

УДК 591.147.6:577.311.6.: 577.121

ЭЛЕКТРОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ДИАГНОСТИКЕ ГИПЕРТОНИЧЕСКОЙ БОЛЕЗНИ

**Непомнящих Д.Л., Никитюк Д.Б., Торнуев Ю.В., Лапий Г.А., Непомнящих Р.Д.,
Виноградова Е.В., Манвелидзе Р.А., Преображенская В.К., Савченко С.А.**

*ФГБУ «Научно-исследовательский институт региональной патологии и патоморфологии»
СО РАМН, Новосибирск, e-mail: pathol@inbox.ru*

Проведено сравнительное исследование показателей электрического импеданса и потенциала кожи рук здоровых испытуемых и больных гипертонической болезнью. Показано, что нарушения в системах регуляции деятельности сердца у больных гипертонической болезнью проявляются не только в рассогласовании ритмов физиологических процессов и развитии компенсаторных реакций, но и в завышенных уровнях электрических потенциалов кожи и изменениях их асимметрии. Устойчивая асимметрия электрических потенциалов кожи и их динамика во времени свидетельствует о роли межполушарных отношений в их формировании. Особенности функционирования сердечно-сосудистой системы у больных приводят к развитию генерализованной реакции, проявляются в изменении асимметрии импеданса при измерении по сегментам и наиболее выражены на уровне желудочка сердца. В процессе реабилитации электрофизиологические показатели кожи приходят в норму, при этом зафиксирован факт опережения нормализации электрофизиологических показателей до проявления клинических признаков улучшения состояния больных.

Ключевые слова: гипертоническая болезнь, электрофизиологические показатели, коэффициент асимметрии

ELECTROPHYSIOLOGICAL PARAMETERS IN THE DIAGNOSIS OF HYPERTENSION

**Nepomnyashchikh D.L., Nikityuk D.B., Tornuev Y.V., Lapii G.A., Nepomnyashchikh R.D.,
Vinogradova E.V., Manvelidze R.A., Preobrazhenskaya V.K., Savchenko S.A.**

*Research Institute of Regional Pathology and Pathomorphology SD RAMS,
Novosibirsk, e-mail: pathol@inbox.ru*

A comparative study of electrical impedance parameters and potential skin of the hands of healthy subjects and patients with essential hypertension. It is shown that the violation in the regulation of the cardiac activity in hypertensive patients manifested not only in disagreement rhythms of physiological processes and the development of compensatory reactions, but also in excessive levels of electrical potential changes in their skin and asymmetry. Stable asymmetry of the skin electrical potentials and their dynamics over time suggests the role of interhemispheric relations in their formation. Features of the functioning of the cardiovascular system in patients lead to the development of a generalizing reaction, manifested in the change in the measurement of the impedance asymmetry segment and are most pronounced at the level of the ventricle of the heart. Electrical parameters of the skin in the process of rehabilitation bounce back, with fixed fact advancing the normalization of electrophysiological parameters before clinical signs of improvement in the condition of patients.

Keywords: hypertension, electrophysiological indicators, coefficient of asymmetry

Установленный еще в начале XX века факт относительного постоянства электропроводности тканей, как правило, используется не только для изучения их физических свойств, но и для оценки изменений, связанных с особенностями функционального состояния организма [7, 8, 10]. По показателям электрического импеданса имеется возможность напрямую судить о структуре ткани, не повреждая самой структуры [2, 4, 12].

В клинических исследованиях показано, что значения импеданса регионов тела являются чувствительными индикаторами состояния испытуемых и дают возможность получать оперативную информацию. На ее основе можно планировать и контролировать процесс реабилитации, осуществлять подбор препаратов для лечения ряда заболеваний, прогнозировать возможность

неблагоприятных исходов у больных в критических состояниях, отслеживать развитие отеков, оценивать эффективность физиотерапии и других лечебных воздействий.

При измерениях импеданса тела здорового человека в отведении рука – рука было выявлено почти симметричное распределение электрофизических параметров тела [4, 10]. Однако фиксируется естественная асимметрия значений активного и реактивного сопротивлений при их измерении по сегментам в области грудной клетки, что связывается авторами с левосторонним положением сердца. Одним из существенных факторов, формирующих асимметрию электропроводящих свойств грудной клетки, в том числе и при нарушениях функционирования сердечно-сосудистой системы, является различие в кровоснабжении правой и левой сторон туловища.

Наличие достоверной связи уровня биоимпеданса кожи и состояния сердечно-сосудистой системы [1, 3, 5, 8] позволяет предположить, что специфические изменения в организме при гипертонической болезни могут найти свое отражение и в динамике других электрофизиологических показателей, в частности биопотенциалов кожи.

В настоящее время установлено, что для проведения дифференциальной диагностики гипертонической болезни и выбора тактики лечения больного одних только клинических методов исследования оказывается недостаточно. До настоящего времени не существует однозначных дифференциально-диагностических критериев гипертонической болезни и нейроциркуляторной дистонии. Случайные измерения АД не позволяют определять особенности гипертензии при этих заболеваниях. Суточное мониторирование артериального давления облегчает диагностику артериальной гипертензии, позволяет оценить все многообразие изменений артериального давления в течение суток и способствует более уверенной дифференциальной диагностике гипертонической болезни.

Тем не менее, комплексный подход к диагностике гипертонической болезни с использованием современных инструментальных неинвазивных подходов, включая суточное мониторирование показателей, до сих пор является весьма актуальным.

Учитывая атравматичность и экспрессность измерения электрофизиологических показателей, анализ особенностей их временной организации, по-нашему мнению, может быть весьма перспективен для выявления гипертонической болезни и контроля процесса реабилитации больных.

Цель исследования – провести сравнительный анализ особенностей динамики электрофизиологических показателей кожи и их асимметрии у здоровых испытуемых и больных гипертонической болезнью.

Материал и методы исследования

Проведено обследование группы больных гипертонической болезнью II степени, диагностированной на основании клинического обследования в условиях стационара (38 мужчин в возрасте 25–55 лет) и контрольной группы практически здоровых мужчин в возрасте от 18 до 52 лет (30 человек). Обследование проводили 5 раз в сутки в различные сезоны года. Электрический импеданс и потенциалы кожи измеряли с помощью стандартного универсального измерительного прибора «Биотемп» [3, 7], существенной особенностью которого являлось тестирование ткани переменным электрическим током величиной ниже порога чувствительности (10 мкА).

Оценивали асимметрию электрического импеданса туловища в диапазоне β -дисперсии (1 мГц)

в отведении рука – рука и по секторам (на уровне яремной ямки, сердца, мечевидного отростка и пупка) у испытуемых обеих групп. Использование безразмерных показателей позволяло осуществлять мониторинг и избавиться от артефактов за счет температурного дрейфа и индивидуального разброса абсолютных значений импеданса. При измерении электрических потенциалов стандартные неполяризуемые электроды располагали на поверхности кожи, предварительно обезжиренной 70% раствором этанола, в отведении «тенар – гипотенар» правой и левой рук или лобно-височных областей головы.

У всех испытуемых регистрировали частоту сердечных сокращений, температуру тела, артериальное и пульсовое давление. Проводили общий анализ крови. Рассчитывали минутный объем кровообращения и вегетативный индекс Кердо.

Статистическую обработку данных осуществляли посредством вычисления коэффициента корреляции, среднего арифметического и ошибки среднего. Значимость различий средних и процентного соотношения показателей определяли с помощью *t*-критерия Стьюдента. Значимыми считали различия при $p < 0,05$.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты обследования здоровых испытуемых и больных гипертонической болезнью позволили установить, что основные биоритмологические характеристики электрофизиологических параметров у них подчиняются одинаковым закономерностям. В общих чертах сезонная изменчивость параметров суточных ритмов и амплитуд показателей укладывались в рамки зоны естественного блуждания акрофаз, что объясняется незначительным в условиях средней полосы России рассогласованием задатчиков ритма. Область пониженных значений показателей в ночное время расширялась с ростом продолжительности «темнового» периода. Соответственно этому смещался и утренний экстремум на более позднее время, а вечерний – на более раннее время суток. Уровень электрического потенциала кожи рук при условии поддержания постоянства температуры в помещении изменялся пропорционально показателям температуры тела. Как правило, средний уровень электрического потенциала кожи у больных превышал на 20% таковой для здоровых испытуемых ($p < 0,05$), а показатели импеданса, напротив, были несколько ниже, в среднем на 7,5%, хотя сезонная их ритмика была практически идентична (средний коэффициент корреляции 0,85).

Корреляция между сезонными изменениями систолического давления у здоровых и больных была сравнительно слабой ($K = 0,1$), а для диастолического – высокой ($K = 0,8$), при превышении средних значений показателей у больных на 7–12%.

Несмотря на сходство характера сезонных изменений среднедневных значений электрических потенциалов правой и левой рук, их асимметрия в зависимости от сезона была различной. У здоровых испытуемых коэффициент асимметрии был выше на 30% в летние месяцы, у больных – ниже на 50% зимой ($p < 0,05$).

Концентрация эритроцитов в крови у больных во все сезоны года была выше на 7–10% при наличии рассогласования в зависимости от сезона – экстремум показателя у больных наблюдался весной (март – май), а у здоровых – летом (июнь – август).

Различия в уровне минутного объема кровообращения были недостоверны, хотя их биоритмологические характеристики были схожи. Вегетативный индекс Кердо у больных и здоровых изменялся в течение суток стереотипно, но его значения у больных были смещены в область отрицательных значений в среднем на 30%, что свидетельствовало о преобладании у них активности парасимпатического звена вегетативной нервной системы.

Мы полагаем, что особенности динамики электрофизиологических показателей у больных определяются состоянием «вегетативного баланса» организма, что соответствует современным представлениям о патогенезе гипертонической болезни, предполагающем активацию систем, обеспечивающих кровоснабжение тканей и функционирование центральной нервной системы.

В то же время выявлена устойчивая левосторонняя асимметрия показателей электрических потенциалов кожи рук у обеих групп обследованных. При этом максимальные значения асимметрии потенциалов ладоней рук у здоровых испытуемых выше на 15% от среднедневного уровня регистрировали в середине дня, в то время как в вечерние и утренние часы показатель асимметрии был близок к нулевым значениям. При регистрации потенциалов кожи лобно-височных областей асимметрия показателей изменялась от +1 до –12% со сдвигом акрофаз на вечерние часы, когда показатели асимметрии потенциалов превышали таковые для здоровых в среднем на 16% ($p < 0,01$).

У больных гипертонической болезнью, напротив, асимметрия электрических потенциалов была минимальна в середине дня, а максимальные значения наблюдали позднее. При этом абсолютные значения электрических потенциалов ладоней обеих рук у больных в среднем на 12% превышали таковые для здоровых. Артериальное и пульсовое давление у больных в течение всего срока исследования были выше, чем у здоровых, на 10 и 7% соответственно.

Кроме того, выявлено наличие десинхроноза между сезонными ритмами асимметрии электрических потенциалов кожи и вегетативного индекса Кердо в утренние часы и сдвиги акрофаз пульсового давления и минутного объема кровообращения. Максимальные значения пульсового давления у больных наблюдали в весенние месяцы, а у здоровых – в летние. Акрофаза минутного объема кровообращения опережала на 2–3 месяца акрофазу у больных при измерении в утренние часы. Следует отметить, что именно наличие десинхроноза физиологических ритмов у больных является одной из отличительных характеристик гипертонической болезни.

Более высокие значения электрофизиологических показателей у больных могут быть обусловлены, по нашему мнению, изменением у них активности симпатoadrenalовой системы по сравнению с нормой. Такая трактовка находится в удовлетворительном соответствии с данными работ [6, 8, 9], в которых исследовано состояние вегетативного баланса у больных гипертонической болезнью и показана информативность анализа временной организации физиологических функций.

Особенности динамики и уровня электрофизиологических показателей у больных следует связывать, по-нашему мнению, с развитием у них компенсаторных реакций. Это проявляется, в частности, в том, что изменение естественной потребности в кислороде организм осуществляет за счет поступления его в легкие и последующего транспорта к тканям путем увеличения числа носителей (эритроцитов), а не увеличения объема циркулирующей крови. Однако использовать на практике в качестве диагностических критериев абсолютные значения электрических потенциалов и импеданса нецелесообразно вследствие их большого естественного разброса, обусловленного не только особенностями эксперимента и индивидуальными различиями, но и временем измерения. В этой связи особый интерес представляет анализ безразмерных показателей, например билатеральных асимметрий.

Коэффициент асимметрии электрического импеданса туловища здоровых испытуемых (в отведении рука – рука) составил в среднем $0,15 \pm 0,03$, в то время как при измерении по сегментам показателя импеданса определялись анатомическими особенностями тела и уровнем кровоснабжения правой и левой сторон туловища, что хорошо согласуется с данными работ других авторов [4]. На уровне яремной ямки и пупка коэффициент асимметрии

составил $-0,43 \pm 0,02$, на уровне желудочка сердца и мечевидного отростка $+0,3 \pm 0,05$ и $+0,4 \pm 0,03$ соответственно.

Показатели асимметрии импеданса у больных гипертонической болезнью достоверно ($p < 0,05$) отличались от таковых у здоровых лиц. При этом на уровне яремной ямки и пупка коэффициент асимметрии составил $+0,1 \pm 0,03$ и $+0,23 \pm 0,02$ соответственно. Разброс показателей у больных гипертонической болезнью был раза в два выше, чем у здоровых.

Эксперименты, проведенные нами, позволили установить, что коэффициент асимметрии импеданса туловища больных претерпевает изменение в процессе реабилитации и приближается к нормальному уровню, свидетельствуя об эффективности лечения. Отмечено также корригирующее и стабилизирующее артериальное давление действие цикла радоновых процедур, проводимых в стационаре. Как правило, до бальнеопроцедуры (ванна 14–17 Нку, 1%, 10 мин) показатели асимметрии импеданса на уровне грудной клетки у больных были явно аномальны. Если до процедур асимметрия импеданса превышала уровни, характерные для нормы, то уже через 30 минут наблюдалось достоверное ее снижение, если исходные значения были занижены, то возрастание ($p < 0,05$). В том случае, когда асимметрия сохранялась на уровне, характерном для больных и после процедур, а артериальное давление не снижалось, необходима была корректировка процесса лечения. Вегетативный индекс Кердо, смещенный у больных в сторону отрицательных значений, по мере реабилитации устанавливался также в пределах нормы.

Как правило, нормализация показателей импеданса начиналась ранее проявления клинических признаков улучшения состояния больного за часы, а иногда даже за сутки. Снижались после процедур и электрические потенциалы кожи. Опережающее проявление положительной динамики со стороны электрофизиологических показателей наблюдалось нами и ранее [2]. Полученные данные находятся в удовлетворительном соответствии с известными фактами рассогласования ритмических изменений показателей вегетативных функций у больных гипертонической болезнью [6, 9, 11].

Сходство основных характеристик динамики электрофизиологических показателей с изменением общего обмена и состоянием сердечно-сосудистой системы позволяет полагать, что влияние симпатoadренальной системы распространяется и на динамику

электрических показателей кожи. Известный синдром инверсии вегетативных (в том числе и электрофизиологических) реакций у лиц, склонных к артериальным гипертензиям, оказывается более выраженным у больных, уже страдающих гипертонической болезнью. Мы полагаем, что особенности функционирования сердечно-сосудистой системы при гипертонической болезни приводят к развитию в организме реакции, которая может быть зафиксирована в изменении асимметрии импеданса кожи и подлежащих тканей.

Можно утверждать, что нарушения в системах регуляции деятельности сердца у больных гипертонической болезнью проявляются не только в рассогласовании ритмов физиологических процессов и развитии компенсаторных реакций, но и в изменении электрических потенциалов кожи и асимметрии импеданса, их сезонной и суточной динамике.

Кроме того, наличие устойчивой асимметрии электрических потенциалов кожи рук и их динамика во времени свидетельствует о роли межполушарных отношений в формировании электрофизиологических показателей [7]. Так, левосторонняя асимметрия (превалирование правого полушария) может являться критерием оптимума межполушарных отношений, а снижение показателя асимметрии и даже его инверсия у больных гипертонической болезнью – об его изменении, что имеет, по нашему мнению, диагностическое значение.

При этом существует диапазон значений, соответствующий норме и патологии, зависящий от времени регистрации. Согласно нашим данным, наиболее благоприятным временем для регистрации и анализа показателей является интервал с 13 до 20 ч, когда различия коэффициентов асимметрии электрических потенциалов у здоровых и больных были максимальны и достигали 15%. Наиболее неблагоприятны периоды с 11 до 13 ч и с 21 до 23 ч, когда различия недостоверны.

Таким образом, использование методов регистрации и анализа биоритмологических характеристик и асимметрии электрофизиологических показателей перспективно не только для целей экспресс-диагностики гипертензивных состояний, но может быть рекомендовано для контроля за состоянием больного и оптимизации процесса лечения. Существенным моментом является факт, что нормализация показателей начинается раньше клинических проявлений улучшения состояния больного.

Список литературы

1. Blendzhiants G.A., Bubnov V.A., Puzenko D.V., Cherepnin V.A. Электрическая импедансометрия – новый метод оценки защиты миокарда при операциях на сердце с искусственным кровообращением // Клиническая практика. – 2012 – № 4. – С. 23–33.
2. Колдышева Е.В., Торнуев Ю.В. Применение методов электроимпедансометрии в клинической практике // Сибирский научный вестник. – 2003. – Вып. 6. – С. 28–31.
3. Павлович А.А., Озерова М.С., Панина М.А., Кисля С.Н., Дворников В.Е., Иванов Г.Г. Анализ нарушений баланса водных секторов организма при остром инфаркте миокарда методом биоимпедансометрии // Вестник РУДН. Серия «Медицина». – 2008. – № 1. – С. 51–59.
4. Николаев Д.В., Смирнов А.В., Бобринская И.Г., Руднев С.Г. Биоимпедансный анализ состава тела человека. – М., 2009. – 392 с.
5. Новиков В.Е., Крикова А.В., Новиков А.С. Биоимпедансометрическая оценка повреждения миокарда разными экзогенными факторами // Курский научно-практический вестник «Человек и здоровье». – 2011. – № 1. – С. 30–35.
6. Ратовская О.Ю., Никулин С.Ю., Матюшин Г.В., Кузнецов А.П. Применение суточного мониторирования артериального давления и кардиограммы для дифференциальной диагностики гипертонической болезни I стадии и нейроциркуляторной дистонии по гипертоническому типу // Сибирский медицинский журнал. – 2010. – Т. 25, № 4. – С. 102–105.
7. Торнуев Ю.В., Хачатрян А.П. Билатеральная электродермальная активность и ритмы физической и умственной работоспособности // Вестник ТГПУ. – 2010. – № 3. – С. 60–62.
8. Торнуев Ю.В., Колдышева Е.В., Лапий Г.А., Балахин С.М., Бушманова Г.М., Преображенская В.К. Электроимпедансометрия в гистологической технологии // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6. – С. 1164–1167.
9. Шабалин А.В., Гуляева Е.Н., Торочкина Е.Е., Аеркошанская Э.М., Коваленко О.В., Мышкин С.В., Криковцев А.С. Диагностическая значимость циркадной вариабельности артериального давления и ритма сердца в оценке клинко-функционального статуса больных с артериальной гипертензией // Кардиология. – 2005. – № 8. – С. 45–46.
10. Michel I.Y., Brandstatter H., Gaspoz J.M. et al. Interpretation of 24h ambulatory blood pressure monitoring by primary care physicians // Rev. Med. Suisse. – 2009. – Vol. 218, № 5. – P. 1876–1880.
11. Schoeller D.A. Impedance analysis. What does it Measure? // Annals of the New York Academy of sciences. – 2000. – Vol. 904. – P. 159–162.
12. Sternfeld B., Ngo L., Satariano W.A., Tager B. Association of body composition with physical performance and self-reported functional limitation in elderly men and women // Am. J. Epidemiol. – 2002. – Vol. 156, № 2. – P. 110–121.

References

1. Blendzhiants G.A., Bubnov V.A., Puzenko L.V., Cherepnin V.A. *Klinicheskaya praktika – Clinical practice*, 2012, no. 4. pp. 23–33.
2. Koldysheva E.V., Tornuev Yu.V. *Sibirskiy nauchnyi vestnik – Siberian Scientific Herald*, 2003, no. 4, pp. 28–31.
3. Pavlovich A.A., Ozerova M.S., Panina M.A., Kislaya S.N., Dvornikov B.E., Ivanov G.G. *Vestnik RUDN. Seriya «Meditsina» – Herald RUDN, Series «Medicine»*, 2008, no. 1, pp. 51–59.
4. Nikolaev D.V., Smirnov A.V., Bobrinskaya I.G., Rudnev S.G. *Bioimpedansnyy analiz sostava tela cheloveka – Bioimpedance analysis of the composition of the human body*, Moscow, 2009, 392 p.
5. Novikov V.E., Krikova A.V., Novikov A.S. *Kurskiy nauchno-prakticheskiy vestnik «Chelovek i zdorove» – Kursk scientific and practical messenger «Man and health»*, 2011, no.1, pp. 30–35.
6. Ratovskaya O.U., Nikulin S.U., Matushin G.V., Kuznetsov A.P. *Sibirskiy meditsinskiy zhurnal – Siberian Journal of Medical*, 2010, vol. 25, no. 4, pp. 102–105.
7. Tornuev Yu.V., Hachatryan A.P. *Vestnik TGPU – Herald TGPU*, 2010, no. 3, pp. 60–62.
8. Tornuev Yu.V., Koldysheva E.V., Lapii G.A., Balakhnin S.V., Bushmanova G.M., Preobrazhenskaya V.K. *Fundamentalnye issledovaniya – Fundamental research*, 2013, no. 6, pp. 1164–1167.
9. Shabalin A.V., Guliaeva E.N., Torochrina E.E., Aerokshanskaya E.V., Kovalenko O.V., Mishkin C.V., Krikovtsev A.S. *Kardiologia – Cardiology*, 2005, no. 8, pp. 45–469.
10. Michel I.Y., Brandstatter H., Gaspoz J.M. et al. *Rev. Med. Suisse*, 2009, Vol. 218, no. 5, pp. 1876–1880.
11. Schoeller D.A. *Annals of the New York Academy of sciences*, 2000, Vol. 904, pp. 159–162.
12. Sternfeld B., Ngo L., Satariano W.A., Tager B. *Am. J. Epidemiol.*, 2002, Vol. 156, no. 2, pp. 110–121.

Рецензенты:

Волков А.М., д.м.н., заведующий лабораторией патоморфологии и электронной микроскопии, ФГБУ «Новосибирский НИИ патологии кровообращения имени академика Е.Н. Мешалкина» МЗ РФ, г. Новосибирск;

Сидорова Л.Д., д.м.н., профессор кафедры внутренних болезней Новосибирского государственного медицинского университета МЗ РФ, г. Новосибирск.

Работа поступила в редакцию 06.10.2014.