

УДК 612:824.4

Ю. В. Торнцев, А. П. Хачатрян

БИЛАТЕРАЛЬНАЯ ЭЛЕКТРОДЕРМАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ И РИТМЫ ФИЗИЧЕСКОЙ И УМСТВЕННОЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Проведено сравнительное исследование суточной динамики асимметрии электрических потенциалов кожи и некоторых физиологических показателей, включая оценку межполушарной активности головного мозга в состоянии покоя и при внешних воздействиях. Показано, что механизмы формирования билатеральных асимметрий показателей и их динамику следует связывать с регулирующей ролью центральной нервной системы, в частности, соотношением активации полушарий головного мозга.

Ключевые слова: электрические потенциалы кожи, асимметрия, межполушарная активность.

Хорошо известно, что практически все физиологические процессы в организме сопровождаются динамикой пассивных электрических свойств тканей и показателей активного электрогенеза. К последним относятся не только переменные электрические потенциалы, сопровождающие функционирование внутренних органов (сердце, головной мозг, желудок и т. д.), но и низкочастотные и квазипостоянные электрические потенциалы кожи (ЭПК) [1–4].

Особенности биоритмологических характеристик физической и умственной работоспособности и четкость циркадианных ритмов асимметрии электрических потенциалов кожи и других вегетативных параметров [3, 5–8] позволили нам высказать предположение об единстве механизмов, лежащих в основе их формирования. По-нашему мнению, таковые могут быть связаны с функциональной асимметрией головного мозга и дифференциацией межполушарной активности в течение суток, а также с ритмическими изменениями вегетативного баланса организма (соотношение активностей симпатического и парасимпатического звеньев вегетативной нервной системы).

Целью настоящей работы является сравнительный анализ динамики асимметрии электрических потенциалов кожи и межполушарной активности головного мозга в норме и под действием физических и умственных нагрузок.

Методика эксперимента

Исследования проведены на двух группах здоровых испытуемых – мужчин (33 человека) в возрасте от 25 до 40 лет.

Поскольку характер вегетативных реакций, к которым относятся и электродермальные, во многом зависит от латерального фенотипа испытуемого (преобладание правого или левого полушария мозга), при анализе показателей учитывали их сенсомоторный тип. Перед началом обследования все испытуемые проходили тестирование и заполняли специальные анкеты [9]. В результате отбора левши и амбидекстры из эксперимента исключались. Общность режима сон – бодрствование в течение проведения эксперимента позволила в значительной степени сгладить влияние разброса субъективной циркадианной фазы. Таким образом, исключалась и возможность ошибки в оценке дина-

мики показателей асимметрии в зависимости от индивидуальных особенностей пациентов.

Испытуемым первой группы (18 человек) предъявлялись стандартные психофизиологические тесты и предъявлялись физические нагрузки. Оценивалась мышечная сила, эффективность выполнения тестов и рассчитывался процент ее отклонения от среднего значения [5, 9].

Характер межполушарных отношений определяли путем подачи последовательно в правое и левое ухо с помощью стереонаушников различных акустических сигналов-стимулов и оценки эффективности их узнавания и воспроизведения [10].

Испытуемым второй группы (15 человек) в процессе экспериментов не предъявлялось никаких тестов и физических нагрузок, а результаты их обследования были приняты в качестве регионарной нормы.

Электрические потенциалы кожи ладоней рук регистрировали в состоянии относительного покоя и после нагрузки с использованием стандартных неполяризующихся электродов в отведении «тенар-гипотенар» в полосе частот от 0 до 5 Гц и рассчитывали коэффициент их асимметрии [3].

Для устранения нежелательного эффекта за счет остаточного потенциала, электроды в интервале времени между сеансами измерений сохраняли в закороченном состоянии. Тем не менее перед каждым измерением оценивали величину остаточного потенциала электродов и учитывали его при обработке данных. В качестве измерительных приборов использовали стандартные усилители биопотенциалов с набором частотных полосовых фильтров.

Параллельно контролировали артериальное давление, частоту сердечных сокращений, рассчитывали минутный объем крови (МОК) и вегетативный индекс Кердо (ВИК).

В процессе обследования испытуемый свободно располагался в кресле, руки размещал на подлокотниках. В моменты съема показателей пациенту не разрешалось совершать резких движений и разговаривать. Полученные результаты сравнивали с показателями билатеральной электродермальной активности, полученными в работе [3] при обследовании группы больных гипертонической болезнью II степени.

Статистическую обработку данных проводили на ЭВМ с использованием критерия *t* Стьюдента.

Результаты эксперимента

В результате экспериментов было установлено, что выполнение сложных вербальных тестов с большей эффективностью (на 7–8 %) происходит в утренние и вечерние часы и минимально в середине дня (в 16 ч). Показатели силы сжатия кисти руки, напротив, были максимальны в 16 ч, выше на 5–7 % относительно среднедневного уровня с 12 до 20 ч и минимальны (ниже в среднем на 10 %) в утренние и вечерние часы ($P = 0.01$).

Показатели МОК и ВИК у испытуемых обеих групп имели четко выраженную циркадианную ритмику и достигали акрофазы в также в 16 ч (показатель ВИК заключался в пределах от +4 до –3, а МОК – от 2800 до 3200 мл/мин). В вечерние и утренние часы ВИК смещался в сторону отрицательных значений до –15.3, а МОК уменьшился в среднем на 16 % ($P = 0.01$). Это хорошо согласуется с данными, приведенными в классических работах [5, 6].

Временная динамика показателей физиологических функций и асимметрии ЭПК у испытуемых контрольной группы практически не отличалась от таковой для лиц, которым предъявлялись нагрузки, и имела акрофазу в 16 ч с преобладанием в течение дня левосторонней асимметрии (до 14–15 %, $P = 0.01$). В вечерние и утренние часы показатель асимметрии, как правило, был близок к нулю, иногда даже изменял знак. Такая динамика показателей находится в полном согласии с данными, полученными в работе [11].

Уровень электрических потенциалов кожи ладоней обеих рук в течение суток возрастал и достигал максимальных значений в вечерние часы (с 16 до 20 ч). При этом ЭПК левой руки с 8 до 16 ч достоверно увеличились в среднем на 50 %, а правой – только на 10 %. Во вторую половину дня, с 16 до 20 ч, рост ЭПК левой руки несколько замедлился, а правой – увеличился и составил 15 и 30 % соответственно.

Уровень ЭПК после предъявления нагрузок изменялся. Чем выше была исходная асимметрия, тем значительнонее была амплитуда реакции, достигая 30 % от исходного уровня.

Особенности суточных ритмов физической и умственной работоспособности (эффективность выполнения тестов) и четкость ритмов асимметрии электрических потенциалов кожи и вегетативных функций (МОК и ВИК) позволяют сделать вывод об единстве механизмов, лежащих в основе их ритмических изменений в течение суток. По-нашему мнению, эти механизмы следует связывать с функциональной асимметрией головного мозга и дифференциацией межполушарной активности в течение суток [3, 5, 9].

Различие в скоростях роста уровня ЭПК обеих ладоней рук испытуемых в течение суток свидетельствовало об увеличивающейся напряженности в работе обоих полушарий (ПШ) головного мозга по мере

постепенного нарастания усталости. Это может быть следствием очередности преобладания одного из полушарий при переработке поступающей в течение дня информации, а также различия в вегетативных реакциях по мере развития усталости – нарастания парасимпатических влияний в регуляции функций [4, 10, 11].

При выполнении несложной физической работы влияние активации левого полушария незначительно, и изменение работоспособности в течение суток, связываемое с активностью в основном правого ПШ, во многом определяется только суточными ритмами изменения вегетативного баланса организма. При этом, несмотря на развитие усталости и увеличение нагрузки на сердечно-сосудистую систему, работоспособность в первую половину дня возрастает по мере активации симпатического звена вегетативной нервной системы.

При выполнении сложных психологических тестов, например запоминание и воспроизведение слов, необходима дополнительная нагрузка полушарий, но в основном уже левого. Однако в первой половине дня ЭПК правой ладони (активность левого ПШ) практически неизменны, что объясняет низкую эффективность выполнения психологических вербальных тестов.

Во второй половине дня ситуация изменяется на противоположную – на фоне все продолжающегося роста ЭПК левой руки (активация правого ПШ) доминирует уже рост электрических потенциалов правой руки. Одновременно возрастает активность левого полушария головного мозга, способствуя повышению умственной работоспособности.

При этом не следует сбрасывать со счетов и другие возможные механизмы, в частности того, что особенности вегетативных (электродермальных) реакций на фоне активации левого ПШ могут быть связаны с изменением вегетативного баланса организма. Как показано в работах [10, 12, 13], в это время наблюдается возрастание парасимпатических влияний в регуляции вегетативных функций как компенсаторная реакция организма. В нашем случае это проявляется в соответствующем изменении показателя ВИК.

Эти процессы, как правило, не приводят к инверсии показателя асимметрии ЭПК и не нарушают ее циркадианную ритмику, вегетативный баланс и межполушарные отношения поддерживаются в пределах нормы [8, 11, 12]. Вместе с тем длительная активация правого полушария на фоне роста напряжения основных систем организма может привести к временным сдвигам в деятельности регуляторных систем организма, способствовать развитию невралгических расстройств, в частности артериальных гипертензий. При этом может проявиться нарушение естественного соотношения уровней электрических потенциалов латеральных участков тела, по «гипертоническому типу» [9, 10].

Устойчивой инверсии асимметрии показателей ЭПК и устойчивого изменения их биоритмологических характеристик, по-нашему мнению, следует ожидать в случаях патологий, в частности, при гипертонической болезни, для которой характерно нарушение хронобиологической организации функций [14–16]. По всей вероятности, электродермальная активность не является исключением.

Характер изменения асимметрии ЭПК у больных гипертонической болезнью и ее несомненная связь с состоянием вегетативного баланса организма позволяют полагать, что и в этом случае наиболее вероятным общим механизмом, определяющим динамику асимметрии ЭПК, является изменение активности симпатoadреналовой системы, в регуляции которой существенна роль ЦНС. Стабильное превалирование ЭПК левой ладони и левой лобно-височной области головы, зарегистрированное в работе [3], также свидетельствует о несомненной роли межполушарных отношений в формировании асимметрии ЭПК.

Устойчивая левосторонняя асимметрия ЭПК (превалирование правого полушария) является одновре-

менно и критерием оптимума межполушарных отношений, а снижение или ее инверсия у больных или при нагрузках – об его изменении. При этом, по-видимому, существует вполне определенный диапазон значений коэффициента асимметрии, соответствующий норме и патологии и зависящий от времени регистрации показателей. Учитывая данные работы [3], наиболее удобным для регистрации и анализа ЭПК следует считать время с 13 до 20 ч. Неблагоприятные часы – с 11 до 13 ч и с 21 до 23 ч, когда различия в показателях недостоверны. Сдвиг акрофазы ЭПК у больных может стать дополнительным критерием гипертонических состояний.

Таким образом, можно утверждать, что механизмы формирования билатеральных асимметрий ЭПК у здоровых испытуемых и больных гипертонической болезнью и их динамика во времени связаны с регулирующей ролью ЦНС и определяются соотношением активации полушарий головного мозга и состоянием активности симпатического звена ЦНС.

Список литературы

1. Лазарев А. О. Постоянные электрические потенциалы кожи как интегральный показатель функционального состояния // Изв. АН. Сер.биол. 1993. № 4. С. 485–490.
2. Махнев В. П., Торнуев Ю. В. Физиологические корреляты электрических параметров кожи // Бюл. СО РАМН, 1994. № 2. С. 73–78.
3. Торнуев Ю. В. Диагностическое значение электродермальной активности при гипертонической болезни. Методические рекомендации. НИИ РП и ПМ СО РАМН. Новосибирск, 1997. 23 с.
4. Маринович Р. А. Особенности вегетативных показателей и межполушарная асимметрия // Актуальные проблемы биологии, медицины и экологии: сб. науч. тр. Т. 1. Томск: Изд-во ТГМУ, 2004.
5. Ашофф Ю. Биологические ритмы. Т. 1. М.: Мир, 1984. 414 с.
6. Деряпа Н. Р. и др. Проблемы медицинской биоритмологии. М.: Медицина, 1985. 207 с.
7. Дмитриева Н. В., Глазачев О. С. Индивидуальное здоровье и полипараметрическая диагностика функционального состояния человека. М.: Горизонт, 2000. 214 с.
8. Илюхина В. А., Ломарев М. П., Кожушко М. Ю., Бажин Е. Ф. Пороговые критерии асимметрии омега-потенциала в оценке нарушений психических функций // Физиол. человека. 1994. Т. 20. № 1. С. 37–43.
9. Леутин В. П., Николаева Е. И. Психофизиологические механизмы адаптации и функциональная асимметрия мозга. Новосибирск: Наука, 1988. 193 с.
10. Колышкин В. В. Особенности психофизиологических механизмов адаптации в зависимости от латерального фенотипа человека: автореф. дис. ... докт. биол. наук. Томск, 1997. 42 с.
11. Крауклис А. А., Крумина И. Асимметрия электродермальной активности ладоней при релаксации, вызванной латерализованной электростимуляцией головы // Физиол. человека. 1994. Т. 20. № 4. С. 62–68.
12. Naveteur J., Secueira-Martinho H. Reliability of differences in electrodermal activity // Biol. Psychol. 1990. Vol. 31. P. 47–56.
13. Roman F. et al. Responsiveness pattern and handedness differences in bilateral electrodermal asymmetry // Int. J. Psychophysiol. 1992. Vol. 12. P. 71–79.
14. Шакирова Г. Н. и др. Барорецепторный контроль и суточная вариабельность артериального давления у больных с мягкой артериальной гипертензией и гемодинамически незначимым атеросклеротическим поражением сонных артерий // Кардиология. 1992. № 11. С. 15–19.
15. Хаятин В. Н. Механорецепция эндотелия артериальных сосудов и механизмы развития гипертонической болезни // Кардиология, 1996. № 7. С. 27–35.
16. Торнуев Ю. В. и др. Особенности электрогенных и поляризационных свойств новообразований различной этиологии // Сиб. науч. вестн. Новосибирск: Изд-во НГАСУ, 2004. Вып. 7. С. 56–58.

Торнуев Ю. В., доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник.

НИИ региональной патологии и патоморфологии СО РАМН.

Ул. Тимакова, 2, г. Новосибирск, Новосибирская область, Россия, 630117.

Хачатрян А. П., доктор медицинских наук, профессор, президент Международной академии здоровья.

НИИ региональной патологии и патоморфологии СО РАМН.

Ул. Тимакова, 2, г. Новосибирск, Новосибирская область, Россия, 630117.

Материал поступил в редакцию 08.02.2010

Yu. V. Tornuev, A. P. Khachatryan

BILATERAL ELECTRODERMAL ACTIVITY AND THE RHYTHMS OF PHYSICAL AND INTELLECTUAL AVAILABILITY

The comparative research of daily dynamics of asymmetry of the skin electric potentials and of some physiological parameters is carried out, including an estimation of inter-hemisphere activity of the brain in condition of rest and at external influences. It is shown, that mechanisms of formation of bilateral asymmetries of parameters and their dynamics should be connected with regulating role of the central nervous system, in particular, with parity of activation of hemispheres of the brain.

Key words: *electric potentials of skin, asymmetry, inter-hemisphere activity.*

Tornuev Yu. V.

Main Agency of the Scientific Research Institute of Regional Pathology and Pathomorfology SB RAMS.

Ul. Timakova, 2, Novosibirsk, Novosibirskaya oblast, Russia, 630117.

Khachatryan A. P.

Main Agency of the Scientific Research Institute of Regional Pathology and Pathomorfology SB RAMS.

Ul. Timakova, 2, Novosibirsk, Novosibirskaya oblast, Russia, 630117.