

4. Рукавицын А.Н., Яковлев И.А. Управляющий алгоритм биоинженерного реабилитационного устройства для принудительной разработки нижних конечностей человека. Справочник // Инженерный журнал. 2014. № 4. С. 17-22.
5. Яцун С.М., Рукавицын А.Н. Проектирование автоматизированного устройства для механотерапии коленного сустава // Медицинская техника. 2015. № 3. С. 38-41.
6. Yatsun S., Rukavitsyn A. Development bioengineering mechatronic module for exoskeleton human leg // Nauka i Studia. Przemysł. 2013. № 17 (85). PP. 39-46.

Светлана Михайловна Яцун,
д-р мед. наук, профессор,
зав. кафедрой медико-биологических
дисциплин,
Курский государственный университет,

Андрей Сергеевич Яцун,
канд. техн. наук,
зав. научно-исследовательской лабораторией
«Мехатроника и робототехника»,
Александр Николаевич Рукавицын,
канд. техн. наук, доцент,
кафедра механики, мехатроники
и робототехники,
Григорий Владимирович Климов,
мл. научный сотрудник,
научно-исследовательская лаборатория
«Мехатроника и робототехника»,
Юго-Западный государственный университет,
г. Курск,
e-mail: mbd155@mail.ru

Д.М. Крутько, С.О. Мазуренко, К.Г. Старосельский, Л.Г. Ермолаева, И.Г. Иванов

Контроль гемодиализного лечения на основе биоимпедансного анализа

Аннотация

Биоимпедансметр «Диамант-АИСТ» (ЗАО «Диамант», г. С.-Петербург, Россия) применялся для изучения состава тела и питательного статуса пациентов, получающих лечение гемодиализом. В последующем было проведено проспективное исследование выживаемости обследованных пациентов в зависимости от результатов биоэлектрического импедансного анализа. Продемонстрирована статистически значимая разница в общей выживаемости и выживаемости в зависимости от сердечно-сосудистых заболеваний между больными с высокими и низкими значениями жировой массы тела.

Введение

Несмотря на прогресс в оказании помощи больным с хронической болезнью почек (ХБП), продолжительность жизни таких пациентов остается существенно ниже, чем у людей без патологии почек [1]. Это обуславливает поиск факторов, влияющих на продолжительность жизни пациентов с ХБП, получающих заместительную почечную терапию (ЗПТ). В последние годы получены данные о влиянии общего физического состояния пациентов [2], полиморбидности [3], возраста, этнического и расового происхождения пациентов [4] на смертность больных с хронической болезнью почек. Выявлен повышенный риск смерти от сердечно-сосудистых осложнений у больных при снижении показателей минеральной плотности костной ткани [5] и увеличение общего риска смерти у пациентов с переломами тазобедренного сустава и позвонков [6]. В течение нескольких последних десятилетий состояние питательного статуса остается одним из важнейших для исследователей факторов [7]. В то же время благоприятное влияние ожирения и повышенного уровня холестерина плазмы крови в отношении продолжительности жизни больных с хронической болезнью почек побудило исследователей говорить об обратной эпидемиологии у диализных пациентов [8]. Значительный прорыв в понимании данного феномена был сделан в 1999 году, когда группа исследователей из Каролинского университета выдвинула предположение о взаимосвязи нарушения питательного статуса, воспаления и атеросклероза, а также кардиоваскулярных и цереброваскулярных событий [9]. Нарушения питательного статуса вносят значительный вклад в неприемлемо высокую смертность (10...20 % в год) среди гемодиализных пациентов, которая в большей степени определяется сердечно-сосудистой патологией [10].

Нефрологические общества США и европейских стран разработали практические руководства для оценки питательного статуса и планирования стратегии ведения таких пациентов [11]. В подобных руководствах акцентируется внимание на раннем выявлении причин нарушения и корректировки питательного статуса для предотвращения ухудшения состояния и развития осложнений. Для оценки питательного статуса реко-

мендуется использование таких методик, как клиническая оценка, антропометрические методы, биохимические и биофизические исследования. Доступным и поэтому перспективным методом оценки питательного статуса является биоэлектрический импедансный анализ – биоимпедансометрия, так как это безопасный, недорогой, портативный, быстрый и легкий в выполнении метод. В настоящем исследовании была поставлена цель: изучить влияние питательного статуса, оцененного прибором для биоэлектрического импедансного анализа отечественного производства, на продолжительность жизни пациентов, получающих лечение гемодиализом.

Материалы и методы

Проведено проспективное исследование с фиксированной когортой пациентов с 01.03.2012 г. по 01.03.2013 г. В исследование включены 84 пациента (26 женского пола и 57 мужского пола) с хронической болезнью почек (ХБП) 5 стадии. Средний возраст составил $(54,1 \pm 13,8)$ года. Средняя продолжительность диализа – 20,2 месяца. Диализное лечение проводилось со стандартным бикарбонатным раствором, купрофановыми или полусинтетическими мембранами, на аппаратах «искусственная почка» фирм «Bellco», «Fresenius» с использованием капиллярных диализаторов с площадью $1,1...1,7$ м². Сеансы диализа проводились три раза в неделю по 4...5,5 ч. У всех пациентов выполнялось биоэлектрическое импедансное исследование с использованием аппарата «Диамант-АИСТ» (ЗАО «Диамант», г. С.-Петербург, Россия). Частота зондирующего тока составляла 28 и 115 кГц, исследование проводилось в однократном режиме. Амплитуда зондирующего тока не превышала 3 мА. На основании данных измерения импеданса программно рассчитывались показатели безжировой и жировой массы тела, объема общей жидкости, свободной воды, активной клеточной массы, сухой массы тела. В связи с популяционной специфичностью регистрируемых параметров используемые формулы содержали такие параметры, как пол, рост, возраст и масса тела.

Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью программы *STATISTICA for Windows*, вер-

сия 10.0.1011.0 («Statsoft Inc.», Tulsa, USA). Использовались параметрический (двухвыборочный t-критерий) и непараметрический критерии (Манна-Уитни). Рассчитывались коэффициент корреляции Пирсона и ранговый коэффициент корреляции Спирмена. Для оценки кумулятивной выживаемости использовалось построение кривых Каплана-Мейера. Критерием статистической достоверности получаемых выводов считали общепринятое значение $p < 0,05$.

Результаты

В процессе анализа все пациенты были разделены на две группы. В первую группу были отнесены пациенты, продолжавшие получать лечение гемодиализом на момент завершения исследования ($N = 58$). Во вторую группу были отнесены пациенты, прекратившие получать лечение в связи со смертью ($N = 17$). 9 человек были исключены из исследования в связи с переводом в другое отделение или направлением на трансплантацию почки. Результаты оценки биоимпедансометрических параметров пациентов выделенных групп приведены в табл. 1.

Таблица 1

Сравнение исследуемых групп по исследуемым показателям

| | I группа ($N = 58$) | II группа ($N = 17$) | P |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------------|----------|
| Продолжительность ЗПТ, мес. | $99,13 \pm 69,8$ | $82,76 \pm 56,10$ | $> 0,05$ |
| Безжировая масса тела, л | $58,30 \pm 10,44$ | $58,14 \pm 12,66$ | $> 0,05$ |
| Активная клеточная масса, л | $37,56 \pm 6,32$ | $36,55 \pm 8,06$ | $> 0,05$ |
| Жировая масса, л | $16,63 \pm 8,03$ | $12,61 \pm 9,50$ | $< 0,05$ |
| Сухая масса тела, л | $32,26 \pm 8,87$ | $28,18 \pm 12,08$ | $> 0,05$ |

Также была выполнена статистическая оценка разницы измеренных показателей между пациентами мужского и женского пола. Выявлена статистически значимая разница между величиной объема общей жидкости [$(36,19 \pm 4,62)$ л у мужчин против $(30,48 \pm 3,58)$ л у женщин, $p < 0,05$], величиной объема свободной воды [$(45,70 \pm 7,28)$ л у мужчин против $(36,22 \pm 4,67)$ л у женщин, $p < 0,05$], объемом безжировой массы тела [$(62,43 \pm 9,94)$ л у мужчин против $(49,48 \pm 6,38)$ л у женщин, $p < 0,05$], объемом активной клеточной массы [$(39,86 \pm 5,77)$ л у мужчин против $(31,59 \pm 4,36)$ л у женщин, $p < 0,05$]. Не выявлено статистически значимой разницы между мужчинами и женщинами в показателях жировой массы тела [$(14,92 \pm 8,97)$ л у мужчин против $(17,05 \pm 6,84)$ л у женщин] и сухой массы тела [$(31,65 \pm 10,33)$ л у мужчин против $(30,23 \pm 7,98)$ л у женщин, $p < 0,05$]. При помощи корреляционного анализа в первой группе не обнаружено зависимостей между продолжительностью ЗПТ и каким-либо параметром, измеренным или рассчитанным на основе данных, полученных при биоимпедансометрии. Во второй группе пациентов обнаружены статистически достоверные корреляции между продолжительностью ЗПТ и всеми измеренными и рассчитанными показателями. Корреляции: между продолжительностью ЗПТ и объемом общей жидкости ($r_s = -0,6$), безжировой массой ($r_s = -0,558$), объемом свободной воды ($r_s = -0,558$), жировой массой ($r_s = -0,458$), сухой массой тела ($r_s = -0,564$), активной клеточной массой ($r_s = -0,5$), во всех случаях $p < 0,05$.

Также была оценена выживаемость пациентов в зависимости от значений различных показателей питательного статуса. Оценка выживаемости осуществлялась методом Каплана-Мейера. Высокодостоверные данные были получены при анализе выживаемости в зависимости от абсолютной массы жира, определенной при помощи биоимпедансометрии. Выполнялся анализ, как общей смертности, так и смертности от различных форм сердечно-сосудистой патологии. Пациенты были разбиты на две группы: с высоким (выше медианы) и низким (ниже медианы) значениями абсолютной массы жира. Кумулятивная пропорциональная выживаемость в группах пациен-

тов с высокой и низкой абсолютными жировыми массами в анализе временного промежутка от включения в исследование составляла соответственно 0,92 и 0,66, $p < 0,01$ (рис. 1). При аналогичном анализе временного промежутка от начала ЗПТ кумулятивная пропорциональная выживаемость для сердечно-сосудистых заболеваний в группах пациентов с высокой и низкой абсолютными жировыми массами составляла 0,95 и 0,76 соответственно, $p < 0,01$ (рис. 2).

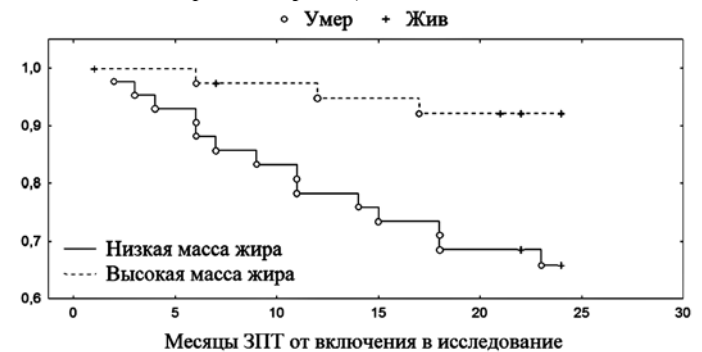


Рис. 1. Кумулятивная пропорциональная выживаемость ($p < 0,01$): ось абсцисс – количество месяцев заместительной почечной терапии от включения больных в исследование; ось ординат – кумулятивная выживаемость (ЗПТ – заместительная почечная терапия)

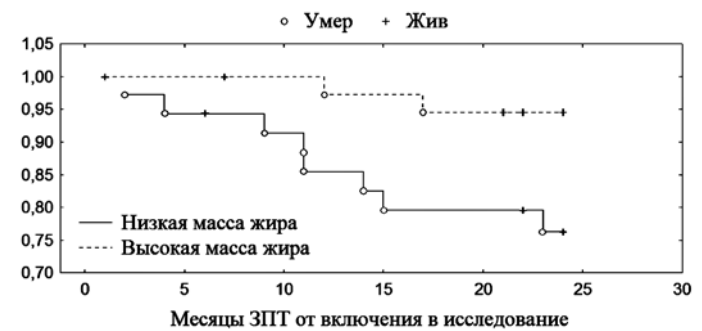


Рис. 2. Кумулятивная пропорциональная выживаемость в зависимости от сердечно-сосудистых заболеваний ($p < 0,01$): ось абсцисс – количество месяцев заместительной почечной терапии от включения больных в исследование; ось ординат – кумулятивная выживаемость (ЗПТ – заместительная почечная терапия)

Заключение

В представленном исследовании выявлена отрицательная корреляция между продолжительностью ЗПТ и значением абсолютной тощей массы тела в группе больных, умерших к концу исследования. Полученные данные вполне согласуются с проведенными ранее исследованиями, в которых обнаружено, что величина тощей массы тела является фактором, влияющим на выживаемость [12]. Продемонстрирована зависимость выживаемости от абсолютной массы жира организма, определенной с помощью биоэлектрического импедансного анализа. Выявлена как корреляция между продолжительностью ЗПТ и абсолютными значениями, так и разница в среднем значении абсолютной массы жира организма между больными обеих групп. В одном из ранних исследований было показано, что пациенты с более высоким значением жирового индекса тела, рассчитанного с применением двухэнергетической рентгеновской абсорбциометрии, показывают более высокую кумулятивную выживаемость, чем пациенты с низким значением жирового индекса тела [13]. Тем не менее оценка жировой массы с помощью биоимпедансометрии в анализе выживаемости не нашла еще широкого применения в практике, хотя было показано, что мультиспектральная биоимпедансометрия является более точным методом оценки жировой массы тела, чем, например, индекс массы тела в группе диализных пациентов, и по точности вполне сопоставима с точностью двухэнергетичес-

кой рентгеновской абсорбциометрии [14]. В группе пациентов, умерших к концу наблюдения, выявлены отрицательные корреляции между продолжительностью ЗПТ и всеми биоимпедансометрическими показателями, отражающими «состав тела». Подобное наблюдение может быть трактовано в пользу использования биоимпедансометрии для оценки питательного статуса и прогноза в отношении риска смерти как более чувствительного метода по сравнению с измерением антропометрических показателей. Отсутствие подобных корреляций в группе пациентов, продолжавших получать ЗПТ на конец наблюдения, также может быть трактовано в рамках лучшего состояния питательного статуса среди пациентов, продолживших получать гемодиализную терапию на конец исследования. В когорте пациентов с хронической болезнью почек более низкие показатели жировой массы тела, оцененной биоэлектрическим импедансным анализом, определяют более высокий риск смерти. Полученные результаты обосновывают возможность применения биоэлектрического импедансного анализа в оценке питательного статуса и прогноза пациентов, получающих лечение гемодиализом.

Список литературы:

1. Roderick P.J. Assessing the impact of chronic kidney disease on individuals and populations: Use of relative and absolute measures // *Nephrol. Dial. Transplant.* 2012. Vol. 27. Suppl. 3. PP. iii39-iii42.
2. Roshanravan B. et al. Association between physical performance and all-Cause mortality in CKD // *JASN.* 2013. Vol. 24. PP. 822-830.
3. Вишнеvский К.А., Беvлев Е.А., Мироненко А.Н. Полиморбидность как предиктор летальности у пациентов, находящихся на постоянной заместительной почечной терапии гемодиализом // *Нефрология.* 2015. Т. 19. № 4. С. 89-94.
4. Johns T.S. et al. Neighborhood Socioeconomic Status, Race, and Mortality in Young Adult Dialysis Patients // *JASN.* 2014. Vol. 25. PP. 2649-2657.
5. Mazurenko S.O., Enkin A.A., Vasiliev A.N. BMD and survival in hemodialysis patients // *Osteoporosis International.* 2013. Vol. 24. Suppl. 1. P. 147.
6. Mazurenko S.O. et al. Fractures and clinical outcome in hemodialysis patients // *Osteoporosis International.* 2014. Vol. 25. Suppl 2. P. 161.
7. Ikizler T.A., Hakim R.M. Nutrition in end-stage renal disease // *Kidney International.* 1996. Vol. 50. PP. 343-357.

8. Kalantar-Zadeh K., Block G., Humphreys M.H., Kopple J.D. Reverse epidemiology of cardiovascular risk factors in maintenance dialysis patients // *Kidney International.* 2003. Vol. 63. PP. 793-808.
9. Stenvinkel P. et al. Strong associations between malnutrition, inflammation and atherosclerosis in chronic renal failure // *Kidney International.* 1999. Vol. 55. PP. 1899-1911.
10. Kalantar-Zadeh K. et al. Malnutrition-inflammation complex syndrome in dialysis patients: Causes and consequences // *Am. J. Kidney Dis.* 2003. Vol. 42. PP. 864-881.
11. Fouque D. et al. EBPG guideline on nutrition // *Nephrol. Dial. Transplant.* 2007. Vol. 22. Suppl 2. PP. ii45-ii87.
12. Kato A. et al. Influence of body composition on 5 year mortality in patients on regular haemodialysis // *Nephrol. Dial. Transplant.* 2003. Vol. 18. № 2. PP. 333-340.
13. Noori N. et al. Survival predictability of lean and fat mass in men and women undergoing maintenance hemodialysis // *Am. J. Clin. Nutr.* 2010. Vol. 92. № 5. PP. 1060-1070.
14. Zoccali C. et al. Assessment of obesity in chronic kidney disease: What is the best measure? // *Curr. Opin. Nephrol. Hypertens.* 2012. Vol. 21. № 6. PP. 641-646.

Денис Михайлович Крутько,
клинический ординатор,
Сергей Олегович Мазуренко,
д-р мед. наук, зав. кафедрой,
профессор, выполняющий клиническую работу,
кафедра пропедевтики внутренних болезней,
ФГБУ ВПО «Санкт-Петербургский
государственный университет»,
Константин Георгиевич Старосельский,
зав. отделением диализа,
ГБУЗ «Городская больница № 26»,
Лариса Геннадьевна Ермолаева,
канд. мед. наук, доцент,
Игорь Григорьевич Иванов,
ассистент,
кафедра пропедевтики внутренних болезней,
ФГБУ ВПО «Санкт-Петербургский
государственный университет»,
г. С.-Петербург,
e-mail: s.mazurenko@spb.ru

Е.А. Киреева, А.А. Еманов, А.Л. Шастов, Н.В. Тушина, Д.Ю. Борзунов

Стимуляция замещения костных дефектов воздействием электромагнитного излучения терагерцового диапазона

Аннотация

В эксперименте 10 взрослым беспородным собакам для стимуляции замещения дефекта костей голени осуществляли локальное воздействие электромагнитными волнами терагерцового диапазона аппаратом КВЧ-терапии «Орбита». Животным контрольной группы ($n = 6$) физиопроцедуры не применяли. В результате исследования обнаружен эффект стимуляции костной репарации, выразившийся в ингибировании остеолитических процессов и приводивший к достоверному ($p = 0,017$) снижению срока фиксации у собак опытной группы.

Введение

На сегодняшний день остается актуальной проблема лечения пациентов с приобретенными дефектами длинных трубчатых костей [1]. Варианты хирургического замещения обширных (более чем на 8...10 см) дефектов длинных костей в 1,6...13,8 % клинических наблюдений приводят к замедлению остеогенеза в очаге дефекта [2], [3]. В настоящее время обнаружено, что одним из способов, оказывающих корректирующее влияние как на регенерацию костной ткани, так и на структурно-функцио-

нальные изменения других опорных тканей, является воздействие на зону регенерации электромагнитным облучением терагерцового диапазона [4], [5]. В этом плане оценка возможности стимуляции репарации костной ткани при замещении дефектов длинных трубчатых костей под воздействием электромагнитных волн терагерцового диапазона представляет значительный интерес для практической ортопедии.

Цель исследования – оценка эффективности и безопасности воздействия электромагнитных волн терагерцового диапазона на дистракционный остеогенез при замещении дефекта ко-