

## ВЛИЯНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ И МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА СКОРОСТЬ ПЕРИФЕРИЙНОГО КРОВотоКА

*Гойдь В.И., Сарраф Ж.*

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,  
г. Минск, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Бондарик В.М. – канд.мед.наук, доцент*

**Аннотация.** Описываются полученные в ходе исследования временные характеристики влияния сочетанного воздействия ультразвуковых и магнитных полей на скорость периферийного кровотока. Установлено, что использование сочетанного воздействия ультразвуковых и магнитных полей позволяет сократить время процедуры и достичь лучшего эффекта, чем последовательное воздействие вышеперечисленными физическими факторами.

**Ключевые слова:** физиотерапия, ультразвуковая терапия, магнитотерапия, микроциркуляция крови.

**Введение.** Скорость кровотока является важным физиологическим фактором. Ускорение кровотока приводит к улучшению доставки различным органам кислорода и питательных веществ, а также выводу шлаков и токсинов, ускорению метаболизма, уменьшению воспалительного отека и восстановлению поврежденных тканей.

Скорость кровотока является также основным фактором, способствующим скорейшему заживлению раны в фазе воспаления является скорость кровотока. Благодаря экскреторной и трофической функции микроциркуляции происходит приток очищающих веществ, а также вымывание нежизнеспособных тканей. Ускорение кровотока на данном этапе позволяет ускорить заживление раны, а также предотвратить распространение инфекции.

Ультразвуковые и магнитные поля высокой интенсивности способствуют ускорению кровотока. Ультразвук улучшает местное кровообращение за счет теплового расширения сосудов. Магнитотерапия может создать вращательный момент и придать ускорение частице крови за счет силы Лоренца.

В данной работе описываются временные характеристики, полученные в ходе исследования влияния ультразвуковых и магнитных полей на скорость периферийного кровотока.

### **Основная часть.**

Наибольшее влияние на скорость кровотока оказывает диаметр сосудов и вязкость крови. Биологические ткани нагреваются и, как следствие, расширяются при воздействии на них ультразвуком и остывают (сужаются) в отсутствие воздействия за счёт отдачи тепла последовательно в верхние слои. Величина нагрева прямо пропорциональна интенсивности ультразвукового воздействия. Для устойчивого нагрева необходимо использовать ультразвуковое воздействия высокой частоты и интенсивности [1].

Магнитное поле, действуя на заряженные частицы крови, может менять их траекторию движения на траекторию в виде закрученной спирали внутри сосуда и придавая ускорение за счет силы Лоренца. Тепловое действие ультразвука при высоких интенсивностях (0,5-1,2 Вт/см<sup>2</sup>) способствует расширению кровеносных сосудов [2].

Для проведения исследования влияния сочетанного воздействия ультразвуковых и магнитных полей на скорость периферийного кровотока необходимы медицинские аппараты, способные воздействовать ультразвуковыми и магнитными полями, а также приборы, способные регистрировать скорость периферийного кровотока.

Для воздействия ультразвуковыми полями был выбран аппарат ультразвуковой терапии *Sonopuls-190*, который оснащен фиксированным излучателем на 1 МГц и площадью 5 см<sup>2</sup>.

Для воздействия магнитными полями использовался аппарат для магнитотерапии *Нейро-МС/Д*. Он позволяет проводить терапевтическую магнитную стимуляцию. В магнитном

стимуляторе используются кратковременные магнитные импульсы. Возникающее электромагнитное поле высокой интенсивности свободно проникает сквозь одежду, кости черепа и мягкие ткани и воздействует на глубокие нервные центры, периферические нервы, головной и спинной мозг, недоступные для других способов стимуляции [3]. В базовой комплектации прибор способен генерировать импульсы с максимальной интенсивностью (4 Тл) с частотой до 4 Гц.

Для контроля скорости периферийного кровотока использовался метод реографии. Реография — это метод исследования общего и регионарного кровообращения, основанный на графической регистрации изменений электрического сопротивления тканей, возникающих при прохождении по ним пульсовой волны. Реограф Р4-02 предназначен для исследования кровообращения в органах и тканях человека. Прибор позволяет получить информацию о величине кровотока в исследуемой области, провести качественную оценку динамических характеристик кровообращения в тканях, оценить сосудистый тонус и определить скорость распространения реографической волны.

Структурная схема системы, используемой в исследовании, приведена на рисунке 1:

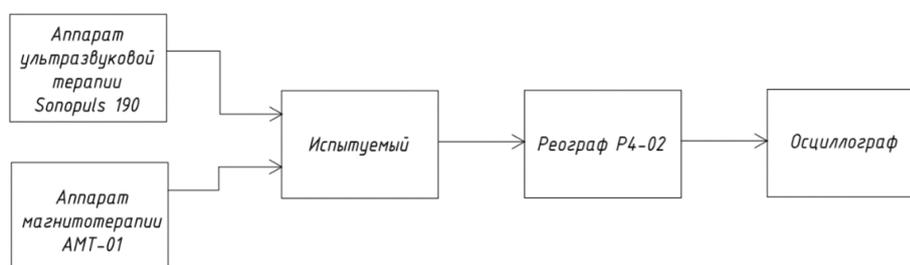


Рисунок 1– Структурная схема системы, используемой в исследовании

В исследовании приняло участие 12 мужчин и 9 женщин в возрасте от 21 до 23 лет без выраженных патологий. Испытуемые были разделены на три равные группы. На предплечье участников первой контрольной группы воздействовали только магнитным полем, второй – последовательно сначала ультразвуковыми, а затем магнитными полями, третьей – магнитными и ультразвуковыми полями совместно.

Для воздействия магнитным полем выбран метод высокоимпульсной магнитотерапии, так как он позволяет оказывать влияние на глубоко расположенную мышечную, нервную, костную ткань, внутренние органы, улучшая микроциркуляцию, стимулируя обменные процессы и регенерацию. Интенсивность магнитного поля – 1 Тл, частота стимуляции – 0.5 Гц, длительность импульса – 100 мкс. Длительность процедуры – 7 минут.

Для проведения ультразвуковой терапии выбрана интенсивность 0,7 Вт/см<sup>2</sup>, так как эта интенсивность позволяет достичь теплового эффекта ультразвука и, соответственно, увеличения радиуса сосудов. Частота 1 МГц позволяет ультразвуковым полям проникнуть к глубоким тканям и усилить тепловой эффект. Время воздействия 7 минут [4].

Сочетанное воздействие ультразвуковыми и магнитными полями осуществлялось в течении 7 минут. Последовательное – в течении 14 минут (7 минут воздействие магнитными полями, после чего 7 минут воздействие ультразвуковыми полями).

Для исследования скорости периферийного кровотока использовался метод реовазографии. Реовазография – метод оценки состояния артериального и венозного кровотока в сосудах конечностей. Выполняется с помощью оценки пульсового кровенаполнения определенных частей тела и оценки тонуса и проходимости периферических сосудов. Метод позволяет оценить состояние артерий и вен исследуемого участка, их проходимость, выявить частичное сужение или полное закрытие сосуда вследствие воспалительного заболевания или атеросклероза [5].

Наиболее часто в клинической практике используют продольные отведения реовазографии. Реовазограммы регистрируют на различных участках верхних и нижних конечностей: плечо, предплечье, кисть, пальцы, бедро, голень, стопа, пальцы стоп. Для удобства проведения исследования реовазограмма регистрировалась на предплечье.

Интенсивность кровотока измерялась до начала и после исследования. Результат исследования (изменение реографического индекса до и после исследования) вычислялся по формуле 1:

$$\Delta \text{РИ} = \frac{\text{РИ}_{\text{конеч}} - \text{РИ}_{\text{нач}}}{\text{РИ}_{\text{нач}}} \quad (1)$$

где  $\text{РИ}_{\text{нач}}$  – значение реографического индекса до начала исследования;  $\text{РИ}_{\text{конеч}}$  – значение реографического индекса по окончанию исследования.

Результаты исследования приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Изменение реографического индекса до, во время и после исследования

	10 минут	20 минут
Магнитотерапия	103%	99%
Последовательная ультразвуковая терапия и магнитотерапия	106%	108%
Сочетанная ультразвуковая терапия и магнитотерапия	111%	110%

**Заключение.** Использование сочетанного воздействия ультразвуковых и магнитных полей позволяет сократить время процедуры и достичь лучшего эффекта, чем последовательное воздействие вышеперечисленными физическими факторами.

### Список литературы

1. Цибульский, В.Р., Шайдулов, О.С. Обзор моделей взаимодействия электромагнитных полей с кровотоком в кровеносных сосудах человека / В.Р. Цибульский, О.С. Шайдулов // Вестник кибернетики. – 2011. – №10. – С. 64-71.
2. Артемова Н.М., Малыгин А.Г., Соколов А.В. Ультразвуковая терапия как корректирующая технология восстановительной медицины. Учебное пособие для ординаторов и интернов по дисциплине физиотерапия / Н.М. Артемова, А.Г. Малыгин, А.В. Соколов. – Рязань: Рязанский государственный медицинский университет имени академика Павлова, 2011. – 139 с.
3. Нейро-МС/Д терапевтический расширенный [Электронный ресурс] / Нейрософт. – Иваново, 2021. – Режим доступа: <https://neurosoft.com/ru/catalog/tms/neuro-msd-therapeutic-advanced>.
4. Кошкалда, С.А. Основы физиотерапии для медицинских училищ / С.А. Кошкалда. – Москва: Феникс, 2005. – 240 с.
5. Реовазография [Электронный ресурс] / MedPortal. – Сочи, 2019. – Режим доступа: <https://medportal.org/diagnostika/funkcionalnaya-diagnostika/reovazografiya>.

UDC 612.1

## INFLUENCE OF THE IMPACT OF ULTRASONIC AND MAGNETIC FIELDS ON THE VELOCITY OF PERIPHERAL BLOOD FLOW

*Goid V.I., Sarraf J.*

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus*

*Bondarik V.M. – PhD, associate professor*

**Annotation.** The temporal characteristics of the effect of the combined effect of ultrasonic and magnetic fields on the velocity of peripheral blood flow are described. It has been established that the use of combined exposure to ultrasonic and magnetic fields can reduce the time of the procedure and achieve a better effect than the sequential exposure to the above physical factors.

**Keywords.** Physiotherapy, magnetic therapy, ultrasonic therapy, microcirculation of blood.