

УДК 539.1.043

Т.В. Терлецький, А.А. Ткачук, О.Л. Кайдик*Луцький національний технічний університет***ВПЛИВ ФІЗИЧНИХ ЧИННИКІВ ЕЛЕКТРОННИХ ФІЗИОТЕРАПЕВТИЧНИХ АПАРАТІВ
НА ВІДНОВЛЕННЯ ПРОЦЕСІВ МЕТАБОЛІЗМУ В ОРГАНІЗМІ ЛЮДИНИ**

В статті подано результати аналізу впливу фізичних чинників електронних фізіотерапевтичних апаратів на організм людини, які застосовують з метою відновлення процесів метаболізму. Встановлено найбільш оптимальні терапевтичні методи за допомогою яких проходить найефективніше та максимально наближене до природнього збагачення ресурсів організму людини.

Ключові слова: ресурси організму, метаболізм, катаболізм, методи фізіотерапії, організм людини

Т.В. Терлецкий, А.А. Ткачук, О.Л. Кайдик**ВЛИЯНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРОННЫХ
ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НА ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПРОЦЕССОВ
МЕТАБОЛИЗМА В ОРГАНИЗМЕ ЧЕЛОВЕКА**

В статье представлены результаты анализа влияния физических факторов электронных физиотерапевтических аппаратов на организм человека, которые применяют с целью восстановления процессов метаболизма. Установлены наиболее оптимальные терапевтические методы с помощью которых проходит эффективно и максимально приближено к естественному обогащения ресурсов организма человека.

Ключевые слова: ресурсы организма, метаболізм, катаболізм, методы физиотерапии, организм человека

T. Terletsyky, A. Tkachuk, O. Kaidyk**THE INFLUENCE PHYSICAL PARAMETERS OF ELECTRONIC
PHYSIOTHERAPEUTIC APPARATUSES ON THE RESTORATION OF METABOLIC
PROCESSES IN THE HUMAN BODY**

The article presents the results of the analysis of the influence of physical factors of electronic physiotherapeutic devices on the human body, which are used to restore the metabolic processes. It is established that biophysical resources form the technological process of transformation of biochemical raw materials, and the cellular resource is a kind of battery of energy. Microvibrational resource is formed due to contractile activity of muscle cells. At full peace and relaxation, the microvibrational background reflects the state of the organism's resources. The deficit of biological microvibrations is local in nature. After analyzing the therapeutic methods based on physical properties and phenomena allocated two fundamentally different methods of compensating for the deficit of biological microvibration are identified.

Key words: body resources, cell, metabolism, biochemical reserves, catabolism, methods of physiotherapy, human body

Організм людини утворений різноманітними тканинними та клітинними структурами являє собою складну систему, яка може функціонувати лише у відповідному внутрішньому середовищі. Для забезпечення такого середовища в організмі на відносно постійному рівні підтримуються кров'яний тиск, температура, вміст білків, вуглеводів, іонів натрію, калію, хлору тощо. Внутрішнім середовищем є кров, що рухається судинами і пронизує весь людський організм, де безперервно проходить обмін речовин (метаболізм). В процесі метаболізму відбувається розчеплення складних органічних сполук, яке супроводжується виділенням необхідної енергії для життєвих процесів.

Процеси метаболізму в організмі відбуваються тільки при контактній взаємодії біологічних субстанцій. Тому наявність механічних функцій клітин і біологічних молекул є необхідною умовою для більшості біологічних і особливо імунологічних реакцій. Для того, щоб реакція відбулась, потрібно безпосереднє зближення взаємодіючих компонентів і їх просторова орієнтація відносно один одного. Механічні коливання присутні в організмі не тільки завдяки пульсації серця (це інфразвукові частоти) і судинно-м'язової активності (звукові частоти), але і завдяки механічному впливу зовнішнього середовища. Внаслідок гемодинамічного бар'єра пульсові коливання у м'язовому просторі значно знижені. У цих випадках виникає потреба у покращенні кровопостачання.

Виходячи з вище зазначеного, виникла необхідність в аналізі існуючих фізичних чинників електронних фізіотерапевтичних апаратів, які застосовують для відновлення процесів метаболізму в організмі людини, та визначенні тих, які у більшій мірі відповідають природному процесу.

Обмін речовин і енергії – основа процесів життєдіяльності організму. У всіх організмів, від найпримітивніших до найскладнішого – людського організму, обмін речовин і енергії – основа життя. В організмі людини відбувається безперервний процес творення, утворення з простіших

речовин складних. Одночасно з цим відбувається розпад, окислення складних органічних речовин, які входять до складу клітин організму. Робота органів супроводжується безперервним оновленням їх клітин: одні гинуть, інші їх заміняють. Зростання та оновлення клітин організму можливі тільки в тому разі, якщо до нього безперервно надходять кисень і поживні речовини за допомогою відповідних ресурсів організму.

Загалом розрізняють [1, 3, 6] три види ресурсів організму: біохімічні, біофізичні та кліткові, що забезпечують нормальну діяльність організму на клітинному рівні.

Біохімічні ресурси (білки, вуглеводи, жири, амінокислоти тощо) призначені для формування кліткових ресурсів. Ці компоненти за функціональним призначенням можна поділити на енергетичні, будівельні та утилізаційні.

Біофізичні ресурси (температура, тиск, мікрівібрація) покликані забезпечувати безпосереднє зближення взаємодіючих компонентів та їх просторову орієнтацію один стосовно одного.

Клітинні ресурси характеризують кількість здорових функціональних клітин та енергоресурси, які містяться в них [6]. Виконуючи функцію, клітини витрачають енергоресурси і при певних умовах їх поповнюють. Функціональна активність клітин супроводжується виділенням продуктів метаболізму в міжклітинний простір, звідки вони повинні бути виведені через венозну і лімфатичну мережу судин. На процес заповнення клітинами енергоресурсів поширюється фундаментальний закон близькодії [3, 7]: будь-яка взаємодія матерії (наприклад, речовин і клітин) відбувається лише при безпосередньому контакті один з одним.

Всі види ресурсів тісно взаємопов'язані між собою. В процесі відновлення клітинами ресурсів беруть участь і витрачаються як клітинні, так і біохімічні та біофізичні ресурси.

Недостатність будь-якого з них веде до уповільнення відновлення клітинних ресурсів організму, погіршення стану його тканин, розвитку патології і старіння. Свочасне виявлення і компенсація недостатності того чи іншого ресурсу – основний принцип терапії.

Відновлення енергетичних витрат клітин здійснюється за рахунок кровопостачання. Кров складається з плазми і формених елементів. Основним постачальником біохімічних ресурсів клітинам є еритроцити. Вони не тільки здійснюють транспортування кисню, але і адсорбують з плазми крові амінокислоти, ліпіди і переносять їх до тканин.

Покращення кровотоку можна здійснити двома основними шляхами: медикаментозним – шляхом введення спеціальних препаратів, що розріджують кров, і терапевтичним – шляхом впливу визначального фізичного параметра на конкретну область організму.

Особлива роль у діагностиці, лікуванні, реабілітації та профілактики різних видів захворювань та їх ускладнень належить фізичним методам. В сучасній фізіотерапії застосовуються природні і переформовані фізичні чинники, які отримують за допомогою спеціальних електронних апаратів. Клінічні й експериментальні дослідження [3], проведені в останні роки показали, що фізичні чинники можуть доповнювати або замінити багато методів медикаментозної терапії на всіх етапах лікування і реабілітації хворих.

Кожний фізичний чинник має специфічну дію. Специфічність впливу на організм визначається видом фізичної енергії, локалізацією впливу, глибиною проникнення в тканини, місцем поглинання енергії та видом тканини (її біофізичною і біохімічною структурою, функціональною активністю).

Сучасні терапевтичні методи ґрунтуються на використанні наступних фізичних явищ: електричний струм, магнітне поле, світловий потік, вібраційні та звукові коливання.

Вибір методу фізіотерапії залежить від загального стану організму, специфіку патологічного процесу, його клінічні прояви, стадії і фази розвитку захворювання, статі, віку та нервово-психічного стану.

Лікування струмом є одним з розповсюджених типів сучасної апаратної фізіотерапії, який розвивається і вдосконалюється разом з розвитком радіоелектроніки, експериментальної та клінічної медицини. Він передбачає використання постійного електричного струму (гальванізація, електрофорез), та імпульсного постійного і змінного струму.

Протікання струму через тіло людини супроводжується термічним, електролітичним та біологічним ефектами. Термічна дія струму полягає в нагріванні тканини, випаровуванні вологи, що може викликати опіки і навіть обуглювання тканин та їх розриви парою. Термічна дія струму залежить від величини струму, опору проходженню струму та часу проходження. Електролітична дія струму проявляється в розкладі органічної речовини (її електролізі), в тому числі і крові, що призводить до зміни їх фізико-хімічних і біохімічних властивостей. Останнє, в свою чергу, призводить до порушення біохімічних процесів у тканинах і органах, які є основою забезпечення

життєдіяльності організму. Біологічна дія струму проявляється у подразненні і збуренні живих тканин організму, в тому числі і на клітинному рівні. Під час проходження постійного струму в організмі відбуваються фізико-хімічні процеси (електроліз, поляризація), які прискорюють метаболізм та покращують тканини. Активуються ферментні системи, процеси синтезу і обміну речовин. Крім того, коливання глобулярних білків, гліколіпідів і фосфоліпідів, які складають мембрани клітин призводить до підвищення дисперсності білків і фосфоліпідів, проникності клітинних мембран і підвищення активності іонтранспортних систем мембрани.

Тканини людини являють собою складний біоелектричний ланцюг із своєрідних провідників. Тканинна рідина, клітинні включення, які багаті солями, білкові молекули, колоїдні частки, що несуть на собі електричні заряди, забезпечують електропровідність тканин. Всі змінні електричні коливання, особливо вище 500 кГц, мають велику проникну здатність, оскільки емкісний опір тканин втрачає своє значення. Змінні електричні коливання не викликають електролізу під електродами. Вони не викликають зміни іонної концентрації всередині клітинних структур, на відміну від постійного струму. В той же час змінні коливання поглинаються тканинами і це супроводжується утворенням ендogenousого тепла. При коливальних рухах заряджені частки зіштовхуються між собою, в результаті виникаючого тертя утворюється тепло.

Узагальнюючи вище сказане зроблено наступні висновки:

– фізіологічний механізм дії електротерапії пов'язаний зі збудженням та скороченням м'язових клітин під дією імпульсів електричного струму, що викликає мікрівібрації тканин в цільовій області;

– мікрівібрації виникають за рахунок активного витрачання накопичених м'язовими клітинами ресурсів, тому електротерапія не є ресурсною допомогою.

Магнітотерапія здійснює вплив на лінійний рух крові. Однойменні частки починають рухатись паралельними напрямками дозволяючи крові проникати у дрібні кровоносні судини. Дія магніту збільшує швидкість руху крові, але зменшує тиск на кровоносні судини. Це призводить до поліпшення периферійного кровопостачання, відновлення функцій системи кровообігу та дає ефективний вплив на стінки вени і її клапани.

Магнітне поле при захворювань вен допомагає поліпшити здатність стінок венозних клапанів, сприяє нормалізації потоку крові, кисневий баланс крові стає активнішим, пришвидшує процеси обміну та зменшує ризик застою крові.

Під впливом індуктотермії в тканинах виникають вихрові струми, сила яких обернено пропорційна електричному опору тканин. Тому вихрові струми й обумовлене ними тепло найбільш інтенсивно утворюються в рідких середовищах (кров, лімфа) і в тканинах з найбільшим вмістом води (м'язи, органи). Глибина теплового впливу при індуктотермії 6-8 см. Утворення тепла залежить від сили струму і часу впливу. Теплова реакція носить поширений характер. Під впливом індуктотермії посилюється кровообіг, проявляється судинорозширювальна, поліпшується трофіка, посилюється фагоцитарна активність лейкоцитів, розсмоктує дія, знижується артеріальний тиск.

Мікрохвильова терапія передбачає використання з лікувальною метою мікрохвиль різноманітного діапазону частот. Використовується частота 2375 МГц (довжина хвилі 12,6 см) - сантиметрові хвилі і частота 460 МГц (довжина хвилі 65 см) - дециметрові хвилі.

Під впливом поля НВЧ підвищується температура тканин, посилюється кровообіг, розширюється просвіт капілярів, збільшуються окислювально-відновлювальні процеси, збільшується споживання кисню. Дана терапія впливає переважно на патологічно змінені органи і системи, не впливаючи на нормально функціонуючі.

Світлолікувальний метод фізіотерапії передбачає застосування з лікувальною і профілактичною метою електромагнітні коливання оптичного діапазону як видимого, так і в невидимого спектра. В основі біологічної дії світла лежить процес поглинання енергії світлового потоку тканинами організму і перетворення її в інші види енергії, насамперед у теплову і хімічну, які справляють на організм як загальну, так і місцеву дію.

Під час дії ультрафіолетового випромінювання на організм людини за рахунок фотоелектричного ефекту в шкірі відбуваються складні фотохімічні і фотобіологічні процеси. Вони проявляються розпадом білка (фотоліз), утворенням більш складних речовин (фотосинтез) або речовин із новими фізико-хімічними властивостями (фотоізомеризація). У місці поглинання утворюються вільні радикали, посилюється ферментативна активність, звільняються або знову утворюються біологічно активні речовини (гістамін, серотонін, ацетилхолін тощо).

Під впливом ультрафіолетових променів поліпшується скорочувальна здатність міокарда, знижується гіпоксія, відновлюється функція зовнішнього дихання за рахунок зменшення частоти і збільшення глибини дихання, нормалізуються процеси згортання, збільшується вміст еритроцитів, підвищується гемоглобін крові, сповільнюється ШОЕ, поліпшуються показники ліпідного обміну.

Лазеротерапія - вплив на хворого електромагнітними хвилями оптичного діапазону. Випромінювання лазерів являє собою електромагнітні хвилі з такими властивостями, як монохроматичність (наявність у спектрі тільки однієї довжини хвилі), когерентність (випромінювання електромагнітних хвиль, які збігаються за частотою і фазами і посилюють один одного), незначне розсіювання потоку випромінювання або паралельність його, що дає можливість при фокусуванні одержати дуже високу щільність потужності на поверхні, яка опромінюється.

В даний час у фізіотерапії застосовують випромінювання лазерів у червоній і інфрачервоній частині спектра з довжиною хвилі від 620 до 1300 нм. При таких довжинах хвиль діапазон терапевтичної дії найбільш широкий, а глибина проникнення випромінювання в тканинах - максимальна. У дії лазерного променя має значення його теплова енергія, тиск світла, вплив електромагнітного поля, фотохімічний, фотоелектричний ефекти тощо.

Механізм біологічної дії ультразвуку обумовлений трьома чинниками: механічним, термічним і фізико-хімічним.

Низькочастотний ультразвук викликає глибокий мікромасаж тканин, посилення мікроциркуляції і місцевого кровообігу, підвищення судинної і епітеліальної проникності, зміну активності ферментів і швидкості біосинтетичних процесів, стимуляцію компенсаторно-приспосувальних і захисних реакцій організму.

На початку 21 століття в медичній практиці з'явився новий вид терапії, який застосовують для глибокого мікромасажу на клітковому рівні методом фонування організму акустичними і мікровібраційними коливаннями. Мета фонування – відновлення дефіциту біологічної мікровібрації тканин в проблемній чи пов'язаній з нею області організму.

Фізична властивість віброакустичної дії полягає у її здатності покращити наскрізний кровоток і лімфоток. В основі цього явища лежить два фізичних ефекти: перший – зниження судинного опору руху крові при впливі мікровібрації визначеної звукової частоти (кожному діаметру судини відповідає своя оптимальна частота), другий – ефект гідродинамічного насоса у венах. Він виникає завдяки наявності клапанів, які під впливом мікровібрації забезпечують не хаотичний, а спрямований рух крові. В результаті дослідження механізму периферичного кровообігу, було встановлено [1], що м'язові волокна тремтять зі звуковою частотою. Від такого тремтіння у венах утворюється з однієї сторони розрідження, а з іншої тиск – своєрідний гідродинамічний насос, який і забезпечує прискорений відтік крові.

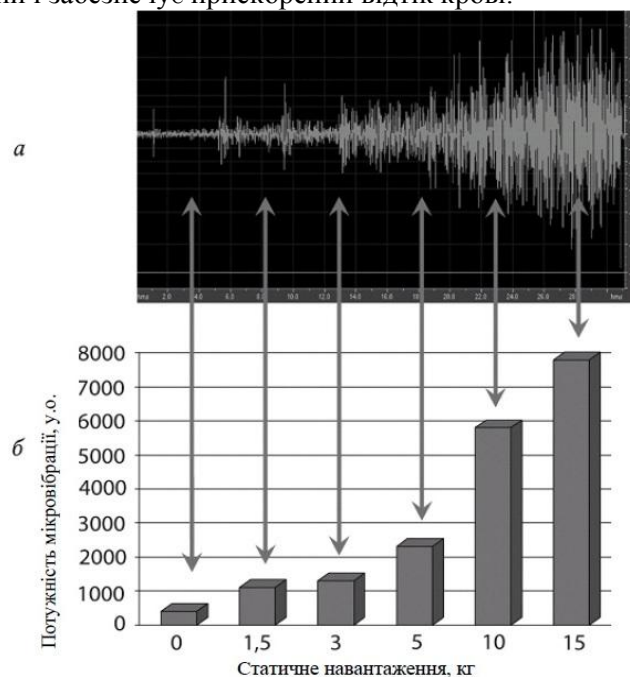


Рис. 1. Амплітудна характеристики (а) і покази міотремографа (б) залежно від статичного навантаження організму людини

Таким чином, якщо мікрівібрація – це фізичний фактор, який лежить в основі роботи кровообігу організму і служить для зниження периферичного опору капілярної сітки та підсилення венозного відтоку, то, якщо внаслідок якихось причин м'язові волокна перестають тремтіти, то доцільно застосувати зовнішню мікрівібрацію до відновлення нормального кровообігу.

Враховуючи великий розкид механічних властивостей молекул, клітин, судин і тканин, бажаним є вплив мікрівібраціями з неперервною змінювальною частотою і амплітудою, причому акустичний діапазон з інфразвуковою модуляцією краще корелює з механічними властивостями елементів тканини, ніж інші частоти.

На основі проведеного вище аналізу енергоресурсів організму, існуючих фізичних чинників електронних терапевтичних апаратів, які застосовують для відновлення процесів метаболізму в організмі людини, беручи до уваги їх переваги і недоліки, зроблено наступні висновки.

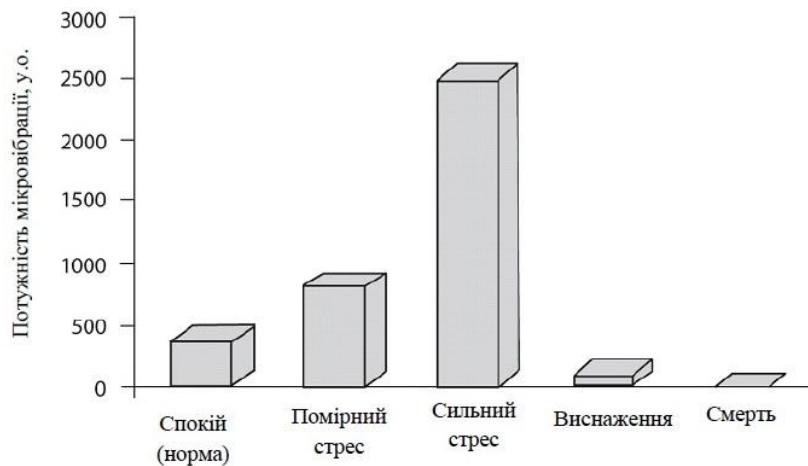


Рис. 2. Залежність мікрівібраційного фону від стану організму людини

Провівши аналогію з виробничою сферою людської діяльності, було встановлено, що біохімічні ресурси є сировиною, яку потрібно переробити організму у енергію, біофізичні ресурси утворюють технологічний процес перетворення цієї сировини, а клітковий ресурс утворює своєрідний акумулятор енергії, де накопичується, зберігається і з звідки видається необхідна для функціонування організму енергія. Біофізичний ресурс формується за допомогою температури, тиску і мікрівібрації організму. Мікрівібрація утворюється за рахунок скорочувальної активності м'язових клітин. Цей чинник є незамінним ресурсом всіх живих організмів.

При фізичному навантаженні мікрівібрація тканин значно посилюється (рис. 1), адекватно збільшуючи приплив крові і відтік продуктів метаболізму.

Під час стресу в організмі збільшується м'язовий тонус і пропорційно збільшується мікрівібраційний фон. Мікрівібраційний фон підтримується в тканинах всі 24 год на добу і зникає тільки у випадку смерті мозку (рис. 2).

При повному спокої і розслабленні мікрівібраційний фон характеризується нормою і патологією та відображає стан ресурсів організму. Дефіцит біологічних мікрівібрацій, як правило, носить локальний характер. Тотальним він стає з віком, а також трапляється при хронічній втомі, переохолодженні, перевтомі від інтенсивних і тривалих навантажень, після тривалого стресу.

Вибір фізичного методу залежить від глибини ураження судин. Глибина проникнення фізичних параметрів в тканини людського організму наведена на рис. 3.

Проаналізувавши терапевтичні методи, що ґрунтуються на фізичних властивостях та явищах, виділено два принципово різних принципи компенсації дефіциту біологічної мікрівібрації:

- за рахунок збудження м'язів електричним струмом (електротерапія);
- за рахунок зовнішнього джерела мікрівібрації (фонотерапія).

Перший метод не можна віднести до ресурсної підтримки організму, і його можливості обмежені, оскільки витрачається енергія м'язових клітин. Крім того, застосування електротерапії може викликати пошкодження м'язових та нервових клітин, і її не можна застосовувати до пацієнтів, які не переносять дію електричного струму.

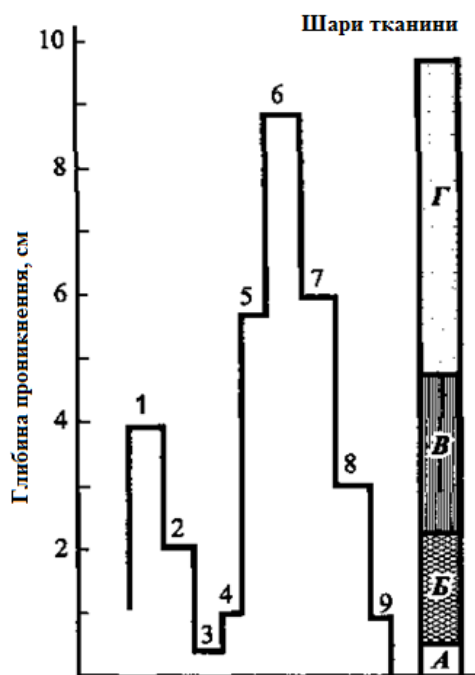


Рис. 3. Глибина проникнення у тканини різних фізичних чинників: 1 – інфрачервоні промені, 2 – видиме випромінювання, 3 – ультрафіолетові промені, 4 – ММХ, 5 – СМХ, 6 – ДМХ, 7 – ультразвук (22 кГц), 8 – ультразвук (0,88 МГц), 9 – ультразвук (2,64 МГц); А – шкіра; Б – підшкірна основа; В – м'язи; Г – внутрішні органи

До ресурсної підтримки відноситься лише та, яка надається за рахунок зовнішнього джерела енергії. Існує можливість компенсації дефіциту і навіть збагачення тканин біологічними мікрівібраціями шляхом прямої їх передачі від джерела через контакт з тілом пацієнта. Мікрівібрації віброакустичного діапазону проникають на глибину до 10 см, а з рис. 3 видно, що це задовольняє потреби навіть у лікування внутрішніх органів. Саме цей метод дає можливість в лікуванні цілої низки захворювань і носить природній характер ресурсної підтримки.

Список використаних джерел:

1. Аринчин Н. И. Периферические «сердца» человека. – Минск: Наука и техника, 1988.
2. Аринчин Н. И., Борисевич Г. Ф. Микронасосная деятельность скелетных мышц при их растяжении. – Минск: Наука и техника, 1986.
3. Иммунология и старение: сборник монографий / под ред. Т. Макинодана, Э. Юниса. – М.: Мир, 1980.
4. Морман Д., Хеллер Л. Физиология сердечнососудистой системы. – СПб.: Питер, 2000.
5. Стеценко Г.С., Пенішкевич Я.І., Гриценко В.І. Медична техніка. – Луцьк: Надстир'я, 2002.
6. Федоров В.А., Ковеленов А.Ю., Логинов Г.Н., Рябчук Ф.Н. Ресурсы организма. Новый подход к выявлению причин возникновения заболеваний и методам их лечения. – СПб.: СпецЛит, 2012.
7. Физические факторы и здоровье человека: труды V Всероссийского съезда физиотерапевтов и курортологов. – М.: МОРАГ-Экспо, 2002.

Рецензенти:

Андрій Борисович Семенюк – зам. директора ПАТ «Електротермометрія».

Віктор Юрійович Денисюк – к.т.н., доцент кафедри приладобудування Луцького НТУ

Стаття надійшла до редакції 20.03.2018