

УДК 616.831-073.75

## ПОКАЗАТЕЛИ РЕОЭНЦЕФАЛОГРАММЫ ПОКОЯ У ЗДОРОВЫХ ПОДРОСТКОВ 15–17 ЛЕТ НА ЕВРОПЕЙСКОМ СЕВЕРЕ

© 2011 г. Л. В. Поскотинова, Е. А. Каменченко

Институт физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН,  
г. Архангельск

Для определения особенностей возрастных изменений показателей реоэнцефалограммы у проживающих на Европейском Севере России здоровых подростков на завершающем этапе пубертата с помощью прибора «Энцефалан 131-03» обследованы 178 жителей Архангельской области в возрасте 15–17 лет. Приведенные пределы колебаний показателей реоэнцефалограммы в межквартильном размахе 25–75 перцентилей у подростков могут быть рекомендованы для ориентировочной оценки состояния тонуса мозговых сосудов у здоровых лиц с учетом региона проживания. Установлено, что у девочек в сравнении с мальчиками более высокие значения объемного пульсового кровенаполнения крупных и средних артерий во фронтальных отделах, а также кровенаполнения крупных, средних артерий, показателей тонуса артерий прекапиллярного русла и венозного оттока в затылочных отделах головного мозга. Выявлена значимая межполушарная левосторонняя асимметрия кровенаполнения сосудов головного мозга преимущественно во фронтальных отделах у мальчиков и независимо от бассейна кровоснабжения головного мозга у девочек.

**Ключевые слова:** реоэнцефалограмма, подростки, Север.

Проблема нормирования физиологических показателей с учетом региональных особенностей условий среды обитания остается актуальной. Изменение социальных условий, характера питания, темпов возрастного становления индивида, а также глобальное изменение климата за последние 20–25 лет могут обуславливать развитие вариантов адаптации физиологических систем человека, которые не всегда сопоставимы с таковыми в предыдущие временные периоды. Возраст 15–17 лет является переходным к периоду взрослости, когда завершается формирование почти всех регуляторных систем организма человека. Этот возраст также показателен в плане риска ряда заболеваний, предрасположенность к которым у человека будет проявлена на протяжении последующих лет жизни. Поэтому возраст завершения пубертата представляется весьма сложным с позиции нормирования физиологических показателей.

Несмотря на развитие новых методов исследования состояния мозговых сосудов (транскраниальная ультразвуковая доплерография) и нейровизуализации метаболических процессов в областях головного мозга (магнитно-резонансная, позитронно-эмиссионная томографии), реоэнцефалография остается востребованным методом исследования в нейрофизиологии. Наиболее крупные обобщения в области нормирования параметров реоэнцефалографии у здоровых подростков отражают исследования на рубеже XX–XXI столетий [10, 17, 22]. Трудность применения таких нормативов в том, что они объединяют относительно большие возрастные периоды: 11–15 лет; 16–20 [22], 14–17 лет [5]. Нормативы недостаточно отражают гендерные и межполушарные различия, характерные для той или иной возрастной группы подростков. Кроме того, сказывается и наличие разных средств измерений реографических сигналов в 70–90-е годы XX столетия. Однако в последнее время фирмы-производители стремятся к унификации требований, предъявляемым к современным реоэнцефалографам, и есть основания для активного диалога исследователей в плане выработки общих подходов для оценки возрастных особенностей реографических данных, в том числе с учетом климатогеографических особенностей проживания людей [19].

Ранее показано, что в условиях Европейского Севера у жителей Архангельской области отмечается снижение интенсивности кровенаполнения сосудов головного мозга, времени распространения пульсовой волны, повышение тонуса прекапиллярных и посткапиллярных сосудов по сравнению с данными литературы по средней полосе [6]. Есть современные сведения о состоянии тонуса сосудов головного мозга по данным реоэнцефалографии и доплерографии у детей и подростков южного района Архангельской области (Коношский район), который

относится к буферной или переходной зоне от высоких к средним широтам [12, 16, 19, 20]. В области также изучается тонус мозговых сосудов у подростков с учетом влияния повреждающих факторов (пивная алкоголизация, психоактивные вещества) [9, 11]. Эти сведения являются весьма значимыми с точки зрения возрастной физиологии, однако они отражают преимущественно возрастную динамику средних значений, а не диапазонов колебаний значений.

Таким образом, цель настоящего исследования заключалась в определении особенностей показателей реоэнцефалограммы и пределов колебаний этих показателей у здоровых подростков 15–17 лет, проживающих на Европейском Севере, в частности в Архангельской области.

### Методы

В рамках поперечного исследования обследованы 178 практически здоровых лиц 15–17 лет (мальчиков 61; девочек 117), родившихся и постоянно проживающих на территории Архангельской области (г. Архангельск, Приморский, Коношский районы). На момент исследования никто из них не предъявлял жалоб и не состоял на учете по поводу неврологических расстройств. От всех подростков и их родителей получено информированное согласие на участие в исследовании; этические принципы исследования согласованы с ученым советом Института физиологии природных адаптаций Уральского отделения РАН, выполняющим функции этического комитета. Оценивали показатели реоэнцефалограммы (РЭГ) в состоянии покоя в положении сидя с помощью электроэнцефалографа-анализатора «Энцефалан 131-03» (НПКФ «Медиком МТД», г. Таганрог) в полосе 0,5–10 Гц и частоте зондирования 112 кГц во фронтально-мастоидальных (ФМ) и окципито-мастоидальных (ОМ) отведениях слева (s) и справа (d). Определяли реографический индекс (РИ, Ом/с), амплитудно-частотный показатель (АЧП, Ом/с), максимальную скорость быстрого кровенаполнения (МСБКН, Ом/с), среднюю скорость медленного кровенаполнения (ССМКН, Ом/с), дикротический индекс (ДКИ, %), индекс венозного оттока (ИВО, %), коэффициент межполушарной асимметрии по данным прироста РИ (КА, %) с большим значением справа (КА\_d) и с большим значением слева (КА\_s). Значимой асимметрию принимали при уровне более 20 % [5].

Статистическую обработку материалов проводили в среде программы STATISTICA 5.5. В связи с тем, что распределение признаков в выборках не подчинялось закону нормального распределения (оценка по критерию Шапиро — Уилка), данные представлены медианой (Me), нижним и верхним квартилями (25–75 процентилями) и размахом минимальных и максимальных значений в выборке (Min-Max). Уровень статистически значимых различий в группах определяли с помощью непараметрических критериев Манна — Уитни и хи-квадрата ( $\chi^2$ ) Пирсона; при

числе менее 10 наблюдений — с поправкой Йейтса для сравнения процентных долей.

### Результаты

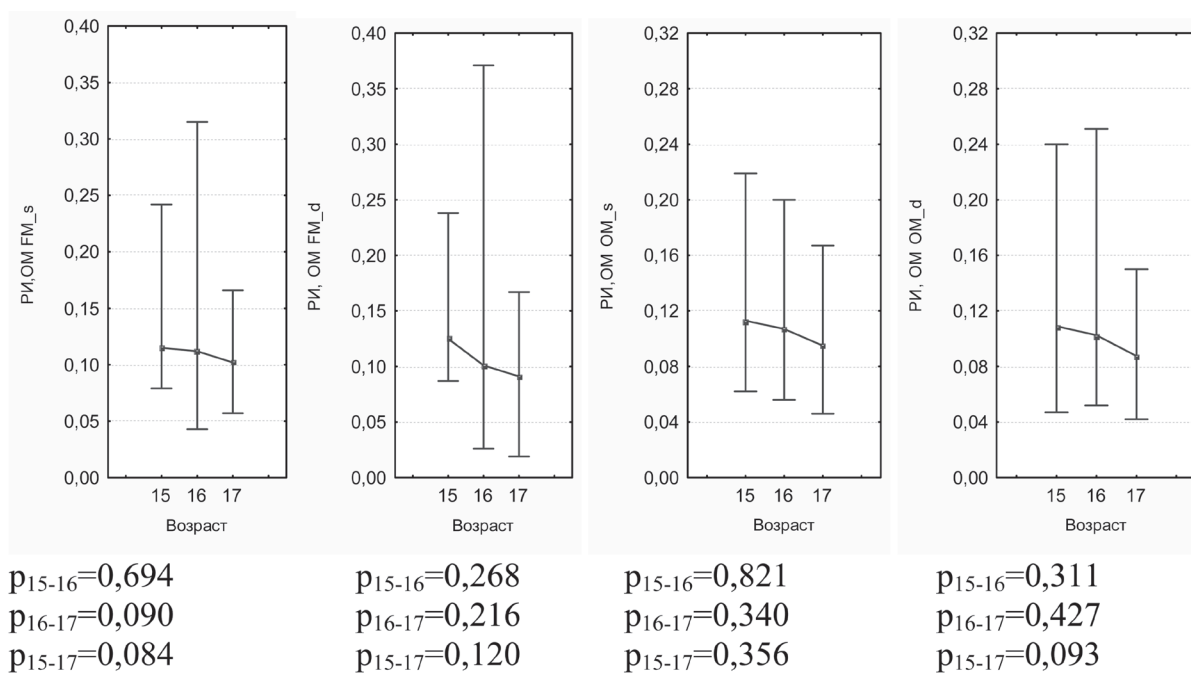
Распределение значений РИ по возрастным группам свидетельствует о более выраженном отличии уровня данного показателя в 17 лет от таковых в группах 15 и 16 лет (рис. 1), особенно у девочек. Так, в правой гемисфере во фронтальных областях у девочек значения РИ были значимо ниже в 17 лет в сравнении лицами группы 16 лет ( $p = 0,016$ ). В затылочных областях показатели РИ были также ниже в группе 17 лет в сравнении с таковыми в группах 16 лет слева ( $p = 0,015$ ) и справа ( $p = 0,002$ ). Кроме того, в затылочных областях справа в 17 лет также значимо ниже РИ в сравнении с группой 15 лет ( $p = 0,016$ ). В группе мальчиков 17 лет также более низкие значения данного показателя в сравнении с предыдущими возрастными периодами, однако возрастные различия не достигали статистически значимого уровня, по-видимому, вследствие высокого вариативного размаха значений РИ, особенно у мальчиков 16 лет во фронтальных отделах головного мозга.

Учитывая минимальные различия значений РИ в 15 и 16 лет, для анализа всех рассматриваемых показателей РЭГ принято целесообразным объединить данные в возрастные группы 15–16 лет и 17 лет (табл. 1). При анализе показателей РЭГ во фронтальных областях выявлено, что у мальчиков 17 лет уровень объемного кровенаполнения (АЧП) значимо ниже как слева ( $p = 0,032$ ), так и справа ( $p = 0,040$ ), чем в группе 15–16 лет. При этом РИ в меньшей степени отражал возрастные изменения объемного кровенаполнения головного мозга, о чем свидетельствует отсутствие статистически значимых различий РИ в возрастных группах у мальчиков. В группе 17 лет более выражено наличие межполушарной асимметрии во фронтальных отделах — слева РИ и АЧП были выше, чем справа, на уровнях достоверности соответственно  $p = 0,025$  и  $p = 0,045$ .

Показатель ССМКН в окципито-мастоидальных отведениях справа статистически значимо ниже у мальчиков 17 лет в сравнении с таковым у мальчиков 15–16 лет ( $p = 0,042$ ). При этом возрастные изменения показателя, отражающего тонус резистивных сосудов на уровне прекапилляров (ДКИ) у мальчиков были минимальны. Индекс венозного оттока в области вертебро-базиллярного бассейна (ВББ) слева значимо ниже у юношей 17 лет ( $p = 0,035$ ).

У девочек 17 лет пульсовое кровенаполнение было статистически значимо ниже в сравнении с группой 15–16 лет как по данным РИ ( $p = 0,035$ ), так и по данным АЧП во фронтальных отделах (ФМ), особенно в правой гемисфере ( $p = 0,024$ ). В затылочных областях (ОМ) данная возрастная закономерность изменений РИ и АЧП была выражена сильнее: слева (соответственно  $p = 0,025$  и  $p = 0,028$ ) и особенно справа (соответственно  $p = 0,009$  и  $p < 0,001$ ). Также

А)



Б)

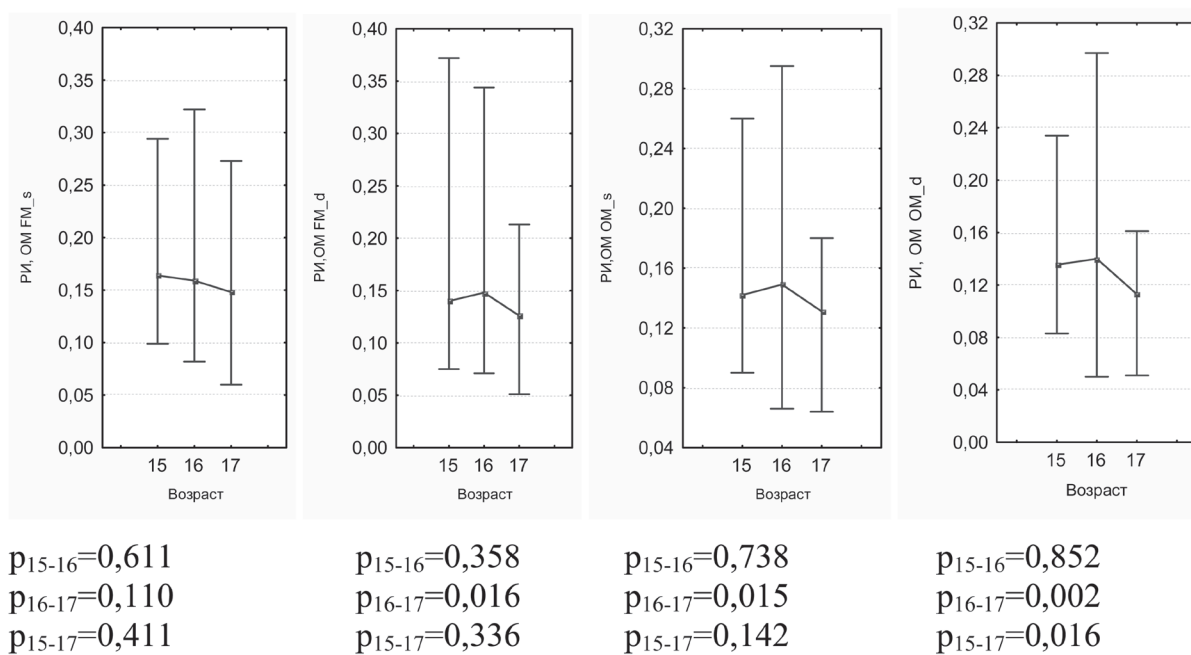


Рис. 1. Реографический индекс во фронто-мастоидальных отведениях реоэнцефалограммы слева (FM\_s) и справа (FM\_d) и в окципито-мастоидальных отведениях слева (OM\_s) и справа (OM\_d) у мальчиков (А) и девочек (Б) 15–17 лет (Me; Min-Max)

в затылочной области справа у девушек 15–16 лет отмечено более высокое кровенаполнение на уровне артерий распределения – МСБКН ( $p = 0,035$ ). Более низкое значение показателя ССМКН в 17 лет в сравнении с группой 15–16 лет у девочек также более значимо в правой гемисфере как во фронтальных ( $p = 0,045$ ), так и в затылочных отделах ( $p = 0,026$ ) головного мозга. В районе ВББ также статистически значимо снижение МСБКН справа ( $p = 0,034$ ).

Возрастные изменения показателей, отражающих тонус мелких сосудов (ДКИ) и состояние венозного оттока (ИВО) у девочек были минимальны.

Анализ половых различий реографических показателей выявил, что у девочек 15–16 лет более высокие уровни пульсового кровенаполнения по данным РИ и АЧП, тонуса магистральных, средних и мелких артерий по данным МСБКН и ССМКН. В районе ВББ такая закономерность более выражена

Таблица 1

Показатели реоэнцефалограммы у подростков 15–17 лет Архангельской области

Me (25; 75 процентиля)

Показатель	Мальчики						Девочки					
	15–16 лет, n=47		17 лет, n=14		15–16 лет, n=94		17 лет, n=23		15–16 лет, n=94		17 лет, n=23	
	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа	Слева	Справа
Фронтально-мастоидальные отведения												
РИ, Ом	0,11 (0,09; 0,15)	0,11 (0,08; 0,14)	0,09 (0,07; 0,134)	0,09 Δ (0,06; 0,13)	0,16 *** (0,13; 0,2)	0,14 *** ΔΔ (0,11 0,19)	0,15 ** (0,12; 0,19)	0,13 # ΔΔΔ (0,1; 0,17)	0,15 ** (0,12; 0,19)	0,14 *** ΔΔ (0,11 0,19)	0,18 ** (0,15; 0,23)	0,17 # ** ΔΔΔ (0,12; 0,21)
АЧП, Ом/с	0,15 (0,12; 0,19)	0,14 (0,11; 0,17)	0,11 # (0,08; 0,16)	0,09 # Δ (0,07; 0,16)	0,21 *** (0,17; 0,27)	0,2 *** ΔΔ (0,15; 0,26)	2,40 *** (2,01; 3,07)	2,23 ** ΔΔΔ (1,67; 2,78)	2,40 *** (2,01; 3,07)	2,51 *** ΔΔ (1,99; 3,29)	1,41 ** (1,19; 1,79)	1,31 # ** ΔΔΔ (1,05; 1,65)
МСБКН, Ом/с	1,82 (1,5; 2,43)	1,79 (1,5; 2,53)	1,71 (1,12; 2,17)	1,63 (1,05; 1,9)	2,67 *** (2,29; 3,4)	67,5 (58; 80)*	69 (60; 83)	65 (59; 80)	69 (60; 83)	67,5 (58; 80)*	27 (21; 31)*	28 (22; 33)
ССМКН, Ом/с	1,13 (0,96; 1,37)	1,12 (0,9; 1,42)	1,06 (0,68; 1,3)	0,99 (0,61; 1,16)	1,62 *** (1,37; 1,88)	27 (21; 31)*	27 (22; 33)	28 (22; 33)	27 (22; 33)	27 (21; 31)*	27 (22; 33)	28 (22; 33)
ДКИ, %	62 (53; 73)	62 (47; 70)	63,5 (44; 71)	58 (37; 68)	68 (60; 78)	27 (21; 31)*	27 (22; 33)	28 (22; 33)	27 (22; 33)	27 (21; 31)*	27 (22; 33)	28 (22; 33)
ИВО, %	23 (19; 30)	22 (18; 29)	22,5 (15; 36)	21,5 (16; 35)	26 (21; 30)	27 (21; 31)*	27 (22; 33)	28 (22; 33)	27 (22; 33)	27 (21; 31)*	27 (22; 33)	28 (22; 33)
Окципитно-мастоидальные отведения												
РИ, Ом	0,11 (0,08; 0,13)	0,11 (0,07; 0,12)	0,09 (0,063; 0,12)	0,09 (0,07; 0,1)	0,15 *** (0,12; 0,18)	0,14 *** ΔΔ (0,1; 0,18)	0,13 * # (0,10; 0,15)	0,11 ## ΔΔΔ (0,08; 0,12)	0,13 * # (0,10; 0,15)	0,14 *** ΔΔ (0,1; 0,18)	0,16 ** # (0,13; 0,19)	0,15 * ### ΔΔΔ (0,13; 0,15)
АЧП, Ом/с	0,14 (0,09; 0,18)	0,13 (0,09; 0,17)	0,13 (0,08; 0,14)	0,11 (0,08; 0,14)	0,19 *** (0,15; 0,24)	0,18 *** ΔΔ (0,14; 0,23)	0,16 ** # (0,13; 0,19)	0,15 * ### ΔΔΔ (0,13; 0,15)	0,16 ** # (0,13; 0,19)	0,18 *** ΔΔ (0,14; 0,23)	2,18 ** (1,79; 2,46)	1,93 * # ΔΔ (1,62; 2,15)
МСБКН, Ом/с	1,72 (1,33; 2,21)	1,8 (1,27; 2,35)	1,51 (0,96; 1,88)	1,56 (0,95; 1,69)	2,38 *** (1,91; 2,85)	2,27 *** Δ (1,83; 2,77)	2,18 ** (1,79; 2,46)	1,93 * # ΔΔ (1,62; 2,15)	2,18 ** (1,79; 2,46)	2,27 *** Δ (1,83; 2,77)	1,18* (1,08; 1,44)	1,06 # ** ΔΔ (0,96; 1,24)
ССМКН, Ом/с	0,98 (0,8; 1,35)	1,1 (0,77; 1,24)	0,92 (0,6; 1,13)	0,93 # (0,54; 1,03)	1,37 *** (1,11; 1,62)	1,28 ** ΔΔ (1,01; 1,56)	1,18* (1,08; 1,44)	1,06 # ** ΔΔ (0,96; 1,24)	1,18* (1,08; 1,44)	1,28 ** ΔΔ (1,01; 1,56)	68,5 ** (61; 76)	66,5 Δ (61; 78)
ДКИ, %	59 (53; 71)	57 (44; 67)ΔΔ	62,5 (48; 64)	62,5 (44; 70)	68** (59; 76)	66*** (59; 76)	68,5 ** (61; 76)	66,5 Δ (61; 78)	68,5 ** (61; 76)	66*** (59; 76)	25*** (19; 28)	23*** (21; 26)
ИВО, %	20 (16; 23)	19 (15; 22)Δ	15,5 # (13; 19)	15,5 (14; 21)	23*** (21; 27)	23*** (19; 28)	25*** (19; 28)	23*** (21; 26)	25*** (19; 28)	23*** (19; 28)	25*** (19; 28)	23*** (21; 26)

Примечание. \* –  $p < 0,05$ , \*\* –  $p < 0,01$ , \*\*\* –  $p < 0,001$  – между значениями мальчиков и девочек в каждой возрастной группе; # –  $p < 0,05$ , ## –  $p < 0,01$ , ### –  $p < 0,001$  – между значениями возрастных групп среди лиц каждого пола; Δ –  $p < 0,05$ , ΔΔ –  $p < 0,01$ , ΔΔΔ –  $p < 0,001$  – между значениями слева и справа каждого показателя.

в сравнении с фронтальными отделами, так как здесь более высокие показатели ДКИ (слева  $p = 0,008$ ; справа  $p < 0,001$ ) и ИВО ( $p < 0,001$ ) в сравнении с мальчиками.

В группе 17 лет половые различия реографических показателей по уровням статистической значимости различий выражены в меньшей степени, чем в группе 15–16 лет. Во фронтальных отделах головного мозга показатели ДКИ и ИВО в данной возрастной группе как у девочек, так и у мальчиков статистически одинаковы.

Таким образом, несмотря на наличие возрастных особенностей некоторых показателей РЭГ, можно определить диапазоны колебаний показателей в межквартильном размахе 25–75 перцентилей, характерные для здоровых подростков 15–17 лет (табл. 2). Показано, что у мальчиков наиболее характерно левостороннее повышение во фронтальных отделах показателей РИ ( $p = 0,025$ ) и ДКИ ( $p = 0,009$ ), а в затылочных отделах показателей ДКИ ( $p = 0,009$ ) и ИВО ( $p = 0,020$ ). У девочек во фронтальных отделах слева были более высокие показатели РИ, АЧП, МСБКН и ССМКН ( $p < 0,001$ ), а в затылочных отделах – показатели АЧП, МСБКН и ССМКН ( $p < 0,001$ ). У девочек в сравнении с мальчиками более высокие значения показателей РЭГ в затылочных отделах справа и слева ( $p < 0,001$ ), а во фронтальных отделах данное повышение касается показателей РИ, АЧП, МСБКН, ССМКН слева и справа ( $p < 0,001$ ), показателя ДКИ слева ( $p = 0,007$ ) и справа ( $p = 0,001$ ) и ИВО справа ( $p = 0,012$ ).

Распределение долей лиц с наличием выраженной лево- и правосторонней асимметрии кровенаполнения по показателю РИ (S-асимметрии и D-асимметрии) подтверждает концепцию о преобладании левосторонней межполушарной асимметрии

у подростков 15–17 лет (рис. 2). Во фронтальных отделах S-асимметрия встречалась значимо чаще, чем D-асимметрия, у мальчиков ( $p = 0,033$ ) и у девочек ( $p < 0,001$ ). Преобладание S-асимметрии в затылочных отделах у девочек было более выраженным ( $p < 0,001$ ), чем у мальчиков, у которых такое преобладание было на уровне тенденции. У мальчиков КА<sub>s</sub> более 20 % выявлен в 32,8 % случаев во фронтальных отделах и практически на таком же уровне (29,5 %) в затылочных отделах головного мозга. У девочек частота встречаемости левосторонней асимметрии была схожей с таковой у мальчиков – в 33,3 % в FM-отведениях и 34,2 % в OM-отведениях. Правосторонняя асимметрия (КА<sub>d</sub>) у мальчиков встречалась несколько чаще, чем у девочек, особенно в затылочных областях.

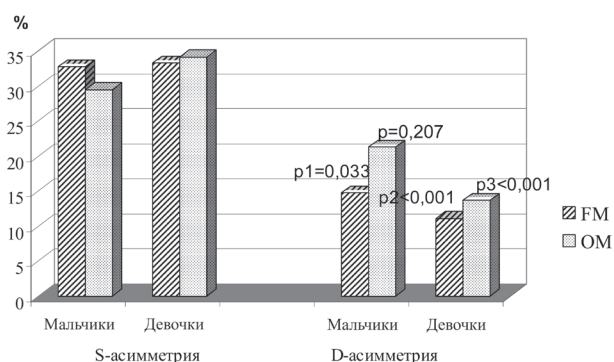


Рис. 2. Доля лиц (в %) с левосторонней (S) и правосторонней (D) межполушарной асимметрией реографического индекса во фронто-мастоидальных (FM) и окципито-мастоидальных (OM) отведениях реоэнцефалограммы при уровне коэффициента межполушарной асимметрии более 20 % у подростков 15–17 лет

Примечание.  $p = 0,207$  ( $\chi^2$  (df = 1) 1,59);  $p1 = 0,033$  ( $\chi^2$  с поправкой Йейтса (df = 1) 4,52);  $p2 < 0,001$  ( $\chi^2$  (df = 1) 16,71);  $p3 < 0,001$  ( $\chi^2$  (df = 1) 13,52 – между процентными долями лево- и правосторонней асимметрии у подростков обоих полов.

Таблица 2

Пределы колебаний показателей реоэнцефалограммы в межквартильном размахе 25–75 перцентилей у подростков 15–17 лет Архангельской области

Показатель	Мальчики (М), n=61			Девочки (Д), n=117		
	Слева (s)	Справа (d)		Слева (s)	Справа (d)	
Фронтально-мастоидальные отведения						
РИ, Ом	0,09–0,14	0,07–0,14	$p_{s-d} = 0,025$	0,13–0,20	0,11–0,19	$p_{s-d} < 0,001$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
АЧП, Ом/с	0,11–0,18	0,09–0,17	$p_{s-d} = 0,081$	0,17–0,27	0,15–0,25	$p_{s-d} < 0,001$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
МСБКН, Ом/с	1,46–2,33	1,42–2,26	$p_{s-d} = 0,900$	2,27–3,38	1,99–3,22	$p_{s-d} < 0,001$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
ССМКН, Ом/с	0,94–1,36	0,89–1,38	$p_{s-d} = 0,440$	1,33–1,88	1,20–1,87	$p_{s-d} < 0,001$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
ДКИ, %	53–72	46–70	$p_{s-d} = 0,009$	60–79	59–80	$p_{s-d} = 0,430$ ; $p_{M-Дs} = 0,007$ ; $p_{M-Дd} = 0,001$
ИВО, %	19–30	18–30	$p_{s-d} = 0,591$	21–31	22–31	$p_{s-d} = 0,110$ ; $p_{M-Дs} = 0,11$ ; $p_{M-Дd} = 0,012$
Окципито-мастоидальные отведения						
РИ, Ом	0,08–0,13	0,07–0,12	$p_{s-d} = 0,081$	0,11–0,17	0,10–0,16	$p_{s-d} = 0,710$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
АЧП, Ом/с	0,09–0,17	0,09–0,15	$p_{s-d} = 0,06$	0,15–0,23	0,13–0,22	$p_{s-d} < 0,001$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
МСБКН, Ом/с	1,30–2,17	1,27–2,10	$p_{s-d} = 0,89$	1,91–2,83	1,74–2,66	$p_{s-d} < 0,001$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
ССМКН, Ом/с	0,79–1,24	0,76–1,21	$p_{s-d} = 0,90$	1,09–1,60	0,99–1,51	$p_{s-d} < 0,001$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
ДКИ, %	52–68	44–67	$p_{s-d} = 0,009$	60–76	60–76	$p_{s-d} = 0,082$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$
ИВО, %	16–22	14–21	$p_{s-d} = 0,020$	21–27	19–27	$p_{s-d} = 0,623$ ; $p_{M-Дs} < 0,001$ ; $p_{M-Дd} < 0,001$

### Обсуждение результатов

Ориентируясь на данные по возрастным особенностям реоэнцефалограммы Л. Р. Зенкова и М. А. Ронкина [5], которые учитывали особенности регистрации РЭГ на различных реографах, в том числе на приборе «Энцефалан», можно ожидать, что завершение изменений амплитудных характеристик РЭГ с периода детства происходит к 15 годам. В данном возрасте амплитуда волн РЭГ соответствует средним значениям взрослых — 0,15 Ом [5]. По данным Л. Б. Иванова [цит. по: 5], в период 14–17 лет пределы колебания кровенаполнения в норме составили 0,13–0,20 Ом в бассейне сонных артерий и 0,08–0,14 Ом в бассейне позвоночных артерий. По данным программы РЭГ прибора «Энцефалан», возрастные нормативы в 13–17 лет предусматривают пределы нормативных колебаний РИ 0,12–0,20 Ом в FM-отведениях и 0,10–0,18 Ом в OM-отведениях РЭГ. Однако результаты нашего исследования свидетельствуют о том, что данному диапазону колебаний РИ соответствует межквартильный размах значений 25–75 перцентилей у девочек 15–17 лет, в то время как у мальчиков значения РИ ниже, чем рекомендуемый норматив. Нормативные колебания АЧП (0,16–0,26 Ом/с — FM; 0,13–0,24 Ом/с — OM) по данным программы «Энцефалан» также в целом соответствуют квартильному размаху 25–75 перцентилей у девочек 15–17 лет. Стоит отметить, что амплитудно-частотный показатель более информативен в плане анализа возрастных различий, так как он связан с изменением сердечного ритма [5].

Выявленные гендерные различия реографических показателей тонуса мозговых сосудов на завершающем этапе пубертата в нашем исследовании соответствуют данным работы В. Б. Русанова, проведенной в г. Владимире [18]. В литературе [18, 21] отмечено, что у девочек 16–17 лет система мозговой гемодинамики является более сформированной, чем у юношей того же возраста, у которых значения объемного кровенаполнения головного мозга более низкие, чем у девушек. Таким образом, есть все основания разрабатывать нормативы реографических показателей у подростков обязательно с учетом пола.

В исследованиях И. Г. Андреевой и Е. Г. Мишиной [1] показано, что величина амплитуды артериальной компоненты РЭГ, позволяющая судить об интенсивности артериального притока в бассейны головного мозга, у мальчиков в период от 11 до 17 лет уменьшалась в 1,2 раза. При этом величины церебральной фракции мозгового кровотока значительно увеличивались от 16 к 17 годам, и это увеличение прямо зависело от показателей сердечного выброса. В период от 15 к 16 годам прирост данных величин был минимальным. По-видимому, у девочек происходят аналогичные физиологические перестройки, связанные изменением взаимоотношений параметров центральной гемодинамики и тонуса мозговых сосудов.

Анализ показателей МСБКН выявил, что полученные данные у подростков 15–17 лет в настоящей работе значительно смещены в сторону увеличения относительно нормативов, рекомендуемой программой «Энцефалан», отражающей базы реографических данных людей средних широт, особенно у девочек. Так, в программе предусмотрен диапазон значений МСБКН 1,40–1,90 Ом/с, а в нашей работе определен диапазон 2,27–3,38 Ом/с слева и 1,99–3,22 Ом/с справа. В литературе также есть сведения о более высоком кровенаполнении крупных сосудов головного мозга у подростков-северян [1], особенно в вертебробазилярном бассейне [8].

Межквартильный размах показателя ДКИ, отражающего уровень тонуса резистивных, мелких артерий на уровне прекапилляров, при этом также смещен в сторону увеличения, но лишь в районе сонных артерий и в большей степени у девочек. Так, в программе предусмотрен диапазон значений ДКИ для фронтальных отделов 45–65 %, а в нашем исследовании у девочек данный диапазон был 60–79 % слева и 59–80 % справа. Наличие относительно высокого тонуса резистивных сосудов на уровне прекапилляров выглядит вполне закономерным на фоне высокой объемной скорости кровенаполнения в более крупных артериях с точки зрения оптимизации скорости кровотока в микроциркуляторном русле.

В целом можно констатировать признаки сниженного тонуса сосудов преимущественно крупного и среднего калибра у подростков-северян. Это подтверждает данные, полученные другими авторами ранее при изучении тонуса мозговых сосудов у детей-северян, проживающих в Коношском районе Архангельской области [12, 16, 19]. В ряде причин такого снижения тонуса сосудов можно указать анатомические особенности позвоночных артерий (компрессия позвоночных артерий), особенности утилизации кислорода [4], снижение реактивности сосудов к изменениям газового состава воздушной среды (при моделировании состояний гипо- и гиперкапнии) [12], а также более позднее завершение формирования механизмов центральной гемодинамики и механизмов ауторегуляции мозгового кровотока у подростков-северян в сравнении со сверстниками из среднеширотных регионов.

В литературе [18] отмечается выраженность левосторонней межполушарной асимметрии объемного мозгового кровотока у подростков 15–16 лет, которая снижается к 17 годам. Однако в нашем исследовании такого возрастного снижения выраженности асимметрии кровотока не выявлено. Предыдущими исследованиями [19] также отмечена высокая распространенность межполушарной асимметрии кровенаполнения как по реографическим, так и по доплерографическим параметрам у детей и подростков в Коношском районе Архангельской области. Есть сведения о том, что у подростков-северян 15–16 лет показатель межполушарной асимметрии уровней по-

стоянных потенциалов, косвенно характеризующих также и состояние кровоснабжения головного мозга, был выше значений, характерных для сверстников из средних широт, почти в 4 раза. Причем данная асимметрия выявляется на фоне значительного повышения церебрального энергетического обмена у подростков-северян в сравнении с их сверстниками из Центральной России [14].

Колебания показателей венозного оттока у подростков 15–17 лет смещены в сторону увеличения в сравнении с рекомендуемыми в литературе [5] и в программе «Энцефалан» (5–25 %), особенно в бассейне сонных артерий независимо от пола. Можно трактовать это как затруднение венозного оттока, что отмечают и другие авторы у подростков в условиях средних широт [18]. Однако наличие повышения показателя венозного оттока выглядит вполне закономерным на фоне высоких значений МСБКН и ССМКН. Создается впечатление, что нормативы параметров венозного оттока в данной возрастной группе нуждаются в конкретизации возрастных диапазонов, что, к сожалению, недостаточно отражено в ведущих руководствах по реоэнцефалографии.

Таким образом, возрастные изменения показателей в период от 15 до 17 лет в целом отражают закономерности изменения реографических показателей тонуса мозговых сосудов, представленные в литературе на примере исследований в средних широтах, в том числе с учетом половых различий. Однако уровни амплитудно-частотного показателя и реографического индекса у девочек на Севере в большей степени соответствуют среднеширотным данным, чем у мальчиков.

Можно предположить, что у мальчиков в условиях Европейского Севера в период завершения полового созревания происходит более резкое (по сравнению со сверстниками из средних широт) ускорение возрастного созревания сердца и сосудов, увеличение линейной и объемной скоростей кровотока, что влечет за собой высокую активность механизмов ауторегуляции мозгового кровообращения, направленных на ограничение кровенаполнения сосудов мозга. Есть сведения, которые отражают нелинейное развитие параметров физического развития у мальчиков-подростков на Европейском Севере [3]. К 16 годам у них происходит скачкообразное ускорение темпов роста антропометрических показателей, благодаря чему данные показатели максимально приближаются к таковым у сверстников из центральных регионов Российской Федерации, особенно в южных районах Архангельской области.

Предполагается, что причиной относительно низкого пульсового кровенаполнения у мальчиков, особенно в 17 лет, может быть повышенная активизация нейрогуморальных факторов, особенно симпатoadренальной системы. Установлено, что в период завершения полового созревания у мальчиков в приполярном районе Архангельской области реги-

стрируются высокие уровни кортизола в сыворотке крови [2]. Кроме того, у подростков Архангельской области высока частота распространенности уровней тиреотропина на верхней границе нормы [2, 7, 15]. Учитывая то, что кортизол и тиреотропин потенцируют адренергические эффекты, в первую очередь в отношении альфа-адренорецепторов сосудов, можно обосновать нейрогуморальную природу изменения тонуса сосудов у подростков с учетом пола. У девочек Архангельской области в период пубертата также выявлена высокая частота встречаемости высоких уровней кортизола в крови [15], однако влияние нарастающих согласно возрасту уровней эстрогена, который оказывает вазодилатирующий эффект [23], по-видимому, нивелирует вазоспастические эффекты адреномиметиков. То есть возраст 17 лет у подростков на Севере является критическим с позиции наиболее значимых нейрогуморальных и сердечно-сосудистых перестроек, определяющих переход от периода пубертата к взрослому состоянию. Выраженную межполушарную асимметрию тонуса мозговых сосудов также могут обуславливать как особенности преобладания ведущего полушария (право- и леворукость; вегетативные дисбалансы) [13], так и нейрогуморальные механизмы. Морфофункциональный, метаболический и нейрогуморальный виды обеспечения межполушарной асимметрии мозгового кровотока у подростков на Севере нуждаются в отдельном подробном изучении.

Приведенные пределы колебаний показателей реоэнцефалограммы в межквартильном размахе 25–75 процентилей у подростков 15–17 лет в Архангельской области могут быть рекомендованы для ориентировочной оценки состояния тонуса мозговых сосудов у практически здоровых лиц с учетом региона проживания. Установлено, что в группе подростков 15–17 лет в 17 лет более выраженные возрастные изменения показателей РЭГ, чем в 15–16 лет, особенно у девочек. У девочек в сравнении с мальчиками более высокие значения объемного пульсового кровенаполнения крупных и средних артерий во фронтальных отделах, а также кровенаполнения крупных, средних артерий, показателей тонуса артерий прекапиллярного русла и венозного оттока в затылочных отделах головного мозга. Выявлена значимая межполушарная левосторонняя асимметрия кровенаполнения сосудов головного мозга преимущественно во фронтальных отделах у мальчиков и независимо от бассейна кровоснабжения головного мозга у девочек. Показано, что для выработки в будущем нормативов реографических показателей у подростков пределы их физиологических колебаний необходимо формировать с учетом конкретных возрастных периодов, пола и сторон (левой и правой) головного мозга. Выявленные особенности тонуса мозговых сосудов рассматриваются авторами настоящей статьи как адаптивные реакции к условиям Европейского Севера, которые являются физиологической основой формирования в будущем

региональных возрастных нормативов реоэнцефалографических показателей.

#### Список литературы [References]

1. *Andreeva I. G., Mishina E. G.* Vozrastnye izmeneniya krovosnabzheniya golovnogo mozga u detei i podrostkov 11-17 let [Age Changes of Brain Blood Supply in Children and Adolescents Aged 11-17 Years] // *Ekologiya cheloveka*. 2005. N 3. S. 34–37. [in Russian]
2. *Demin D. B., Poskotinova L. V.* Vozrastnaya dinamika gormonal'nykh pokazatelei u detei, prozhivayushchikh na razlichnykh geograficheskikh shirotakh Evropeiskogo Severa [Age Dynamics of Hormonal Indices in Children Living in Different Geographic Latitudes of European North] // *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I. M. Sechenova*. 2008. T. 94, N 1. S. 109–116. [in Russian]
3. *Demin D. B., Poskotinova L. V.* Tireoidnyi status i fizicheskoe razvitiye detei, prozhivayushchikh na razlichnykh geograficheskikh shirotakh Evropeiskogo Severa [Thyroid Status and Physical Development of Children Living in Different Geographic Latitudes of European North] // *Pediatrics. Zhurnal im. G. N. Speranskogo*. 2009. T. 87, N 2. S. 144–146. [in Russian]
4. *Evdokimov V. G.* Funktsional'noe sostoyanie serdechno-sosudistoi i dykhatel'noi sistem cheloveka na severe [Functional State of Human Cardiovascular and Respiratory Systems in the North]: avtoref. dis. ... d-ra biol. nauk. Syktyvkar, 2004. 34 s. [in Russian]
5. *Zenkov L. R., Ronkin M. A.* Funktsional'naya diagnostika nervnykh boleznei [Nervous Diseases Functional Diagnostics] (rukovodstvo dlya vrachei). M.: MEDpress-inform, 2004. 488 s. [in Russian]
6. *Ishekhova N. I.* Fiziologicheskaya kharakteristika tserebral'nykh sosudov u zhitelei Evropeiskogo Severa v norme i pri khronicheskoi alkogol'noi intoksikatsii [Physiological Characteristics of Cerebral Vessels in European North Residents in Health and Chronic Alcohol Intoxication]: avtoref. dis. ... kand. med. nauk. Arkhangel'sk, 1993. 18 s. [in Russian]
7. *Kubasov R. V.* Gormonal'nyi status gipofizarno-tireoidnoi sistemy u mal'chikov, prozhivayushchikh v yuzhnykh raionakh Arkhangel'skoi oblasti [Hormonal Status of Hypophysial-Thyroid System in Boys Living in Southern Part of Arkhangel'sk Region] // *Ekologiya cheloveka*. 2005. N 1. S. 36–40. [in Russian]
8. *Matin B. V., Rusanov V. B.* Razlichiya v gemodinamicheskom obespechenii nervnykh protsessov u starshikh shkol'nikov [Differences in Hemodynamic Supply of Nervous Processes in Senior Schoolchildren] // *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N. I. Lobachevskogo*. 2008. N 6. S. 108–112. [in Russian]
9. *Mityagina T. S., Gribanov A. V., Ishekhov N. S.* Osobennosti mozgovoi gemodinamiki u podrostkov s razlichnym stazhem upotrebleniya letuchikh rastvoritelei [Features of Brain Hemodynamics in Adolescents with Different Length of Inhalants Consumption] // *Ekologiya cheloveka*. 2008. N 2. S. 39–42. [in Russian]
10. *Neirofiziologicheskie issledovaniya v klinike* [Clinical Neurophysiological Studies] / pod red. G. A. Shchekut'eva M.: Antidor, 2001. 236 s. [in Russian]
11. *Novikova L. A., Mityagina T. S., Ishekhov N. S.* Kharakteristika pokazatelei mozgovoi gemodinamiki nesovershennoletnykh, upotreblyayushchikh pivo [Characteristics of Brain Hemodynamics in Minors Drinking Beer] // *Aktual'nye problemy vozrastnoi narkologii: materialy Regional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii*. Chelyabinsk: ATOKSO, 2009. S. 118–120. [in Russian]
12. *Osobennosti formirovaniya sistemnoi deyatel'nosti golovnogo mozga i vegetativnykh funktsii u detei v usloviyakh Evropeiskogo Severa* [Features of Formation of System Activity of Brain and Vegetative Functions in Children in Conditions of European North] / Soroko S. I., Burykh E. A., Bekshaev S. S. i dr. // *Rossiiskii fiziologicheskii zhurnal im. I. M. Sechenova*. 2006. T. 92, N 8. S. 905–929. [in Russian]
13. *Poddubnaya O. N.* Osobennosti vegetativnykh proyavlenii u pravshei i levshei [Features of Vegetative Manifestations in Right and Left Handers] // *Fundamental'nye issledovaniya*. 2004. N 2. S. 145–147. [in Russian]
14. *Podoplekin A. N.* Energeticheskoe sostoyanie golovnogo mozga u podrostkov – severyan pri upotreblenii psikhooaktivnykh veshchestv [Northern Adolescents' Brain Energy State in Consumption of Psychoactive Substances]: dis. ... kand. biol. nauk. Arkhangel'sk, 2009. 135 s. [in Russian]
15. *Poskotinova L. V.* Vegetativnaya regulyatsiya ritma serdtsa i endokrinnyi status molodezhi v usloviyakh Evropeiskogo Severa Rossii [Cardiac Rhythm Autonomic Regulation and Endocrine Status of Young People in Conditions of European North of Russia]. Yekaterinburg: UrO RAN, 2010. 235 s. [in Russian]
16. *Rozhkov V. P.* “Fiziologicheskaya” nestabil'nost' sheinogo otdela pozvonochnika u detei shkol'nogo vozrasta: vliyanie na krovosnabzhenie struktur stvola mozga [Cervical Spine “Physiological” Instability in Children at School Age: Impact on Blood Supply of Brain Axis Structures] // *Materialy V mezhdunarodnogo mezhdistsiplinarnogo kongressa “Neironauka dlya meditsiny i psikhologii”*, Sudak, Krym, Ukraina. 2009. S. 190. [in Russian]
17. *Ronkin M. A., Ivanov L. B.* Reografiya v klinicheskoi praktike [Rheography in Clinical Practice]. M., 1997. 403 s. [in Russian]
18. *Rusanov V. B.* Vliyanie informatsionnoi sredy na funktsional'nye osobennosti mozgovogo krovoobrashcheniya formiruyushchegosya organizma [Impact of Information Environment on Functional Features of Forming Organism Brain Circulation] // *Biomeditsinskii zhurnal Medline.ru*. 2007. T. 8. S. 445–454. [in Russian]
19. *Soroko S. I., Rozhkov V. P., Burykh E. A.* Pokazateli mozgovogo krovoobrashcheniya u detei 7-11 let, prozhivayushchikh na Evropeiskom Severe [Indices of Brain Circulation in 7-11-years-old Children Living in European North] // *Fiziologiya cheloveka*. 2008. T. 34, N 6. S. 37–50. [in Russian]
20. *Soroko S. I., Sergeeva E. G., Nikolaev I. V.* Osobennosti formirovaniya sistemnoi deyatel'nosti mozga u detei v usloviyakh Evropeiskogo Severa [Features of Formation of Brain System Activity in Conditions of European North] // *Materialy V mezhdunarodnogo mezhdistsiplinarnogo kongressa “Neironauka dlya meditsiny i psikhologii”*, Sudak, Krym, Ukraina. 2009. S. 213–214. [in Russian]
21. *Tupitsyn I. O.* Individual'nye osobennosti razvitiya sistemy krovoobrashcheniya shkol'nikov [Individual Characteristics of Schoolchildren's Circulation System Development]. M.: IVF RAO, 1995. S. 25–45. [in Russian]
22. *Eninya G. I.* Reografiya kak metod otsenki mozgovogo krovoobrashcheniya [Rheography as Method of Brain Circulation Assessment]. Riga: Zinatne, 1973. 123 s. [in Russian]
23. *17β-estradiol inhibits voltage-dependent L-type Ca<sup>2+</sup> currents in aortic smooth muscle cells* / T. Nakajima,



T. Kitazawa, E. Hamade, et al. // European Journal Pharmacology. 1995. Vol. 77. P. 625–635.

#### **QUIET RHEOENCEPHALOGRAM INDICATORS IN HEALTHY ADOLESCENTS AGED 15-17 YEARS IN EUROPEAN NORTH**

**L. V. Poskotinova, E. A. Kamenchenko**

*Institute of Environmental Physiology, Ural Branch  
of Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk*

The aim of the study was determination of age rheoencephalogram indicators features in healthy 15-17 adolescents living in the European North of Russia. There were observed 178 inhabitants of the Arkhangelsk region aged 15-17 years by means of the device "Encephalan 131-03" (Russia, Taganrog). The resulted limits of rheoencephalogram indicators fluctuations in quartile 25-75 % in the adolescents aged 15-

17 years can be recommended for a rough estimation of the brain vessels condition tone in the healthy persons taking into account the district of living. It has been established that in comparison with the boys, the girls had higher volume pulse blood filling of the large and middle arteries in the frontal brain parts, as well as pulse blood filling of the large, middle arteries, the parameters of the precapillary arteries tone and the venous outflow in the brain occipital parts. There has been observed a significant interhemispheric left-side asymmetry of pulse blood filling mainly in the brain frontal parts in the boys and in the girls regardless of the brain blood circulation.

**Keywords:** rheoencephalogram, adolescents, the North

#### **Контактная информация:**

*Каменченко Екатерина Александровна* – аспирант  
Института физиологии природных адаптаций Уральского  
отделения РАН

Адрес: 163000, г. Архангельск, пр. Ломоносова, д. 249  
E-mail: volkovakate506@yandex.ru