга. Известна латерализация контроля движений церебральными структурами [8]. Так, при активации доминантного полушария головного мозга активировалось и субдоминантное полушарие. Однонаправленный транскортикальный нейрональный поток приводил к асимметричной активации нейронов субдоминантного полушария импульсами из доминантного. Возможно, в основе развития нарушенных как двигательных, так и когнитивных функций лежали общие патогенетические механизмы.

По нашим данным, диффузное функциональное поражение головного мозга после инсульта приводило к разобщению корково-субкортикальных связей. Так, у пациентов 4-ой группы выявлялись многоочаговые двусторонние асимметричные поражения в подкорковых образованиях обоих полушарий мозга. Но четкой линейной зависимости между распространенностью мелких очагов и выраженностью КН нами не выявлено. При наличии мнестических расстройств нейроморфологические изменения затрагивали зоны 2-го и 3-го функциональных блоков по А.Р.Лурия [2].

Мнение других авторов относительно локализации зон сосудистого поражения при дисмнестическом синдроме не всегда

однозначно. Согласно данным L.Delano-Wood et al [7], нейропатологическим субстратом умеренных КН являлись глубокие отделы белого вещества, что соответствовало определенной части полученных нами данных. Это несколько противоречило представлениям G.B.Frisoni et al 2002 [12] о не типичности мнестического дефекта для субкортикальных КН. Ведущая роль таламуса и меньшая роль кортикальных областей в развитии КН после ишемического инсульта была продемонстрирована в исследовании G.T.Stebbins et al [17]. Таламус оказался ключевым компонентом не только лобно-субкортикальных, но также височно-лимбических связей, значимых для хранения и воспроизведения информации [17]. Патология таламуса могла приводить к деменции [18].

Заключение. Высшие психические функции являются результатом интегративной деятельности мозга, совместной работы обоих полушарий и срединных образований. Сложное взаимодействие очагово-атрофических двусторонних поражений лобно-теменно-височных областей и функционального доминирования полушария головного мозга определяют постинсультные КН.

Благодарности. Мы признательны д.н.м., профессору Александру Николаевичу Новосельскому за интерес к проблеме асимметрий человека. Благодарим коллектив ГКБ№3 г.Иваново за плодотворную совместную работу.

Список литературы:

1. Брагина Н.Н., Доброхотова Т.А. Функциональные асимметрии человека. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Медицина.– 1988.– с.203-218.
2. Лурия А.Р. Основы нейропсихологии.– М.– 1973.– С.147-151.
3. Практикум по спортивной психологии. Под ред. И.П. Волкова. СПб.: Питер.– 2002.– 288 с.
4. Функциональная межполушарная асимметрия. Хрестоматия. Под ред. Н.Н. Боголепова, В.Ф. Фокина. М.: Научный мир.– 2004.– 728 с.
5. Annett, M. Predicting combinations of left and right asymmetries. // Cortex – V.36 – 2000 – P.485–505.
6. Brodaty, H, Moore, C.M. The Clock drawing test for dementia of the Alzheimer's type: A comparison of three scoring methods in a memory disorders clinic. // Int J Geriatr Psychiatry – V.12(6) – 1997 – P.619–627.
7. Delano-Wood, L., Abeles, N., Sacco, J.M., Wierenga, C.E., Horne, N.R., Bozoki, A. Regional white matter pathology in mild cognitive impairment. // Stroke – V.39 – 2008 – P.794–799.
8. Derakhshan, I. Why nondominant hand movements cause bilateral cortical activation in emission imaging? // Stroke – V.34– 2003 – P.3–4.
9. De Vries, J.I.P., Wimmers, R.H., Ververs, I.A.P., Savelsbergh, G.J.P., van Geijn, H.P. Fetal handedness and head position preference: a developmental study. // Dev.Psychology – V.39 – 2001 – P.171–178.
10. Dubois, B., Slachevsky, A. A frontal assessment battery at bedside. // Neurology – V.55 – 2000 – P.1621–1626.
11. Folstein, M., Folstein, S., McHugh, P.R. Mini-mental state: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. // J. Psychiatr. Res.– V.12 – 1975 – P.189–190.

12. Frisoni, G.B., Galluzzi, S., Bresciani, L. Mild cognitive impairment with subcortical vascular features. Clinical characteristics and outcome. // J. Neurol.— V.249 – 2002 – P.1423–1432.
13. Geodakyan, V.A., Geodakyan, K.V. A new concept on lefthandedness. Doklady Biological Sciences – V.356 – 1997– P.450–454.
14. Hachinski, V.C., Potter, P., Merskey, H. Leuko-araiosis. // J. Arch. Neurol.— V.44 – 1987 – P.21-23.
15. Karmanova, I.V., Novoselsky, A.N., Sinitsky, I.A. Hemispheric asymmetries and changes in the standing posture in patients following recent strokes or older strokes. // Cerebrovascular Diseases.— V.24 – 2006 – P.103.
16. Libon, D.J., Heilman, K.M. Assessing the impact of vascular disease in demented and nondemented patients. // Stroke – V.39 – 2008 – P.783–784.
17. Stebbins, G.T., Nyenhuis, D.L., Wang, C., Cox, J.L., Freels, S., Bangen, K., deToledo-Morrell, L., Sripathirathan, K., Moseley, M., Turner, D.A., Gabrieli, J.D.E., Gorelick, P.B. Gray matter atrophy in patients with ischemic stroke with cognitive impairment. // Stroke – V.39– 2008– P.785–793.
18. Tekin, S., Cummings, J.L. Frontal-subcortical neuronal circuits and clinical neuropsychiatry: an update. // J Psychosom Res.— V.53– 2002– P.647–654.
19. Van der Elst, W., Van Boxtel, M.P. J., Van Breukelen, G.J. P., Jolles, J. Is left-handedness associated with a more pronounced age-related cognitive decline? // Laterality: Asymmetries of Body, Brain and Cognition.— V.13– 2008 – P.234–254.

Информация об авторах:



Ястребцева Ирина Петровна, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры неврологии и нейрохирургии ГОУ ВПО "ИвГМА Росздрава"

E-mail: ip.2007@mail.ru,

Сфера научных интересов: ангионеврология.



Новиков Александр Евгеньевич, доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой неврологии, нейрохирургии, функциональной и ультразвуковой диагностики им. проф. Е.М.Бурцева ФДППО

Сфера научных интересов: ангионеврология, эпилептология.

О.В. Левашов

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ МАГНО- И ПАРВОЦЕЛЛЮЛЯРНОЙ СИСТЕМ (М И П) (ФАЗИЧЕСКОЙ И ТОНИЧЕСКОЙ) ПРИ ЛОКАЛЬНЫХ ПОРАЖЕНИЯ МОЗГА И ПРИ ДИСЛЕКСИИ: НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ АСИММЕТРИЯ МАГНО- И ПАРВОЦЕЛЛЮЛЯРНОЙ СИСТЕМ (М И П) (ФАЗИЧЕСКОЙ И ТОНИЧЕСКОЙ) ПРИ ЛОКАЛЬНЫХ ПОРАЖЕНИЯ МОЗГА И ПРИ ДИСЛЕКСИИ: НЕЙРОБИОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД

О.В. Левашов

Проводится анализ сравнительно новых данных о взаимодействии М и П (магно- и парвоцеллюлярной) систем при восприятии реальных сцен, чтении и при стойких нарушениях чтения (дислексии). Делается вывод о дефиците М-системы при дислексии и выдвигается предположение об асимметрии (дисбалансе) работы М и П систем при некоторых поражениях мозга и при дислексии.

FUNCTIONAL ASYMMETRY OF M AND P SYSTEMS UNDER SOME BRAIN DAMAGE AND DYSLEXIA

O.V. Levashov

A review of recent data on a role of M and P systems in scene analysis and reading. It suggested that reading deficit – dyslexia – can be explained by a deficit of M system and a change of interaction between M and P systems.

Введение. Термин дислексия мало известен широкому кругу, да и специалисты еще до конца не определились - что считать дислексией и как ее диагностировать.

Согласно определению Британской ассоциации дислексии «Дислексия - это специфическое нарушение способности к обучению, которое имеет нейробиологическую природу, носит стойкий характер и сохраняется на протяжении всей жизни. При этом отмечаются дефицит оперативной памяти, снижение скорости обработки информации, трудности в автоматизации навыков. Эти проявления не затрагивают другие когнитивные функции».

Несколько другой является

трактовка Международной ассоциации дислексии: «Дислексия - это вид специфического нарушения обучения, имеющий неврологическую природу. Она характеризуется неспособностью быстро и правильно распознавать слова, осуществлять декодирование, осваивать навыки спеллинга, несмотря на сохранность других когнитивных способностей и полноценную обучающую инструкцию. Вторично возникают нарушение понимания текста, дефицит читательского опыта и словаря».

Наиболее известный специалист по дислексии в России - А.Н Корнев – дает более компактное определение (1995): «Дислексия - это состояние, основным проявлением которого

является стойкая, избирательная неспособность овладеть навыком чтения, несмотря на достаточный для этого уровень интеллектуального и речевого развития, отсутствие нарушений слуха и зрения и оптимальные условия обучения».

Раньше к дислексикам относили в среднем 2-5% школьников. Однако в последние годы дислексия быстро набирает темпы. По разным оценкам в России, США и Англии она встречается уже у 20% младших школьников.

Феномен дислексии широко исследуется, однако никакой ясности относительно причин возникновения и механизмов развития дислексии пока нет.

Одна из очевидных причин, на мой взгляд, кроется в том, что нам вообще мало что известно о нейронных механизмах обработки информации в мозге, в том числе механизмов узнавания, чтения и т.д.

После пионерских работ Хьюбеля и Визеля начался бум компьютерного («вычислительного») моделирования, возникло ощущение, что еще немного и станет ясно – что и как происходит в нейронных сетях коры головного мозга при зрительном анализе реальных визуальных сцен.

Однако «воз и ныне там», проблема узнавания оказалась слишком крепким орешком для математиков и биофизиков, и до сих пор нет ни одной сколько-нибудь полновесной теории зрительного анализа и узнавания.

Настоящая работа носит обзорный характер и ставит вопрос о сложном характере взаимодействия нейронных структур как при анализе сцен, так и при чтении, а также об определенном

дисбалансе этого взаимодействия при некоторых поражениях мозга и при дислексии. Особенно интересной в плане фактического материала оказалась фундаментальная книга Земира Зеки «Видящий мозг» (A vision of the brain) [16]. Зеки – известный английский нейрофизиолог, который много сделал в области исследования механизмов восприятия цвета, формы и движения. К сожалению, эта книга не переведена на русский язык.

В данной работе обсуждаются также три модели взаимодействия М и П систем при анализе пространственных сцен.

Основные сведения об устройстве зрительной системы

Принято выделять три главных уровня обработки зрительной информации: подкорковый (сетчатка глаза и подкорковые ядра), первичный корковый (17-19 поля затылочной доли коры) и высший корковый уровень.

С вычислительной точки зрения можно описывать функционирование нейронных структур зрительной системы на языке работы сложного параллельного нейрокомпьютера, «элементной базой» которого являются отдельные нейроны, обладающие так называемыми «рецептивными полями» (РП). Под РП обычно понимают некую конфигурацию фоторецепторов на сетчатке, при световой стимуляции которой данный нейрон отвечает наилучшим образом. Чем дальше от входного слоя рецепторов расположен нейрон, тем более сложной оказывается соответствующая нейронная сеть, начинающаяся с фоторецепторов и конвергирующая, в конечном счете, на данном нейроне.

Соответственно, более сложной может быть и конфигурация входного зрительного стимула, на который «настроен» данный нейрон, т.е. сложнее его РП.

Большинство данных о работе нейронов зрительной системы получено на кошках и обезьянах, мозг которых сравнительно хорошо изучен и, как считается, сходен с мозгом человека в отношении обработки входной зрительной информации.

С точки зрения обработки изображений каждый нейрон зрительной системы со своим РП выполняет математическую операцию «свертки» [4]. Обычно нейроны в зрительной коре расположены «слоями», и соседние нейроны в слое имеют одинаковые РП, также расположенные по соседству. Таким образом, нейронная сеть из всех нейронов такого слоя «анализирует» своими РП все входное сетчаточное изображение и выполняет над ним операцию свертки, выделяя полезные для дальнейшего использования локальные признаки. В результате на следующий нейронный уровень приходит уже преобразованное изображение, над которым выполняются другие операции.

Сетчатка. Считают, что в сетчатке производятся некоторые операции по «улучшению» входного изображения (например, повышение четкости за счет подчеркивания перепадов яркости), а также его перекодирование с целью передачи в кору для дальнейшей обработки.

Подкорковый уровень. Из сетчатки через зрительный нерв сигналы поступают в наружное коленчатое тело (НКТ). Считается, что на этом уровне продолжается «улучшение» входного

изображения и что НКТ - просто «релейная станция» для дальнейшей передачи входных данных в кору.

Однако есть работы, демонстрирующие с помощью компьютерного моделирования более широкие возможности по обработке информации нейронных структур НКТ, в частности выделение границ между разными текстурами и пространственно-частотную фильтрацию (см. [4,7]). Так, Н.Ф.Подвигин [7] обнаружил в НКТ класс нейронов с быстро меняющимися по размерам РП, которые могут играть роль перестраиваемых во времени фильтров пространственных частот. Согласно Подвигину в начале очередной фиксации глаз происходит низкочастотная фильтрация и стирание визуальных следов от предыдущей фиксации.

Первичные уровни коры. В классических работах Хьюбела и Визела [9] найдены РП нейронов с прямоугольными конфигурациями, выделяющие отрезки прямых разных ориентаций и углы.

Высшие уровни коры. Считается, что именно на этих уровнях завершается процесс зрительного анализа и узнавания окружающих предметов. Именно на этих уровнях у человека отмечаются существенные межполушарные различия. Так, у человека работу правого полушария связывают с пространственным анализом, ориентировкой в пространстве под зрительным контролем, конкретным распознаванием и запоминанием сложных образов (в том числе лиц знакомых людей), а работу левого

полушария – с узнаванием букв и слов и чтением [1,2,3,4,8,9].

Взаимодействие между функциональными блоками в коре головного мозга. Левое и правое полушарие соединены друг с другом мозолистым телом – очень крупным (порядка 10 миллионов) пучком нервных волокон, по которым передаются сигналы от одного полушария к другому и осуществляется их взаимодействие. Дегенерация или перерезка мозолистого тела приводит к феномену «расщепленного мозга», когда оба полушария начинают решать одну и ту же предложенную задачу (например, зрительное узнавание) разными способами и не только не помогают, но иногда конфликтуют друг с другом [8]. В слуховом восприятии выявлено несколько типов взаимодействия полушарий, главным из которых оказалось «реципрокное торможение», когда нейронная активность определенной зоны одного полушария (например, левой височной доли при различении речи) тормозит работу активность блоков другого полушария, расположенных примерно симметрично [1].

Каков характер взаимодействия между функциональными блоками в пределах одного полушария неизвестно, есть лишь косвенные данные о возможности разных типов взаимодействия между блоками. Так, за последние годы выявлено большое число (до 15) отдельных зон на высших уровнях коры с ретинотопической проекцией (т.е. блоков, на входы которых передается топографически сходное изображение из проекционных зон [16]. Выявлены

зоны, связанные только с анализом движения или только с анализом цвета. Эти зоны работают, в основном, независимо, однако между ними могут возникать взаимотормозные отношения [1].

Таким образом, условно зрительную систему человека можно рассматривать как многопроцессорный нейрокомпьютер со сложной архитектурой, в котором сочетается как последовательная, так и параллельная обработка сигналов, и отдельные функциональные блоки которого (своего рода нейронные вычислительные модули) определенным образом размещены в правом и левом полушарии.

Возникает вопрос - насколько жестко определено место каждого модуля в коре мозга и что будет происходить при неправильной «сборке» в процессе развития, т.е. когда архитектура этого нейрокомпьютера по тем или иным причинам оказывается «нестандартной» (нарушения внутриутробного развития, родовые травмы, опухоли и локальные поражения мозга, возникающие на ранних стадиях развития)?

Еще один закономерный вопрос - насколько отличается архитектура зрительного нейрокомпьютера у правшей и левшей? В работе Доброхотовой и Брагиной [2] было отмечено, что только чуть больше трети всей популяции составляют «чистые правши», практически не встречается «чистых левшей» (с зеркальным относительно правшей распределением основных сенсорных функций), а большинство составляют лица с промежуточными «профилями асимметрии».

В целом, попытка разобраться в «блочном устройстве» зрительной системы мозга наталкивается на массу трудностей и упирается в отсутствие необходимых физиологических данных.

Тем более важной становится задача системного подхода к изучению структуры зрительного нейрокомпьютера на основе моделей, в том числе моделей вычислительных.

Именно такой подход позволяет проанализировать, какие сбои, конфликты и ошибки могут возникнуть в процессе развития при неправильной «сборке» зрительного нейрокомпьютера. По мнению автора, такой подход может оказаться весьма эффективным и при исследовании причин возникновения «дислексии».

Физиология, анатомия и роль М и П систем в зрении

Современные представления о работе зрительной системы приматов в значительной степени используют факт наличия двух параллельных путей, начинающихся в сетчатке и идущих в зрительную кору. Эти пути, известные как магноцеллюлярный (М) и парвоцеллюлярный (П), наиболее четко различимы на промежуточном уровне – на уровне наружного коленчатого тела (НКТ), где они проходят через разные слои клеток – больших (М) и маленьких (П) и как бы образуют два тракта – М-тракт и П-тракт (рис.1).

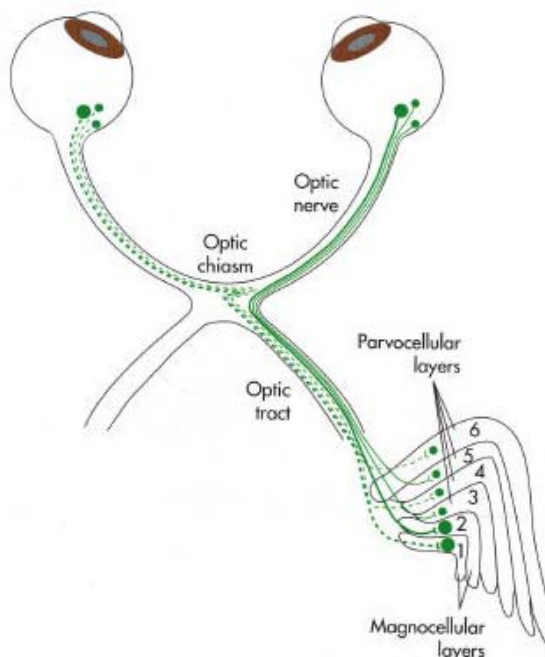


Рис. 1. М и П системы на участке от сетчатки до НКТ. М система обозначена точками, а П система – пунктирами.

Свойства нейронов в этих трактах очень близки к свойствам двух каналов, выявляемых в психофизических экспериментах – фазического и тонического (transient & sustained) [4,11]. Поэтому в настоящее

время многие употребляют эти термины как эквивалентные.

Наиболее важные характеристики двух этих трактов или каналов:

М-система отвечает лучше на более низкие пространственные и

более высокие временные частоты, на начало или на включение стимула, а ее ответы более быстрые и короткие. М- система нечувствительна к длине волны, т.е. по ответам ее нейронов нельзя различить участки разного цвета, имеющие одинаковую яркость.

П система дает ответы более медленные и более длительные, отвечает на более высокие пространственные частоты (т.е. дает более высокое разрешение), реагирует на цвет (даже если яркость цветных участков одинакова).

Нейроны П-системы (П- клетки) составляют примерно 80% всех

ганглиозных клеток сетчатки, а нейроны М-системы (М- клетки) – 10% клеток сетчатки. П- клетки более плотно распределены в районе фовеа, а М –клетки распределены по сетчатке более равномерно, доминируя на периферии зрения .

На уровне коры П- клетки дают связи преимущественно в височную кору, а М- клетки – в теменную (Мериган и Маунзел, 1993, цит. по [11]). Обычно первый тракт называют вентральным, а второй – дорзальным (рис.2)

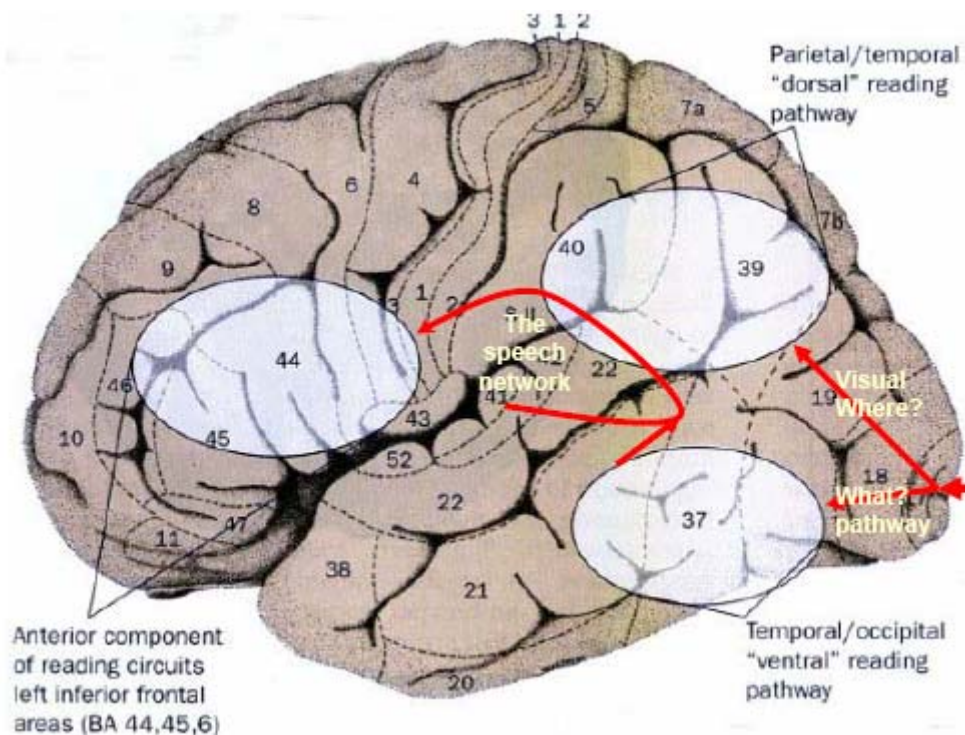


Рис. 2. Схема разделения двух подсистем (М и Р) на уровне коры полушарий: М система образует дорзальный тракт и подходит к теменно-височной коре (эту зону называют зоной «ГДЕ?», а П система образует вентральный тракт и подходит к височно-затылочной области коры (эту зону называют зоной «ЧТО?»). Налицо определенная асимметрия М и П систем: в правом полушарии они подходят к зонам пространственного анализа и зрительной памяти, а в левом – к зоне оценки «схемы тела» и зоне чтения и письма.

Считается, что эти два пути идут параллельно и выполняют параллельный анализ, но есть и

некоторые перекрестные связи, часть из которых считается тормозными, а взаимодействие других четко не

определено. П-путь (канал) в коре разделяется на 2 пути – чисто цветовой канал и канал восприятия формы, связанной с цветом. В конечном счете эти пути в коре доходят до зоны У4 через толстые полосы (стрипы) и интерстрипы зоны У2 [16].

Таким образом, можно говорить о двух каналах обработки информации о форме – один, в основном, связан с М-системой, имеет отношение к системе восприятия формы в движении, а второй связан с П-системой и имеет отношение к системе анализа формы с учетом цвета. Помимо этого, имеется канал восприятия движения, принципиально связанный с М-системой, и канал восприятия цвета, принципиально связанный с П-системой.

Суммируя, можно сказать, что экспериментальные данные говорят против тотальной изоляции М и П систем. Иными словами – М и П системы не являются полностью независимыми.

Нарушения цветовосприятия и восприятия движения в клинике поражений мозга

Обычно центральным зрением считают область в центре поля зрения диаметром примерно 5 угловых градусов. Анатомически этой зоне отвечает «макула лютеа» – желтоватая область глазного дна, хорошо различимая в офтальмоскопе. Эта центральная часть сетчатки и ее корковое отображение необходимы для фиксации наиболее интересных деталей внешней среды и их тщательного рассматривания, а также для цветовосприятия, т. к. именно в этой зоне колбочки наиболее

многочисленны, а их численность быстро уменьшается при смещении на периферию.

Частым явлением при поражениях зрительных отделов мозга и зрительных путей является гемианопсия – выпадение левого или правого полуполя зрения. Автор книги [16], Зеки, который тщательно исследовал взаимоотношения между цветовым зрением и восприятием движения, по аналогии ввел понятие «гемиахроматопсии» – в случае выпадения цветового зрения в одной половине поля зрения после поражения контралатерального полушария. Полная же «ахроматопсия» возникает тогда, когда по тем или иным причинам поражены оба полушария.

Иногда наблюдают и нарушение восприятия движения – «акинетопсию». В отличие от цветового зрения, не описано ни одного случая «гемиакинетопсии». Оба эти феномена, как следует из сказанного выше о роли М и П-каналов, имеют к этим двум каналам прямое отношение. Поэтому стоит рассмотреть эти клинические данные более подробно.

Нарушения восприятия движения

В 1983 Циль и др. (см. [16]) описал случай нарушения восприятия движения у 43-летней женщины с сосудистым расстройством мозга, которая имела трудности с вычислениями и легкую афазию. Однако главное – она не могла воспринимать объекты в движении. Это нарушение было выражено наиболее сильно. Так, она не могла налить кофе в чашку – струя жидкости

казалась ей как бы замерзшей, наподобие ледника в горах. При этом она не могла оценить, как поднимается уровень жидкости в чашке при налипании кофе. Она испытывала определенные трудности в устном диалоге, т.к. не понимала движения губ и рта собеседника. Она испытывала огромные трудности при переходе улицы. «Когда я гляжу на автомобиль сначала, он виден вдалеке, однако когда я хочу пересечь дорогу, автомобиль оказывается очень близко...». То, что происходило с автомобилем в процессе движения, она зрительно не воспринимала.

При этом у данной больной не было нарушено восприятие движения в других модальностях - на слух или тактильно. Дефект был четко избирателен только в отношении зрительно воспринимаемого движения. У нее не было скотом (выпадений поля зрения), да и в остальных отношениях ее зрительное восприятие оставалось нормальным. Сканирование мозга выявило билатеральное поражение, более выраженное в правом полушарии. З.Зеки называет такое специфическое нарушение - неспособность воспринимать предметы в движении - «акинетописией».

Для того, чтобы более точно определить локализацию центра восприятия движения и цвета, нужно обратиться к психофизиологическим экспериментам со здоровыми испытуемыми. Так, описан эксперимент, когда испытуемый смотрел на паттерн из черных и белых квадратов – как стационарно, так и при движении паттерна. В движении паттерн менял направление движения каждые 6 сек, чтобы были

использованы все направления движения. Использование ПЭТ (позитронной эмиссионной томографии) показало, что в данном случае локализация центра восприятия движения была совершенно отлична от локализации зоны восприятия цвета. В случае восприятия движения это была зона стриарной коры и престриарной коры, расположенной более латерально, в месте соединения затылочной и височной области (граница полей 19 и 37 по Бродману). По данным Циля и др. (случай акинетописии, описанный выше) именно эта зона и была поражена у больной. Принято называть эту область зоной V5.

Специфические зрительные нарушения коркового характера

Анатомические и физиологические данные указывают на замечательную корковую специфичность. Как отражение этого, в специальной нейрологической литературе описываются высокоспецифические зрительные синдромы, вызванные поражениями мозга.

Церебральная ахроматописия. Мир видится больному в виде «грязных оттенков серого». Наиболее подробно ахроматописия описана О.Сэком [16]. Он описал случай с художником, попавшим в автокатастрофу. Ахроматописия у него сочеталась с умеренной и временной неспособностью распознавать знакомые лица и временным расстройством речи. Адаптация к серому миру оказалась для него трудной. Он больше не мог различать предметы по цвету. Ахроматописию надо отличать от цветовой «аномии»,

когда цвета визуально различаются, но больной не может их правильно классифицировать, называть.

При ахроматопсии сигналы нормально передаются из сетчатки в мозг, но механизм, который обычно используется для «конструирования» цвета, нарушается. При этом пациенты с ахроматопсией могут читать и писать, легко различают форму в движении и глубину пространства [16, с. 308]. Однако это не значит, что при более тонком тестировании не выявится какая-то дефектность распознавания. Однако все же основным дефектом является ахроматопсия, а сопровождающее это нарушение поражение мозга почти всегда локализовано в «фузиформной (веретенообразной) извилине» – единственной области, которая активируется цветовыми стимулами (по данным, полученным с помощью ПЭТ).

Тотальная ахроматопсия наблюдается при билатеральном поражении зоны У4 (обычно это бывает при инсультах). Гемиахроматопсия наблюдается при контралатеральном поражении У4 (это подтверждено электрофизиологически – по локализации рецептивных полей нейронов У4 в соответствующем полуполе зрения).

Обычно ахроматопсия сопровождается «прозопагнозией» – неспособностью узнавать знакомые лица людей. Это совпадение может быть объяснено тем, что соответствующая зона коры у человека лежит близко от зоны У4 в районе фузиформной извилины. Поэтому обычно они могут быть поражены одновременно.

В целом можно допустить, что процесс специализации в коре человека идет дальше по сравнению с обезьянами и образуются две совершенно изолированные зоны – одна имеет дело исключительно с цветом, а другая обслуживает зрительное восприятие формы. В любом случае, поскольку прозопагнозия – частый спутник ахроматопсии, следует думать, что «цветовой центр» в районе фузиформной (веретенообразной) извилины «географически» гораздо сильнее отделен от «центра узнавания формы», чем «цветовая зона» от «лицевой зоны».

Отсутствие тотальной потери узнавания формы. Известны многочисленные факты сохранения способности зрительно распознавать форму при ахроматопсии. Вероятно, есть, по крайней мере, две системы узнавания формы, одна из которых использует сигналы из зоны У3, которая в значительной мере связана с М-системой. Если это так, то пациенты с ахроматопсией должны иметь 3 характерные особенности: 1. Они не могут быть полностью «слепыми к форме». 2. Они должны лучше различать форму в движении. 3. У них должны все же выявляться нарушения узнавания формы, особенно для неподвижных объектов, – в тех случаях, когда требуется детальный зрительный анализ предметов.

На практике 1й пункт встречается при ахроматопсии так часто, что можно считать его твердо установленным. Относительно 2-го пункта известно следующее. У многих людей с ахроматопсией и так называемой «зрительной агнозией» распознавание предметов можно

значительно улучшить, если вместо неподвижных показывать эти предметы в движении. Например, неподвижная маленькая игрушка с трудом описывалась больной, но в движении она ее почти точно идентифицировала. Она не могла по рисункам опознать ни свою сестру, ни экспериментатора. Однако она узнала свою сестру мгновенно, увидев ее идущей на расстоянии 50 м. Другой больной с тем же нарушением лучше узнавал предмет, если этот предмет вращали перед ним. В другом случае больной имел одновременно ахроматопию, зрительную агнозию, прозопагнозию и топографическую дезориентацию. Он сообщил, что гораздо лучше видит (узнает) движущиеся предметы (т. к. видит их с разных ракурсов). Поэтому он легко понимал трехмерные сцены, показанные по ТВ. При этом он не мог узнать рисунок интерьера своей комнаты. Он не мог узнавать знакомые лица людей и имел большие трудности с распознаванием животных, особенно если они были неподвижны. Зеки описал также больного, который обычно крутил головой, стараясь рассмотреть предмет под разными углами. Еще один больной, который имел синдром Балинта, не мог при статическом рассмотрении распознавать буквы и предметы. В то же время он идентифицировал ползущего по столу муравья, птицу в полете.

Все эти данные говорят о наличии еще одной системы узнавания формы, в основном, связанной с М-системой. Все это объясняет, почему никогда не наблюдается тотальной потери способности узнавать форму. Что касается третьего из перечисленных

пунктов – как влияет ахроматопия на тонкость узнавания формы, то есть, по крайней мере, одна работа по исследованию пациента с ахроматопсией, который сообщал, что при длительной фиксации глаз границы между областями в его поле зрения размываются и исчезают, но затем быстро появляются, если стимул движется. Это говорит о сохранной М-системе.

Кратковременная ахроматопия. В большинстве случаев исследования мозга на секции обнаруживали поражения фузиформной извилины при ахроматопии. На самом деле возможны нарушения и на более ранней стадии переработки информации – на входе в зону У4.

В литературе есть описание 54-летнего мужчины, страдавшего от повторяющихся припадков головной боли. Эти приступы сопровождались временной потерей цветовосприятия. В остальном зрение было сохранным, он правильно вел себя и ориентировался при наличии предметов в комнате.

Можно поэтому ожидать, что в случаях артериальной недостаточности или кислородного голодания подвергаются риску все зрительные функции. Это может быть потому, что слой коры 4С лучше обеспечен кровеносными сосудами и, следовательно, менее подвержен кислородному голоданию, чем верхние слои коры.

Фантомная хроматопия. Это очень реальное и шокирующее ощущение у больных с полной или почти полной потерей зрения. Это – корковая генерация цвета – обычно это золотой или пурпурный, который занимает все поле зрения. Это скорее аномальная

галлюцинация. Объяснить этот феномен сложно.

Однако есть данные по генерации цветов. В работе [16] проводили прямую магнитную стимуляцию зоны У4. Испытуемый рисовал и показывал, что и где он видит после стимуляции. 1. Стимуляция вызывает цветовые ощущения – хроматофены (или хроматофосфены, ХФ, как более привычный термин). 2. Величина и расположение ХФ соответствует известным величинам РП клеток этой зоны коры. Так, стимуляция левого полушария вызывала ХФ в правом полуполе и наоборот. Размер ХФ был близок к величине РП одиночных клеток зоны У4 у обезьяны.

Этот феномен позволяет подчеркнуть одну из главных тем – что видимый образ – это конструкция мозговая и что именно активность коры головного мозга наделяет видимый мир всеми его свойствами. Так, цвет – это интерпретация мозгом некоторых физических свойств видимых поверхностей и предметов и полностью является продуктом деятельности мозга.

Хорошей иллюстрацией является иллюзия движения при рассматривании стимула, придуманного И.Левиантом [16]. Если фиксировать глазами центр стимула, то у большинства (но не у всех) людей возникает иллюзия движения в пределах концентрических колец, причем в разных направлениях. По мере рассматривания направление движения может измениться на обратное. Для проверки того, что это чисто мозговая иллюзия Зеки и др. использовали ПЭТ для оценки кровотока в соответствующей области коры при рассматривании фигуры

Левианта. Результат получился совершенно замечательным. Когда испытуемый рассматривал эту фигуру, возникала активность в специальной зоне, прилегающей к зоне У5 и немного перекрывающейся с ней, но не идентичной с ней.

Таким образом, восприятие движения с помощью стационарной фигуры есть следствие активности определенной зоны мозга, точно так же, как фантомная хроматопсия, скорее всего, есть следствие активности в другой зоне коры мозга.

Церебральная акинетопсия. Очевидно, факт специализации корковых зон позволяет рассчитывать найти эффект, аналогичный ахроматопсии, но относящийся к восприятию движения. Такой синдром – церебральная акинетопсия – описан Зилем с коллегами (см. 16, гл. 10). Описан больной, который имел билатеральное поражение коры, включая зону У5. Это было подтверждено на ПЭТ. Больной не воспринимал предметы в движении, и узнавал их только, если они были неподвижны. Как и при ахроматопсии отмечено две особенности: 1. Ретинальные механизмы были сохранены и 2. Синдром был высокоспецифичным – только на движение. Восприятие цвета, формы и глубины было сохраненным. 3-е сходство с ахроматопсией – восприятие движения может сохраняться избирательно. Так, больной со скотомами мог обнаруживать движение в зоне скотомы. Может быть, это было связано с работой подкорковых центров.

Зрительное восприятие глубины

Давно было известно, что восприятие глубины может быть избирательно нарушено при некоторых поражениях мозга. Риддок описывал больного, который был не способен воспринимать глубину и толщину предметов [16]. Клетки, настроенные на разную диспаратность, найдены в зоне У1. Было показано, что в зоне У2 большинство клеток лежат в тонких полосках, на входы которых поступают сигналы от М слоев. Эти полосы посылают окончания, в частности, в зону У3. Эта зона и соседняя зона У3А сравнительно мало изучены, хотя имеют интересные черты.: 1. Большинство их клеток ориентационно-избирательны. 2. Обе эти зоны наверняка участвуют в восприятии глубины (16). Однако нельзя сказать, что и другие зоны участвуют в восприятии глубины – например, в зоне У4 клетки являются бинокулярными. Эксперименты по рассечению мозга на животных показывают, что если Р-слои в НКТ (откуда У4 получает, в основном, свои входы) не сформированы, то наблюдаются дефекты в тонком и, в меньшей степени, в грубом восприятии глубины. Однако эту проблему пока не увязывали с корковой физиологией зоны У4 и других зон, относящихся к Р-системе.

Дезинтеграция зрительных механизмов

Рассмотрены клинические случаи, когда больные были неспособны интегрировать свои зрительные ощущения, и это может подтвердить справедливость теории многоэтапной

интеграции. Теория предсказывает, что если процесс «топической конвергенции» нарушен, то больной способен детектировать именно тот тип стимулов, который в коре формируется до пораженной зоны, и не способен детектировать тот вид стимулов, который характерен для пораженной зоны, и для тех зон, к которым идут связи от этой зоны. Нейрологическая литература по этим вопросам запутана и неясна, но достаточно для того, чтобы предположить, что нечто в этом роде происходит на самом деле.

Остаточное зрение при церебральной акинетопсии. Для начала рассмотрим случай, описанный Зилем (см. выше), - акинетопсии после билатерального поражения, включая зону У5, когда больная не могла воспринимать движение, но могла видеть неподвижные предметы. Однако это не означает, что она не воспринимала движение само по себе. Действительно недавние исследования с этой больной позволяет сделать вывод, что «в целом это нарушение... отличается наличием большого различия между обнаружением движения – эта функция относительно не нарушена – и различием, которое существенно нарушено». Обнаружено, что она способна различать некоторый вид медленного движения. Авторы отмечают: «Результаты показали, что локальная информация, необходимая для узнавания движения, интактна, а, значит, аномалия имеет место на более поздней стадии, на которой производится более глобальный анализ». Однако важно заметить, что реципрокные (обратные) связи на У1 от У5 в этом случае также могут быть

нарушены, так что зона У1 не может считаться полностью незатронутой.

Остаточное зрение при ахроматопсии. Аналогичный пример имеется и при ахроматопсии. В этом случае обычно главный центр интеграции – У4 поражается при сохранной или почти сохранной зоне У1. Здесь тоже больной, видимо, может обнаружить различие в длине волны света, но не может использовать эти сигналы для «конструирования» цветового ощущения. По описанию Фрая, больной с частично интактным У1 различал длину волны с точностью до 10-20 нанометр, хотя видел эти различия как различия оттенков серого.

Как мы уже видели, реконструкция цветового ощущения требует наличия границ между областями с разной отражательной способностью для разных длин волн.

Невозможность интеграции при зрительной агнозии. Обычно неврологи называют таких больных «слепыми к форме». Такие больные могут не узнавать одни предметы, но узнавать другие, не узнают предмет в одном обследовании, но могут узнать потом, некоторые могут читать, а другие не могут. Обычно при агнозии поражения обширные, часто сопровождаются скотомами. Некоторые, но не все, больные имеют признаки амнезии, афазии и общего снижения интеллекта. Анализ литературы показывает, что нигде не описаны случаи полной потери способности узнавания формы предметов. Зеки (16) предположил, что многие из больных с агнозией не являются агнозиками в классическом смысле – т.е. что они видят, но не понимают, что видят. Скорее они не

понимают то, что они видят, и не понимают того, чего они не видят. Другими словами нет резкого различия в способности видеть и понимать.

Сбой на ранних этапах интеграции. Известно, что отравление монооксидом углерода оказывает катастрофическое влияние на зрение. Больной остается почти с рудиментарными ощущениями, хотя цветное зрение остается почти сохранным. Такие больные либо не видят либо не понимают даже элементарные формы. Если же поражены более центральные зрительные зоны (более высокие относительно стриарной коры), и при этом У1 сохранна или частично поражена, то синдром агнозии формы отличается от предыдущего. Обычно это бывает при инсультах. Хотя дефект выражен сильно, но не так сильно как при отравлении монооксидом. Какие-то предметы они видят и узнают, а их способность к узнаванию обычно возрастает со временем. Такие больные способны нарисовать даже сложные фигуры, однако не понимают, что нарисовали. Был сделан вывод, что они видят, но не понимают. Один такой больной говорил, что при копировании все, что он видит, - это сложный паттерн из линий, который никак не соответствует исходному предмету. Это же отражается и в его зрительном восприятии обычных предметов. «Я могу узнавать и копировать многие предметы по одному. Если же их поставить вместе, у меня возникают трудности» (цит. по [16]).

Последнее – пример так называемой «симультанной агнозии» или неспособности воспринимать более, чем один предмет одновременно в поле зрения. Больной видит простые формы,

направление линии, края, но его способность интегрировать эти элементы в нечто «перцептивно целое» каким-то образом нарушено. Сохранное «локальное» зрение позволяет ему копировать сложные фигуры, но он не может потом их идентифицировать. В этих случаях, видимо, поражены интегративные функции на более высоких зрительных уровнях. Это коррелирует с описанием акинетопсии. По аналогии можно думать, что после поражения У5 нарушены интеграция, необходимая для узнавания направления когерентного движения в обширной части поля зрения, однако сохранные клетки У1 способны сообщать о наличии вообще движения. Обычно больной, когда смотрел на картину, «мог идентифицировать отдельные детали, но не мог понять значение (смысл) всей сцены» [16]. Такого рода описания весьма показательны, его дают большинство больных с агнозией.

Описан случай, когда больная могла видеть только часть целой картины (жокей на коне) – жокея, но не видела лошадь, хотя даже смогла опознать правильно цвет лошади. Другими словами, она не могла увязать цвет с правильной формой. Еще один больной – профессор изобразительного искусства – имел ненарушенное восприятие цвета и движения крупных объектов. Тем не менее, он не мог сгруппировать вместе фигуры (треугольники) по форме, однако мог сопоставлять и выделять эти фигуры по цвету. Другой больной видел цвет отделенным от предметов и цвета казались ему расположенными ступенчато на разных расстояниях от глаз. У него было такое ощущение, что он может погрузить пальцы в серию

этих цветных слоев. Сходное наблюдение сделал Зенден на людях после удаления врожденной катаракты. «Они не могли локализовать в пространстве свои визуальные ощущения, они видели цвета так, как мы ощущаем запахи – не локально, они не были привязаны к конкретным предметам и формам» (цитировано по [16]).

Описан еще один удивительный случай негативной интеграции, - когда аномальность в цветовосприятии сильно влияет на восприятие других зрительных свойств за счет возникновения «торможения». Этот эффект в каком-то смысле обратен процессу интеграции. Пациент – молодой человек без явных признаков поражения мозга, а его заболевание носило, может быть характер нарушения обмена веществ (метаболизма). Аномальные эффекты возникали при появлении в поле зрения красной или оранжевой поверхности, менее выражен был эффект для зеленого и синего цвета. Примерно на расстоянии 4 угловых град от края стимула возникала некая «динамическая скотома» - он не мог видеть в этой зоне форму предметов и не воспринимал движение. По сути, он не мог в зоне возникающей скотомы видеть предметы. Эффект сохранялся при переносе с глаза на глаз, что говорило о локализации процесса выше У1. Зона скотомы распространялась на 4 угл. град за вертикальный меридиан, что говорило о том, что торможение возникает выше зоны У2, т. к. каллозальные связи (через мозолистое тело) этой зоны ограничены зоной 1-2 угл. град. Поэтому возможно, что это была зона

У4 или еще более «центральная» структура.

При прозопагнозии больные скорее пытаются опознать человека по голосу, т.к. визуально образ разбит на отдельные детали. Так, смотря в зеркало на свое лицо, больной видит какое-то лицо – с глазами, носом и усами, но это лицо не конкретно, оно не знакомо. Он может оценить – надо ли ему стричься (т. е. длину волос), но в то же время он не может оценить – грязное ли у него лицо. В другой работе больной отмечал: «Я могут видеть глаза, нос и рот совершенно отчетливо, но вместе они не складываются. Все части выглядят как бы нарисованными мелом на черной доске». В то же время, закрыв глаза, некоторые больные могут представить знакомое лицо, например, своих детей. Можно думать, что в некоторых случаях прозопагнозии нет нарушений механизма синтеза лица из отдельных выделенных признаков. Вместо этого в этих случаях наблюдается, видимо, что следы памяти не могут быть сопоставлены с синтезированным конкретным лицом, чтобы опознать его как конкретное. Это может быть либо потому, что имеется сбой в прямых связях на входе в зрительные области, критичные для синтеза лиц и сравнения с эталонами памяти, либо же эталоны из памяти (следы) не могут передаваться назад – в зону, где имеется синтезированное изображение.

Можно резюмировать, что клинические данные показывают, что многие случаи зрительной агнозии на форму можно считать следствием нарушения интегративных функций мозга, или более точно – нарушением характера взаимодействия разных подблоков зрительной коры.

В последнее время у обезьян (макак) нашли специальные зоны коры, где есть клетки, оптимальными стимулами для которых являются лица. Эта зона находится в височной доле. на некотором расстоянии от специализированных зрительных зон, которые в основном рассматривали выше. Можно допустить, что прозопагнозия – результат сбоя механизма интеграции на высшем уровне, который «собирает» целое из приходящих визуальных сигналов и конструирует лица.

Некоторые авторы считают, что неузнавание лиц не является нарушением узнавания лиц, а является более общим нарушением узнавания конкретных представителей общего класса (т.е. нарушением конкретного узнавания по Кок). Например, когда больного спрашивают не «что это?» (книга), а «Чья это книга?» – он не может ответить.

В целом неузнавание лиц можно рассматривать как проявление сбоя интегративных механизмов благодаря нарушению механизма прямых и обратных связей.

Недавно описан случай (Гудейл и др 1991, см. [16]) диссоциации двух процессов – восприятия предметов и схватывания их. Женщина подверглась необратимому поражению мозга после действия яда монооксида углерода. У нее отмечали плохое восприятие формы и ориентации, хотя были задействованы такие параметры, как цвет, интенсивность, стерео, движение, близость, непрерывность и сходство. В то же время она могла точно взять эти визуально предъявленные предметы. Это говорит о том, что в норме в мозге имеется некий уровень, на котором процесс

обработки зрительной информации, ведущий к сознательным перцептивным суждениям, должен быть независим от автоматических зрительно–моторных механизмов целенаправленного движения руки.

Нарушение зрительных функций при дислексии

В специальной литературе данных о таких нарушениях накопилось не так много, как данных о нарушениях зрения в клинике поражений мозга, однако эти данные постоянно накапливаются.

Рисование и дислексия

Поскольку рисование является одной из сложных форм зрительно-моторной активности, интересно оценить способности в рисовании при дислексии и в норме. Мати –Зисси и др. (1997) (цит. по [11]) в своей работе двум группам детей в возрасте 6-9 лет давали 5 заданий по рисованию. Из них 45 человек имели затруднения в чтении, а другие 45 были здоровыми. Нашли, что первая группа продемонстрировала рисование более низкого уровня (в сравнении с нормой) по нескольким показателям: нарушение пространственной ориентации, направления линий, стереотипность в изображениях предметов, ошибки в последовательности фрагментов и конструкций разных элементов рисунка. Авторы считают, что эти показатели, будучи по сути своей конструктивными навыками, связаны с планированием действий в процессе рисования и, скорее всего, с перцептивно-моторными навыками.

Сделан вывод, что при нарушениях чтения отмечаются трудности в планировании действий.

Дислексия и внимание

Еще одна возможность связана с именем Уайта (1994) (см. [11]), который рассматривал связь между дислексией и процессами внимания. Он указал на связь между предполагаемым дефицитом М системы при дислексии и эффектами перцептивной группировки. Важным для понимания нейрофизиологических основ процессов внимания может оказаться недавняя работа Хе, Кавана и Интрилигатора (1996) (см. обзор Хогбена [11]), которые показали, что заполнение или латеральная маскировка адаптационной решетки не влияет на способность этой решетки повышать пороговый контраст предъявляемой следом тестовой решетки той же ориентации. В другом эксперименте авторы показали, что эффект загромождения (crowding) сильнее выражен в верхнем поле зрения. В 3 эксперименте задачей было различение признаков (отрезки линий с ориентацией 45 или 135 град) или же более сложная задача, требующая учета сочетаний линий (буква Т при разных ориентациях). Асимметрия между верхним и нижним полем зрения обнаружена только для второй задачи, которая предъявляет к вниманию более сильные требования. В 4-м эксперименте ставилась задача внимательного прослеживания. Снова нашли лучшие характеристики для нижнего поля зрения. Авторы работы утверждают, что при эффекте загромождения зрительное восприятие пространственных деталей

обеспечивается не остротой зрения, а способностью процессов внимания изолированно выделять нужный элемент.

Известно, что с процессами внимания связана только дорзальная часть теменной доли. Это позволяет предположить, что дорзальная область теменной коры может управлять параметром «разрешения (resolution) внимания».

Движения глаз и дислексия

Павлидис (1997) [11, 15] вводит термин офтальмокинезис» (ОК), имея при этом в виду движения глаз как вид моторной деятельности. Автор считает, что развитие ОК и развитие способности к чтению во времени происходят почти параллельно. В работе подчеркивается важность использования ОК как объективного орудия изучения особенностей чтения. Отмечено, что нарушения ОК часто служат ранним диагностическим признаком таких неврологических болезней или мозговых дисфункций, как множественный склероз, шизофрения, болезнь Паркинсона и СПИД. Дислексия тоже может быть отнесена к неврологическим дефектам и, как таковая, она также может быть диагностирована по ОК. Автор цитирует многочисленных авторов, которые показали, что у дислексиков ОК происходит с ошибками. Показано, что предложенный автором тест на ОК с точностью 90% позволяет отличить дислексиков от недислексиков в задаче плавного прослеживания движущейся точки, причем слова в процессе чтения имитируются световыми точками.

Дислексия и бинокулярное зрение

Стайн и Фоулер (см. [11]) предположили, что в критический период развития (5-10 лет) у детей нарушения в М тракте могут перманентно снижать зрительную стабильность взора ребенка за счет нарушения бинокулярной фиксации. Авторы показали, что многие дети-дислексики имеют нарушения бинокулярного управления, что выявляется по записям движений глаз, а также что активность их М-системы коррелирует с бинокулярной устойчивостью их взора при фиксации. Поскольку, как считают авторы, М система доминирует в управлении глазодвигательной активностью, у дислексиков поражение М системы может вызвать неустойчивость бинокулярной фиксации. Это может привести к трудностям чтения, поскольку ведет к неустойчивому зрительному восприятию – буквы видны нечеткими и кажутся перемещающимися по странице. Это может привести к искажению информации относительно того, как буквы расположены друг относительно друга. Такая неопределенность положений букв должна влиять на то, как дети читают отдельные слова.

Таким образом, можно показать, что лица с неустойчивой бификсацией имеют тенденцию делать скорее визуальные, нежели фонологические ошибки при чтении.

В другой работе Стайна с соавторами (1997) [11] брались 143 испытуемых (дети от 8 до 11), которые испытывали трудности в учебе из-за нестабильного бинокулярного контроля фиксации и 145 дислексиков

(их отбирали по тесту Данлопа). В течение 18 месяцев они читали в очках с желтыми фильтрами, причем у части испытуемых один фильтр закрывали. 59% детей с монокулярными условиями улучшили стабильность фиксации в первые 3 месяца, а из остальных (им давали «визуальное плацебо») улучшили свои показатели только 36%. Сделан вывод, что монокулярная окклюзия помогает детям с нестабильным бинокулярным контролем улучшить бификсацию.

Данные о нарушении М-системы при дислексии

В течение последних 10-15 лет накоплено много данных о том, что зрительная система дислексиков и других испытуемых с нарушением чтения отличается дефицитом в фазическом канале (т.е. в М-системе).

Есть несколько источников данных, главным образом, физиологических и гистологических. Так, Мартин и др. [11] нашли различия в контрастной чувствительности (определяется по пороговому контрасту при обнаружении изображений в виде синусоидальных решеток) между дислексиками и контрольными испытуемыми. Дислексии давали более низкую контрастную чувствительность на низких пространственных частотах (ПЧ), где М-система доминирует. Эванс и др. (1994) [11] также нашли снижение контрастной чувствительности на низких ПЧ у большого числа дислексиков.

Мартин и др. [11] нашли, что дислексии менее чувствительны на всех временных частотах в диапазоне 2-25 гц к решеткам с ПЧ 2 цикл/град,

причем наибольшая разница отмечена при более высоких временных частотах, что согласуется с гипотезой о дефиците М системы.

Д.Стайн показал что дислексии имеют определенные нарушения в системах обработки М- и П-трактов (Stein&Walsh,1997, Trends in Neuroscience 20,147). Эти люди имеют сниженную контрастную чувствительность на низких освещенностях, отвечают на низкие ПЧ и высокие временные частоты, частота слияния мельканий у них снижена, они обладают сниженной чувствительностью к движению и аномальной формой маскировки.

Нашли также, что на посмертных срезах НКТ дислексиков слои с М-клетками дезорганизованы, а тела клеток уменьшены более чем на 30% по сравнению с контролем., тогда как П система и ее слои остаются без изменений.

Еще две работы посвящены нарушению восприятия движения при дислексии. Так, Корелиссен и др. (1997) [11] нашли, что у людей с проблемами в чтении отмечается необычное снижение способности обнаружения мельканий или движущихся зрительных стимулов, что соответствует нарушению процессов обработки в М системе. Авторы предположили, что в процессе чтения происходит ухудшение работы М системы (оцениваемое в задаче обнаружения движения). МакКиннелл и др. (1997) [11] изучали особенности переработки сигналов в М-системе как физиологическими, так и психофизическими методами. По зрительным вызванным потенциалам (ВП) нашли, что физиологически дислексии имеют серьезные

нарушения по сравнению с нормой. Испытуемым показывали кинематограммы из случайных точек – массив точек, синхронно движущихся по одному и тому же закону, так что возникает эффект «глобального движения». Дислексии решали эту задачу существенно хуже, чем здоровые испытуемые. Оказалось также, что дислексии имеют сниженные показатели критической частоты слияния мельканий.

Сделан вывод, что между дислексиками и контрольными испытуемыми имеются существенные различия в обработке в М-канале. Заключают, что эти различия можно надежно наблюдать при использовании задач, которые требуют от человека обнаружения движения.

Зрительная маскировка и дислексия

Зрительной маскировкой называют ухудшение одного из двух кратковременно предъявленных изображений. Прямая маскировка относится к случаю, когда 1й объект ухудшает восприятие второго, предъявленного позже. Обратная маскировка, напротив, относится к случаю ухудшения восприятия предъявленного изображения, если за ним с небольшим интервалом следует другое изображение на том же месте. Метаконтраст – это разновидность зрительной маскировки, когда восприятие кратковременно предъявленного стимула (цели) ухудшается при предъявлении другого стимула, отставленного по времени на некоторый межстимульный интервал (МСИ). Таким образом, метаконтраст есть разновидность обратной маскировки. Метаконтраст тем

принципиально отличается от обычной маскировки, что маскирующий стимул не обязательно должен физически накладываться на цель, а может предъявляться рядом или вокруг цели. Кроме того, максимальный эффект наблюдается не при одновременном предъявлении маски и цели (когда МСИ равен нулю), а когда маска предъявляется чуть позже – обычно при МСИ от 50 до 100 мс. Этот парадокс объясняют на основе тормозного взаимодействия между М и П каналами. С этой точки зрения оптимальный МСИ соответствует разнице в латентностях М и П систем – коротколатентные сигналы М тракта через некоторое время (оптимальное МСИ) точно попадают на начало работы П системы и тормозят ее. Оптимальный МСИ – это мера различия латентностей М и П систем. Если бы они были равны, то максимальная маскировка происходила бы при МСИ равном нулю. Пока что получены 2 группы противоречивых результатов.

Например, Уильямс (1989) [1] нашел, что у дислексиков МСИ при эффекте метаконтраста равен примерно 10мс, по сравнению с 30 мс в норме. При фовеальном показе стимулов разницы между группами не было, что говорит только о различии во временных соотношениях в М и П системах. Но другая группа данных дает совершенно иной результат (Эдвардс и др., 1996) [11] – дети с затруднениями чтения показали более слабый метаконтраст (что можно было бы ожидать, если бы торможение между М и П трактами было бы более слабое).

Роль М и Р систем в зрительном анализе. Гипотезы

В процессе жизнедеятельности зрительная система решает целый ряд сложных задач – поиск и выделение нужных предметов из фона, их узнавание, избегание препятствий, в том числе и движущихся объектов, распознавание специфических для человека объектов (в том числе – чтение текстов). Для решения всего этого многообразия задач в зрительной системе, прежде всего на уровне коры головного мозга, имеется целый арсенал специальных механизмов. Однако до сих пор не очень ясно, как решаются все эти задачи, и как взаимодействуют разные механизмы друг с другом при решении сложных зрительных задач. Выдвинут целый ряд гипотез о работе этих механизмов, сейчас проводятся тщательные эксперименты по проверке их работы.

1. Теория А. Постулирует двухэтапный процесс анализа зрительной сцены: М система выполняет ранние этапы анализа, результаты которого поступают для дальнейшего уточнения на П систему. Эта теория предложена Уильямсом и др. (1987) для объяснения результатов экспериментов по зрительному поиску (см. [11]). Согласно этим авторам М система работает как быстрая предварительная система «обнаружения» (warning) и выделяет большое количество глобальной информации. С другой стороны П-система работает более медленно и включается после М-системы. Ее работа в определенной степени зависит от результатов работы П системы. Если М система работает плохо, то

временное предшествование М информации нарушается и переход к детальному анализу затрудняется.

В последующем авторы развили эту теорию и добавили следующее утверждение: М система работает на уровне «предвнимания» и выполняет глобальный анализ, при котором все изображение разбивается на части (единицы и области), причем кодируется положение в пространстве и движение объектов. М система направляет П подсистему на особо важные (salient) области, где есть необходимость более детально проанализировать цвет и форму объекта» (Уильямс и ЛеКлиз, 1990, [11]).

Применительно к процессу чтения теория А говорит о том, что при дислексии М система работает слишком медленно и не может своевременно обеспечить входные данные для П-системы.

2. Теория Б. При анализе сложных зрительных сцен выполняется ряд скачков глаз (саккад) в разные места. М и П системы в этой теории также работают по-очереди. Так, согласно Бретмайеру (1980), а также Слагуис и Ловергрова (1984) (цит. по [11]) саккады служат не только для смены точек фиксации, но и для включения М системы, которая тормозит П-систему, в результате чего след от предыдущей фиксации тормозится (или стирается). Таким образом, в норме в иконической памяти имеется последовательность отдельных фрагментов, которые очищены, не маскируются и разделены по времени. Каждый кадр или фрагмент несет свой паттерн – изображение, получаемое за отдельную фиксацию глаз. При нарушении взаимодействия М и П

систем или при дефектной работе М системы полного стирания следов в памяти не происходит, а вместо этого следы как бы «интерferируют», накладываются друг на друга. Применительно к процессу чтения это означает, что распознавание отдельных последовательных фрагментов слов (или отдельных букв) крайне затруднено. В настоящее время эта теория является основным объяснением механизма дислексии.

Сильные доводы против этой теории нашли авторы одной экспериментальной работы – Барр и др. (1982), Барр и др. (1994) (см. [4, 11]). Они оценивали чувствительность к горизонтальным решеткам в нормальных условиях и во время горизонтальных саккад (решетка была параллельна направлению саккад и поэтому не было иллюзии движения). Сделан вывод, что М система нечувствительна во время саккад. Далее Барр повторил эксперимент с модулированными цветом решетками (красно-зеленые решетки равной яркости), чтобы исключить по возможности работу М системы и подчеркнуть работу П системы. В этих условиях не было потери чувствительности. Наоборот, в условиях облегчения работы М системы (низкие частоты и модуляция яркости) чувствительность заметно уменьшалась.

Можно заметить, что теории А и Б требуют разных видов взаимодействия М и П систем: Теория Б требует, чтобы М тракт тормозил П тракт, а теория А считает, что М система снабжает полученной информацией (после анализа сцены) П систему, и направляет ее для выполнения более детального анализа. Видно, что обе

теории по-разному объясняют один и тот же экспериментальный результат.

3. Теория В. В определенной степени эта теория дополняет теорию А. Согласно этой теории (Левашов [4,5,6,13]) М и П системы работают асинхронно: М система начинает работать раньше и грубо определяет «зоны внимания» в широком поле зрения. П система как более медленная, включается позже, после скачка глаз в одну из «зон внимания». Во время фиксации глаз в процесс анализа включаются сформированные в процессе обучения «эталонные» форм (предметов, их частей, букв, слов и т.п.). Происходит своего рода «маркировка» мест с известными формами (для них есть свои эталоны в памяти) и мест с необычными формами (когда в памяти нет ни одного эталона). Маркированные участки изображения далее последовательно просматриваются вплоть до стадии «понимания» сцены.

Согласно этой теории в процессе чтения у дислексиков за счет дефицита М системы может быть нарушен точный поиск следующей точки фиксации в строке (именно эта зона находится справа от предыдущей точки фиксации и проецируется в левое полушарие коры мозга). В норме М система отыскивает начало или середину следующего слова в строке и программирует скачок в эту точку. Если скачок приводит к правильной фиксации, слово или фрагмент слова попадает в левое полушарие и анализируется зрительно-вербальными механизмами чтения, использующими зрительные эталоны букв, фрагментов слов и слов. Если же М система неточно определяет следующую точку фиксации, то

нарушается как бы «логическая склейка» прочитываемых фрагментов слов и целых слов. В результате процесс чтения затрудняется.

Другое следствие из этой теории: если затруднен или нарушен процесс формирования зрительных эталонов при обучении – а именно, эталонов букв, сочетаний букв, фрагментов слов, слов, и типичных словосочетаний – то процесс чтения требует большего числа фиксаций, т. е. процесс чтения замедляется, а требования к точности перевода взгляда на следующий фрагмент слова увеличиваются. Последнее еще больше затрудняет работу М системы, которая, как было сказано выше, сама может иметь определенный дефект.

Проверка адекватности описанных выше трех теорий требует трудоемких проверочных экспериментов.

Модель меж- и внутрислоушарных взаимодействий в зрительной системе человека

Согласно упомянутой выше модели автора зрительная система при каждой новой фиксации глаз на рассматриваемой реальной сцене последовательно решает три базовых задачи: 1. построение предварительной «карты» зон внимания 2. анализ и узнавание отдельных знакомых объектов в этих зонах и 3. «визуальное понимание» видимой сцены с выполнением «пространственного анализа» (что и где расположено на сцене и на каком расстоянии).

При этом правое и левое полушарие производят принципиально разные операции над входным изображением, обмениваясь результатами работы только при решении самых сложных

задач. Согласно этой модели у большинства людей, за исключением некоторых явных и скрытых левшей, правое полушарие в зрении является ведущим и содержит основной «арсенал» нейронных модулей для анализа реальных зрительных сцен и отдельных предметов.

Процесс зрительного анализа предположительно выполняется следующим образом.

Правое полушарие. В зрении оно связано с решением следующих базовых задач:

1. Пространственный анализ и стереозрение (для обеспечения движения в среде и манипулирования предметами).

2. Грубый предварительный анализ входного изображения и определение наиболее визуальнo информативных участков, т.е. составление как бы «карты» «зон внимания», что помогает ориентироваться в протяженной зрительной сцене и выбирать наиболее важные для ее «визуального понимания» фрагменты. «Карта» используется для программирования очередного скачка и перевода взгляда в соответствующее место для дальнейшего анализа.

3. Детальный анализ новых и малознакомых объектов (или знакомых объектов в необычном ракурсе) и их запоминание.

4. Конкретное узнавание знакомых объектов и пространственных сцен.

Левое полушарие. Выполняет при анализе сцен ряд важных, но вспомогательных задач:

1. Анализ фрагмента входной «сцены» в центральной части поля зрения, выделение предмета из фона, нормализация выделенного фрагмента

(относительно операций сдвига, поворота и подобия).

2. Сравнение с ограниченным набором «эталонов» наиболее часто встречающихся и обозначаемых словами языка фрагментов и простых предметов (в том числе букв, слов и цифр) и их классификация (так называемое «схематическое узнавание»).

3. Предварительное опознание и «кодирование» фрагментов более сложных объектов (в том числе незнакомых объектов).

Полный анализ сложных зрительных сцен возможен только при определенном временном взаимодействии полушарий. Эта схема взаимодействия предположительно такова.

Предполагаемая схема взаимодействия полушарий в зрении

1. После выбора «визуально интересного» участка входного изображения и переводе туда взгляда сетчаточное изображение данного участка обрабатывается механизмами левого полушария, выполняющими его схематическое узнавание (классификацию). Если объект - хорошо знакомый и простой (например, буква, слово), то происходит переход к следующему объекту. Если же объект более сложный или малознакомый, то он анализируется последовательно, с участием правого полушария. А именно – предварительный результат узнавания фрагмента в каком-то виде сообщается посредством передачи через мозолистое тело в правое полушарие. Это может происходить за счет активации ранее установленных в

процессе зрительного научения ассоциативных связей между полушариями, в результате чего в правом полушарии возбуждается ограниченная область памяти, что сужает зону поиска нужных для распознавания «энграмм» в этой долговременной зрительной памяти.

2. После этого взгляд скачком смещается так, чтобы проекция анализируемого участка попала в правое полушарие.

3. В этом полушарии сосредоточена зрительная рабочая память, в которой хранятся наборы конкретных реализаций каждого класса, встречавшиеся данному индивиду в процессе зрительного научения. Под реализацией имеется в виду нейронная структура, активированная при рассматривании данного класса объектов (это может быть и крупный фрагмент объекта, обозначаемый словом). Полученная на 1-м этапе информация активирует набор конкретных реализаций данного класса (все они имеют сходную форму с анализируемым фрагментом, но могут принадлежать разным предметам). Вновь поступившее на этом этапе в правое полушарие изображение сопоставляется с набором активированных нейронных реализаций («энграмм»). Объект может быть теперь распознан как некоторый конкретный представитель известного человеку класса объектов.

4. При необходимости может быть проведен пространственный анализ - определение размера, наклона и местоположение объекта в поле зрения и расстояния до него.

5. Если рассматриваемый объект сложен по форме или недостаточно знаком (т.е. в зрительной памяти

недостаточно энграмм для разных реализаций объекта), то процесс узнавания продолжается. При этом программируются скачки глаз в другие «информативные» места сцены. Постепенно набирается достаточно информации, чтобы узнать сложный объект, либо чтобы «визуально понять», какого он вида и как расположен в пространстве (например, препятствие, полезный предмет, новая версия известного класса и т.д.).

Предполагаемая последовательность локального анализа сложной сцены механизмами левого и правого ПШ проявляется в тенденции осмотра каждого сложного объекта в направлении слева-направо. Это связано с особенностью передачи центральной зоны сетчаточного изображения в кору: правое полуполе зрения (часть изображения справа от вертикального меридиана, в котором заключена точка фиксации, попадает в левое полушарие, а левое полуполе – в правое полушарие. В этом случае один и тот же объект сначала будет проанализирован левым полушарием, а потом – правым. Данное следствие из модели вполне согласуется с практикой визуальных искусств – известно, что внимание человека движется по изображению слева направо [4].

В случае явной или скрытой леворукости (т.е. при необычном профиле латеральности) базовые механизмы анализа и зрительного узнавания могут сформироваться не на своих «местах», в том числе зеркально - в контралатеральном полушарии. У таких испытуемых преобладающее направление зрительного внимания будет противоположным – справа налево. Именно такой результат был

получен нами ранее при обследовании студентов-художников при рассматривании ими сложных сюжетов (Левашов, Кобякова, 1999 [14]). С другой стороны, затруднения чтения при дислексии у детей также могут быть частично связаны с преобладающей у них тенденцией сканирования визуального материала справа налево, поскольку среди дислексиков довольно много явных и скрытых левшей [15].

Возможная схема межполушарного взаимодействия в зрительной системе при чтении

Текст – это специфический вид зрительных сцен, хорошо знакомый человеку. С одной стороны текст, как зрительный объект, проще, чем изображение реальной пространственной сцены – он расположен на плоскости, плоскость ограничена рамками листа, текст пространственно упорядочен. С другой стороны текст – это достаточно сложное визуальное поле, насыщенное сходными элементами, которое необходимо просматривать и анализировать строго последовательно в определенном порядке, обеспечивая узнавание каждого фрагмента слова и отдельных слов. К тому же текст – это, как правило, ахроматическое поле знаков, в отличие от реальных сцен. Тем не менее, приведенную выше модель можно применить и в случае чтения.

При чтении глаза человека совершают скачки и фиксации. Скачок программируется полностью до его начала, на что уходит в среднем 250 мс (Ярбус, 1967). В зависимости от сформированности навыка чтения на одну строку текста приходится от 3-4 до 10-12 фиксаций. Во время фиксации

происходит распознавание отдельных букв или сочетаний букв (или целых слов у опытных читателей). Если за одну фиксацию опознана только часть слова, требуется использование кратковременной иконической памяти, с помощью которой можно объединять опознанные фрагменты слов и распознавать целые слова.

Согласно схеме взаимодействия полушарий коры головного мозга, описанной выше, процесс чтения предполагает согласованную работу правого и левого полушария и их взаимодействие. Так, согласно этой схеме, правое полушарие управляет движениями глаз при чтении, а левое распознает отдельные буквы, слоги и фрагменты слов.

Характер межполушарного взаимодействия между разными функциональными блоками, обслуживающими процесс чтения, почти не изучен, известно лишь, что в целом связи между полушариями являются реципрокными, т.е. доминантные блоки (в конкретной задаче) «подтормаживают» субдоминантные. Врожденный (или возникший) дефицит работы отдельных блоков зрительной системы может вызвать рассогласование или «дисбаланс» и затруднить сложный многоэтапный процесс, каковым является процесс чтения. К такому же результату может привести и аномальное межполушарное распределение функций, которое возможно, например, при леворукости. Замечено, что процент леворуких среди дислексиков гораздо выше средних значений в популяции, что косвенно подтверждает обоснованность сформулированной

выше гипотезы о зрительном дисбалансе при дислексии.

Литература:

1. Баллонов Л.Я., Деглин В.Л. Слух и речь доминантного и недоминантного полушарий. 1976, Наука, Ленинград, 218 с.
2. Доброхотова Т.А., Брагина Н.Н. Левши. 1994, М., Книга, 231 с.
3. Кок Е.П. Зрительные агнозии. 1967, М. Наука, 224 с..
4. Левашов О.В. Вычислительные модели сенсорных систем. 1989. М. ВИНТИ, сер. Итоги науки, 150 с.
5. Левашов О.В. Межполушарные и внутриполушарные взаимодействия в зрительной системе человека. Вычислительный подход. В кн. Актуальные вопросы функциональной межполушарной асимметрии. РАМН, М. 2003, с.153-159.
6. Левашов О.В. Межполушарная асимметрия фазического и тонического зрительных каналов и дисбаланс их взаимодействия при дислексии. Там же, с. 159-163.
7. Подвигин Н.Ф. Динамические свойства нейронных структур зрительной системы. Л. Наука. 1979. 157 с.
8. Спрингер С. Дейч Г. Левый мозг, правый мозг. Асимметрия мозга. М. Мир. 1983. 256 с.
9. Хьюбел Д. Глаз, мозг, зрение. М. Мир. 1990, 239 с.
10. Ярбус А.Л. Роль движений глаз в процессе зрения. 1965. М. Наука. 165 см.
10. Hogben J. How does a visual transient deficit affect reading? In: Dyslexia/ Ed. Hulme & Snowling, London, 1997, pp.59-71.
11. Lejnin W., Okhotskaya A., Levashov O. A possible interhemispheric asymmetry of sustained and transient channels in vision. Perception, 1999, v.28, p.74.

12. Levashov O.V. et. al. Role of the right and the left hemispheres in object recognition: a model. *Perception*, 1996, v. 25. p.95.
13. Levashov O. Inshakova O., Rusetskaya M. Reversal of visual scanning and recognition in children with dyslexia. *Perception*, 2002, v.31, p. 176.
14. Levashov O.V, Kobyakova L. "Left-right" and "right-left" observers: Two different styles of picture viewing. *Perception*, 1998, v.27, pp.121-122.
14. Zeki Z. A vision of the brain. 1993. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 366 p.

СОДЕРЖАНИЕ ЖУРНАЛА LATERALITY (VOLUME 14, ISSUE 2, 2009)

Anthony Lambert; Charlene Hallett (Pages 329 – 344)

«Hand preference for sending mobile-phone text messages: Associations with sex, writing hand, and throwing hand»

Laura Motyka Joss; Sandra Virtue (Pages 345 – 361)

«Hemispheric processing of semantic information: The effects of the semantic priming task and working memory capacity»

George Grouios; Vassilia Hatzitaki; Nikolaos Kollias; Irene Koidou (Pages 362 – 380)

«Investigating the stabilising and mobilising features of footedness»

Anette Wichman; Rafael Freire; Lesley J. Rogers (Pages 381 – 394)

«Light exposure during incubation and social and vigilance behaviour of domestic chicks»

**Paula Cristina Rodrigues; Olga Vasconcelos; João Barreiros;
Ricardo Barbosa** (Pages 395 – 412)

«Manual asymmetry in a complex coincidence-anticipation task: Handedness and gender effects»

Jane Ebert Haakonsson; Stuart Semple (Pages 413 – 422)

*«Lateralisation of trunk movements in captive Asian elephants (*Elephas maximus*)»*

**Stanford W. Gregory Jr.; Will Kalkhoff; Sarah K. Harkness;
Jessica L. Paull** (Pages 423 – 440)

«Targeted high and low speech frequency bands to right and left ears respectively improve task performance and perceived sociability in dyadic conversations»