

УДК 615.849.19

М. Делавар-Касмаї, В.В. Шликов

## ЗАСТОСУВАННЯ МАГНІТОТРАПІЇ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ ЗАХВОРЮВАНЬ СЕРЦЕВО-СУДИННОЇ СИСТЕМИ

Method for operational control and quantitative analysis of magnetic field treatment process dynamics was developed. The calculation of amplitude and phase index of form is offered for the signals of pulse wave, which allows quantitatively compare the degrees of difference of pulse waves, and has a sensitiveness to influence the magnetic field. Method for evaluating the effectiveness of the use of magnetic therapy based on registration and signal processing of pulse wave using the technology of neural networks and calculating the index form for each patient. As a result of studies determined the dynamics of shape change index that allows to conclude the prospects of using the normalized shape index for the development of a wide variety of medical procedures, including treatment of the magnetic field. The algorithm for calculating normalized shape index based on the decomposition of the signals pulse wave in the Fourier series is proposed. Studies in the treatment of patients with diseases of the cardiovascular system allow drawing conclusions regarding the application of the index – normalized amplitude-phase coefficient (NAPC) for evaluating the effectiveness of integrated treatment. Sensitivity index NAPC was set to external influence on the patient, which allows using an index for quantitative assessment of functional status and control of the dynamics of complex treatment.

**Keywords:** pulse wave, magnetic field; therapy.

### Вступ

Терапевтичний вплив магнітного поля (МП) на організм людини широко використовується в медичній практиці. Це зумовлено ефективністю лікування захворювань різної етіології, практичною відсутністю протипоказань [1]. Таке лікування не викликає алергічних реакцій. Як правило, ефект від терапії МП спостерігається після проведення декількох сеансів [2], а ефективність впливу може контролюватися під час процедури і після кожної процедури лікування.

Визначення адаптивних резервів людини під дією МП є одним із діагностичних завдань і спрямоване на отримання кількісної оцінки функціонального стану основних систем організму та стадії захворювань різної патології [3]. Під адаптивними резервами людини ми розуміємо суму резервних сил основних функціональних систем, значення яких у стані спокою і під час дії МП дають змогу зробити висновок про здатність організму підтримувати нормальний функціональний стан з точки зору впливу внутрішніх і зовнішніх дестабілізуючих факторів.

### Постановка задачі

Метою роботи є розробка методу оперативного контролю і кількісної оцінки процесу лікування МП у динаміці. Розробка методу оцінки ефективності застосування магнітотерапії передбачає розрахунок амплітудно-фазового індексу

форми для сигналів пульсової хвилі, який дає можливість кількісно порівняти ступінь відмінності пульсових хвиль людини і має чутливість до впливу МП.

### Розрахунок індексу форми

Методологія оцінки ефективності застосування магнітотерапії, яка запропонована авторами для об'єктивного контролю процесу комплексного лікування, заснована на реєстрації та обробці сигналів пульсових хвиль (ПХ) за допомогою технології нейронних мереж і обчисленні індексу форми для кожного пацієнта [4].

Як об'єктивний показник для оцінки функціонального стану пацієнта використовується сигнал ПХ, що реєструється за допомогою оптичного датчика в дрібних судинах кровеносної системи. Передбачається, що кровеносна система досить адекватно реагує на будь-які зовнішні впливи [5]. Сигнали ПХ реєструються протягом інтервалу часу, який достатній для того, щоб виключити вплив дихальних рухів діафрагми та інших факторів на форму ПХ.

Для реєстрації тимчасової діаграми ПХ використовувався пульсоксиметр “ЮТАСОКСІ-200U” [6], оснащений системою цифрового введення даних у комп'ютер, на який встановлено спеціалізоване програмне забезпечення збору й обробки даних. Для впливу МП на пацієнта застосовувався апарат магнітотерапії “МС-92М” [7], який генерує в індукторах змінне імпульсне МП з параметрами: біполярний імпульс типу “пуль-

сова хвиля”, діапазон зміни частоти в межах від 1 до 100 Гц, величина індукції МП 25 мТл, час впливу 25 хв.

За допомогою програмної обробки виміряного ансамблю ПХ обчислюються типова форма (рис. 1) та розподіл амплітуд  $A(f)$  і фаз  $\varphi(f)$  при розкладанні сигналу в ряд Фур'є, які відповідають цій формі. Значення коефіцієнтів ряду Фур'є є вихідними даними для розрахунку нормованого амплітудно-фазового коефіцієнта (НАФК), що застосовується для оцінки ефективності методу корекції функціонального стану людини.

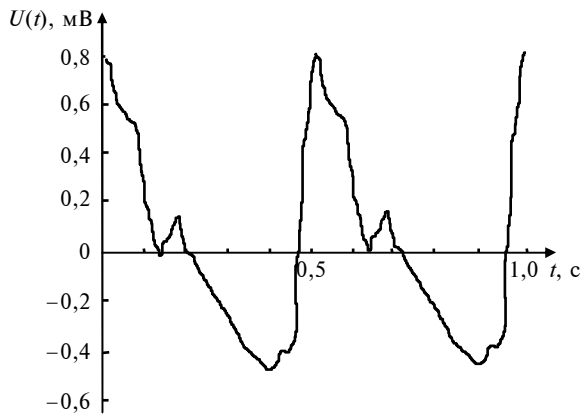


Рис. 1. Обчислення форми сигналу ПХ

При реалізації алгоритму амплітудної корекції гармонійного складу сигналу ПХ застосовується НАФК.

За допомогою програмних засобів обробки сигналів (ЗОС) обчислюються розподіл амплітуд  $A(f)$  і фаз  $\varphi(f)$  у вигляді гармонійного складу сигналу ПХ. Значення амплітуд  $A(f)$  і фаз  $\varphi(f)$  на частоті  $f(i)$  кожної  $i$ -ї гармоніки сигналу ПХ використовуються при розрахунку НАФК  $K(n)$  для кожної з  $N$  процедур лікувального впливу МП.

Алгоритм обчислення амплітудно-фазового коефіцієнта  $K(n)$  включає такі етапи:

1. З розподілу фаз  $\varphi(f)$  сигналу ПХ обчислюється функція вигляду

$$\Omega(i) = \frac{\sin(2\pi \cdot f_0 \cdot \delta(t) + \varphi(i))}{2\pi \cdot f_0 \cdot \delta(t) + \varphi(i)},$$

де  $f_0$  – частота основної гармоніки розкладання сигналу ПХ у ряд Фур'є,  $\delta(t)$  – функція строб-імпульсу часу тривалістю  $\delta(t) = 1,5 \cdot T$  (де

$t \in (T, 2 \cdot T)$ ,  $T$  – період сигналу ПХ при розкладанні в ряд Фур'є),  $\varphi(i)$  – значення фази  $i$ -ї гармоніки сигналу ПХ.

2. З розподілу амплітуд  $A(f)$  сигналу ПХ обчислюються нормовані функції вигляду:

$$K^+(n) = \frac{1}{A_0} \sum_i A(i), \quad \Omega(i) \geq 0,$$

$$K^-(n) = \frac{1}{A_0} \sum_i A(i), \quad \Omega(i) < 0,$$

де  $A_0$  – амплітуда основної гармоніки розкладання сигналу ПХ у ряд Фур'є,  $K^+(n)$  – нормований амплітудно-фазовий коефіцієнт, що відповідає позитивному “набігу” фаз у функції  $\Omega(i) \geq 0$ ,  $K^-(n)$  – нормований амплітудно-фазовий коефіцієнт, що відповідає негативному “набігу” фаз у функції  $\Omega(i) < 0$ ,  $n = 1, \dots, N$  – номер процедури впливу МП.

3. Для кожної  $n$ -ї процедури впливу МП обчислюється НАФК  $K(n)$ :

$$K(n) = \frac{\sqrt{K^{2+}(n) + K^{2-}(n)}}{1 + \sqrt{K^+(n) \cdot K^-(n)}}, \quad n = 1, \dots, N,$$

де  $N$  – кількість процедур магнітотерапії.

Обчислюваний амплітудно-фазовий коефіцієнт  $K(n)$  характеризує форму пульсової хвилі і зміни форми ПХ у процесі лікувального впливу МП.

### Результати клінічної апробації

Кількісне оцінювання ефективності комплексного лікування хворих із захворюваннями серцево-судинної системи та визначення функціонального стану цих пацієнтів здійснюються на основі аналізу динаміки змін НАФК, який враховує амплітуди і частоти гармонік, кратних основній гармоніці із заданого частотного діапазону в спектрі сигналу ПХ.

Для аналізу ефективності комплексного лікування розрахунки НАФК виконуються для контрольної групи пацієнтів (24 хворих) із захворюваннями серцево-судинної системи (з діагнозами АКМП, ГКМП, ДКМП, ФК-2, ФК-3, СН-2А, СН-2Б). Діапазон значень НАФК становить 0,05–0,15 од., і залежно від встановле-

ного діагнозу ці значення розпізнаються і відносяться нейронною мережею до заданих функціональних класів захворювань (таблиця).

Таблиця. Функціональні класи захворювань

Функціональні класи захворювань	Кількість пацієнтів	Значення НАФК
ДКМП, ФК-2, ФК-3	10	$0,60 > K(n) > 0,55$
ГКМП, ФК-2, ФК-3, СН-2А, СН-2Б	7	$0,65 > K(n) > 0,55$
АКМП, Myocarditis, ФК-2, ФК-3	7	$0,95 > K(n) > 0,85$

Статистика розподілу хворих за діапазонами зміни значень індексу НАФК для контрольної групи хворих за функціональними класами захворювань (АКМ, ДКМ, ГКМП) показана на рис. 2.

При цьому встановлено короткочасне повернення значень коефіцієнтів у початковий стан, що відповідає стану пацієнта до впливу МП. У кінці курсу терапії МП для всіх пацієнтів відзначається зменшення значення НАФК, що можна інтерпретувати як загальне поліпшення функціонального стану пацієнтів. Покращення функціонального стану пацієнтів у процесі терапії МП з позицій клінічної хірургії зумовлені покращенням кровообігу, мікроциркуляції в тканинах і посиленням місцевого імунітету в області застосування МП [8].

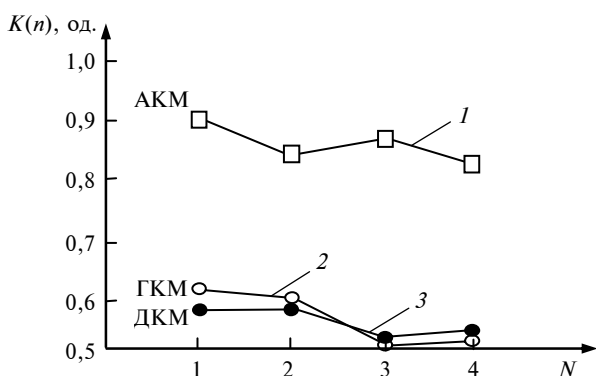


Рис. 2. Статистика змін НАФК  $K(n)$  для контрольних груп хворих: 1 – АКМП, 2 – ГКМП, 3 – ДКМП

Відповідно до динаміки зміни індексу НАФК поліпшення і подальша стабілізація функціонального стану спостерігалася у 58 % хворих із серцево-судинними захворюваннями, для яких наприкінці курсу комплексного лікування значення НАФК зменшилося до  $K(n) < 0,55$ .

Слід відзначити зменшення числа хворих від рівня 76,5 % на початку терапії МП (1, 2, 3, 4) до 8,8 % (1) після проведення комплексного лікування, для яких НАФК має значення, що відповідають поліпшенню функціонального стану хворих (рис. 3).

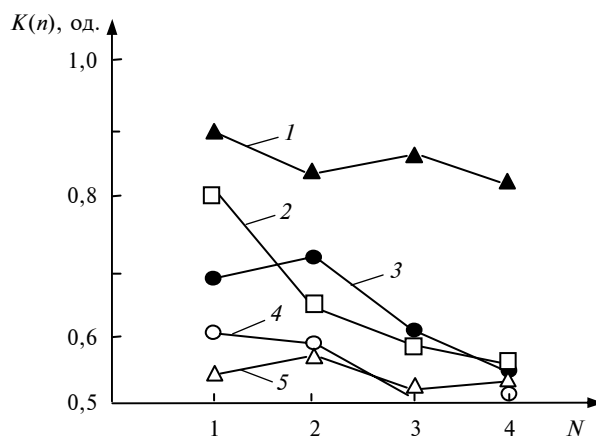


Рис. 3. Статистика змін НАФК  $K(n)$  під дією МП за числом хворих: 1 – 8,8 %, 2 – 32,4 %, 3 – 17,6 %, 4 – 17,7 %, 5 – 23,5 %

Загальна динаміка зміни НАФК показує зменшення величини коефіцієнта під впливом МП. Аналіз достовірності результатів застосування НАФК для оцінки ефективності комплексного лікування виконувався із використанням діагностичної системи ТКМ-1302 за методом Накатані. Ступінь кореляції між значеннями НАФК і провідністю меридіанів фіксувалася за станом меридіанів МС, С, TR1, TR2, TR3, TR4, TR6 до початку впливу і після впливу МП (рис. 4 і 5).

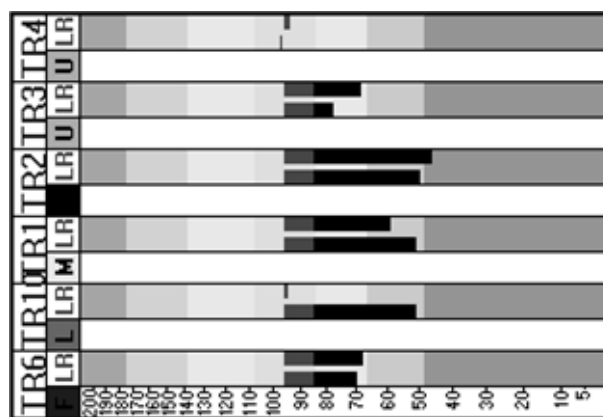


Рис. 4. Структури першоелементів меридіана TR до впливу МП

За допомогою діагностичної системи ТКМ-1302 із використанням методу Накатані

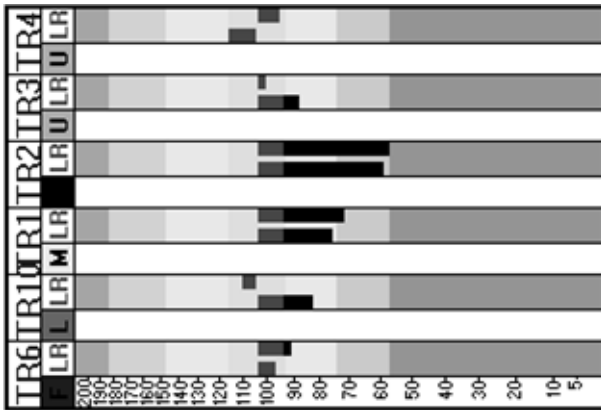


Рис. 5. Структури першоелементів меридіана TR після впливу МП

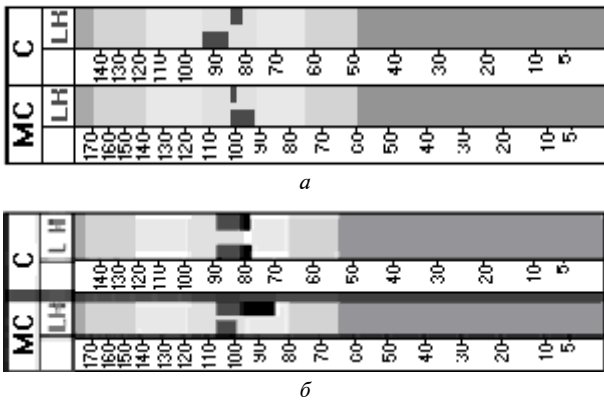


Рис. 6. Структури першоелементів меридіанів MC-перикард і C-серце: а – до впливу, б – після впливу МП

встановлені основні закономірності, які є загальними для всіх пацієнтів. До таких закономірностей провідності меридіанів у пацієнтів належать:

- поліпшення стану структури першоелементів меридіана TR (три порожнини тулуба [9]) у всіх пацієнтів, що вказує на загальне поліпшення імунітету;
- поліпшення стану серцево-судинної системи (меридіани MC-перикард і C-серце [9]),

#### Список літератури

1. Демецкий А.М. Механизмы лечебного действия магнитных полей: Сборник научных трудов / Отв. ред. А.М. Демецкий, В.Н. Чернов. – Витебск: Изд-во Витебского мед. ин-та, 1987. – 186 с.
2. Демецкий А.М., Жуков Б.Н., Цецохо А.В. Магнитные поля в практике здравоохранения. – Самара: Изд-во Самарского мед. ин-та 1991. – 158 с.
3. Идентификация следовых эффектов терапевтического воздействия магнитным полем / М. Делавар-Касмаи, А.Г. Комар, В.И. Зубчук, В.В. Шлыков // XVI Міжнар. конф. “Інформотерапія: теоретичні аспекти і практичне застосування”, жовтень 2010. – К., 2010. – С. 26–28.
4. M. Delavar-Kasmai and I.A. Zaporozhko, “Recognition Methods of Polymetric Human Information Research”, in Proc. Virtual Instruments in Biomedicine 200” Int. Scientific-Practical Conf., Klaipeda, 2009, pp. 263–267.

при цьому після 5-го сеансу було відзначено тимчасове погіршення стану цих систем, яке змінювалося поліпшенням після 12 і 13-го сеансів (рис. 6).

Стала зміна і подальша стабілізація функціонального стану спостерігалися у всіх пацієнтів.

Причому у деяких пацієнтів (32,4 %) спостерігається істотне зменшення значення НАФК від 0,821 до 0,654, що можна інтерпретувати як загальне поліпшення імунітету. Ці результати добре узгоджуються з висновком, що використання магнітотерапії при комплексному лікуванні не має протипоказань і побічних ефектів. Проведені дослідження підтверджують чутливість НАФК до впливу МП.

#### Висновки

Проведені дослідження при лікуванні хворих із захворюваннями серцево-судинної системи дають можливість зробити висновки щодо застосування НАФК для оцінки ефективності комплексного лікування:

- встановлено чутливість НАФК до зовнішнього впливу на пацієнта, що дає змогу використовувати індекс для кількісної оцінки функціонального стану і контролю динаміки комплексного лікування;
- динаміка зміни значень НАФК у процесі комплексного лікування відповідає функціональному відновленню організму;
- характер залежностей для НАФК проявляється у взаємній кореляції отриманих результатів у контрольній групі хворих для різних функціональних класів захворювань.

Отримані результати свідчать про перспективність використання нормованого індексу форми для розвитку різноманітних лікувальних методик, у тому числі лікування МП.

5. *P.L. O'Rourke*, "The arterial pulse in health and disease", *Amer. Heart J.*, no. 82, pp. 687–702, 1971.
6. *M. Delavar-Kasmai et al.*, "Analysis of effects of the deferred action at therapeutic influence the magnetic field", in *Proc. Electronics and Nanotechnology XXXI Int. Sci. Conf.*, Kyiv, 2011, p. 137.
7. *Анализ эффектов последействия при терапевтическом воздействии магнитным полем* / М. Делавар-Касмаи, И.А. Запорожко, В.И. Зубчук и др. // *Электроника и связь*. – 2011. – № 4. – С. 137–143.
8. *Застосування комп'ютерного магнітотерапевтичного комплексу при лікуванні захворювань судин кінцівок та гнійних ран* / Ю.С. Синькоп, О.С. Пойда, В.І. Зубчук та ін. // *Наукові вісті НТУУ "КПІ"*. – 2001. – № 5. – С. 90–97
9. *Нетрадиционные методы диагностики и терапии* / И.З. Самосюк, В.П. Лысенюк, Ю.П. Лиманский и др. – К.: Здоров'я, 1994. – 240 с.

Рекомендована Радою  
факультету біотехнології і біотехніки  
НТУУ "КПІ"

Надійшла до редакції  
22 січня 2014 року