

## ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ РЕГИСТРАЦИИ БОЛЕВОГО СИНДРОМА МЕТОДОМ АНАЛИЗА ИЗМЕНЕНИЙ ЕМКОСТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ИМПЕДАНСА

© 2018 г. А.В. Кожевникова

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, 195251, Санкт-Петербург,  
Политехническая ул., 29

E-mail: [alina-k-spb@yandex.ru](mailto:alina-k-spb@yandex.ru)

Поступила в редакцию 03.08.17 г.

После доработки 21.11.17 г.

Рассмотрена возможность регистрации болевого синдрома методом снятия изменения емкостной составляющей кожного импеданса с проекции болевой зоны на кожу.

*Ключевые слова:* болевой синдром, электрофизиология, объективная регистрация, импеданс, верификация.

Международная ассоциация изучения боли определяет боль как «неприятное сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с реальным или потенциальным поражением тканей или описываемое в терминах такого поражения» [1]. Восприятие боли обеспечивает ноцицептивная система, включающая в себя «особую группу периферических рецепторов и центральных нейронов, расположенных в структурах ЦНС и реагирующих на повреждающее воздействие» [2]. Важным и сложным вопросом является объективизация болевого ощущения, поскольку боль субъективна и различно эмоционально окрашена. Ее интенсивность, характер, оценка зависят от субъективного восприятия и пока не поддались «закономерной математической регистрации» [3].

Используются в основном психологические и психофизиологические тесты – визуальная аналоговая шкала, цифровые шкалы, опросники качества жизни и другие [4]. Если испытуемый хочет скрыть боль или преувеличить ее, он может ввести в заблуждение экспериментатора и нарушить условия опыта. Регистрация изменений сосудистого тонуса, кровенаполнения сосудов, биоэлектрической активности мозга, термографических параметров и другие исследования указывают на то, что выявленные сдвиги сопровождают боль, однако они не специфичны и не могут быть критериями объективизации боли [5]. Не изобретены приборы, оценивающие силу и характер боли [6].

Целью работы является поиск метода объективной регистрации болевого синдрома. Для

этого предлагается гипотеза о связи болевого синдрома и изменения емкостной составляющей кожного импеданса с проекции болевой зоны на кожу. В процессе работы проведены исследования на пациентах, испытывающих болевой синдром опорно-двигательного аппарата, в том числе фантомные боли. Для сравнения данных дополнительно снимались показатели с зон, симметричных болевым относительно сагитальной плоскости, а также у испытуемых, не имеющих явных болей.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Поиск методов объективной регистрации болевого синдрома направлен на выявление четкого дифференцирования наличия боли, ее локализации и, возможно, даже ее причины.

Для измерений был применен прибор «ДЭНАС» в режиме «Скрининг», отражающем скорость нарастания емкостной составляющей импеданса в течение 5 с тестирования в виде значений  $\Delta LT$ . Значения  $\Delta LT$  пропорциональны скорости затухания электрических колебаний в коже и представлены для удобства в условных единицах от 0 до 99. В основу работы прибора «ДЭНАС» положен принцип, который заключается в мониторинге импеданса поверхности кожи в процессе стимуляции [7]. Применяя его для поиска связи болевого синдрома и некоего значения, которое можно снять с проекции на кожу, было замечено, что в точке локализации мышечной боли значения, выдаваемые аппара-

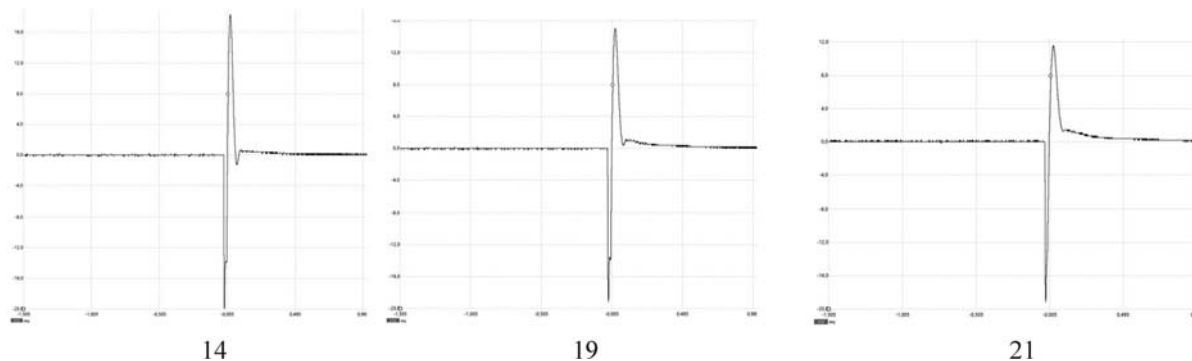


Рис. 1. Зависимость амплитуды электрических колебаний от времени (В/мс) и соответствующие значения  $\Delta LT$ .

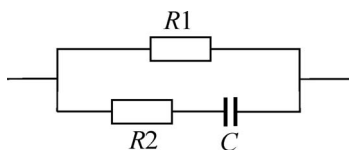


Рис. 2. Эквивалентная схема кожи как элемента электрической цепи.

том, отклоняются от средних, чем объективно выделяют болевую зону.

Электрическое воздействие, возникающее при применении прибора, всегда состоит из двух фаз. Первая фаза – генерируемый аппаратом прямоугольный импульс с частотой 10 Гц, предназначенный для создания возбуждения в параллельном колебательном контуре, образуемым кожным покровом и электродами аппарата. Вторая фаза представлена вынужденными затухающими синусоидальными колебаниями, выполняющими функцию стимуляции и одновременно служащими источником информации для оценки характера самого процесса стимуляции (рис. 1). Эти колебания – результат ударного возбуждения контура от первой фазы импульса, формируемой блоком управления электростимулятора [8]. Эквивалентная схема кожного покрова как элемента электрической цепи представлена на рис. 2.

Существуют исследования с применением различных методов для регистрации болевого синдрома, например метода вызванных кожных симпатических потенциалов, основанного на регистрации кожно-гальванической реакции в ответ на электрическую стимуляцию [9]. Результирующая четырех усредненных ответов описана вызванными кожными симпатическими потенциалами. В работе оценены латентные периоды и амплитуда вызванных кожных симпатических потенциалов. Данный метод довольно специфичен к различным патологиям и исполь-

зуется в сравнительном анализе симметрии полученных данных.

Исследования, описанные в работе [5], также основаны на сравнении абсолютных значений кожного сопротивления на симметричных сторонах тела, автором был рассчитан коэффициент для определения наличия болевого синдрома данным методом.

Использование методологии прибора «Альгезиметр» (патент № 1146041) не дает однозначных результатов при верификации боли, в связи с чем данный прибор не используется для решения данной проблемы.

Также существуют методы, позволяющие определить наличие боли, опираясь на данные по активности мозга. Например, ученые из Оксфорда в своих исследованиях выявили, что индикатором боли может служить активность верхней теменной части островковой доли мозга [10]. Однако подобные методы не могут локализовать болевую зону и определить источник патологии.

Как показано в работе [11], самым информативным параметром в методе выявления латентных триггерных рефлексогенных зон является не значение скорости изменения колебаний (абсолютное значение), а модуль разности значений скоростей в соседних зонах поверхности кожи.

Исследования по методологии измерения скорости нарастания емкостной составляющей импеданса при патологии внутренних органов показывают в ряде случаев изменения абсолютных значений  $\Delta LT$  в сравнении с соседними сегментами. При этом асимметрия показателя справа и слева более 5 пунктов наблюдается при острых процессах или обострениях. Предполагается, что «при воспалительном процессе будет наблюдаться повышение, а при дегенеративном – снижение этого показателя, но для подтверждения этого предположения необходи-

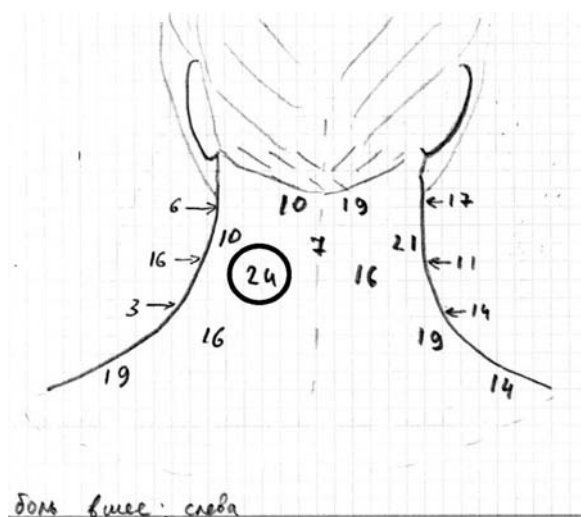


Рис. 3. Значения  $\Delta LT$  при боли в шее.

мы данные более точной диагностики патологии» [7]. Подобной диагностике патологических зон и изучению связи снимаемых значений с болевым синдромом посвящено данное исследование.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Нами были исследованы 32 человека, один из которых проходил регулярные измерения болевой зоны и симметричной ей области на другой стороне тела.

При снятии значений с помощью используемого аппарата не наблюдалось видимой связи между снятыми данными и фантомными болями, связи с акупунктурными точками, а также с зонами иннерваций различными нервами. Наличие значительной жировой прослойки и атрофий также не давало видимых результатов для соответствующих зон. В процессе исследований были получены:

1. Показания прибора со всего опорно-двигательного аппарата здоровых людей.

2. Показания с зон локализации различных болей (патология: фантомные боли, мышечные боли) и симметричных им (рис. 3).

3. Показания с болевой зоны в динамике, в покое и напряжении.

По сравнительному анализу значений, полученных с дельтовидной мышцы в покое и напряжении (12 снятий показателей «покой–напряжение» с перерывом в один–два месяца), а также по значениям, полученным у пациента с параличом левой половины тела (рис. 4), можно наблюдать зависимость изменения емкостной составляющей импеданса от уровня напряжения

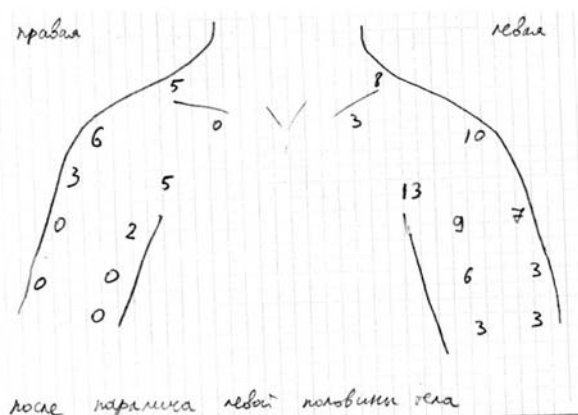


Рис. 4. Значения  $\Delta LT$  после паралича левой половины тела.

мышц. Погрешности можно объяснить отклонениями прибора (крупные электроды не дают возможности каждый раз снимать значения точно в одних и тех же точках).

Так же, как и в работе [5], болевая зона объективно определяется посредством анализа значений с симметричных частей тела, но мышечные локальные боли можно однозначно определить с помощью анализа конкретной зоны.

Снятие данных у одного пациента в разное время с зоны, содержащей точку локализации мышечной боли, показало, что массив данных может колебаться у одного и того же человека ото дня ко дню, а также в течение дня (около 10 пунктов за полгода, причиной может служить как эмоциональное состояние, так и состояние кожи, здоровья, температура окружающей среды и т.д.), но болевая точка выдает себя значительным отклонением от соседних значений.

Периоды, когда боль усиливалась, отражались большим разбросом от нормы, в то же время почти исчезнувшая боль не позволяла найти эту точку предыдущим методом – массив полученных значений был стабильным. Из экспериментальных данных следует также вывод, что показания прибора в зоне мышечной боли выделяются в большую сторону.

Снятие значений со всего тела здорового человека показывает, что разброс в пределах одного организма может быть достаточно широким (например, 40 пунктов), из чего следует предпочтительный анализ конкретной зоны и отклонения от соседних значений, или же сравнение с точкой на симметричной стороне тела (если таковая имеется). Например, у человека с плоскостопием значения на стопах варьиро-

вали около 37, но на болезненной стороне доходили до 50.

ты статистической и математической обработке для улучшения восприятия.

### ВЫВОДЫ

Проведенные исследования дают основу считать, что электрофизиологический метод исследования с помощью анализа изменения емкостной составляющей кожного импеданса является перспективным методом определения наличия болевого синдрома и его количественной оценки. Данный метод позволяет определять наличие болевого синдрома не только по сравнению абсолютных значений на симметричных зонах, но и по анализу массива данных, снятых на предполагаемой болевой зоне и зонах, прилегающих к ней. Для подтверждения предварительных данных необходимо увеличивать выборку пациентов и определить нормативы измерений. Также необходимо создать электроды, адекватные поставленной задаче, и разработать нормативы для их позиционирования, что увеличит точность диагностики. В дальнейшем планируется подвергнуть полученные результа-

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *International association study of a pain* (1979).
2. Ю. П. Лиманский, *Физиология боли* (Здоров'я, Киев, 1986).
3. P. D. Wall and R. Melzack, *Textbook of Pain*, 3<sup>rd</sup> Edition (Churchill Livingstone, Edinburgh, 1994).
4. М. Л. Кукушкин, *Лечение нервных болезней*, № 2, 34, (2008).
5. А. А. Герасимов, *Российский журнал боли* **1**, 100 (2014).
6. И. А. Байкова, *Боль. Методы терапии боли: Учеб.-метод. пособие* (Бел МАПО, 2004).
7. А. А. Гуров и др., *Рефлексотерапия*, № 1, 10 (2007).
8. А. А. Гуров и др., *Рефлексотерапия*, № 3, 28 (2005).
9. А. В. Новиков и Н. Н. Яхно, *Рос. мед. журн.* **25**, 1152 (2001).
10. A. R. Segerdahl and M. Mezue, *Nature Neuroscience* **18**, 499 (2015).
11. М. В. Королева и др., *Рефлексология*, № 2, 27 (2006).

## Objective Pain Syndrome Registration by Analyzing Changes in the Capacitive Component of the Impedance

A.V. Kozhevnikova

*Peter the Great Saint Petersburg Polytechnic Univeristy, Polytekhnicheskaya 29, St. Petersburg, 195251 Russia*

In this research, we consider the possibility of recording pain syndrome by measuring the change in the capacitive component of the skin impedance from the direct projection of the pain zone to the skin.

*Keywords: pain syndrome, electrophysiology, objective registration, impedance, verification*