УДК 615.47

Кравченко А.Ю.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Терещенко М.Ф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ТЕРАПЕВТИЧНІ АПАРАТИ ДЛЯ ЛІКУВАННЯ АРТРОЗУ ГОМІЛКОВО-СТУПНЕВОГО СУГЛОБУ УЛЬТРАЗВУКОМ

У статті розглянуті проблеми поширеності в Україні такої хвороби, як деформуючий артроз гомілково-ступневого суглобу (на основі даних державної статистики), і терапевтичні апарати для лікування цієї хвороби за допомогою ультразвуку – апарати ультразвукової терапії, як вітчизняного, так й іноземного виробництва. Подані дані щодо принципів побудови, які використовуються в розробці нових апаратних рішень ультразвукової терапії.

Ключові слова: *ультразвук, ультразвукова терапія, апарати ультразвукової терапії, артроз гомілково-ступневого суглобу.*

Постановка проблеми. На частину хвороб суглобів припадає близько третини всіх кістково-м'язових порушень, 55% із яких становить деформуючий артроз гомілково-ступневого суглобу (далі – ДАГС). Як зазначено в роботі [1], захворювання ДАГС клінічно визначено більше ніж у 10–20% населення світу [1]. Статистичні дані щодо захворюваності на хвороби кістково-м'язової системи в Україні станом на 2015 р. наведено нижче. Кількість уперше зареєстрованих випадків: загалом (1 245 523), діти віком 0–14 років включно (143 758) – 11,5%, діти віком 15–17 років включно (54 563) – 4,5%, особи віком 18 років і старші (1 047 202) – 84%, з них – особи віком (18–54 роки), жінки та чоловіки (18–59 років) (675 657) – 54,3%, жінки – 55 років і старші, чоловіки – 60 років і старші (371 545) – 29,8% [2]. Захворювання ДАГС розвивається головним чином у людей працездатного віку й посідає перше місце серед причин інвалідності у віддаленому періоді після травм, а серед усіх артрозів – третє місце після ураження колінного та кульшового суглобів [3]. За тяжких форм цієї хвороби у хворих виникає значне зниження якості життя, обмеження повсякденної і трудової діяльності [4]. Також відомо, що частота вегето-судинних розладів, гемодинамічних порушень та астенічних проявів має залежність від ступеня тяжкості захворювання ДАГС. Так, синдром вегето-судинної дистонії й астенічний достовірно частіше зустрічались у хворих із наслідками легкого захворювання ДАГС. Гемодинамічні порушення достовірно частіше виявлялись у групі хворих середньої ступені тяжкості ДАГС [1].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Загальновідомим серед спеціалістів медичної галузі є те, що для розвитку остеоартрозу мають значення фактори передумови – спадкові та набуті. Серед спадкових факторів особливе значення надають генетично-детермінованому порушенню метаболізму в суглобовому хрящі. Серед набутих факторів провідну роль відіграє механічна травма [5]. А саме щодо захворювання ДАГС: переломи із неліквідованими підвивихами, вивихи стопи (особливо відкриті), переломи таранної кістки, вогнепальні поранення, хронічні травми (спортсмени, артисти балету), виражені деформації вищеназваних сегментів кінцівок тощо [6]. Відповідно до клініко-морфологічних проявів, розрізняють 3 стадії остеоартрозу. На I стадії відмічаються болі в суглобах при навантаженні й рентгенологічно виявляють звуження суглобової щілини та остеофіти. На II стадії болі в суглобах стають постійними, звуження суглобової щілини й розвиток остеофітів при рентгенологічному обстеженні більш виражені. На III стадії разом із постійними суглобовими болями відмічається функціональна недостатність суглобів у зв'язку з розвитком субхондрального склерозу [5]. Хвороба розвивається поступово, відмічається легкий хруст у суглобі під час руху, зниження рухливості після стану спокою, особливо зранку. У міру прогресування хвороби

виникають болі під час стояння та ходьби, особливо в процесі спускання сходами. Характерний симптом – «блокади» суглобу. При тяжких формах виникає деформація суглобу, атрофія м'язів, м'язово-сухожильні контрактури [7]. Лікування на початкових стадіях проводиться амбулаторно. Під час лікування ДАГС, як і при інших локалізаціях хвороби, медичні засоби застосовують для покращення кровообігу в навколосуглобових тканинах, зменшення больового синдрому, відновлення достатньої рухливості в суглобі й запобігання контрактурам. Із рекомендацій необхідне зниження навантаження на хворий суглоб. Для лікування активно використовують засоби фізіотерапії: масаж, лікувальну фізкультуру, теплові процедури, електрофорез лікарських засобів, діадинамотерапію, магнітотерапію, лазеротерапію, ультразвукову терапію [6; 8]. Найбільш ефективна – ультразвукова терапія. При цьому актуальним залишається питання щодо вибору відповідного ультразвукового апаратного забезпечення для лікування вищеназваної хвороби.

Постановка завдання. Метою роботи є огляд та аналіз сучасних апаратів ультразвукової терапії, що застосовуються для лікування деформуючого артрозу гомілково-ступневого суглобу, і надання пропозицій стосовно перспективної структурної схеми апарату з елементами адаптивного контролю стану пацієнта під час процедури.

Виклад основного матеріалу4 дослідження. Під час проведення ультразвукової терапії на організм людини діють три фактори: механічний, тепловий і фізико-хімічний. Дія всіх трьох факторів тісно взаємопов'язана. У формуванні відповідних реакцій організму беруть участь і рефлекторні механізми (нейрогенний фактор). Біологічна дія ультразвуку залежить від інтенсивності дози, котра може бути для тканин стимулюючою або ж седативною. Найбільш адекватними для лікувально-профілактичних впливів, у фізіотерапії під час лікування цієї хвороби є невеликі дозування ультразвуку (до 1,2 Вт/см^2). Вони здатні викликати знеболюючу, антиспастичну, судиннорозширювальну, розсмоктувальну, протизапальну, десенсибілізувальну дію. При застосуванні ультразвуку (далі – УЗ) в зоні впливу активується крово- й лімфообіг, підвищується фагоцитоз, активуються механізми загальної та імунної реактивності організму, прискорюються процеси репаративної регенерації, стимулюються функції ендокринних органів, передусім наднирників. УЗ має деполімеризуючу й розволокнюючу дії на ущільнену склерозовану тканину, у зв'язку з чим він успішно використовується під час лікування контрактур суглобів. УЗ підвищує судинну та епітеліальну проникність, що стало рушійним фактором для сукупного застосування його з лікувальними речовинами (ультрафонофорез). Можна сказати, що зміни, які відбуваються під впливом ультразвуку з боку різних органів і систем, мають компенсаторно-адаптивний характер і зумовлюють підвищення неспецифічної резистентності організму, його стійкості до негативних факторів зовнішнього середовища [9].

У фізіотерапевтичній практиці для ультразвукової терапії (далі – УЗТ) використовуються апарати як вітчизняного виробництва, так й іноземних виробників. Нижче наведено окремі, найбільш оптимальні апарати, що застосовуються для УЗТ ДАГС в умовах лікувально-профілактичних закладів (далі – ЛПЗ). Цей перелік не є вичерпним, може поповнюватись разом із випуском нових фізіотерапевтичних апаратів у різних країнах.

1. Країна – Російська Федерація.

1.1. Підприємство – «МедТеКо».

1.1.1. Апарат ультразвукової терапії **«УЗТ».**

Рис. 1. Апарат «УЗТ», виробник – «МедТеКо»

Апарат випускається в трьох модифікаціях:

1) двочастотний «УЗТ-1.3.01Ф» – генерація УЗ-коливань на двох частотах – 0,88 і 2,64 МГц;

2) одночастотний «УЗТ-1.01Ф» – генерація УЗ-коливань на частоті 0,88 МГц;

3) одночастотний «УЗТ-3.01Ф» – генерація УЗ-коливань на частоті 2,64 МГц.

Відмінні особливості:

– Сучасна елементна база;

– Зручне меню управління й контролю з рідкокристалічним дисплеєм;

– Наявність контролю контакту з тілом пацієнта [10].

1.2. Підприємство «Метромед» НВП.

1.2.1. Апарат комплексного впливу контрастними температурами і фонофорезом **«ПРОЛОНГ-ММ».**

Рис. 2. Апарат «ПРОЛОНГ-ММ»

Апарат «ПРОЛОНГ-ММ» призначений для профілактики й лікування захворювань опорно-рухового апарату та інших захворювань шляхом впливу на патологічний осередок комплексом фізичних і фізико-хімічних факторів, що включають контрастні температури, цільові лікарські речовини і низькочастотний ультразвук. Робоча частота акустичних коливань випромінюючого торця ультразвукових аплікаторів становить 44 кГц [11].

2. Країна – Чеська Республіка.

2.1. Підприємство – BTL Medical technologies.

2.1.1. Серія ультразвукових апаратів BTL-5000.

Серія ультразвукових апаратів BTL-5000 використовує один і два незалежні ультразвукові канали. Ультразвукові випромінювачі багаточастотні й поставляються у двох розмірах, а також мають можливість акустичного контролю зони контакту випромінювача з біологічною тканиною.

Апарат **«BTL-5710 SONO»**

Рис. 3.

Апарат **«BTL-5710 SONO»**

Особливості:

– 1-канальна ультразвукова система;

– Спільне використання 2 ультразвукових випромінювачів;

– Великий 8.4" кольоровий сенсорний екран;

– Протоколи прийому й терапевтична енциклопедія;

– База даних пацієнтів.

Апарат **«BTL-5720 SONO»**

Рис. 4. Апарат «BTL-5720 SONO»

Особливості:

– 2 канали ультразвукового впливу;

– Модульна система побудови апарату;

– До чотирьох видів лікувального впливу в одному блоці;

– Протоколи прийому й терапевтична енциклопедія;

– Великий кольоровий сенсорний екран.

2.1.2. Серія апаратів BTL-4000 Smart & Premium.

Апарати BTL-4000 Smart & Premium мають ультразвукову систему Hands Free Sono®, що економить час оператора, роблячи процедуру ультразвукової терапії значно ефективнішою для роботи персоналу ЛПЗ.

Апарат **«BTL-4000 PREMIUM»**

Рис. 5. Апарат «BTL-4000 PREMIUM»

Особливості:

– Аплікатор Hands Free Sono®;

– Швидкі протоколи;

– Ультразвуковий вплив із частотами 1 і 3 МГц;

– Великий 7" кольоровий сенсорний екран;

– Протоколи прийому й терапевтична енциклопедія;

– База даних пацієнтів;

– Підігрів ультразвукового випромінювача;

– Портативний.

Апарат **«BTL-4000 SMART»**

Рис. 6. Апарат «BTL-4000 SMART»

Особливості:

– Аплікатор Hands Free Sono®;

– Ультразвуковий вплив із частотами 1 і 3 МГц;

– 4.3" кольоровий сенсорний екран;

– Протоколи прийому й терапевтична енциклопедія;

– База даних пацієнтів;

– Підігрів ультразвукового випромінювача;

– Портативний.

Технологія BTL Hands Free Sono® полягає у створенні можливості обертання ультразвукового поля без переміщення самого випромінювача відносно тіла пацієнта, без участі оператора. Ця технологія дає змогу економити робочий час і сили оператора апарату.

Рис. 7. Принцип роботи випромінювача з технологією Hands Free Sono® (зліва) і звичайного випромінювача, яким рухає оператор (справа)

Технологія обертання ультразвукового поля заснована на використанні багатокристальних випромінювачів. Кристали п'єзоелементів організовані в масив ультразвукових датчиків, які управляються за допомогою блоку процесора реального часу. У реальному масштабі часу процесор активує окремі кристали відповідно до попередньо встановлених параметрів. Обертання ультразвукового поля створюється за рахунок послідовної активації кристалів, тоді як у режимі реального часу процесор керує швидкістю обертання, вихідною потужністю і глибиною проникнення ультразвукового поля для кожного окремого кристалу. Такий точний контроль робить ультразвукову терапію ефективною й безпечною від будь-яких ризиків, таких як виникнення «гарячих точок», характерних для деяких стаціонарних ультразвукових технологій.

Рис. 8. Принцип застосування випромінювача з технологією Hands Free Sono®

2.1.3. Апарат **«BTL-4000 Professional».**

Рис. 9. Апарат «BTL-4000 Professional»

Особливості:

– 1 канал ультразвукового впливу;

– Спільне використання 2 ультразвукових випромінювачів;

– Цифровий графічний дисплей;

– Протоколи прийому й терапевтична енциклопедія;

– Портативний [12].

3. Країна – США.

3.1. Корпорація «CHATTANOGA GROUP».

3.1.1. Апарат ультразвукової терапії **«Intelect TranSport® Ultrasound».**

Рис. 10. Апарат «Intelect TranSport® Ultrasound»

Таблиця 1

Технічні характеристики апаратів УЗТ

№	Назва апарату	Назва виробника	Країна-виробник	Робоча частота УЗ, кГц	Потужність УЗ, Вт/см²	Частота модуляції, Гц
1	«УЗТ»	«МедТеКо»	Росія	880, 2640	0,05–1,0	50
2	«ПРОЛОНГ-ММ»	«Метромед»	Росія	44	0,05–1	50
3	«BTL-5710»	«BTL Medical technologies»	Чеська Республіка	1000, 3000	2–3	10–150
4	«BTL-5720 SONO»	«BTL Medical technologies»	Чеська Республіка	1000, 3000	2 -3	10–150
5	«BTL-4000 PREMIUM»	«BTL Medical technologies»	Чеська Республіка	1000, 3000	2–3	10–150
6	«BTL-4000 SMART»	«BTL Medical technologies»	Чеська Республіка	1000, 3000	2–3	10–150
7	BTL-4000 Professional	«BTL Medical technologies»	Чеська Республіка	1000, 3000	2–3	10–150
8	«Intelect TranSport® Ultrasound»	«CHATTANOGA GROUP»	США	1000, 3300	2,5–3	100
9	«Sonostat»	«gbo Medizintechnik AG»	Німеччина	1000, 3300	0,1–3	100
10	«Sonostat 133»	«gbo Medizintechnik AG»	Німеччина	1000, 3300	0–3	100
11	«МІТ-11»	НМЦ «Мединтех»	Україна	44; 880	0,2–1,5	0–99

Портативний апарат ультразвукової терапії, що дає змогу вибрати частоту впливу 1 або 3,3 МГц без зміни аплікаторів.

Особливості:

– Портативний апарат;

– Автоматичне калібрування системи до будь-якого розміру ультразвукового випромінювача;

– Ергономічні аплікатори;

– Підігрів випромінювача;

– LCD дисплей;

– Протоколи користувача [13].

4. Країна – Німеччина.

4.1. Концерн «gbo Medizintechnik AG».

4.1.1. Апарат ультразвукової терапії **«Sonostat».**

Рис. 11. Апарат «Sonostat»

Апарат ультразвукової терапії «Sonostat®» з робочими частотами 1 МГц і 3,3 МГц призначений для лікування в загальній фізіотерапевтичній практиці. Робоча частина випромінювача виготовлена зі сплавів титану, який є біологічно інертним, і не викликає шкірних реакцій у пацієнтів із чутливою шкірою, не тьмяніє з часом під час експлуатації. Інтенсивність ультразвуку: 0–3 Вт/см² (1 МГц), 0–1,5 Вт/см² (3,3 МГц). Система має кілька режимів роботи. Є безперервний режим і також п'ять імпульсних режимів, що доступні, з факторами заповнення імпульсів 100%, 50%, 30%, 20%, 10% і 5%. Як альтернатива установці параметрів лікування вручну кожен раз користувач може або вибрати з меню, або з набору попередніх параметрів.

4.1.2. Апарат УЗТ **«Sonostat 133».**

Рис. 12. Апарат «Sonostat® 133»

Апарат УЗТ «Sonostat® 133» має різні частоти впливу (1 і 3 МГц). Ультразвук передається через ергономічні й водонепроникні робочі частини

випромінювача площами 2,5 см² або 5 см². Робочі частини виконані з титану. Обидва типи випромінювачів можуть використовуватися для обох частот. Необхідна робоча частота може бути обрана на панелі управління [14].

5. Країна – Україна.

5.1. Підприємство – НМЦ «Медінтех».

5.1.1. Апарат фізіотерапевтичний **«МІТ-11».**

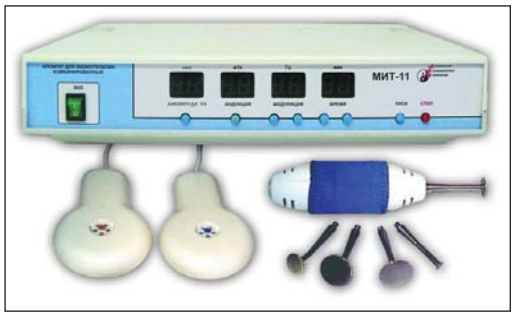

Рис. 13. Апарат «МІТ-11»

Фізіотерапевтичний апарат «МІТ-11» призначений для лікування пацієнтів з використанням низькочастотного або середньочастотного ультразвуку та імпульсного магнітного поля в поєднанні з оптичним потоком червоного й інфрачервоного (або синього) спектру. Апарат призначений для застосування в медичних лікувальних установах, санаторіях і лікувально-профілактичних комплексах. Магнітне поле в поєднанні з оптичним потоком володіє яскраво вираженою протибольовою та протинабряковою дією.

Технічні характеристики:

– Робоча частота ультразвукового генератора: 44 (880) кГц;

– Довжина хвилі оптичного потоку в червоному діапазоні спектру – 0,67 мкм;

– В інфрачервоному діапазоні спектру – 0,78 мкм;

– Гранична потужність оптичного потоку:

– Червоного (синього) спектру – 25 мВт;

– Інфрачервоного спектру – 100 мВт;

– Таймер часу контролює тривалість процедури – від 1 до 99 хв.;

– Вага електронного блоку – максимум 5 кг, вага апарату з індуктором і випромінювачем – максимум 6 кг [15].

Технічні характеристики всіх вищеописаних апаратів зведені в таблиці 1.

Ультразвукова терапія успішно застосовується для апаратного лікування ДАГС.

На основі досліджень пропонується вдосконалити спосіб ультразвукової терапії шляхом використання в апаратах принципів адаптивного керування. Тобто створення систем, котрі автоматично визначають потрібний закон управління фізіотерапевтичним апаратом за допомогою аналізу поведінки біологічних систем, тканин та організму загалом за поточним управлінням. Динамічні параметри біологічних тканин та організму людини не залишаються незмінними в часі протягом проведення терапії й під час зміни параметрів лікувального впливу [16].

Адаптивні системи керування бувають пошуковими та безпошуковими. Безпошукові системи керування засновані на спробі використання позитивних властивостей принципу зворотного зв'язку: на відміну від пошукових адаптивних систем, у них не відшуковується, а апріорно задається показник, котрий бажано мати незмінним (або змінним відповідним чином), за рахунок цілеспрямованої зміни параметрів або структури регулятора у випадку непередбачуваної зміни математичної моделі об'єкта й зовнішніх впливів. Як такі показники мають виступати характеристики системи керування, що визначають її функціональну працездатність. Таким показником може бути й один суттєвий комплексний показник [17]. Знаючи бажаний показник роботи системи керування й вимірюючи реальний поточний показник, можна їх порівнювати, ввести міру їх неузгодження, і, як у принципі зворотного зв'язку, зводити цю міру неузгодження до нуля чи до мінімально допустимої величини [18].

Для реалізації адаптивного принципу керування фізіотерапевтичним апаратом пропонується побудова системи адаптивного керування, основні компоненти якої схематично зображені на рис. 14 [19].

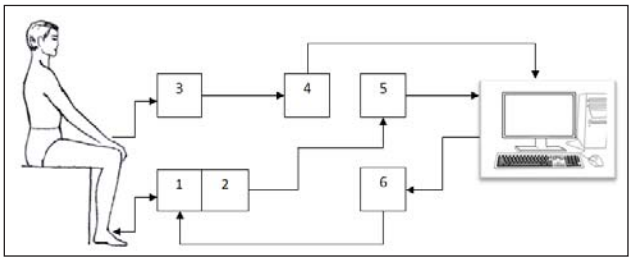

Рис. 14. Структурна схема системи адаптивного керування фізіотерапевтичним апаратом

Випромінювач ультразвуку 1 доповнений конструктивно датчиками температури 2, які через аналого-цифровий перетворювач 5 передають інформацію про температуру на поверхні шкіри в зоні впливу ультразвуку та про загальну температуру тіла пацієнта на комп'ютер. На верхній кінцівці людини вдягнений пульсоксиметр 3, який за допомогою узгоджувального блоку 4 передає інформацію про частоту серцевих скорочень на

комп'ютер. На самому комп'ютері міститься програмне забезпечення, що виконує адаптивне керування апаратом ультразвукової терапії 6.

Нами розроблено дослідний зразок такого адаптивного апарату УЗТ (рис. 15), який виконує частину функцій, описаних до схеми рис. 14.

Рис. 15. Дослідний зразок адаптивного апарату УЗТ

Цей дослідний зразок адаптивного апарату УЗТ (рис. 15) містить у своєму складі основний блок (що включає в себе УЗ генератор, блок живлення та інші складники) та випромінювач. УЗ випромінювач розроблено із застосуванням конструкції й принципів роботи, описаних у роботах М.Ф. Терещенко, Г.С. Тимчик, М.В. Чухраєва, А.Ю. Кравченко й інших [19; 20]. Конструкцію корпусу УЗ випромінювача зображено на рис. 16 і рис. 17.

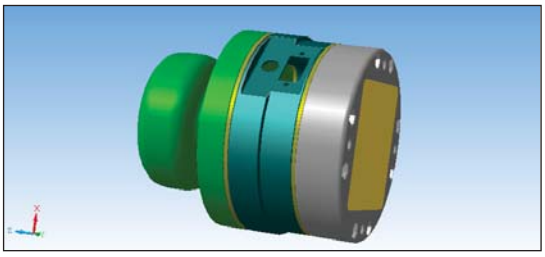

Рис. 16. Зовнішній вигляд 3D-моделі корпусу УЗ випромінювача

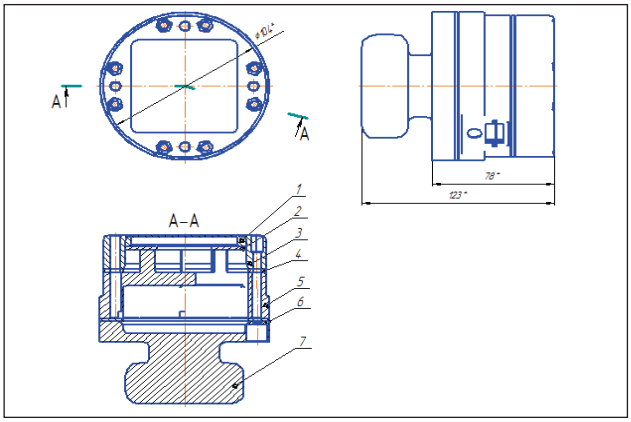

Рис. 17. Конструктивні розташування елементів УЗ випромінювача

На рис. 17 зображено конструкцію корпусу УЗ випромінювача, в якому позначено основні частини: 1. Основа (металева деталь, у якій закріплений п'єзоелемент і магніти); 2. Пластина (пластикова деталь, що призначена для притиску основи поз. 1 до основи поз. 3); 3. Основа (пластикова деталь, що виконує опорну функцію); 4. Прокладка; 5. Корпус; 6. Прокладка; 7. Кришка. На кресленні не показані деталі: термодатчики, магніти, п'єзоелемент, засоби кріплення та роз'єми.

Висновки. Отже, у статті подано огляд та аналіз апаратів ультразвукової терапії, що представлені сьогодні на ринку, які можуть бути використані для лікування такої хвороби, як деформуючий артроз гомілково-ступневого суглобу, в умовах фізіотерапевтичних відділень лікувально-профілактичних закладів. Технічні характеристики зведені в порівняльну таблицю. Запропоновано структурну схему модифікованого адаптивного апарату ультразвукової терапії, в якому вихідні параметри керуються залежно від стану параметрів тіла пацієнта, що забезпечує покращений контроль процедури ультразвукової терапії.

Список літератури:

1. Момбеков А.О., Дергунов А.В., Леонтьєв О.В. Зміна когнітивної сфери у хворих на деформуючий артроз гомілково-ступневого суглобу в ранній і пізній періоди катамністичних спостережень / за ред. О.В. Леонтьєва, С.А. Парцерняка, В.С. Чорного. Санкт-Петербург: МІЕП при МПА ЄврАзЕС, 2013. 92 с.

2. Офіційний сайт Державного комітету статистики України. Київ, 2018. URL: http://www.ukrstat.gov.ua (дата звернення: 15.05.2018).

3. Назаров Е.А., Селезньов О.А. Регіонарні гемодинамічні зміни при деформуючому остеоартрозі гомілково-ступневого суглобу. Актуальні питання травматології. Досягнення. Перспективи: праці XVII Науково-практичної конф. (Москва, 11–13 листопада 2013 р.). Москва, 2013. С. 110–114.

4. Оцінка ризику розвитку важких форм артрозу гомілково-ступневого суглобу / Д.О. Ярмак, Д.А. Звичайний, Е.А. Мірошникова, Г.В. Коробушкін, Скороглядов. Сучасна травматологія, ортопедія і хірургія катастроф: праці І Всеросійської конференції з міжнародною участю (Москва, 3–6 жовтня 2015 р.). Москва, 2015. С. 160–167.

5. Струков А.И., Серов В.В. Патологическая анатомия. Москва, 1995. 687 с.

6. Ортопедия: Краткое руководство для практических врачей. Санкт-Петербург: Гиппократ, 2001. 368 с.

7. Орлова Л.П. Медицинская энциклопедия. Минск: Харвест, 2007. 896 с.

8. Елисеев А.Г. Большая медицинская энциклопедия. Москва: Эксмо, 2009. 864 с.
9. Улащик В.С. Физиотерапия. Универсальная медицинская энциклопедия. Минск: Книжный Дом, 2008. 640 с.
10. Офіційний сайт підприємства «МедТеКо». URL: http://www.medteco.ru/ (дата звернення: 15.05.2018).
11. Офіційний сайт підприємства «Метромед» НВП». URL: http://www.metromedmm.ru/ (дата звернення: 15.05.2018).
12. Офіційний сайт підприємства «BTL Medical technologies». URL: https://www.btlnet.com (дата звернення: 15.05.2018).
13. Офіційний сайт підприємства «CHATTANOGA GROUP». URL: https://www.djoglobal.com (дата звернення: 15.05.2018).
14. Офіційний сайт підприємства «gbo Medizintechnik AG». URL: http://www.gbo-med.de/ (дата звернення: 15.05.2018).
15. Аппарат для физиотерапии комбинированный МИТ-11. URL: http://www.medintex.com (дата звернення: 15.05.2018).
16. Терещенко М.Ф., Румбешта В.О., Матюх Т.В. Розширення інформаційних можливостей сучасних ультразвукових діагностичних систем. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Приладобудування». 2015. № 49. С. 108–112.
17. Терещенко М.Ф., Кирилова А.В. Принципи побудови сучасних ультразвукових терапевтичних апаратів. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Приладобудування». 2010. Вип. 40. С.136–143.
18. Жук А.Ю. Адаптивные системы управления. «Молодежный научно-технический вестник» ФГБОУ ВПО «МГТУ им. Н.Э. Баумана». Москва, 2005. 111с.
19. Ультразвукові фізіотерапевтичні апарати та пристрої: монографія / М.Ф. Терещенко, Г.С. Тимчик, М.В. Чухраєв, А.Ю. Кравченко. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, «Політехніка», 2018. 184 с.
20. Вплив ультразвуку терапевтичних інтенсивностей на кластерну структуру дистильованої води / М.Ф. Терещенко, А.Ю. Кравченко, М.В. Чухраєв, А.Ю. Кудрянцева. Вісник НТУУ «КПІ». Серія «Приладобудування». 2016. Вип. 51 (1). С. 126–131.

ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ЛЕЧЕНИЯ АРТРОЗА ГОЛЕНОСТОПНОГО СУСТАВА УЛЬТРАЗВУКОМ

В статье рассмотрены проблемы распространенности в Украине такой болезни, как деформирующий артроз голеностопного сустава (на основе данных государственной статистики), и терапевтические аппараты для лечения этой болезни с помощью ультразвука – аппараты ультразвуковой терапии, как отечественного, так и иностранного производства. Приведены данные о принципах построения, используемых в разработке новых аппаратных решений ультразвуковой терапии.

Ключевые слова: *ультразвук, ультразвуковая терапия, аппараты ультразвуковой терапии, артроз голеностопного сустава.*

THERAPEUTIC DEVICES FOR THE TREATMENT OF ARTHROSIS AN ANKLE JOINT BY ULTRASOUND

In this article, the problems of the prevalence of such an illness in Ukraine as deforming arthrosis of the tibia joint (on the basis of state statistics) and therapeutic devices for the treatment of this disease with ultrasound - ultrasound therapy devices, both domestic and foreign, are considered. Data on construction principles used in the development of new hardware solutions for ultrasound therapy are presented.

Key words: *ultrasound, ultrasound therapy, apparatus for ultrasound therapy, arthrosis of the ankle joint.*