

УДК 57.043:537.612/.613+615.849.11

*Д.І. Остафійчук, В.В. Волощук, Ю.А. Білобрицький***МАГНІТНЕ ПОЛЕ. МАГНІТОБІОЛОГІЯ. МАГНІТОТЕРАПІЯ
(ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ)**

Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці

Резюме. Магнітне поле, що є складовою електромагнітного поля, спричиняє силову дію на рухомі електричні заряди. Стан та властивості багатьох речовин змінюються при розміщенні їх у магнітне поле. За своїми магнітними властивостями всі речовини поділяються на діаманетики, парамагнетики та феромагнетики. Оскільки джерелами слабких магнітних полів є біологічні об'єкти, ми можемо провести реєстрацію магнітних полів даних біооб'єктів (методика магнітокардіографії та магнітоенцефалографії); вивчити, дослідити вплив

магнітних полів на живі біосистеми. Змінні високочастотні та низькочастотні магнітні поля можливо успішно застосовувати при лікуванні захворювань серцево-судинної системи, органів дихання, опорно-рухового апарату та нервової системи.

Ключові слова: магнітне поле, магнітокардіографія, магнітоенцефалографія, магнітобіологія, фізіотерапія, магнітотерапія, сквіди, біомагнітографія, надпровідникові квантові інтерферометри.

Вступ. Магнітне поле – складова електромагнітного поля, яке створюється змінним у часі електричним полем та рухомими електричними зарядами.

Магнітне поле спричиняє силову дію на рухомі електричні заряди. Немає таких речовин, стан яких не змінювався би при розміщенні їх у магнітне поле. У даному випадку ці речовини називаються магнетиками [1, 5, 9].

Необхідно відзначити, що магнетики набувають власного магнітного моменту в зовнішньому магнітному полі і поділяються на діаманетики, парамагнетики і феромагнетики. Тканини організму в основному діаманетики, подібно воді, крім деоксигенованих еритроцитів, які є парамагнетиками (за наявності атомів заліза в молекулі гемоглобіну) [2, 9].

Властивості магнетиків зумовлені їх будовою, магнітними характеристиками електронів, ядер, атомів і молекул, поведінкою даних елементарних частин у магнітному полі [2, 5, 9, 12].

Магнітне поле пов'язане з електричним полем. Цей зв'язок проявляється в тому, що при зміні одного з них виникає друге. А. Ампер встановив основні закони магнітної взаємодії струмів. Він застосував у фізиці новий термін – «молекулярні струми», що протікають у речовинах. Наявність таких струмів пояснено магнітні властивості речовин. Пізніше було встановлено, що роль молекулярних струмів у тілах виконують електрони, які постійно рухаються по орбітах визначених радіусів навколо ядер [12].

Джерелами слабких магнітних полів є біологічні об'єкти. Магнітні поля можуть відображати аномалії в роботі органів чи тканин. Відмічено вплив їх на нервову систему, на зміну характеристик крові, зменшення швидкості осідання еритроцитів і числа лейкоцитів. Впливає на тканинне дихання, підвищує вміст гемоглобіну крові, знижує вміст нуклеїнових кислот і окремих ферментів [14]. Відповідно первинними в даних випадках є фізичні процеси, такі, як зміна орієнтації молекул, зміна концентрації іонів у неоднорідному магнітному полі, силова дія на іони

(визначається силою Лоренца), ефект Холла, який виникає в магнітному полі при розповсюдженні електричного імпульсу збудження [12,15].

Магнітні поля живого організму можуть бути визвані:

- іонними струмами, що виникають унаслідок електричної активності клітинних мембран (головним чином м'язових і нервових клітин);
- наявністю феромагнітних частинок, наявних або спеціально введених в організм;
- при накладанні зовнішнього магнітного поля проявляються неоднорідності магнітної сприйнятливості органів [2, 9, 15].

Відзначено, що неоднорідність біосередовища суттєво відображається на розподілі магнітних і електричних полів. Реєстрацією магнітних полів біооб'єктів займається біомагнітографія, яка має ряд переваг над методами електрографії:

- магнітографія не потребує прямого контакту з біооб'єктами і дає можливість проводити вимірювання через пов'язку і т. ін. [9];

- магнітні поля швидко слабшають при віддаленні від джерела активності, тому магнітографія більш зручна для точного визначення (локалізації) місця біоелектричної активності;

- індукція магнітного поля (силова характеристика), як вектор, характеризується не тільки абсолютною величиною, але і напрямком, що також може давати додаткову корисну інформацію [4, 11].

Магнітокардіографія – діагностичний метод реєстрації зміни величини магнітної індукції серця з часом на протязі кардіоциклу. Магнітокардіографія, на відміну від електрокардіографії, записується безконтактно, тому що магнітне поле можна зареєструвати на відстані від серця, яке є джерелом поля [1, 7, 8, 10]. За діагностичні ознаки магнітокардіографії беруть тривалості хвиль та зубців, їх амплітудні значення, характеристики крутизни певних ділянок магнітокардіограми. Інформація, яку дає методика магнітокардіографії, дозволяє проводити ранню діагностику дистрофії міокарда, гіпертрофії серцевого м'яза [10].

В ідеалі, магнітокардіологічне дослідження повинно обов'язково супроводжуватися повноцінним стандартним електрокардіографічним вимірюванням в однаковому стані серцевої діяльності пацієнта, що дозволяє досить надійно діагностувати багато порушень серцевої діяльності та надає важливу додаткову інформацію для магнітокардіографічних досліджень [11, 13].

Магнітоенцефалографія – діагностичний метод, що дозволяє виміряти і візуалізувати магнітні поля, які виникають внаслідок електричної активності мозку [1, 17]. Разом із фундаментальними дослідженнями, такими, як дослідження сенсорних і моторних функцій мозку і когнітивних процесів пам'яті, магнітокардіографія дає можливість неінвазивної локалізації епілептичних джерел патологічної нейронної активності і диференціальної діагностики різних форм епілепсії [1, 4, 6, 7, 8].

Метод магнітоенцефалографії базується на вимірюванні слабких магнітних полів (з індукцією магнітного поля значно менших нановеличин), які породжуються електричною нейронною активністю мозку. Реєстрація магнітних полів мозку можлива завдяки використанню надчутливих сенсорів для реєстрації магнітного поля (сквідів або надпровідникових квантових інтерферометрів) [1, 3, 6].

Магнітоенцефалографія може служити адекватним, а іноді і найбільш інформативним методом дослідження визваної і спонтанної активності кори головного мозку, здатна виявляти джерела, зв'язані зі зміною сумарної постсинаптичної активності нейронів [11, 12, 13]. Проведені дослідження за допомогою магнітоенцефалографії дають можливість тестувати і виявляти такі захворювання, як розсіяний склероз, хвороба Альцгеймера, шизофренія, синдром Шегрена [1, 3, 7, 8].

Магнітобіологія – розділ біофізики, що вивчає вплив магнітних полів на живі біосистеми, досліджує біомагнітні поля, що генеруються живими структурами (серце, мозок, нерв і т.п.) і визначає магнітні властивості речовин біологічного походження [9].

В організмі людини на магнітне поле реагують всі системи, але найбільше ті, які виконують регуляторні функції (нервова, ендокринна, кровоносна системи). На нервову систему магнітне поле надає переважно гальмівну дію, пригнічуючи умовні і безумовні рефлекси, зменшуючи частоту електричних розрядів окремих нейронів. З відділів головного мозку найбільшу реакцію на магнітне поле виявили гіпоталамус і кора великих півкуль [9, 12]. Ізольовані структури мозку реагують на магнітне поле інтенсивніше, ніж цілісний мозок, що свідчить про безпосередню дію магнітного поля на нервову тканину. Гіпофіз у відповідь на дію магнітного поля змінював продукцію окремих гормонів і перш за все гонадотропних. Значні морфологічні зміни спостерігаються в статевих, у надниркових і щитовидній

залозах. Зміни кровоносної системи виражаються в розширенні судин, крововиливах. У крові під дією магнітного поля відзначається збільшення числа лейкоцитів, зміна властивості тромбоцитів і швидкості осідання еритроцитів [13, 14].

Магнітотерапія представляє собою сукупність методів лікування захворювань за допомогою магнітних полів. Даний напрямок у фізіотерапії засновано на впливі змінного (постійного) магнітного поля низької (високої) частоти на організм людини. Під впливом цього поля тканини людського організму не намагнічуються, але такі складові елементи біотканин, як вода і клітини крові, можуть змінювати магнітні властивості [13, 15].

В основі фізіологічної та лікувальної дії магнітних полів лежать фундаментальні фізичні закони. У процесі впливу магнітного поля на тканини організму людини в них виникають електричні струми; внаслідок переорієнтації біологічних макромолекул, що знаходяться в іонізованому стані, і вільних радикалів, а також зміни фізико-хімічних властивостей водних систем організму. Відбуваються зрушення в швидкості біохімічних та біофізичних процесів. Магнітна переорієнтація рідких кристалів, які є основою клітинних і цитоплазматичних мембран, впливає на проникність цих мембран і специфічні функції клітини [16].

Магнітне поле викликає наведення електричних струмів (е.р.с. індукції) у провідниках, що перетинають його силові лінії (ефект Холла). Е.р.с. індукції виникає при переміщенні провідника в постійному магнітному полі, а також у провідниках, що у спокої, під дією зовнішнього магнітного поля. Рідкі середовища організму мають високу електропровідність. У них відбувається наведення е.р.с. індукції під дією зовнішніх магнітних полів. Слабкі електричні струми, що виникають, під дією постійного магнітного поля в рухомих біологічних рідинах, що перетинають магнітні силові лінії (кров у кровоносних судинах, лімфа), а під дією зовнішнього магнітного поля і в біологічних рідинах, що у спокої, багато в чому визначають лікувальний ефект магнітних полів. Іншим важливим фізичним явищем, що пояснює біотропний вплив магнітних полів, є так званий магніто-механічний ефект Лоренца. Сутність його полягає у виникненні механічних сил взаємодії (тяжіння або відштовхування) між магнітним полем і рухливим електричним зарядом, що перетинає його силові лінії. Залежно від напрямку руху електричного заряду він або втягується, або виштовхується з магнітного поля [16, 17].

Магнітомеханічна взаємодія виникає внаслідок наявності у рухливого електричного заряду власного магнітного поля. Це фізичне явище реалізується на рівні живого організму за рахунок виникнення механічних сил, що викликають структурно-функціональні зміни на всіх рівнях (атомарному, молекулярному, субклітинному, клітинному, тканинному), де проходить перебіг елементарних біоелектричних процесів. Під дією зовнішніх магнітних полів відбувається зміна

конфігурації електронних хмар неспарених валентних електронів, що мають некомпенсований магнітний момент. Це призводить до зміни фізико-хімічних властивостей атомів, що містять неспарені валентні електрони. У біологічних макромолекулах, де є такі атоми, виникають конформаційні зрушення, що можуть стати причиною підвищення або зниження специфічної активності, що є властивістю цих макромолекул. Зокрема, магнітне поле активує ферменти (К-Na - залежну АТФ-азу, трипсин, карбоксидисмутазу, РНК-полімеразу), змінює спорідненість активного центру адренорецепторів міокарда і периферичних судин до адреналіну, стимулює всі внутрішньоклітинні біохімічні реакції вільнорадикального типу. Під дією магнітного поля прискорюється транспорт електрона по ланцюгу дихальних ферментів (цитохромів) у мітохондріях, що призводить до посилення процесів окисного фосфорилювання і накопиченню АТФ всередині клітини. За рахунок механізму конкурентного інгібування при цьому гальмується гліколіз, відбувається залуження тканин. Лужна реакція пригнічує запальний процес. Магнітомеханічний ефект реалізується на рівні електрично активних клітин і тканин: нейронів і нервових волокон, структур центральної та периферичної нервової системи, м'язових клітин поперечно-смугастого і гладенького типу. Під дією зовнішніх магнітних полів виникають оборотні структурні зміни мембран нервових і м'язових клітин як матеріальних носіїв слабких біострумів деполіаризації і реполіаризації, які є джерелом біомагнітних полів (пондеромоторний ефект). Це супроводжується зміною мембранної проникності, напрямку і швидкості течії багатьох біохімічних реакцій, що каталізуються ферментами, фіксованими на клітинній мембрані. Відбуваються виразні зміни в діяльності нейронів кори головного мозку і підкіркових ядер (гіпоталамус, таламус), ретикулярної формації стовбура з формуванням переважно гальмівних реакцій, гальмуванням активності нейронів ретикулярної формації, придушенням адренергічної активності центральної нервової системи і стимуляцією парасимпатичних відділів гіпоталамуса [9, 12, 16, 17, 18].

Периферичний відділ нервової системи відповідає на магніотерапевтичний вплив підвищенням порогу збудження рецепторів покривних тканин різних видів чутливості, в особливості больових рецепторів, прискоренням проведення імпульсу по висхідних і низхідних нервових провідниках. Для досягнення всіх компонентів лікувальної дії магнітних полів курс магніотерапії повинен бути тривалим. Кожна наступна процедура в ході курсу підвищує і посилює досягнуті результати. Лікувальні ефекти, отримані після курсу процедур магніотерапії, стійкі та довго зберігаються. Магніотерапія відноситься до числа найбільш шадних і легко переносимих методів фізичного лікування. Не викликаючи помітних суб'єктивних відчуттів, зрушень центральної ге-

модинаміки, теплових ефектів, магніотерапія може широко застосовуватися у хворих літнього віку, дітей, при тяжкій супутній соматичній патології. Магніотерапія натуральна і близька до суті людського організму, до того природного фізичного середовища, в якому організм перебуває з моменту зачаття. Магнітні поля добре поєднуються і комбінуються в лікувальному процесі з іншими фізичними факторами. Дія цих чинників у ряді випадків значно посилюється (лазерне випромінювання, ультразвук, лікарський електрофорез, імпульсні струми). Вплив низькочастотним магнітним полем не супроводжується у більшості хворих будь-якими відчуттями та іншими реакціями, тому дозування впливу проводиться шляхом урахування розміру індукції в мілітеслах (мТл) і тривалості процедури у хвилинах.

Протипоказаннями до застосування методів магніотерапії є індивідуальна непереносимість впливу магнітного поля, схильність до кровотеч, брадикардія, серцево-судинна недостатність III стадії, гіпертонічна хвороба III стадії, судинні дистонії за гіпотонічним типом, гострі гнійні захворювання, злоякісні новоутворення, вагітність, системні захворювання крові, алкогольна інтоксикація [15, 16, 17].

Отже, методика магніотерапії дозволяє використовувати змінні (високо або низькочастотні) або постійні магнітні поля. Їх можна застосовувати в безперервному або імпульсному режимах. Імпульси, залежно від методу, можуть мати різну частоту, тривалість і форму. Магніотерапія є єдиним видом фізіотерапевтичних процедур, який можна застосовувати навіть під час гострої форми захворювання, при сильних болях і температурі. Вона використовується з метою розсмоктування гематом і зняття запалень. Основною метою магніотерапії можна назвати боротьбу з больовими відчуттями, особливо, з хронічним болем. В організмі людини магнітні поля призводять до змін таких біологічно активних речовин, як ферменти, протеїни, нуклеїнові кислоти. Вони також впливають на вільні радикали [12, 15]. Можна сказати, що методи магніотерапії впливають на організм людини на дуже глибоких рівнях: субмолекулярному, молекулярному, субклітинному.

Магніотерапія успішно застосовується при захворюванні серцево-судинної системи (гіпертонія, вегетосудинна дистонія), органів дихання (бронхіт, синусит, пневмонію), опорно-рухового апарату (артрози, артрити), нервової системи (невралгії, невропатії, дисциркуляторної енцефалопатії, неврозів).

Отже, у даній роботі оглядово визначено вплив магнітних полів на біологічні об'єкти; відображено можливість реєстрації магнітних полів біооб'єктів (магнітокардіографія, магнітоенцефалографія); визначено вплив магнітних полів на живі біосистеми (магнітобіологія); обґрунтовано вплив методів магніотерапії на клітинному, тканинному та ін. рівнях.

Література

1. Алешкевич Н.А. Физические методы исследований биологических объектов. Курс лекций / Н.А. Алешкевич. – Учреждение образования «Гомельский государственный университет им.Ф.Скорине», 2012. – 287 с.
2. Ємчик Л.Ф. Медична і біологічна фізика / Л.Ф. Ємчик, Я.М. Квіт. – Л.: Світ, 2003. – С. 269-290.
3. Жирмунская А.Е. Системы описания и классификация магнитоэнцефалограмм человека / А.Е. Жирмунская, В.С. Лосев. – М.: Наука, 2014. – С. 81.
4. Крейцер А.Г. Руководство по эксплуатации медицинских измерительных приборов / А.Г. Крейцер. – Ленинград: Медицина, 2010. – 304с.
5. Лещенко В.Г. Медицинская и биологическая физика / В.Г. Лещенко, Г.К. Ильич. – Минск: Новое знание. – М.: ИНФРА-М, 2012. – 252 с.
6. Магнитоэнцефалография – новейший метод функционального картирования мозга человека / А.Н. Шестакова, А.В. Буторина, А.Е.Осадчий [и др.] // Эксперим. психол. – 2012. – Т. 5, № 2. – С. 119-134.
7. Мустецов М.П. Инженерные методы медико-биологических исследований: учеб.пособие / М.П. Мустецов, Т.А. Смердова. – 2-е изд. – Харьков, ХНУРЭ, 2014. – 248 с.
8. Наджафян М.А. Комп'ютерні засоби мережі та системи / М.А. Наджафян, В.Є. Васильєв, І.А. Чайковський // Техніка. – 2012. – № 11. – С. 58-66.
9. Посудін Ю.І. Фізика з основами біофізики: навч. посібник / Ю.І. Посудін. – К.: Світ, 2003. – 400 с.
10. Риженко Т. Програмно-технічний магнітокардіографічний комплекс для діагностики кардіологічних захворювань: матеріали 2-ї Міжнар.наук.-практ. конф. [Інформеціонні технології та кібернетика на службі здоров'я] / Т. Риженко, І. Недейвода, В. Васильєв. – Дніпропетровськ. – 2004. – С. 136-138.
11. Улашик В.С. Введение в теоретические основы физической терапии / В.С. Улашик. – Минск: Наука и техника, 2011. – 238 с.
12. Фецишин Я.І. Фізика з основами біофізики: навч. посіб./ Я.І. Фецишин. – Львів: Світ, 2000. – 458 с.
13. Фізіологія: підручник для студ.вищ.мед.навч.закл. / В.Г.Шевчук, В.М. Мороз, С.М. Белан [та ін.]; за ред. В.Г. Шевчука, вид. 2, випр.з допов. – Вінниця: Нова книга, 2015. – 448 с.
14. Фолков Б. Кровообращение / Б. Фолков, Э. Нил. – М: Медицина, 2006. – 463 с.
15. Холодов Ю.А. Магнетизм в биологии / Ю.А. Холодов. – М.: Медицина, 2010. – 96 с.
16. Sheila Kitchen. Electrotherapy: evidence-based practice / Sheila Kitchen, Sarah Bazin. – 2002. – 347 p.
17. Shtyrov Y. Automaticity and attentional control in – spoken language processing: neurophysiological evidence / Y. Shtyrov // Mental Lexicon. – 2010. –Vol. 5. – P. 255-276.
18. Shtyrov Y. Rapid cortical plasticity underlying novel word learning / Y. Shtyrov, V. Nikulin, F. Pulvermuller // J. of Neuroscience. – 2010. – Vol. 30. – P. 16864-16867.

МАГНИТНОЕ ПОЛЕ. МАГНИТОБИОЛОГИЯ. МАГНИТОТЕРАПИЯ (ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ)

Д.І. Остафійчук, В.В. Волощук, Ю.А. Білобрыцький

Резюме. Магнитное поле, которое является составной частью электромагнитного поля, оказывает силовое действие на подвижные электрические заряды.

Состояние и свойства многих веществ изменяются при их размещении в магнитное поле. По своим магнитным свойствам все вещества разделяются на диамагнетики, парамагнетики и ферромагнетики. Поскольку источником слабых магнитных полей являются биологические объекты, мы можем произвести регистрацию магнитных полей соответствующих биообъектов (методика магнитокардиографии и магнитоэнцефалографии); изучить, исследовать влияние магнитных полей на живые биосистемы. Переменные высокочастотные и низкочастотные магнитные поля используются при лечении заболеваний сердечно-сосудистой системы, органов дыхания, опорно-двигательного аппарата и нервной системы.

Ключевые слова: магнитное поле, магнитокардиография и магнитоэнцефалография, магнитобиология, физиотерапия, магнитотерапия, сквиды, биоманетнография, сверхпроводниковые квантовые интерферометры.

MAGNETIC FIELD. MAGNETOBIOLOGY. MAGNETIC THERAPY
(REVIEW OF THE REFERENCES)

D.I. Ostafiychuk, V.V. Voloshchuk, Yu.A. Bilobrytskyi

Abstract. Being a part of the electromagnetic field, a magnetic field exerts a force on the moving electric charges. The state of matter and properties of many substances change when these substances are placed in a magnetic field. In reference to the magnetic behavior, all substances are divided into diamagnets, paramagnets and ferromagnets. As biological objects are considered to be the sources of weak magnetic fields, we can register the magnetic fields of these bio-objects (with the help of magnetocardiography and magnetoencephalography techniques) as well as study and analyze the influence of the magnetic fields on living biological systems. Variable high- and low-frequency magnetic fields can be successfully used in the treatment of the diseases of cardiovascular, respiratory, locomotor, and nervous systems.

Key words: magnetic field, magnetocardiography, magnetoencephalography, magnetobiology, physiotherapy, magnetic therapy, squids, biomagnetography, semiconducting quantum interferometers.

Higher State Educational Institution of Ukraine “Bukovinian State Medical University” (Chernivtsi)

Рецензент – проф. В.Ф. Мислицький

Buk. Med. Herald. – 2016. – Vol. 20, № 3 (79). – P. 215-218

Надійшла до редакції 18.07.2016 року