

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

**Бекмырадов
Хайдар Нурмурадович**

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ ПРОЦЕДУРЫ И ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА В ТКАНЯХ ПРИ ЭЛЕКТРОФОРЕЗЕ

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра технических наук

по специальности 1-39 80 03 Электронные системы и технологии

Научный руководитель
Шахлевич Г.М.

кандидат физико-
математических наук, доцент

Минск 2021

Работа выполнена на кафедре электронной техники и технологии учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **Шахлевич Григорий Михайлович**,
доцент, канд. физ.-мат. наук
доцент кафедры электронной техники и технологии

Рецензент: **ТОНКОВИЧ Ирина Николаевна** – доцент кафедры
ПИКС, канд.хим.наук,

Защита диссертации состоится «27» апреля 2021 г. года в 9:00 часов на заседании Государственной экзаменационной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, корпус 1, ауд.135, тел. 293-80-35, e-mail: kafett@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Электрофорез (от электро- и греч. φορέω — переносить) — это электрокинетическое явление перемещения частиц дисперсной фазы (коллоидных или белковых растворов) в жидкой или газообразной среде под действием внешнего электрического поля.

Электрофорез – это физиотерапевтическая процедура, при которой организм человека подвергается воздействию постоянных электрических импульсов с целью оказания общего и местного терапевтического эффекта. Также с помощью электрофореза производится введение лекарственных средств через кожу и слизистые оболочки. Электрофорезом в широком смысле, как известно, называют направленное движение частиц дисперсной фазы в дисперсионной среде под действием внешнего электрического поля. Явление электрофореза весьма широко используют в биологии и медицине. Электрофорез лекарственных веществ или лекарственный электрофорез является одним из методов электротерапии и повсеместно используются с лечебно-профилактическими и реабилитационными целями. Следует отметить, что наряду с термином «электрофорез» в различных странах и в различные периоды его истории употреблялись и употребляются и другие термины: «ионтофорез», «диэлектролиз «ионотерапия», «электроионный метод лечения», «ионогальванизация», «ионофорез» и др. Отличительной особенностью лекарственного электрофореза от других общеизвестных фармакотерапевтических методов является использование для введения лекарств и воздействия на организм физического фактора постоянного электрического тока.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Электрофорез широко применяемый в физиотерапии и для локального введения лекарственных средств в ткани нашел широкое применение однако в силу сложности строения живых тканей особенностей их электросопротивления многие вопросы связанные с оптимизацией режимов лекарственных процедур при электрофорезе не имеют однозначного толкования это затрудняет выбор режимов и снижает эффективность процедур поэтому разработка метода оптимизации режимов процедур и параметров электрофореза по концентрации действующих веществ является актуальной задачей

Степень разработанности проблемы

На сегодняшний день разработаны физико-химические и биологические основы лекарственного электрофореза. Механизмы введения лекарственных средств влияния состояния кожных покровов на эффективность электрофореза и тд. Не выяснены определенные аспекты связанные с глубиной проникновения активных элементов лекарственных средств в живые ткани и влияние на эти параметры режимов и условий проведения лечебной процедуры.

Цель и задачи исследования

Разработка методики проведения исследования влияние параметров лечебной процедуры на результаты трансдермального электрофореза.

Объект исследования: Глубина проникновения лечебных препаратов в ткани при электрофорезе и влияния на эти параметры режимов проведения процедуры.

Предмет исследования: Электропроводность кожи человека при воздействии внешних факторов и введения лекарственных средств в различных режимов трансдермального электрофореза. Оптимизация и выбор режимов электрофореза которые позволяют получить наилучший результат процедуры.

Разработка методик и выбор аппаратных средств для проведения экспериментальных исследований.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) ОСВО 1-08 80 01-2019 специальности 1-39 80 03 «Электронные системы и технологии».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских, российских и зарубежных ученых в области физиотерапии, методов применения лечебного электрофореза и экспериментальных исследований влияние его режимов на электропроводность кожных покровов и глубину проникновения лекарственных средств в живые ткани.

Научная новизна

Разработка новых методик исследования влияния параметров лечебной процедуры на результаты трансдермального электрофореза и применения для оценки его эффективности такого показателя как электропроводность кожных покровов человека.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Методика оценки влияния внешних факторов и состояния организма на электропроводность кожных покровов.

2. Результаты исследований сопротивления кожи при изменения указанных факторов на различных частотах с применением прибора для измерения иммитанса E7-20.

3. Объяснения результатов экспериментов на основе работ по исследованию состояния тканей животных при введении в них лекарственных средств, методом трансдермального электрофореза.

Апробация диссертации и информация об использовании ее результатов

Результаты докладывались на конференциях :

- 14-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения». Минск: БНТУ, 2021.
- Международная научно-практическая интернет-конференция «Развитие образования, науки и бизнеса: итоги 2020 года». - Днепр, Украина, 2020.

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 2 печатных работах. В их 1 статья в сборниках материалов научных конференций и 1 тезисы доклада на научных конференциях.

Общий объем публикаций по теме диссертации составляет 4 страницы.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения, библиографического списка.

В разделе «Физические основы электрофореза» описаны процедуры электрофореза .

В разделе «Физико-химические и биологические основы электрофореза лекарственных веществ» описана история развития электрофореза , электрический ток а также строение кожи и лекарственные препараты для электрофореза.

В разделе «Оборудование и методики исследования эффективности электрофореза» приведены аппараты для электрофореза, основы проектирования и техническая реализация аппаратуры, методы исследования проникновения лекарственных веществ через кожу при электрофорезе и механизмы воздействия на организм лечебных факторов и методики исследования.

В разделе «Результаты исследования влияния внешних воздействий и режимов электрофореза на свойства кожных покровов» описана методика измерений и приведены результаты эксперимента и рекомендации по их использованию.

Общий объем диссертационной работы составляет 58 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрены основные положения электрофореза, современное состояние методики введения лекарственных средств с помощью электрофореза, а также описано обоснование актуальности темы.

В **первой главе** описаны различные токи применяемы в электрофорезе. Электрические параметры режимов электрофореза. Виды и характеристики лечебных средств(также описан способ работы электрофореза).

Во **второй главе** описана история развития метода лекарственного электрофореза . Также говорится о том как проходит электрический ток через живые ткани. Рассмотрено влияние характеристик кожных покровов на эффективность. Описаны лекарственные препараты для электрофореза. Проникновения лекарственных веществ через кожу при электрофорезе.

В **третьей главе** рассмотрены виды аппаратуры для электрофореза и техническая реализация современных аппаратов для лекарственного электрофореза.

за. Функционально аппарат для лекарственного электрофореза состоит из трех крупных блоков. Первый блок – это блок питания, который обеспечивает энергией два других блока: блок управления током и блок управления аппаратом, он же блок индикации.

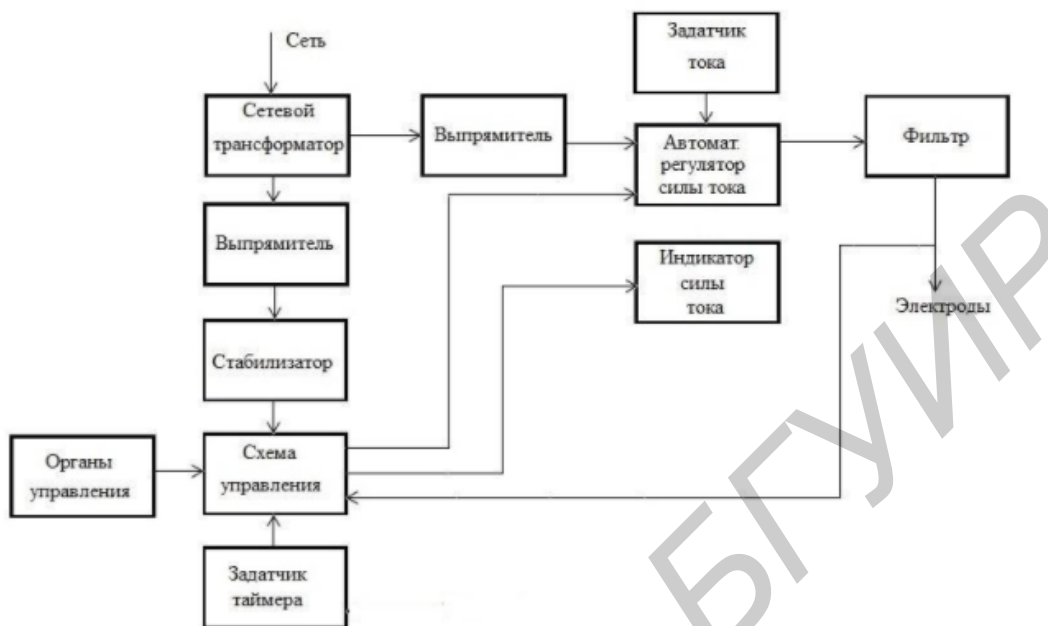


Рисунок 1 – Структурная схема аппарата для лекарственного электрофореза

Проанализированы методы исследования проникновения лекарственных веществ через кожу при электрофорезе а также механизмы воздействия на организм лечебных факторов и методики исследования.

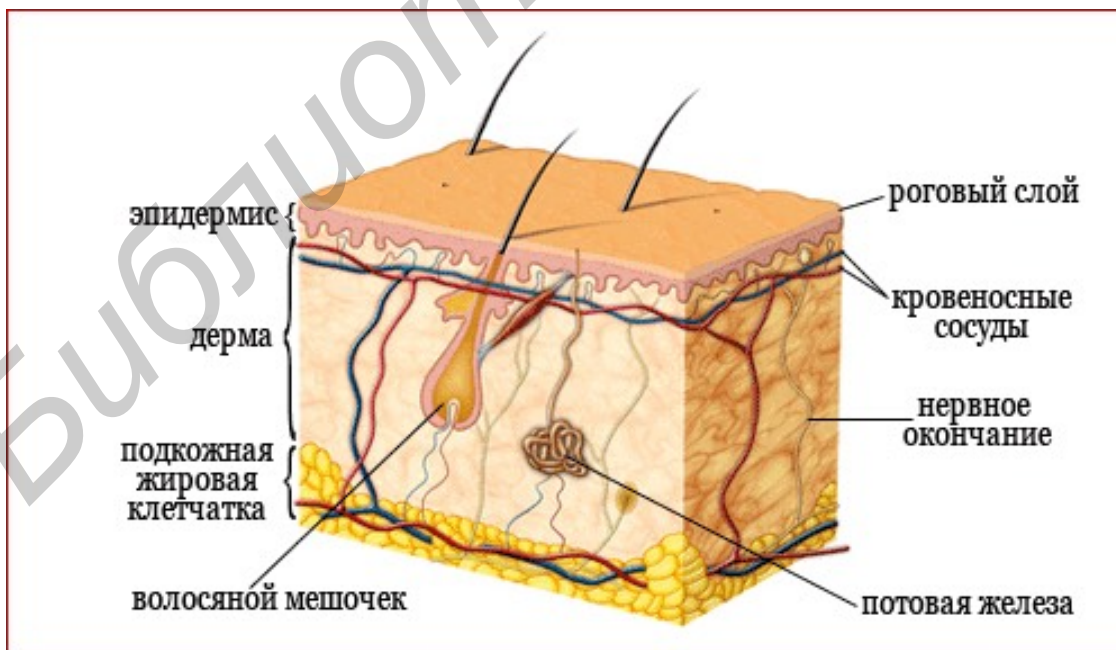


Рисунок 2 - Строение кожи

В четвертой главе были разработаны новые методики исследования влияния параметров лечебной процедуры на результаты трансдермального электрофореза и применения для оценки его эффективности такого показателя как электропроводность кожных покровов человека. Разработка методик и выбор аппаратных средств для проведения экспериментальных исследований. Результаты исследований сопротивления кожи при изменении указанных факторов на различных частотах с применением прибора для измерения иммитанса E7-20.



Рисунок 3 – Измеритель иммитанса

Объяснения результатов экспериментов на основе работ по исследованию состояния тканей животных при введении в них лекарственных средств, методом трансдермального электрофореза.

Показаны результаты исследования влияния внешних воздействий и режимов электрофореза на свойства кожных покровов.

Описана методика проведения исследования, назначение и основные параметры и характеристики прибора E7-20. Показаны результаты исследований в виде таблиц и графиков (см. таблицу 1, 2 и рисунки 4, 5).

Таблица 1 - Результаты опыта в 1 день

частота измерения в КHz	В обычном состоянии	после изменения температуры участка руки	после физической нагрузки	на голодный желудок	Утром до 10:00	днем в 15:00	вечером 20:00
25-Hz	17	26	20	20	15	19	18
50-Hz	24	38	32	30	20	25	25
60-Hz	27	40	37	36	29	31	29
100-Hz	35	38	50	260	220	260	45
120-Hz	320	450	670	850	320	320	210
200-Hz	460	2100	1200	1500	460	460	950
500-Hz	2900	Перегруза	Перегруза	Перегруза	3100	3000	перегрузка
1-KHz	Перегруза	Перегруза	Перегруза	Перегруза	Перегруза	Перегруза	Перегруза



Рисунок 4 - Зависимость электропроводности от внешних факторов

Таблица 2 - Результаты опыта в 2 день

частота измерения в КHz	В обычном состоянии	после изменения температуры участка руки	после физической нагрузки	на голодный желудок	Утром до 10:00	днем в 15:00	вечером 18:00
25-Hz	20	10	22	22	20	20	18
50-Hz	30	15	28	28	24	30	25
60-Hz	35	17	35	41	35	35	29
100-Hz	270	22	40	280	250	270	45
120-Hz	310	26	260	770	340	310	211
200-Hz	1400	185	1200	1400	1500	1400	950
500-Hz	Перегруза	400	Перегруза	Перегруза	перегрузка	2800	перегрузка
1-KHz	Перегруза	7000	Перегруза	Перегруза	перегрузка	перегрузка	перегрузка

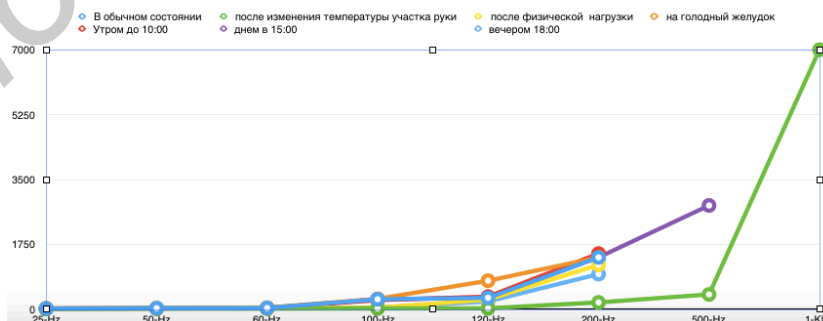


Рисунок 5 - Зависимость электропроводности от внешних факторов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

1. Разработана методика оценки эффективности трансдермального электрофореза
2. Разработана методика определения проводимости кожных покровов на различных частотах применением измерителя иммитанса E7-20.
3. Проведены экспериментальные исследования влияния внешней среды (температура, солевой раствор на поверхности кожи), физической нагрузки, при разных физико-психологическом состоянии и другое.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

Статьи в сборниках научных трудов

1. Бекмырадов, Х.Н. Новая методика оценки эффективности трансдермального электрофореза / Бекмырадов, Х.Н. // Материалы 14-й Международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения». Минск: БНТУ, 2021. - С. 286-287.

Тезисы конференций

2. Бекмырадов, Х.Н. Физиологические принципы лекарственного трансдермального электрофореза / Бекмырадов, Х.Н. // Международная научно-практическая интернет-конференция «Развитие образования, науки и бизнеса: итоги 2020 года».- Днепр, Украина, 2020. - С. 144-146.

РЭЗЮМЕ

Бэкмырадаў Хайдар Нурмурадовіч

Аптымізацыя рэжымаў працэдуры і параметраў электрычнага поля па канцэнтрацыі дзеючага рэчыва ў тканках пры электрафарэзе

Ключавыя словы: электрафарэз, фізіятэрапія, лекавы прэпарат, будынак скуры, апарат для электрафарэзу, дастаўка лекаў, трансдермальны.

Мэта працы: Распрацаваць методыку правядзення даследаванняў уплыву параметраў прылады на вынікі яго ўздзеяння на пацыента. Выбар пэўных рэжымаў, якія дазваляюць атрымаць неабходны эфект. Распрацоўка апаратуры, выбар методыкі і правядзенне эксперыменту.

Атрыманая вынікі і іх навізна: Вынікі вымярэнняў паказваюць што супраціў вымяранага ўчастка скуры істотна залежыць ад частаты сінусоіднага току. Па меры яе павелічэння супраціў расце і пры частотах большых 1 КHz выходзіць за межы вымярэнняў прыбора. Гэта можа быць патлумачана як скін-эфектам гэта значыць памяншэннем глыбіні пранікнення электрычнага поля ў тканіны і увелічэннем долі ўкладу супраціву орагавеушых знешніх яе участкаў. Разгляд электрычных параметраў электрафарэзу дазволіла ўсталяваць асноўныя фактары, якія ўплываюць на эфектыўнасць лячэбнай працэдуры, у прыватнасці ўплыў выгляду току і яго велічыні, метаду накладання электродаў, рэжымаў працэдуры, віды і характарыстыкі лячэбных сродкаў якія прымяняюцца пры электрафарэзе.

Разгледжаны сучасны стан лекавага электрафарэзу і віды лячэбных сродкаў для якіх эфектыўна ўводзяцца ў тканіны і выбыральна імі паглынаюцца пры электрафарэзе.

Распрацавана методыка вызначэння праводнасці скурных пакроваў на розных частотах з ужываннем вымяральніка иммитанса E7-20.

Вобласць ужывання: фізіятэрапія.

РЕЗЮМЕ

Бекмырадов Хайдар Нурмурадович

Оптимизация режимов процедуры и параметров электрического поля по концентрации действующего вещества в тканях при электрофорезе

Ключевые слова: электрофорез, физиотерапия, лекарственный препарат, строение кожи, аппарат для электрофореза, доставка лекарств, трансдермальный.

Цель работы: Разработать методику проведения исследования влияние параметров устройства на результаты его воздействия на пациента. Выбор определенных режимов, которые позволяют получить необходимый эффект. Разработка аппаратуры, выбор методики и проведения эксперимента.

Полученные результаты и их новизна: Результаты измерений показывают что сопротивление измеряемого участка кожи существенно зависит от частоты синусоидального тока. По мере ее увелечения сопротивление растет и при частотах более 1 КHz выходит за пределы измерений прибора. Это может быть объяснено как скинь-эффектом то есть уменьшением глубины проникновения электрического поля в ткани и увелечением доли вклада сопротивления орагаревщих внешних ее участков. Рассмотрение электрических параметров электрофореза позволило установить основные факторы влияющие на эффективность лечебной процедуры, в частности влияние вида тока и его величины метода наложения электродов режимов процедуры, виды и характеристики лечебных средств применяемых при электрофорезе;

Рассмотрены современное состояние лекартсвенного электрофореза и виды лечебных средств для которых эфффективно вводятся в ткани и избера-тельно ими поглощаются при электрофорезе.

Разработана методика определения проводимости кожных покровов на различных частотах применением измерителя иммитанса Е7-20.

Область применезния: физиотерапия.

SUMMARY

Bekmuradov Haydar Nurmuradovich

Optimization of the procedure modes and parameters of the electric field by the concentration of the active substance in the tissues during electrophoresis

Keywords: *electrophoresis, physiotherapy, drug, skin structure, electrophoresis apparatus, drug delivery, transdermal.*

The object of study: To develop a methodology for conducting a study of the influence of device parameters on the results of its impact on the patient. Select certain modes that allow you to get the desired effect. Development of equipment selection of methods and conduct of the experiment.

The results and novelty: The measurement results show that the resistance of the measured skin area significantly depends on the frequency of the sinusoidal current. As it increases, the resistance increases and at frequencies greater than 1 kHz goes beyond the measurement limits of the device. This can be explained as a skin effect, that is, a decrease in the depth of penetration of the electric field into the tissue and an increase in the share of the contribution of the resistance of its outer parts.- Consideration of the electrical parameters of electrophoresis allowed us to determine the main factors affecting the effectiveness of the treatment procedure, in particular, the influence of the type of current and its magnitude, the method of applying electrodes, the modes of the procedure, the types and characteristics of the therapeutic agents used in electrophoresis;

The current state of medical electrophoresis and the types of therapeutic agents for which they are effectively introduced into the tissues and are selectively absorbed by them during electrophoresis are considered.

A method for determining the conductivity of the skin at different frequencies using the immittance meter E7-20 is developed.

Sphere of application: Physiotherapy.