

ЭЛЕКТРОДИАГНОСТИКА ВОЗРАСТНЫХ ИЗМЕНЕНИЙ СОСТОЯНИЯ КОСТНОЙ ТКАНИ

Левашов М.И., Березовский В.А., Сафонов С.А.

Институт физиологии им. А.А.Богомольца НАН Украины, Киев

Методы оценки функционального состояния различных систем, органов, тканей и клеток организма человека и животных, основанные на определении их биоэлектрических свойств, нашли широкое распространение в различных областях биологии и медицины. Это обусловлено, с одной стороны, высокой информативной значимостью определяемых показателей, а с другой – неинвазивностью данных методов исследований и возможностью их применения как в клинических, так и амбулаторных условиях для мониторинга различных показателей жизнедеятельности организма. Одним из распространенных электрофизиологических методов исследования является метод электрической биоимпедансометрии [1]. Он применяется в хирургии, анестезиологии, реаниматологии, трансплантологии для оперативного контроля изменений объема общей, внутриклеточной и внеклеточной жидкости в процессе оперативных вмешательств и терапии заболеваний, сопровождающихся нарушениями водно-солевого обмена, оценки жизнеспособности трансплантируемых органов и тканей и т.д. Установленный в многочисленных исследованиях факт существенных различий величины электрического импеданса мышечной и жировой ткани дал возможность использовать метод биоимпедансометрии в практике спортивной и оздоровительной медицины для определения жировой и мышечной массы тела. Показано, что метод электроимпедансометрии позволяет определить не только количество жировой ткани, но и половые различия ее свойств. Важным преимуществом метода является то, что локальное исследование тканей можно проводить дифференцированно путем чрезкожного определения электрической проводимости каждой ткани. Для этих целей разработан целый ряд биоимпедансных анализаторов, работаю-

щих в широком диапазоне частот (моно – би – мультимчастотные и т.д.), использующих разное количество и типы электродов, обладающих высокой разрешающей способностью и обеспечивающих получение, обработку и хранение значительных объемов информации.

Интерес исследователей к возможности использования метода электроимпедансометрии для оценки состояния костной ткани обусловлен тем, что данный метод, являясь абсолютно безопасным как для пациента, так и для врача, способен дать значительный объем информации не только о ее плотности, но и других физико-химических свойствах. При этом диагностическая ценность получаемой информации может существенно возрастать за счет появляющейся возможности дифференцировать микроструктурную природу отдельных частей кости, фиксировать изменения плотности костного матрикса, ионного состава и количества жидкости при воздействии различных внешних факторов. Результаты экспериментов на животных, которые проводились как *in vitro*, так и *in vivo* показали, что метод импедансометрии позволяет не только идентифицировать, но и дифференцировать изменения в костной ткани, развивающиеся в процессе возрастной инволюции, под воздействием микрогравитации, гипокинезии и других факторов [2].

Хотя сведения о результатах использования метода мультимчастотной импедансометрии для оценки состояния костной ткани как в норме, так и при различных патологических процессах все еще остаются достаточно фрагментарными и во многом противоречивыми, результаты исследований последних лет позволяют говорить о высокой информативности и перспективности использования данного метода в различных областях остеологии [4]. Установлено, что по биоэлектрическим параметрам можно с достаточно высокой точностью су-

дить о толщине хряща и свойствах суставных поверхностей кости у больных артритом [3], состоянии межпозвоночных дисков, содержании в них жидкости и изменениях ее ионного состава [7]. Показано наличие высокой корреляционной связи между биоэлектрическими и такими биомеханическими показателями, как величина модуля Юнга, пределы упругости, прочности, сопротивления деформации трабекулярной кости, а также ее минеральной плотностью [5]. Частотная дисперсия и линейный характер такой корреляции становятся особенно отчетливо выраженными на частотах выше 1 кГц. При этом коэффициент вариации электрических и диэлектрических параметров не превышает 1%, что свидетельствует о хорошей воспроизводимости результатов электроимпедансометрических исследований. Особое внимание клиницистов к данному методу обусловлено также тем, что с его помощью можно получить значительный объем ценной информации не только о составе и биомеханических свойствах кости, но и возможных микроразрушениях, возникающих в результате механических перегрузок [6].

Результаты экспериментальных исследований, выполненных ранее в отделе клинической патофизиологии Института физиологии им. А.А. Богомольца на лабораторных крысах, показали, что биоэлектрические параметры кости животных претерпевают существенные изменения в процессе старения, а также в условиях уменьшения функциональной нагрузки и длительной гипокинезии. Эти исследования позволили разработать новый оригинальный способ и экспериментальный образец устройства для электродиагностики состояния костной ткани у человека (Патенты Украины N35734 и N35735, 2008). В основу данных разработок был положен принцип зондирования пяточной кости человека электрическим током разной частоты и определения величины суммарного электрического сопротивления (импеданса), его составляющих (активного и реактивного сопротивлений) и емкости. Сравнительный анализ результатов предварительных исследований, полученных при обследовании молодых людей (22-35 лет), лиц среднего (36-60 лет) и пожи-

лого (61-74 лет) возраста позволил выявить достоверные различия в величине основных биоэлектрических показателей, характеризующих электрические свойства костной ткани. Так, у пожилых людей величина электрического импеданса пяточной кости была в 2,8 раза меньше, чем у молодых лиц, и в 2,1 раза меньше, чем у лиц среднего возраста. Коэффициент межгрупповых различий в величине других биоэлектрических показателей достигал 1,5-2,9 ед.

Результаты проведенных предварительных исследований свидетельствуют о возможности использования данного метода для идентификации возрастных изменений костной ткани у человека. Создание опытного образца устройства и дальнейшие исследования с параллельным применением эталонных методов костной денситометрии позволят дать окончательный ответ на вопрос о перспективах использования метода мультимодальной электроимпедансометрии в широкой клинической практике.

Литературы

1. Хасцаев Б.Д. Импедансный метод в медико-биологических исследованиях и его приборное оснащение // Медицинская техника. – 1996. – №3. – С.34-40.
2. Березовский В.А., Левашов О.М., Сафонов С.Л. Пассивные электрические свойства компактной костной ткани в норме и при дефиците механической нагрузки // Український медичний альманах. – 2003. – Т.6, №2. – С.162-164.
3. Sinette J.S., Garon M., Savard P., McKee M.D., Buschmann M.D. Tetrapolar measurement of electrical conductivity and thickness of articular cartilage // J. Biomech. Eng. – 2004. – V.126, №4. – P.475-484.
4. Soni N.K., Hartov A., Kogel C., Poplack S.P., Paulsen K.D. Multi-frequency electrical impedance tomography of breast: new clinical results // Physiol. Meas. – 2004. – V.25, №1. – P.301-314.
5. Sierpowska J., Toyras J., Hakulinen M.A., Saarakkala S., Day G.S., Jurvelin J.S., Lappalainen R. Electrical and dielectric properties of bovine trabecular bone-relationships with mechanical properties and mineral density // Phys. Med. Biol. – 2003. – 48, №6. – P.775-786.
6. Sierpowska J., Hakulinen M.A., Toyras J., Day G.S., Weinans H., Jurvelin J.S., Lappalainen R. Prediction of mechanical properties of human trabecular bone by electrical measurements // Physiol. Meas., 2005. – 26, №2. – P.119-131.
7. Yong Gu W., Justiz MA, Yao H. Electrical conductivity of lumbar annulus fibrosus: effects of porosity and fixed charge density // Spine. – 2002. – V.27, №21. – P.2390-2395.