

УДК 612.13:612.662

ВЛИЯНИЕ УМСТВЕННОЙ НАГРУЗКИ НА МОЗГОВОЕ КРОВООБРАЩЕНИЕ У ЗДОРОВЫХ ДЕВУШЕК В РАЗНЫЕ ФАЗЫ МЕНСТРУАЛЬНОГО ЦИКЛА

© И.В. Козачук, С.Н. Симонов, И.А. Кириллова, А.Ю. Золотухина, С.В. Семилетова

Ключевые слова: овариально-менструальный цикл; мозговая гемодинамика; умственная нагрузка.
Проанализированы изменения мозговой гемодинамики в условиях умственного напряжения в разные фазы овариально-менструального цикла.

Биоритмы являются характерной чертой работы всех органов и систем человеческого организма. К длительным эндогенным биоритмам женского организма относится овариально-менструальный цикл, в течение которого происходят циклические изменения функций нервной [1], дыхательной, сердечно-сосудистой [2–4] и других систем. Волнообразные, функциональные изменения затрагивают все звенья кардиоваскулярной системы. Однако до настоящего времени остается недостаточно освещенным вопрос изменения кровообращения мозга в динамике месячного цикла; особенно в условиях интеллектуального напряжения.

Целью настоящей работы явилось изучение особенностей кровообращения головного мозга при умственной нагрузке в разные фазы овариально-менструального цикла.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В исследовании принимали участие 7 девушек-добровольцев в возрасте 18 ± 2 лет. Регистрация мозгового кровообращения проводилась в положении обследуемого лежа при помощи компьютерного Реоанализатора «Диамант-Р» (Санкт-Петербург). Регистрацию *реоэнцефалограммы* (РЭГ) проводили отдельно в правой и левой гемисферах во *фронтально-мастоидальном* (FM) отведении, отражающем состояние гемодинамики в бассейне каротидных артерий в состоянии спокойного бодрствования и при умственной нагрузке в разные фазы месячного цикла: фазу менструации (1–2 день), раннюю фолликулярную фазу (6–7 день), фазу овуляции (14–15 день), раннюю лютеиновую фазу (21–22 день), фазу менструации следующего месячного цикла (1–2 день). Весь комплекс исследований проводили в одно и то же время суток. Дополнительно регистрировали величину базальной температуры, подъем которой на $0,4\text{--}0,6^\circ$ отмечался на 12–14 день менструального цикла и продолжался в течение лютеиновой фазы.

В состоянии спокойного бодрствования время регистрации РЭГ составляла 3 мин. После фоновой регистрации РЭГ обследуемой предлагалось выполнить пробу с умственной нагрузкой, для чего предлагалось решить математические примеры – перемножение двужначных чисел.

Из рассчитываемых программой статистических характеристик мозгового кровообращения использовались: ААК (Ом) – амплитуда артериальной компоненты; АРГ (Ом) – амплитуда реограммы; В/А (%) – венозно-артериальный показатель; ВО (%) – венозный отток; V_m (Ом/с) – средняя скорость медленного кровенаполнения; АПСТ – амплитудный показатель сосудистого тонуса; ПСТ (%) – показатель сосудистого тонуса; ПТС (%) – показатель тонуса сосудов; АФ (с) – время максимального систолического наполнения сосудов; ДКИ (%) – дикротический индекс.

Статистическая обработка данных проводилась с помощью компьютерной программы Statistica 6.0 (Statsoft, USA).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ реоэнцефалограммы в бассейне левой внутренней сонной артерии (фронтально-мастоидальное отведение) при умственной нагрузке позволил выявить ряд особенностей кровообращения головного мозга в разные фазы овариально-менструального цикла (табл. 1).

В фазу менструации в бассейне левой внутренней сонной артерии при проведении пробы отмечалось некоторое снижение по сравнению с фоном тонуса артериальных сосудов (В/А); тенденцией к снижению характеризовалась динамика показателя венозного оттока (ВО). Данный факт свидетельствует о некотором улучшении венозного оттока крови из полости черепа. Отмечалась стойкая тенденция к снижению артериального притока крови более чем в два раза (АРГ). Скорость объемного кровотока (V_m) также имела существенную тенденцию к снижению. Некоторые авторы [5–6] указывают на то, что затруднение венозного оттока является компенсаторным механизмом в ответ на снижение кровоснабжения мозга, называя его «венозным подпором». Они предполагают, что «венозный подпор» способствует поддержанию кровенаполнения на более высоком уровне, а это, в конечном счете, способствует увеличению экстракции кислорода из сосудистого русла.

Таблица 1

Динамика показателей мозгового кровообращения (FM лев.) при умственной нагрузке в разные фазы менструального цикла

FM лев.	Фаза менструации		<i>p</i>	Ранняя фолликулярная фаза		<i>p</i>	Фаза овуляции		<i>p</i>	Ранняя лютеиновая фаза		<i>p</i>	Фаза менструации 2-го месячного цикла		<i>p</i>
	Фон	Нагрузка		Фон	Нагрузка		Фон	Нагрузка		Фон	Нагрузка		Фон	Нагрузка	
АРГ, Ом	0,08±0,07	0,03±0,02	1,37	0,03±0,03	0,03±0,02	0,34	0,06±0,04	0,06±0,04	0,00	0,07±0,03	0,09±0,13	0,32	0,32±0,70	0,31±0,57	0,19
ААК, Ом	0,07±0,06	0,03±0,03	1,28	0,03±0,02	0,02±0,02	0,00	0,05±0,04	0,05±0,04	0,23	0,12±0,11	0,07±0,08	0,77	0,33±0,68	0,33±0,65	0,00
В/А, %	90,04±19,34	79,60±21,29	0,85	75,0±38,05	92,22±47,51	0,79	26,71±14,07	50,80±13,17	-2,59*	51,82±24,08	109,88±45,73	-1,55	63,52±45,87	70,61±17,51	-0,42
ВО, %	32,25±16,03	28,74±15,18	0,13	9,52±6,91	7,72±2,24	2,85*	-60,8±19,17	82,85±86,74	-2,67*	28,32±18,91	32,04±23,88	-0,11	53,98±18,48	-29,67±10,60	-0,43
V _м , Ом/с	0,55±0,61	0,12±0,06	1,74	0,17±0,12	0,15±0,11	-0,50	0,30±0,23	0,29±0,23	0,39	0,46±0,46	0,57±1,12	-0,25	0,79±1,43	0,13±0,42	0,93
АПСТ, у. е.	0,64±0,04	0,74±0,10	-2,8*	0,67±0,07	0,69±0,08	-0,23	0,71±0,09	0,71±0,08	-0,03	0,69±0,27	0,70±0,13	-0,13	0,81±0,04	0,91±0,40	-0,65
ПСТ, %	50,62±25,28	56,07±12,81	-0,38	73,12±42,00	94,51±81,50	-1,82	71,63±36,16	63,33±14,26	0,55	58,79±19,376	49,77±12,93	1,70	38,78±21,56	66,12±34,15	1,40
ПТС, %	16,02±5,12	17,02±4,26	-0,49	17,54±4,21	13,75±3,30	-2,65*	16,85±3,24	17,70±1,32	-0,51	17,75±2,70	16,32±3,47	0,79	12,03±6,52	21,52±4,30	-2,63*
ИПС, %	-42,22±51,35	-16,64±92,58	-0,78	-181,58±318,96	-53,88±236,20	-0,00	-114,0±33,04	-24,63±65,58	-1,79	-16,92±131,84	38,97±46,87	-1,59	-8,81±107,23	21,50±35,74	-0,87
АФ, с	0,11±0,02	0,13±0,05	-1,28	0,10±0,02	0,12±0,02	-1,82	0,088±0,0122	0,11±0,00	-2,87*	0,12±0,01	0,11±0,02	0,61	0,11±0,04	0,16±0,07	-2,70*
ДКИ, %	-17,51±17,73	4,65±36,18	-1,91	-66,02±26,34	-53,14±18,56	0,13	-88,31±34,02	-21,75±18,87	-2,74*	-29,12±16,86	15,10±12,79	-6,78*	19,22±53,37	10,22±53,37	0,42
ДСИ, %	99,14±32,73	74,94±36,11	1,74	111,05±91,47	955,70±20,88	-1,09	122,4±74,84	119,11±53,38	0,06	67,31±58,25	122,35±85,48	-1,28	96,84±31,65	61,80±24,55	1,98

Примечание: * – $p < 0,05$ – достоверность изменений при умственной нагрузке.

Таблица 2

Динамика показателей мозгового кровообращения (ФМ прав.) при умственной нагрузке в разные фазы менструального цикла

ФМ прав.	Фаза менструации		<i>p</i>	Ранняя фолликулярная фаза		<i>p</i>	Фаза овуляции		<i>p</i>	Ранняя лютеиновая фаза		<i>p</i>	Фаза менструации 2-го месячного цикла		<i>p</i>
	Фон	Нагрузка		Фон	Нагрузка		Фон	Нагрузка		Фон	Нагрузка		Фон	Нагрузка	
АРГ, Ом	0,03±0,03	0,03±0,02	0,47	0,07±0,10	0,04±0,03	0,74	0,05±0,02	0,05±0,02	-0,65	0,06±0,04	0,06±0,06	-0,75	0,04±0,03	0,04±0,05	-0,60
ААК, Ом	0,03±0,02	0,02±0,02	1,00	0,05±0,06	0,04±0,03	0,50	0,04±0,02	0,04±0,03	-0,20	0,05±0,04	0,06±0,06	-0,54	0,03±0,02	0,03±0,06	-0,20
В/А, %	75,0±38,05	92,22±47,51	0,65	77,32±26,50	80,81±17,31	-0,31	21,2±12,47	74,74±36,85	-1,97	61,1±29,72	82,75±47,10	-1,32	76,40±26,44	70,61±17,51	-1,97
ВО, %	29,5±16,91	27,72±12,24	0,05	45,01±37,53	41,38±25,74	0,17	44,8±39,52	49,98±12,81	1,44	12,9±68,52	54,92±47,01	-1,46	32,11±15,53	29,67±10,60	1,44
V _м , Ом/с	0,17±0,12	0,15±0,11	1,00	0,20±0,12	0,25±0,22	0,97	0,22±0,10	0,22±0,08	-0,09	0,24±0,17	0,27±0,22	-1,08	0,45±0,61	0,13±0,42	-0,03
АПСТ, у. е.	0,67±0,07	0,69±0,08	-0,51	0,68±0,09	0,68±0,11	0,07	0,75±0,09	0,720±0,12	-1,04	0,75±0,07	0,69±0,41	1,80	0,77±0,16	0,91±0,40	1,04
ПСТ, %	73,1±42,00	94,51±31,50	0,74	136,6±94,97	72,57±19,06	0,81	62,4±16,34	68,65±20,42	-1,27	54,9±18,07	56,77±13,27	-0,28	94,21±48,42	66,12±34,15	-1,27
ПТС, %	17,5±8,21	13,75±3,30	1,13	18,90±9,60	22,12±15,33	-0,48	17,1±1,92	18,22±1,69	-1,20	15,5±2,28	15,31±3,18	-0,73	15,81±8,11	21,52±4,30	-1,20
ИПС, %	-181,58±18,96	-53,88±36,20	0,99	-28,80±59,80	-12,70±36,18	-0,29	-119,6±57,40	-45,84±19,24	-1,16	-39,87±17,21	8,47±5,41	-1,31	-19,31±35,44	-21,50±35,74	-1,16
АФ, с	0,10±0,02	0,12±0,02	-2,00	0,13±0,10	0,18±0,21	-0,55	0,09±0,03	0,11±0,01	-2,10	0,10±0,01	0,10±0,02	0,00	0,13±0,06	0,16±0,07	-2,10
ДКИ, %	-66,02±126,34	-53,14±80,56	0,22	6,01±42,14	-6,99±9,39	0,95	-27,64±101,08	-34,88±43,62	0,18	-31,01±38,45	-9,48±28,73	-2,18	-0,84±31,74	10,22±15,37	0,181
ДСИ, %	111,0±91,47	95,70±20,88	0,39	73,05±20,02	80,85±45,32	-0,33	156,1±131,98	105,20±47,62	1,32	99,30±76,44	111,12±30,12	-0,37	140,30±75,58	61,80±24,55	1,33

Исследование гемодинамики при умственной нагрузке в раннюю фолликулярную стадию позволило установить отсутствие выраженных сдвигов в микроциркуляции головного мозга. Тонус мелких сосудов практически не изменился, о чем свидетельствует относительная стабильность таких показателей, как АРГ, АПСТ, ПТС. Интенсивность кровообращения артериального русла также не претерпела существенных изменений. Венозный отток крови из полости черепа заметно улучшался.

К середине овариально-менструального цикла в условиях проведения пробы с умственной нагрузкой происходило повышение величины сосудистого сопротивления (ИПС, В/А, $p < 0,05$), что явилось следствием закономерного увеличения тонуса мелких артерий и артериол (ДКИ). Подтверждением повышения тонуса сосудов явилась достоверная динамика показателя АФ. Отмечалось затруднение оттока венозной крови из полости черепа (ВО, $p < 0,05$). Средняя скорость медленного кровенаполнения практически не изменилась (V_m).

В раннюю лютеиновую фазу в условиях умственного напряжения отмечалось оптимальное кровенаполнение головного мозга: величины АРГ и РИ практически соответствовали норме. Величина сосудистого сопротивления, определяемая показателем В/А, также соответствовала норме в фоне, лишь несколько увеличиваясь при умственном напряжении. Незначительно повышалась скорость медленного кровенаполнения мозга (V_m). Условия возврата крови из венозного русла черепа соответствовали норме в исследуемом функциональном состоянии. Полученные данные свидетельствуют о достаточном притоке артериальной крови, а следовательно, достаточном кровоснабжении ткани мозга. При одновременном отсутствии затруднений оттока венозной крови из полости черепа такой характер церебральной гемодинамики может расцениваться как оптимальный.

В фазу менструации следующего менструального цикла при умственной нагрузке показатели мозговой гемодинамики приближались к таковым значениям в фазу кровотока первого месячного цикла.

Анализ показателей реоэнцефалограммы в бассейне правой внутренней сонной артерии не выявил существенных изменений церебральной гемодинамики при умственном напряжении (табл. 2).

Таким образом, овариально-менструальный цикл оказывает существенное влияние на характер мозговой гемодинамики в условиях умственного напряжения. Фаза менструации и овуляции сопровождается расстройствами мозгового кровообращения в левой гемисфере в бассейне каротидных артерий. В фазу менструации имеет место повышенное сосудистое сопротивление, снижение скорости

кровенаполнения мозга, затруднение венозного оттока крови. В овуляторном периоде отмечается повышение сопротивления сосудов, оптимальное наполнение сосудов мозга кровью в сочетании с нарушением венозного оттока. В раннюю фолликулярную и лютеиновую фазы в условиях умственного напряжения в левой гемисфере отмечается нормальный тип церебральной гемодинамики, характеризующийся оптимальным кровенаполнением ткани мозга и адекватным оттоком крови из полости черепа.

Выявленные нами закономерности имеют важное не только теоретическое, но и практическое значение, в частности, необходимо учитывать фазы специфического биологического цикла при планировании мероприятий, требующих повышенного интеллектуального напряжения. В периоды расстройств церебрального кровообращения можно ожидать ухудшение умственной работоспособности, и, наоборот, в периоды оптимального кровенаполнения ткани мозга и адекватного оттока крови из полости черепа выполнение умственной нагрузки даст желаемый результат.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Бабичев В.Н.* Нейроэндокринология пола. М.: Наука, 1981. 205 с.
2. *Говорухина Е.М.* // Акушерство и гинекология. 1987. № 9. С. 26-30.
3. *Козачук И.В.* Физиологические механизмы изменений водного баланса в динамике овариально-менструального цикла // *Фундаментальная наука – ресурс здоровья здоровых людей: материалы Всероссийского научного конгресса.* Тамбов, 2008. С. 234-237.
4. *Воронин И.М., Козачук И.В.* Состояние сердечно-сосудистой системы и водного гомеостаза в разные фазы месячного цикла у здоровых женщин // *Актуальные проблемы сердечно-сосудистой патологии: материалы регион. науч.-практ. конф. с междунар. участием.* Кемерово, С. 24-25.
5. *Осетров Б.А., Салычева А.В., Комисаренко А.А.* Церебральная гемодинамика при атеросклеротической дисциркулярной энцефалопатии различной выраженности // *Неврологический вестник.* Казань, 1998. № 1–2.
6. *Балашова Н.А., Золотухина А.Ю., Симонов С.Н.* Изучение пролонгированного влияния БОС-тренинга на психофизиологический статус студентов // *Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки.* Тамбов, 2012. Т. 17. Вып. 3. С. 938-944.

Поступила в редакцию 11 апреля 2013 г.

Kozachuk I.V., Simonov S.N., Kirillova I.A., Zolotukhina A.Y., Semiletova S.V. EFFECT OF MENTAL WORKLOAD ON CEREBRAL BLOOD FLOW IN HEALTHY WOMEN AT VARIOUS STAGES OF MENSTRUAL CYCLE

Tests were carried out to monitor changes in cerebral hemodynamics during mental workload in different phases of ovarian-menstrual cycle.

Key words: menstrual cycle; cerebral hemodynamics; mental workload.