

ЕМЕЛЬЯНОВА Татьяна Валерьевна, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник лаборатории нейрофизиологии и высшей нервной деятельности института медико-биологических исследований Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова. Автор 77 научных публикаций, в т. ч. одной монографии

ОСОБЕННОСТИ МЕЖПОЛУШАРНОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ КОРКОВЫХ ЗОН У ЛЮДЕЙ ПОЖИЛОГО ВОЗРАСТА С РАЗНОЙ ПРОДУКТИВНОСТЬЮ ЧТЕНИЯ¹

В статье приведены данные обследования 78 людей пожилого возраста, родившихся и постоянно проживающих на территории Архангельской области. Исследуемые были дифференцированы на 2 группы по результатам оценки продуктивности чтения. Первая группа (37 чел.) отличалась значимо высокими показателями навыка чтения, с более успешным пониманием и воспроизведением прочитанного текста, критической оценкой прочитанного; вторая группа (41 чел.) характеризовалась значимо низкими показателями чтения (скорости, коэффициента усвоения прочитанного текста). Анализ данных электроэнцефалографического исследования показал, что мозг пожилых с высокой продуктивностью чтения в состоянии спокойного бодрствования отличается организацией клеточных ансамблей коры фронтальных, а также постцентральных областей правого и левого полушария в синхронизированные комплексы в диапазоне частот тета-, альфа- и бета-ритмов. Данные комплексы при переходе к процессу чтения преобразуются в локально-синхронизированные клеточные ансамбли, объединяющие фронтальные, париетальные, парieto-окципитальные и окципитальные области в диапазоне частот тета-ритма, а также фронтальные и окципитальные области в диапазоне частот альфа- и бета-ритма. В итоге интегративная деятельность мозга пожилых с высокой продуктивностью чтения отличается способностью оптимально «включать» в обработку информации уже «готовые» синхронизированные контрлатеральные нейронные сети при переходе к когнитивной деятельности. Мозг исследуемых с низкой продуктивностью чтения характеризовался включением в синхронизированные нейронные комплексы ограниченного количества областей как в состоянии

¹Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского гуманитарного научного фонда и правительства Архангельской области «Русский Север: история, современность, перспективы» в рамках научного проекта № 15-16-29012 а(р) «Семейное чтение как способ ресоциализации и активизации когнитивных процессов у северян при старении».

спокойного бодрствования, так и при чтении. Высокий уровень межполушарного взаимодействия может свидетельствовать о функционировании компенсаторного механизма, обеспечивающего интегративную деятельность коры головного мозга при выполнении когнитивных задач на поздних этапах онтогенеза.

Ключевые слова: межполушарная синхронизация, пожилой возраст, продуктивность чтения, электроэнцефалограмма.

Основным принципом мозговой организации и реализации интегративной психической деятельности является совместное функционирование полушарий. Любая психическая функция опирается на работу обеих гемисфер мозга. Координация и синхронизация процессов правого и левого полушария возможны лишь при наличии специального механизма контрлатерального взаимодействия, в осуществлении которого ведущая роль принадлежит мозолистому телу, объединяющему корковые зоны больших полушарий головного мозга. К сложным познавательным процессам, для осуществления которых требуется вовлеченность корковых областей правого и левого полушария, относится чтение [1–3]. Чтение – сложная познавательная деятельность, формирующаяся в результате специального обучения и включающая комплекс взаимосвязанных когнитивных процессов, таких как зрительно-пространственное восприятие, зрительно-моторная координация, слухоречевая и зрительная память, вербальное мышление, произвольное внимание, произвольная организация деятельности. Роль чтения трудно переоценить, поскольку до конца жизни человека оно остается одним из основных способов получения информации.

К концу второго десятилетия жизни благодаря созреванию мозолистого тела мозг человека отличается эффективной контрлатеральной коммуникацией и синхронизацией процессов во времени различных корковых зон, что позволяет успешно решать когнитивные задачи разного уровня сложности. Но в пожилом и старческом возрасте наблюдается межполушарная дезинтеграция, связанная со структур-

ными и функциональными изменениями в комиссуральных системах, что может привести к дефициту как отдельных когнитивных процессов [4–6], так и сложных видов познавательной деятельности, таких как чтение [7].

Целью работы было исследование межполушарной синхронизации корковых зон у людей пожилого возраста с разной продуктивностью чтения.

Материалы и методы. Обследовано 78 чел. в возрасте 60–74 лет (средний возраст – $64,22 \pm 4,49$ лет), родившихся и постоянно проживающих на территории Архангельской области (АО). Исследование проводилось в первой половине дня (с 9:00 до 14:00) с письменного согласия исследуемых. Обследованные не имели тяжелой соматической патологии и когнитивных расстройств. Для оценки продуктивности навыка чтения использовалась методика В.А. Бородиной, С.М. Бородина [8]. Исследуемые читали вслух рассказ А.П. Чехова «О брентности», объем текста – 236 слов. После чтения рассказа кратко записывались впечатления о прочитанном (за 2–4 мин).

Затем задавались вопросы к тексту, каждый из которых имел «вес» в процентах, отражающий правильность ответа; если ответ был частичным, то «вес» уменьшался в зависимости от точности ответа на конкретный вопрос; если не было ответа на этот вопрос, то читатель получал «0». Сумма полученных показателей «веса» за каждый ответ на вопрос отражает качество усвоения содержания прочитанного текста.

Скорость чтения определялась делением объема текста (236 слов) на время, за которое

прочитан текст. Соответственно, произведение скорости чтения на суммарный коэффициент усвоения содержания прочитанного текста составляет показатель продуктивности чтения. Регистрация электроэнцефалограмм (ЭЭГ) проводилась на 128-канальной системе GES-300 (США) с использованием ЭЭГ шлема GSN, программного обеспечения пользователя для регистрации, просмотра, хранения, анализа и распечатки ЭЭГ. Локализацию отведений определяли по международной системе «10–20», в соответствии с которой устанавливали электроды. Регистрировали ЭЭГ в состоянии спокойного бодрствования с закрытыми (3 мин) и открытыми глазами (2 мин), а также в процессе чтения про себя рассказа В. Астафьева «Последний поклон» (2 мин). Для оценки степени взаимодействия различных зон головного мозга, в частности при выполнении когнитивной нагрузки, использовалась оценка функции квадрата обычной когерентности в диапазонах частот: тета – 3,5–7; альфа – 7–13,5; бета – 13,5–20 Гц. Значения показателей когерентности варьируют от 0 до 1: чем выше значение когерентности, тем более согласованной является активность данной области с другой, выбранной для измерения [9].

Обработка данных проводилась с использованием статистического пакета программ SPSS 22.0 for Windows. Полученные выборки проверялись на нормальность распределения по критерию Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk's test). В статистическую обработку результатов входил кластерный анализ (иерархическая кластеризация с использованием метрики Чебышева).

Для описания количественных данных, имеющих нормальное распределение, использовали среднее арифметическое (M) и стандартное отклонение (SD). В случае когда количественные данные не подчинялись закону нормального распределения, для их описания использовали медиану (Me) и интервал значения от первого (Q1) до третьего (Q3) квартиля. В случае нормального распределения применялся параметрический критерий t-Стьюдента (t – значение критерия, df – число степеней свободы, p – уровень значимости); в случае когда распределение значений признака не соответствовало нормальному закону, использовался критерий U Манна-Уитни (U – эмпирическое значение критерия, p – уровень значимости). Для проверки гипотезы о значимости различий между частотами использовался критерий хи-квадрат (χ^2) Пирсона. Сравнение 2 независимых групп номинальных данных проводилось с использованием точного критерия Фишера, поскольку число ожидаемых наблюдений меньше 5. За критический уровень статистической значимости принимался $p < 0,05$.

Результаты и обсуждение. Согласно результатам кластерного анализа, обследуемые были разделены на 2 группы. Исследуемые первой группы (37 чел.) отличались значимо высокими показателями навыка чтения (табл. 1), для них было характерно более успешное понимание и воспроизведение прочитанного текста, а также доступна критическая оценка.

Вторая группа (41 чел.) отличалась значимо низкими показателями чтения: средний

Таблица 1

ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЫКА ЧТЕНИЯ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ АО, M±SD

Обследованные лица	Показатель чтения		
	Скорость, слов/мин	Коэффициент усвоения прочитанного текста, %	Продуктивность, слов/мин
Первая группа, чел. (n = 37)	120,40±14,52	62,03±11,45	74,74±17,07
Вторая группа, чел. (n = 41)	101,88±20,49	38,66±11,78	38,62±11,47

показатель скорости чтения составил $101,88 \pm 20,49$ слов/мин ($t = 4,558$, $df = 76$, $p < 0,001$), средний показатель коэффициента усвоения – $38,66 \pm 11,78$ % ($t = 5,155$, $df = 76$, $p < 0,001$), средний показатель продуктивности чтения – $38,62 \pm 11,47$ слов/мин ($t = 6,805$, $df = 76$, $p < 0,001$). Согласно результатам анализа данных электроэнцефалографического исследования, в первой группе исследуемых в состоянии спокойного бодрствования в диапазоне частот

тета-ритма обнаружены высокие показатели межполушарной синхронизации (от 0,5 до 1,0) фронтальных (Fp1Fp2, Fp1F8, Fp1F4, F3Fp2, F7Fp2, F7F4), фронто-темпоральных (Fp1T8, Fp2T7, F8T7, F4T7), парието-темпоральных (P8T7), парието-окципитальных (P7O2), окципитальных (O1O2) и окципитально-темпоральных (O1T8) областей правого и левого полушарий (табл. 2). Во второй группе исследуемых высокие значения когерентности (от 0,5 до

Таблица 2

**МЕЖПОЛУШАРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ АО
В СОСТОЯНИИ СПОКОЙНОГО БОДРСТВОВАНИЯ (ДИАПАЗОН ЧАСТОТ ТЕТА-РИТМА)**

Пары отведений	Me (Q1–Q3)		Эмпирическое значение критерия Манна-Уитни (U), уровень значимости (p)
	Первая группа	Вторая группа	
Fp1Fp2	0,8241 (0,6454-0,9480)	0,6118 (0,4379-0,8984)	U = 526,000 p = 0,0200
Fp1F8	0,6660 (0,3043-0,9275)	0,3511 (0,1832-0,8182)	U = 550,000 p = 0,0369
Fp1F4	0,6273 (0,2008-0,8755)	0,2542 (0,0481-0,5317)	U = 516,000 p = 0,0152
F3Fp2	0,6291 (0,3822-0,8533)	0,4516 (0,1922-0,6819)	U = 567,000 p = 0,0553
F7Fp2	0,6453 (0,1990-0,8769)	0,2728 (0,0652-0,6358)	U = 555,000 p = 0,0417
F7F4	0,6028 (0,2711-0,8666)	0,2017 (0,0923-0,5601)	U = 525,000 p = 0,0195
Fp1T8	0,5319 (0,1349-0,8835)	0,2145 (0,0718-0,6526)	U = 566,000 p = 0,0541
Fp2T7	0,6106 (0,1450-0,8796)	0,1582 (0,0577-0,6965)	U = 501,500 p = 0,0101
F8T7	0,6000 (0,1814-0,8936)	0,2724 (0,0672-0,6357)	U = 561,000 p = 0,0481
F4T7	0,6418 (0,2005-0,8861)	0,1749 (0,0671-0,4649)	U = 482,000 p = 0,0057
P8T7	0,5201 (0,3082-0,8902)	0,2605 (0,1201-0,7203)	U = 530,000 p = 0,0222
P7O2	0,5815 (0,1949-0,8955)	0,4948 (0,2654-0,7300)	U = 713,000 p = 0,6488
O1T8	0,6661 (0,1164-0,8767)	0,1656 (0,0657-0,4507)	U = 517,000 p = 0,0157
O1O2	0,6710 (0,3221-0,9291)	0,5192 (0,3182-0,7655)	U = 607,000 p = 0,1295

Примечание: в таблицу вынесены только те значения когерентности, которые находились в пределах 0,5-1.

ФИЗИОЛОГИЯ

1,0) отмечены только между фронтальными (Fp1Fp2) и окципитальными областями (O1O2). В то же время у представителей второй группы показатели когерентности фронтальных (Fp1Fp2, Fp1F8, Fp1F4, F7Fp2, F7F4), фронто-темпоральных (Fp2T7, F8T7, F4T7), парieto-темпоральных (P8T7) и окципитально-темпоральных (O1T8) областей в состоянии спокойного бодрствования были значимо ниже ($p < 0,01-0,05$) аналогичных показателей первой группы.

В первой группе исследуемых в состоянии спокойного бодрствования в диапазоне частот альфа-ритма отмечены высокие значения (от 0,5 до 1,0) межполушарной синхронизации фронтальных (Fp1Fp2, Fp1F8, Fp1F4, F3F4, F3Fp2), окципитальных (O1O2) и окципитально-париетальных (O1P8) областей правого и левого полушарий (табл. 3). Во второй группе в состоянии спокойного бодрствования в диапазоне частот аль-

фа-ритма синхронизированные комплексы включают нейронные ансамбли окципитальных (O1O2) и переднефронтальных (Fp1Fp2) областей правого и левого полушарий. При этом у пожилых первой группы в состоянии спокойного бодрствования в диапазоне частот альфа-ритма показатели когерентности фронтальных (Fp1Fp2, Fp1F8, Fp1F4, F3F4), окципитальных (O1O2) и окципитально-париетальных (O1P8) областей правого и левого полушарий значимо выше ($p < 0,05-0,01$) показателей синхронизации аналогичных областей коры головного мозга исследуемых второй группы.

В состоянии спокойного бодрствования в диапазоне частот бета-ритма у исследуемых с высокой продуктивностью чтения обнаружены высокие значения (от 0,5 до 1,0) межполушарной синхронизации комплекса топографически удаленных и близких нейронных ансамблей фронтальных областей (Fp1Fp2,

Таблица 3

**МЕЖПОЛУШАРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ АО
В СОСТОЯНИИ СПОКОЙНОГО БОДРСТВОВАНИЯ (ДИАПАЗОН ЧАСТОТ АЛЬФА-РИТМА)**

Пары отведений	Me (Q1-Q3)		Эмпирическое значение критерия Манна-Уитни (U), уровень значимости (p)
	Первая группа	Вторая группа	
Fp1Fp2	0,8151 (0,6513-0,9329)	0,6890 (0,4897-0,8704)	U = 530,000 p = 0,0222
Fp1F8	0,6185 (0,3441-0,9036)	0,3975 (0,2056-0,6913)	U = 535,000 p = 0,0253
Fp1F4	0,6033 (0,2867-0,8237)	0,3331 (0,1427-0,6003)	U = 491,000 p = 0,0074
F3F4	0,5291 (0,2816-0,8016)	0,3423 (0,1110-0,5461)	U = 519,000 p = 0,0165
F3Fp2	0,6284 (0,5021-0,8836)	0,5160 (0,3502-0,7470)	U = 572,000 p = 0,0620
O1P8	0,5335 (0,2613-0,7736)	0,3201 (0,2157-0,4816)	U = 544,000 p = 0,0318
O1O2	0,6992 (0,4603-0,8819)	0,5629 (0,4415-0,7484)	U = 595,000 p = 0,1018

Fp1F8, Fp1F4, F3Fp2, F3F4, F7Fp2, F7F4), а также окципитальных областей правого и левого полушарий – O1O2 (табл. 4). Во второй группе в состоянии покоя в диапазоне частот бета-ритма высокие показатели когерентности (от 0,5 до 1,0) отмечены только в переднефронтальных и окципитальных областях правого и левого полушарий. При этом исследуемые первой группы в состоянии покоя отличались значительно более высокими показателями синхронизации указанных выше областей в диапазоне частот бета-ритма ($p < 0,05-0,01$).

При переходе от состояния спокойного бодрствования к чтению показатели синхронизации больших клеточных ансамблей в диапазоне частот тета-ритма претерпевают значимое снижение ($p < 0,05-0,001$) во многих отведени-

ях. При этом остаются локально-синхронизированные нейронные комплексы (табл. 5): отмечено сохранение высоких показателей (от 0,5 до 1,0) когерентности фронтальных (Fp1Fp2), париетально-окципитальных (P7O2) и окципитальных областей (O1O2) правого и левого полушарий. Во второй группе исследуемых при переходе от фона к чтению в диапазоне частот тета-ритма также наблюдалось значимое снижение ($p < 0,05-0,01$) показателей межполушарной синхронизации фронтальных областей (Fp1Fp2) при сохранении высоких значений когерентности затылочных областей (O1O2).

Показатели межполушарной синхронизации фронтальных (Fp1F8, F7Fp2), фронто-темпоральных (Fp1T8), парието-темпоральных (P8T7), окципитально-темпоральных (O1T8)

Таблица 4

**МЕЖПОЛУШАРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ АО
В СОСТОЯНИИ СПОКОЙНОГО БОДРСТВОВАНИЯ (ДИАПАЗОН ЧАСТОТ БЕТА-РИТМА)**

Пары отведений	Me (Q1-Q3)		Эмпирическое значение критерия Манна-Уитни (U), уровень значимости (p)
	Первая группа	Вторая группа	
Fp1Fp2	0,7718 (0,5534-0,9486)	0,6648 (0,3558-0,8017)	U = 516,000 p = 0,0152
Fp1F8	0,6073 (0,2476-0,9048)	0,2796 (0,1225-0,6411)	U = 512,000 p = 0,0136
Fp1F4	0,5771 (0,2206-0,8803)	0,3379 (0,0859-0,4974)	U = 478,000 p = 0,0050
F3Fp2	0,6368 (0,4468-0,8944)	0,5193 (0,2763-0,6790)	U = 540,500 p = 0,0292
F3F4	0,5078 (0,2956-0,8437)	0,3685 (0,0844-0,5558)	U = 498,000 p = 0,0091
F7Fp2	0,5656 (0,2516-0,9086)	0,2651 (0,0597-0,5274)	U = 485,000 p = 0,0062
F7F4	0,5468 (0,2190-0,8821)	0,1953 (0,736-0,4356)	U = 448,000 p = 0,0019
O1P8	0,5415 (0,2762-0,7914)	0,2777 (0,1026-0,4695)	U = 459,000 p = 0,0027
O1O2	0,6963 (0,4699-0,8789)	0,4814 (0,3506-0,6795)	U = 510,000 p = 0,0129

**МЕЖПОЛУШАРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ АО
ВО ВРЕМЯ ЧТЕНИЯ ТЕКСТА (ДИАПАЗОН ЧАСТОТ ТЕТА-РИТМА)**

Пары отведений	Me (Q1–Q3)		Эмпирическое значение критерия Манна-Уитни (U), уровень значимости (p)
	Первая группа	Вторая группа	
Fp1Fp2	0,6429 (0,4132-0,9098)	0,4580 (0,2514-0,7752)	U = 576,000 p = 0,0678
Fp1F8	0,3690 (0,1420-0,8048)	0,1352 (0,0357-0,5060)	U = 529,500 p = 0,0216
Fp1F4	0,1585 (0,0617-0,5684)	0,0855 (0,0440-0,2803)	U = 649,000 p = 0,2732
F3Fp2	0,4409 (0,2112-0,6524)	0,3358 (0,1293-0,6007)	U = 681,000 p = 0,4380
F7Fp2	0,3076 (0,0960-0,7362)	0,0835 (0,0419-0,3880)	U = 523,000 p = 0,0184
F7F4	0,1196 (0,0545-0,6483)	0,0863 (0,0375-0,2750)	U = 645,000 p = 0,2561
Fp1T8	0,2696 (0,0890-0,7670)	0,0867 (0,0282-0,4005)	U = 507,500 p = 0,0120
Fp2T7	0,2943 (0,0577-0,6965)	0,0993 (0,0361-0,3267)	U = 591,500 p = 0,0947
F8T7	0,3883 (0,0338-0,6733)	0,1384 (0,0417-0,5383)	U = 664,000 p = 0,3443
F4T7	0,1882 (0,0461-0,6797)	0,0671 (0,0266-0,2959)	U = 577,000 p = 0,0693
P8T7	0,3734 (0,1732-0,8256)	0,1866 (0,0937-0,4424)	U = 514,000 p = 0,0144
P7O2	0,5742 (0,4171-0,8726)	0,4636 (0,2677-0,6344)	U = 595, 500 p = 0,1029
O1T8	0,1959 (0,0852-0,6820)	0,0651 (0,0297-0,2202)	U = 487,500 p = 0,0067
O1O2	0,6032 (0,3498-0,8548)	0,5132 (0,3149-0,6936)	U = 618,000 p = 0,1597

областей правого и левого полушарий у исследуемых первой группы были значимо ($p < 0,05$) выше показателей исследуемых второй группы. При переходе от состояния спокойного бодрствования к чтению текста показатели синхронизации в диапазоне частот альфа-ритма как в первой, так и во второй группах иссле-

дуемых пожилых претерпевают значимое ($p < 0,05-0,001$) снижение. При этом у исследуемых первой группы выделяется два синхронизированных комплекса, включающих переднефронтальные (Fp1Fp2) и окципитальные (O1O2) области правого и левого полушарий, показатели когерентности которых остаются в

пределах от 0,5 до 1,0. У пожилых второй группы синхронизированными остались только окципитальные области – О1О2 (табл. 6).

В диапазоне частот альфа-ритма в процессе чтения текста у исследуемых первой группы показатели когерентности фронтальных (Fp1Fp2, Fp1F8, Fp1F4) и париетально-окципитальных областей (О1Р8, О2Р7) значимо выше ($p < 0,05-0,01$) показателей когерентности исследуемых второй группы. При переходе от состояния спокойного бодрствования к чтению текста показатели когерентности в диапазоне частот бета-ритма как в первой, так и во второй группах исследуемых претерпевают значимое ($p < 0,05-0,001$) снижение. При этом только в первой группе исследуемых во время чтения в диапазоне частот бета-ритма, как и в диапазоне частот альфа-ритма, выделяется два синхронизированных комплекса, включающих перед-

нефронтальные (Fp1Fp2) и окципитальные (О1О2) области правого и левого полушарий, показатели когерентности которых остаются в пределах от 0,5 до 1,0. Во второй группе пожилых таких синхронизированных комплексов в диапазоне частот бета-ритма во время чтения не отмечено (табл. 7).

Показатели когерентности фронтальных (Fp1Fp2, Fp1F8, Fp1F4, F3Fp2, F3F4, F7Fp2, F7F4) и окципитальных областей (О1О2) в диапазоне частот бета-ритма у исследуемых первой группы были значимо выше ($p < 0,05-0,01$) показателей когерентности исследуемых второй группы.

Известно, что уровень интеграции областей коры головного мозга должен быть адекватным для оптимального выполнения функции. В реальности он может оказаться сниженным или избыточным. И то, и другое не обеспечивает

Таблица 6

**МЕЖПОЛУШАРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ АО
ВО ВРЕМЯ ЧТЕНИЯ ТЕКСТА (ДИАПАЗОН ЧАСТОТ АЛЬФА-РИТМА)**

Пары отведений	Me (Q1–Q3)		Эмпирическое значение критерия Манна-Уитни (U), уровень значимости (p)
	Первая группа	Вторая группа	
Fp1Fp2	0,6248 (0,4338-0,8794)	0,4503 (0,3050-0,7345)	U = 527,000 p = 0,0205
Fp1F8	0,3976 (0,1755-0,7708)	0,1411 (0,0511-0,5539)	U = 505,000 p = 0,0112
Fp1F4	0,2137 (0,0846-0,6770)	0,0933 (0,0379-0,2870)	U = 552,500 p = 0,0393
F3F4	0,1213 (0,0554-0,4416)	0,0919 (0,0491-0,2229)	U = 649,500 p = 0,2732
F3Fp2	0,3694 (0,2362-0,6280)	0,3145 (0,1262-0,6029)	U = 608,500 p = 0,1321
О1Р8	0,4466 (0,2504-0,7601)	0,2452 (0,0918-0,3891)	U = 447,000 p = 0,0018
О2Р7	0,5038 (0,3718-0,8722)	0,3716 (0,2590-0,5676)	U = 553,000 p = 0,0397
О1О2	0,6427 (0,4399-0,8192)	0,5202 (0,3479-0,6715)	U = 580,000 p = 0,0741

МЕЖПОЛУШАРНАЯ СИНХРОНИЗАЦИЯ У ПОЖИЛЫХ ЛЮДЕЙ АО
ВО ВРЕМЯ ЧТЕНИЯ ТЕКСТА (ДИАПАЗОН ЧАСТОТ БЕТА-РИТМА)

Пары отведений	Me (Q1–Q3)		Эмпирическое значение критерия Манна-Уитни (U), уровень значимости (p)
	Первая группа	Вторая группа	
Fp1Fp2	0,6961 (0,3916-0,8805)	0,4236 (0,2009-0,6799)	U = 449,000 p = 0,0020
Fp1F8	0,4501 (0,2035-0,7887)	0,1561 (0,0269-0,4720)	U = 443,000 p = 0,0016
Fp1F4	0,3543 (0,1158-0,8097)	0,1350 (0,0367-0,3708)	U = 473,000 p = 0,0043
F3Fp2	0,4724 (0,2715-0,7909)	0,2722 (0,1020-0,5779)	U = 507,000 p = 0,0118
F3F4	0,3519 (0,1252-0,7013)	0,1396 (0,0456-0,3766)	U = 518,000 p = 0,0163
F7Fp2	0,4412 (0,1255-0,8307)	0,1363 (0,0325-0,3762)	U = 465,000 p = 0,0033
F7F4	0,2784 (0,0558-0,8390)	0,0587 (0,0343-0,1980)	U = 501,000 p = 0,0100
O1O2	0,6383 (0,4132-0,8623)	0,4444 (0,3415-0,6535)	U = 530,000 p = 0,0222

нормальное взаимодействие мозговых структур и сопровождается нарушением функционального состояния мозга [7, 9–12]. Мозг пожилых людей со значимо более высокой продуктивностью чтения в состоянии спокойного бодрствования отличается организацией клеточных ансамблей коры фронтальных, а также постцентральных областей правого и левого полушарий в синхронизированные комплексы в диапазоне частот исследуемых ритмов. У пожилых с высокой продуктивностью чтения эти комплексы при переходе к процессу чтения преобразуются в локально-синхронизированные клеточные ансамбли, объединяющие фронтальные, парieto-окипитальные, парieto-окипитальные и окипитальные области в диапазоне частот тета-ритма, а также фронтальные и окипитальные области в диапазоне частот альфа- и бета-ритма.

Контрлатеральное взаимодействие между окипитальными и темпоральными областями обеспечивает точность восприятия зрительной информации и перевод зрительной лексемы в звуковой аналог, а также функционирование семантического компонента чтения. Нейронные комплексы, объединяющие парieto-окипитальные и окипитальные области правого и левого полушария, принимают непосредственное участие в реализации звукобуквенного анализа и синтеза, формировании смысловых догадок и сличения, возникающих при чтении «гипотез» с написанными словами [3, 13, 14]. Фронтальные области в свою очередь обеспечивают понимание синтаксической согласованности слов, внешнего содержания высказывания и подтекста. С другой стороны, синхронизацию фронтальных областей связывают с удержа-

нием информации в кратковременной памяти, что является одним из основных компонентов нормального процесса чтения. У пожилых с низкой продуктивностью чтения как в состоянии покоя, так и при переходе к чтению межполушарной синхронизацией отличались только фронтальные и окципитальные области.

Заключение. Таким образом, интегративная деятельность мозга пожилых с высокой продуктивностью чтения при переходе к когнитивной деятельности отличается способностью оптимально «включать» в обработку информации уже «готовые» синхронизированные контрлатеральные нейронные сети. Мозг

людей пожилого возраста с низкой продуктивностью чтения отличается включением в синхронизированные нейронные комплексы ограниченного количества областей как в состоянии спокойного бодрствования, так и при чтении. Поскольку подвижность нервных процессов при старении ослабляется, высокий уровень межполушарного взаимодействия в состоянии покоя и в процессе чтения в диапазоне частот тета-, альфа- и бета-ритмов можно рассматривать как компенсаторный механизм, обеспечивающий оптимальную интегративную деятельность коры головного мозга у пожилых с более высокой продуктивностью чтения.

Список литературы

1. Federmeier K.D., Kutas M. Right Words and Left Words: Electrophysiological Evidence for Hemispheric Differences in Meaning Processing // *Brain Res. Cogn. Brain Res.* 1999. Vol. 8, № 3. P. 373–392.
2. Federmeier K.D., Kutas M. A Rose by Any Other Name: Long-Term Memory Structure and Sentence Processing // *J. Mem. Lang.* 1999. Vol. 41, № 4. P. 469–495.
3. Federmeier K.D., Mai H., Kutas M. Both Sides Get the Point: Hemispheric Sensitivities to Sentential Constraint // *Mem. Cognit.* 2005. Vol. 33, № 5. P. 871–886.
4. Захарова И.А. Компенсаторный потенциал при нормальном и патологическом старении // *Системная психология и социология.* 2013. № 7(1). С. 65–74.
5. Пономарёва Н.В., Фокин В.Ф., Павлова О.А., Андросова Л.В., Селезнёва Н.Д. Анализ корреляции между нейрофизиологическими показателями и уровнем гормона стресса кортизола при нормальном старении // *Вестн. РАМН.* 1999. № 3. С. 46–49.
6. Фокин В.Ф., Пономарёва Н.В., Букатина Е.Е. Нейрофизиологические предикторы смерти // *Успехи геронтологии.* 1997. Т. 1. С. 61–65.
7. Klimesch W. Memory Processes, Brain Oscillations and EEG Synchronization // *J. Psychophysiol.* 1996. Vol. 24, № 1-2. P. 61–100.
8. Бородин В.А., Бородин С.М. Мониторинг качества чтения в образовании // *Человек читающий: Homo legens.* 2013. № 5. С. 185–197.
9. Мельникова Т.С., Латин И.А., Саркисян В.В. Обзор использования когерентного анализа ЭЭГ в психиатрии // *Соц. и клин. психиатрия.* 2009. Т. 19, № 1. С. 90–94.
10. Bäckman L., Ginovart N., Dixon R.A., Wahlin T.B., Wahlin A., Halldin C., Farde L. Age-Related Cognitive Deficits Mediated by Changes in the Striatal Dopamine System // *Am. J. Psychiatry.* 2000. Vol. 157, № 4. P. 635–637.
11. Davey M.P., Victor J.D., Schiff N.D. Power Spectra and Coherence in the EEG of a Vegetative Patient with Severe Asymmetric Brain Damage // *Clin. Neurophysiol.* 2000. Vol. 111, № 1. P. 1949–1954.
12. de Magalhães J.P., Sandberg A. Cognitive Aging as an Extension of Brain Development: A Model Linking Learning, Brain Plasticity and Neurodegeneration // *Mech. Ageing Dev.* 2005. Vol. 126, № 10. P. 1026–1033.
13. Lerner Y., Honey C.J., Katkov M., Hasson U. Temporal Scaling of Neural Responses to Compressed and Dilated Natural Speech // *J. Neurophysiol.* Vol. 111, № 12. P. 2433–2444.

14. Wingfield A., Grossman M. Language and the Aging Brain: Patterns of Neural Compensation Revealed by Functional Brain Imaging // *J. Neurophysiol.* Vol. 96, № 6. P. 2830–2839.

References

1. Federmeier K.D., Kutas M. Right Words and Left Words: Electrophysiological Evidence for Hemispheric Differences in Meaning Processing. *Brain Res. Cogn. Brain Res.*, 1999, vol. 8, no. 3, pp. 373–392.
2. Federmeier K.D., Kutas M. A Rose by Any Other Name: Long-Term Memory Structure and Sentence Processing. *J. Mem. Lang.*, 1999, vol. 41, no. 4, pp. 469–495.
3. Federmeier K.D., Mai H., Kutas M. Both Sides Get the Point: Hemispheric Sensitivities to Sentential Constraint. *Mem. Cognit.*, 2005, vol. 33, no. 5, pp. 871–886.
4. Zakharova I.A. Kompensatornyy potentsial pri normal'nom i patologicheskom starenii [Compensatory Potential in Normal and Pathological Aging]. *Sistemnaya psikhologiya i sotsiologiya*, 2013, no. 7(I), pp. 65–74.
5. Ponomareva N.V., Fokin V.F., Pavlova O.A., Androsova L.V., Selezneva N.D. Analiz korrelyatsii mezhdu neyrofiziologicheskimi pokazatelyami i urovnem gormona stressa kortizola pri normal'nom starenii [Analysis of Correlation Between Neurophysiological Parameters and the Level of Cortisol Stress Hormone in Normal Ageing]. *Vestnik RAMN*, 1999, no. 3, pp. 46–49.
6. Fokin V.F., Ponomareva N.V., Bukatina E.E. Neyrofiziologicheskie prediktory smerti [Neurophysiological Predictors of Death]. *Uspekhi gerontologii*, 1997, vol. 1, pp. 61–65.
7. Klimesch W. Memory Processes, Brain Oscillations and EEG Synchronization. *Int. J. Psychophysiol.*, 1996, vol. 24, no. 1-2, pp. 61–100.
8. Borodina V.A., Borodin S.M. Monitoring kachestva chteniya v obrazovanii [Monitoring the Quality of Reading in Education]. *Chelovek chitayushchiy: Homo legens*, 2013, no. 5, pp. 185–197.
9. Mel'nikova T.S., Lapin I.A., Sarkisyan V.V. Obzor ispol'zovaniya kogerentnogo analiza EEG v psikhiiatrii [Use of Coherent EEG Analysis in Psychiatry]. *Sotsial'naya i klinicheskaya psikhiiatriya*, 2009, vol. 19, no. 1, pp. 90–94.
10. Bäckman L., Ginovart N., Dixon R.A., Wahlin T.B., Wahlin A., Halldin C., Farde L. Age-Related Cognitive Deficits Mediated by Changes in the Striatal Dopamine System. *Am. J. Psychiatry*, 2000, vol. 157, no. 4, pp. 635–637.
11. Davey M.P., Victor J.D., Schiff N.D. Power Spectra and Coherence in the EEG of a Vegetative Patient with Severe Asymmetric Brain Damage. *Clin. Neurophysiol.*, 2000, vol. 111, no. 1, pp. 1949–1954.
12. de Magalhães J.P., Sandberg A. Cognitive Aging as an Extension of Brain Development: A Model Linking Learning, Brain Plasticity and Neurodegeneration. *Mech. Ageing Dev.*, 2005, vol. 126, no. 10, pp. 1026–1033.
13. Lerner Y., Honey C.J., Katkov M., Hasson U. Temporal Scaling of Neural Responses to Compressed and Dilated Natural Speech. *J. Neurophysiol.*, vol. 111, no. 12, pp. 2433–2444.
14. Wingfield A., Grossman M. Language and the Aging Brain: Patterns of Neural Compensation Revealed by Functional Brain Imaging. *J. Neurophysiol.*, vol. 96, no. 6, pp. 2830–2839.

doi 10.17238/issn2308-3174.2015.4.54

Emelyanova Tatyana Valeryevna

Institute of Medical and Biological Research,
Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov (Arkhangelsk, Russia)

PECULIARITIES OF INTERHEMISPHERIC SYNCHRONIZATION OF CORTICAL AREAS IN THE ELDERLY WITH DIFFERENT READING EFFICIENCY

We examined 78 elderly people born and permanently living in the Arkhangelsk Region. The subjects were divided into two groups according to the results of the reading efficiency test. The first group (37 people) had significantly better reading skills, with good understanding, reproduction and critical evaluation of the text; the second group (41 persons) had significantly worse reading skills (speed, text comprehension coefficient). The electroencephalographic data analysis showed that in the brain of the elderly with high reading efficiency during quiet wakefulness, the cell ensembles of the frontal

and postcentral areas of the right and left hemispheres are organized into synchronized systems within the theta, alpha and beta frequency ranges. When it comes to reading, these systems are transformed into locally synchronized cell ensembles uniting the frontal, parietal, parieto-occipital and occipital regions within the theta frequency range, as well as the frontal and occipital regions within the alpha and beta frequency ranges. As a result, the integrative activity of the brain in the elderly with high reading efficiency allows it to, during the transition to cognitive activity, involve the existing synchronized contralateral neural networks in the information processing. In the subjects with low reading efficiency, only a limited number of areas were involved in synchronized neural networks both in the state of quiet wakefulness and during reading. The high level of hemispheric interaction can be seen as a compensatory mechanism providing integrative activity of the cerebral cortex when solving cognitive tasks at late stages of ontogenesis.

Keywords: *hemispheric synchronization, elderly, reading efficiency, electroencephalogram.*

*Контактная информация:
адрес: 163045, г. Архангельск, проезд Бадигина, д. 3;
e-mail: t.emeljanova@narfu.ru*