

А.Е. Саморуков, В.Ф. Головин, М.В. Архипов, В.В. Журавлев

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ПАЦИЕНТА ПО ЭЛЕКТРОКОЖНОМУ СОПРОТИВЛЕНИЮ ПРИ МЕХАНОТЕРАПЕВТИЧЕСКОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Аннотация

В статье рассматривается использование электрокожного сопротивления для объективизации эффекта механотерапии в восстановительной медицине. Приводятся описание и методика работы с измерительным компьютерным комплексом «Альфаритмика». Показано, что в наибольшей степени механотерапевтическое воздействие проявляется в электрокожном сопротивлении в сравнении с другими параметрами: частотой сердечных сокращений, артериальным давлением, температурой тела. Предложены критерии оценки механотерапии на основании анализа сигнала электрокожного сопротивления в режиме реального времени. Представлены результаты измерения и анализа электрокожного сопротивления.

В связи с ухудшением здоровья трудоспособного населения возрастает роль медицинской помощи профилактической направленности [1]. Среди большинства физиотерапевтических методов восстановления резервов здоровья наиболее доступным, эффективным и безопасным немедикаментозным средством воздействия является механотерапия. Механотерапевтическое воздействие включает в себя манипуляции на мягких тканях и суставах. Основной формой пассивных упражнений является массаж. Массаж может выполнять функцию как релаксации, так и мобилизации. Оценка эффективности механотерапевтического воздействия может осуществляться с помощью диагностики параметров состояния пациента.

Первые упоминания об объективизации механотерапевтического воздействия на здоровых людей были отмечены в работах российских и зарубежных ученых [2]. Традиционно при проведении механотерапевтического воздействия реакции организма оцениваются врачом интуитивно, что не позволяет говорить о полной объективности процедуры.

В настоящее время в связи с широким распространением в практике восстановительной медицины неинвазивных методов диагностики возникает проблема поиска параметра, отвечающего за состояние пациента при механотерапии. Среди основных методов стоит отметить такие, как миоэлектрометрия, электрометрия, термометрия. Наиболее перспективными и менее исследованными являются методы электрометрии.

Впервые зависимость между психофизиологическим состоянием и электродермальной реакцией была установлена Ч. Ферре в 1888 г. Позднее электродермальная реакция получила название кожно-гальванической реакции (КГР).

Кожно-гальваническая реакция состоит в проявлении биоэлектрической активности кожи как показателя произвольной вегетативной активности. Используется для оценки изменения функциональных состояний, эмоциональных реакций, индивидуальных различий. Для регистрации кожно-

гальванической реакции может осуществляться замер разности кожных потенциалов (метод Тарханова) или электрокожного сопротивления (метод Ферре).

Большинство существующих приборов регистрируют кожно-гальваническую реакцию по измерению электрокожного сопротивления (ЭКС). Сопротивление ряда участков тела, в том числе ладони человека, зависит от деятельности потовых желез, которыми управляет нервная система. Любое эмоциональное возбуждение или нервно-психическое расслабление заставляют потовые железы работать в разных режимах, что в конечном счете приводит к изменению сопротивления кожи человека.

Оценка психофизиологического состояния здоровых людей по данным измерения ЭКС рассматривается в работе [1]. Для получения количественной оценки психофизиологического состояния в процессе тестирования фиксировались три ключевых значения сопротивления и по ним рассчитывался индекс психофизиологического состояния по формуле

$$\text{ПФС} = R3 / R1 + R2 / R1,$$

где значения сопротивлений:

- $R1$ – в конце первой минуты, по завершении переходных процессов;
- $R2$ – в конце шестой минуты, по завершении фазы релаксации;
- $R3$ – в конце девятой минуты, по завершении фазы активации.

Основной задачей исследования была оценка психофизиологического состояния и его динамики во время отдыха. В течение 20 дней обследовались 38 добровольцев, которые были разделены на три группы. Первая группа отдыхала в домашних условиях, вторая – в условиях малой двигательной активности и третья – в условиях большой двигательной активности. Результаты эксперимента показывают, что у добровольцев, отдохавших в условиях большой двигательной активности, индекс

Таблица 1

**Классификация различных психофизиологических состояний
в зависимости от динамики ЭКС**

Графическая конфигурация	Характеристика состояния
	Состояние высокой «боевой» готовности
	Некоторое преобладание возбуждения, способность к релаксации ослаблена
	Чрезмерное возбуждение, «предстартовая лихорадка»
	Начальная стадия охранительного торможения, заторможенность локомоций
	Глубокая заторможенная апатия, нет динамики процесса «релаксация-активация»
	Крайняя степень возбуждения, на грани адаптации возможны неадекватные реакции
	Переутомление на грани срыва адаптации, вялость
	Срыв адаптации, состояние болезни
	Запредельное переутомление ЦНС, депрессия, состояние болезни

психофизиологического состояния увеличился на 30 %, во второй группе – на 5 % и в первой группе – на 3 %. Эти результаты позволяют наглядно оценить взаимосвязь динамики ЭКС во время отдыха с эффективностью коррекции психофизиологического состояния.

В той же работе были проведены исследования, устанавливающие взаимосвязь способности человека к изменению уровня активности психофизиологического состояния с готовностью к высокорезультативной деятельности. При этом динамика значений ЭКС, отмеченная у испытуемых при произвольном переходе от релаксации к мобилизации, классифицирована соответственно на 9 вариантов (табл. 1), характеризующих различные психофизиологические состояния: первая стрелка – релаксация, вторая – мобилизация.

В работе [3] исследуется эффект усиления релаксации или тонизации при использовании сигнала ЭКС в качестве канала биологической обратной связи. Регулярные тренировки с использованием биологической обратной связи способствуют выработке условного рефлекса на поддержание спокойно-внимательного состояния, без излишнего напряжения и тревоги. Человек получает инструмент ак-

тивного влияния на эмоциональную составляющую своих психосоматических расстройств и достижение максимального уровня работоспособности.

Разработано множество диагностических аппаратно-программных комплексов для измерения электрокожного сопротивления в реальном времени и определения психофизического состояния человека. Для измерения ЭКС в данной работе использовалась диагностическая система «Альфаритмика», осуществляющая в режиме реального времени параметрический контроль процессов тонизации-восстановления. Для контакта с телом человека применяли специальные электроды. Их укрепляли на тех участках кожи, где содержится максимальное количество потовых желез, например на ладони.

Технические характеристики системы «Альфаритмика»

- плотность тока, мкА/см², не более: 10;
- диапазон частоты зондирующего сигнала, Гц: 5...1000 Гц;
- дискретизация: от 0,5 с на частоте 5 Гц до 0,005 с на частоте 1 кГц;
- электроды диаметром 10...20 мм, толщиной 2...5 мм, материал – цинк;

- напряжение питания: 9 В;
- диапазон измерения сопротивления: 100 Ом...4 МОм;
- погрешность измерения, %: 5;
- вывод результатов на компьютер, порты: USB, RS-232.

Измерение ЭКС, наряду с измерением частоты сердечных сокращений и артериального давления, используется для оценки достоверности ответов испытуемых в детекции лжи [4].

Механотерапия, в частности массажные манипуляции, активирует различные рецепторы и афферентные пути проведения информации и вызывает различные периферические реакции [5]. Эти реакции проявляются в ряде измеримых психофизиологических параметров, в частности в артериальном давлении, частоте сердечных сокращений, электропроводимости, ЭКС и мышечном тоне.

В работе [6] было показано, что ЭКС и мышечный тонус имеют большую зависимость от массажного воздействия, чем указанные остальные психофизиологические параметры. При механотерапии у пациентов параллельно регистрировали артериальное давление систолическое (СД) и диастолическое (ДД), частоту сердечных сокращений (ЧСС) и ЭКС. Для сопоставления все измеряемые показатели были приведены в единую систему показателей. Минимальную величину, полученную при измерении, принимали за 100 % и соответственно пересчитывали остальные значения психофизиологических показателей. Наибольшие изменения (до 29 %) наблюдаются у ЭКС (рис. 1). В табл. 2 приведены численные показатели колебаний психофизиологических показателей.

Согласно концепции системогенеза кожно-гальванической реакции, секреторная деятельность потовых желез тесно связана с активностью нервной системы человека [7]. Быстрый темп массажных приемов активизирует psychomotorные функции, повышая кровоток, вызывая стимуляцию работы потовых желез на ладонях, что приводит к снижению сопротивления. Медленный темп массажных приемов приводит к уменьшению кровотока, снижению потоотделения и росту сопротивления. Первое состояние ЦНС принято называть концентрацией, а второе – релаксацией. Характерная кривая, отражающая динамику ЭКС, представлена на рис. 2.

Кривую ЭКС в данном сеансе можно разделить на следующие участки:

- 1 – пациент сидит в кресле и старается расслабиться;
- 2 – пациент лежит на кушетке, массажное воздействие отсутствует;
- 3 – действие релаксационного массажа до установившегося максимального значения ЭКС;
- 4 – выдержка максимального значения ЭКС;
- 5 – действие возбуждающего массажа;
- 6 – стабилизация после окончания массажного воздействия.

Субъективное ощущение пациента во время сеанса: глубокая релаксация вплоть до сонливости, после возбуждающего массажа – бодрое состояние. На каждом участке наблюдалось действие случай-

ных возмущений, вызванных разговорами в помещении, сменой настроения, раздумьями пациента.

Массажное воздействие оказывалось на рецепторы через мягкие ткани посредством механической силы, скорости и количества повторений приемов, т. е. обладает активизирующим и тормозящим эффектом, что наблюдается во многих экспериментах. Релаксирующая механостимуляция включает в себя дренажные приемы массажа (выжимания, разминания и поглаживания), выполняемые медленно, при непрерывном перемещении по поверхности тела, со скоростью порядка 50 мм/с. Продолжительность роста ЭКС до установившегося значения для различных пациентов различна и составляет 4...15 мин. Уменьшению продолжительности способствует минорное музыкальное сопровождение.

Возбуждающие приемы, как правило, приводят к быстрому монотонному снижению ЭКС. В качестве возбуждающих приемов могут быть использованы резко выполняемые массажные приемы, в том числе ударные. Продолжительность снижения ЭКС до установившегося значения составляет примерно 1 мин. Уменьшению продолжительности способствует мажорное музыкальное сопровождение.

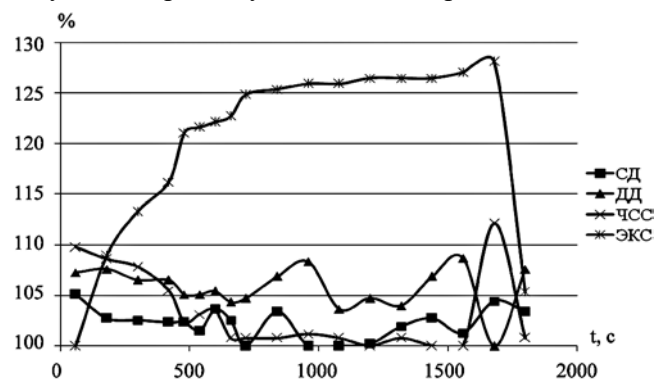


Рис. 1. Изменения ЭКС и других психофизиологических показателей при механотерапии

Таблица 2

Амплитуда колебаний некоторых показателей функционального состояния организма

Показатель	Минимальное значение	Отклонение от минимального	
		Абс. ед.	%
СД, мм рт. ст.	117	6	5
ДД, мм рт. ст.	74	7	9
ЧСС, уд./мин	61	8	12
ЭКС, кОм	170	50	29

Таким образом, скорость движений при выполнении массажа является основной переменной, определяющей вид воздействия приема. Усилие воздействия в большей степени определяется индивидуальностью пациента, массой его мышц. Для дренажа лимфы в массивных мягких тканях необходимо прикладывать большие усилия.

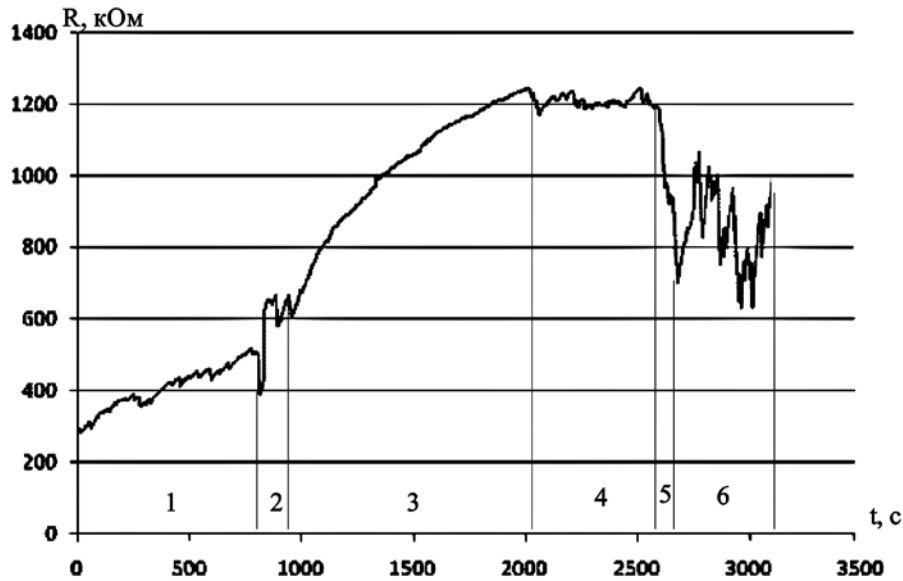


Рис. 2. Кривая ЭКС в сеансе массажа

Считая, что фаза глубокой релаксации способствует эффективному отдыху пациента, наибольшее значение ЭКС, достигнутое при релаксации, следует удерживать в течение 2...5 мин.

Проведенные исследования позволили сделать следующие выводы:

- в литературе известны исследования динамики ЭКС в психологии, физической культуре, детекции лжи; использование ЭКС для диагностики состояния пациента в механотерапии предлагается впервые;
- для объективизации массажа необходимо применять диагностические средства, в том числе измеряющие ЭКС;
- установлено, что, в сравнении с другими показателями (артериальное давление, частота сердечных сокращений, электропроводимость в биологически активных точках), в наибольшей степени от массажного воздействия изменяется ЭКС, отражая процессы релаксации и тонизации;
- релаксирующие приемы массажа вызывают стабильное увеличение ЭКС, тонизирующие приемы приводят к снижению ЭКС;
- полученные экспериментальные результаты показывают возможность использования сигнала ЭКС для управления массажем как в ручном режиме, так и при помощи аппаратов для механотерапии, в том числе и робототехнических устройств.

Список литературы:

1. Жбанков О.В., Толстой Е.В. Технология контроля психофизического состояния студентов и управления им // Теория и практика физической культуры. 1997. № 8. С. 46-48.
2. Заблудовский В.И. Техника массажа. – СПб., 1913.
3. Голуб Я.В., Жиров В.М. Применение светозвуковой стимуляции и биологической обратной связи в реабилитации. – СПб., 2007. 97 с.
4. Оглоблин С.И., Молчанов А.Ю. Инструментальная «детекция лжи»: академический курс. – Ярославль: Ньюанс, 2004. 464 с.
5. Поварещенкова Ю.А. Спинальные механизмы в системе физических воздействий на функциональное состояние нервно-мышечного аппарата спортсменов на примере классического массажа / Дис... докт. биол. наук. – Краснодар, 2006. 205 с.
6. Неборский А.Т., Саморуков А.Е., Головин В.Ф., Архипов М.В. Система биотехнического управления роботом для коррекции функционального состояния на основе информации об электрокожном сопротивлении // «Молодые ученые промышленности, науке, технологиям и профессиональному образованию: проблемы и новые решения». Сборник научных докладов. Часть II. – М.: МГИУ, 2010. С. 21-25.
7. Анохин П.К. Очерки по физиологии функциональных систем. – М., 1975. 448 с.

Алексей Егорович Саморуков,
канд. мед. наук,

руководитель лаборатории,
Российский научный центр
восстановительной медицины
и курортологии МЗ РФ,

Вадим Федорович Головин,
канд. техн. наук,
Максим Викторович Архипов,
ассистент,

Виталий Валерьевич Журавлев,
ассистент,
ГОУ ВПО «Московский государственный
индустриальный университет»,

г. Москва,
e-mail: maksim_av@mail.ru