ТЕОРЕТИЧНА І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНА МЕДИЦИНА

https://doi.org/10.35339/msz.2019.83.02.01
УДК 616.8-005

Н.В. Брюзгінова, В.К. Іванов, В.О. Малахов*, С.П. Сіренко, А.М. Стадник

Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України, м. Харків
****Харківська медична академія післядипломної освіти***

ЦИТОБІОФІЗИЧНА МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ ІНДИВІДУАЛЬНОЇ ЧУТЛИВОСТІ ДО НВЧ-ТЕРАПІЇ

Розроблено й досліджено цитобіофізичну методику визначення індивідуальної чутливості до надвисокочастотної терапії в неврології. Проведено дослідження 55 пацієнтів із діагнозом дисциркуляторної енцефалопатії I і II ступенів. Показано неоднозначну реакцію клітин букального епітелію на надвисокочастотне випромінювання. Застосування цитобіофізичної методики дозволяє на клітинному рівні визначати індивідуальну чутливість хворого до надвисокочастотної терапії на всіх етапах лікування.

Ключові слова: *НВЧ-терапія, електромагнітне випромінювання, мікроелектрофорез, букальний епітелій, електронегативність ядра.*

Вступ

У сучасній практичній медицині окрім фармакологічних засобів все більше уваги приділяють фізіотерапевтичним методам. У основі даних методів лежить вплив різних фізичних факторів – температурних (гіпотермія, кріотерапія), магнітних полів, електромагнітних хвиль оптичного діапазону (лазери), радіохвиль (мікрохвильова терапія), ультрафіолетового й інфрачервоного випромінювання і т. ін. Широке застосування в останні десятиліття отримав напрямок надвисокочастотної терапії (НВЧ-терапії). Остання є лікувальним методом впливу електромагнітним випромінюванням міліметрового (мм) діапазону (1–10 мм), надвисокої частоти (30–300 ГГц) та низької інтенсивності (менше 10 мВт/см^2). Надвисокочастотна терапія протягом більш ніж 30 років демонструвала полілікувальний ефект міліметрових хвиль, відсутність несприятливих віддалених результатів і побічних ефектів [1]. Метод НВЧ-терапії успішно застосовують у кардіології, пульмонології, травматології, ортопедії, гастроентерології, стоматології, дерматології, гінекології, урології, педіатрії та онкології [2–4]. Однак прийнято вважати, що центральна нервова система – одна з найбільш чутливих до електромагнітного випромінювання систем. У ході аналізу біоелектричної активності головного мозку у хворих із ранніми формами церебрального атеросклерозу встановлено, що після проведення НВЧ-терапії розвиваються процеси синхронізації [5, 6]. Показано ефективність НВЧ-терапії у хворих із захворюваннями цереброваскулярної системи [7–9].

Надвисокочастотне електромагнітне випромінювання використовується в медицині не тільки як лікувальний, а й як діагностичний засіб. Підсумком багаторічних досліджень

© *Н.В. Брюзгінова, В.К. Іванов, В.О. Малахов та ін., 2019*

стала розробка приладів для НВЧ-діагностики, а також методик їхнього застосування в різних галузях медицини [10–13].

Під час і після лікування потрібно проводити моніторинг фізіологічного стану організму. Існують підстави припускати, що загальний стан організму й результати впливу на нього електромагнітного поля можна тестувати на клітинах букального епітелію людини [14]. Вивченню біоелектричних властивостей клітинних ядер і їхнього зв'язку з функціональним станом клітин і організму в цілому присвячено роботи [15, 16]. Оскільки у здоровій клітині відбуваються нормальні акустоелектричні коливання в плазматичній мембрані, то за будь-яких порушень у процесах життєдіяльності клітини акустоелектричні коливання згасають [17].

Наразі НВЧ-терапію і НВЧ-діагностику застосовують для широкого спектра захворювань. У той самий час немає систематики в НВЧ-діагностиці й моніторингу процесу лікування. У зв'язку з цим актуальним є розробка методики для прогнозування індивідуальної чутливості до НВЧ-терапії й моніторингу стану хворого до, під час та після лікування.

Мета даної роботи – дослідити методику, що дозволяє на клітинному рівні визначати індивідуальну чутливість хворих до НВЧ-терапії, а також здійснювати контроль ефективності лікування.

Матеріал і методи

Вимірювання проводили з використанням букального епітелію умовно здорових донорів 24–35 років обох статей (n=8), а також пацієнтів із дисциркуляторною енцефалопатією I і II ступенів обох статей у віці 41–77 років (n=55), що перебували на стаціонарному лікуванні в КЗОЗ «Харківська міська клінічна лікарня № 7» із діагнозом дисциркуляторної енцефалопатії I і II ступенів. Забір клітин букального епітелію проводили при надходженні пацієнтів у стаціонар, до початку медикаментозного лікування. Зразки підготовлювали відповідно до методики, описаної у [18]. Для кожного донора протестовано від 5 до 10 препаратів у кожному варіанті дослідження.

Джерелом НВЧ-випромінювання був генератор типу Г4–141, опромінення проводили на біологічно активній довжині хвилі λ=7,1 мм [19], щільність потоку потужності дорівнювала 10 мВт/см^2, експозиція – 5 хв [18].

Отримані результати обробляли статистично з використанням програми Statistica-10. Для оцінювання достовірності відмінностей використовували U-критерій Манна–Уїтні. Відмінності вважали достовірними за $p<0,05$.

Результати та їх обговорення

Існують різні методи і способи визначення індивідуальної чутливості до НВЧ-терапії на клітинному рівні [20–22]. Однак усі ці методи спрямовані на визначення індивідуальної чутливості до НВЧ-терапії хворих на серцево-судинні захворювання, хоча даний метод фізіотерапії успішно застосовують і для лікування пацієнтів із неврологічними захворюваннями [4, 9].

Досліджувана методика заснована на визначенні кількості електронегативно заряджених ядер (ЕНЯ) клітин букального епітелію [14, 16] хворого до й після впливу опромінення (λ=7,1 мм) на клітини букального епітелію і на порівнянні отриманих показників ЕНЯ% для визначення індивідуальної чутливості до НВЧ-терапії.

Після отримання матеріалу (стандартна методика забору букального епітелію) суспензію клітин ділили на дві частини. Клітини першої частини використовували для визначення початкових значень ЕНЯ% хворого (С). Клітини другої частини опромінювали на довжині хвилі 7,1 мм і визначали значення ЕНЯ% опромінених клітин (І). Отримані показники С і І порівнювали зі стандартними величинами ЕНЯ% вікової норми (N) відповідно до віку хворого.

Результати дослідження клітин букального епітелію контрольної групи (*рис. 1, а*) свідчили про те, що значення С, І та N здорового пацієнта рівні в межах похибки.

Опромінення, рівень якого не перевищує гранично допустимого, практично не впливає на нормальне функціонування здорового організму [23].

На наступному етапі дослідження було визначено значення ЕНЯ% клітин букального епітелію хворих із діагнозом дисциркуляторної енцефалопатії I і II ступенів (*рис. 1, б, в*).

Як видно з даних *рис. 1*, показники ЕНЯ% чітко диференційовані на дві групи, у першій групі показники С і І мають однакові значення в межах похибки, що свідчить про відсутність реакції на фізіотерапевтичний вплив даного типу. При цьому в обстежених другої

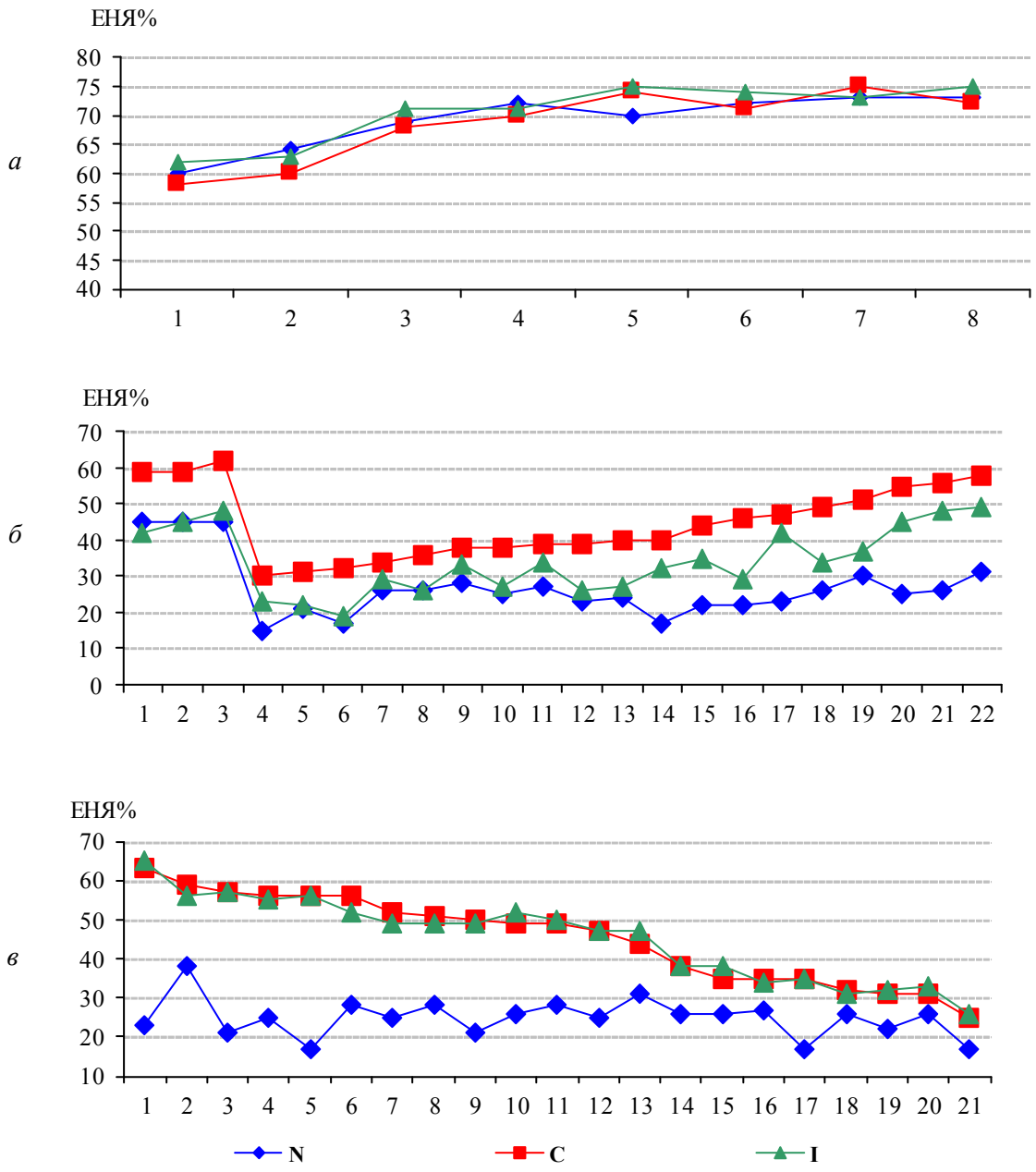

Рис. 1. Показники ЕНЯ% клітин букального епітелію обстежених контрольної (*а*), 1-ї (*б*) та 2-ї (*в*) груп

групи показник I за величиною достовірно відрізняється від показника C і порівнянний із показником N, це демонструє реакцію клітин букального епітелію людини на дію електромагнітного випромінювання НВЧ-діапазону.

У дослідженні електрокінетичних показників клітин букального епітелію хворих на дисциркуляторну енцефалопатію виявлено той факт, що в частини хворих не простежується реакція на НВЧ-випромінювання, тому визначення індивідуальної чутливості до НВЧ-терапії має велике значення.

Запропонована методика дозволяє вирішити питання індивідуалізації в разі застосування НВЧ-терапії, оскільки існуючі підходи до лікування хворих із дисциркуляторною енцефалопатією потребують максимальної індивідуалізації лікування й поєднання медикаментозного лікування з фізіотерапевтичними методами [4, 24]. Одним із перспективних ме-

тодів є застосування НВЧ-аутогемотерапії в комплексному лікуванні хворих із дисциркуляторною енцефалопатією.

Наступним етапом дослідження був аналіз повторних вимірів ЕНЯ% клітин букального епітелію хворих у динаміці до й після комплексного лікування в стаціонарі. Надвисокочастотну аутогемотерапію в комплексі лікувальних заходів застосовували у вигляді внутрішньовенних інфузій 20 мл гепаринізованої аутокрові після опромінення у спеціальній камері-резонаторі довжиною хвилі 7,1 мм протягом 1 хв. Курс лікування становив 7 процедур [25–27]. Показники досліджуваних зразків вимірювали в день надходження й після 5–7 днів, протягом яких хворий отримував необхідне йому лікування. Результати дослідження подано на *рис. 2*.

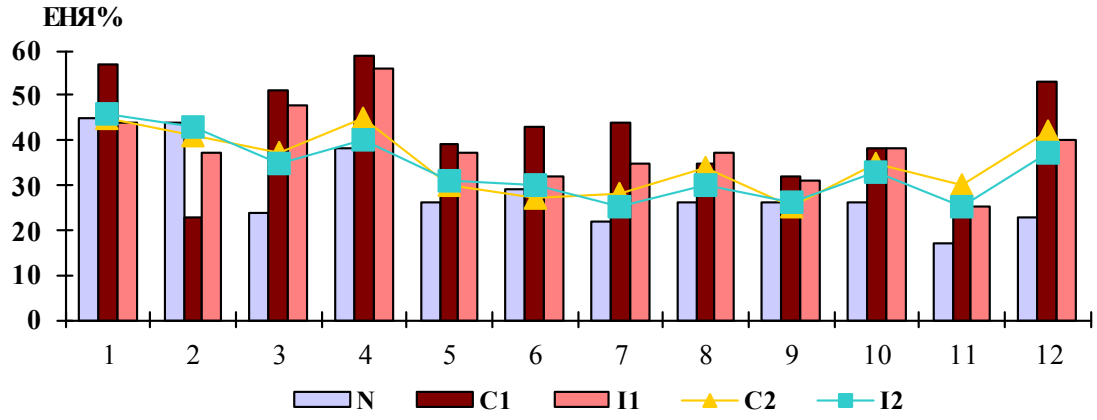

Рис. 2. Показники зміни ЕНЯ% клітин букального епітелію хворих до і після курсу комплексного лікування (С1, І1 – до лікування, С2, І2 – після нього)

Зіставивши результати вимірювань, отримані до та після курсу лікування, ми дійшли висновку щодо взаємозв'язку показників. Так, якщо показник І1 достовірно відрізняється від показника С1, то можна говорити про чутливість хворого до НВЧ-терапії. Це підтверджують дані С2 і І2, порівнянні з показником N після лікування. У іншому разі, якщо показник І1 не відрізняється за величиною від С1, то, можливо, у даний період застосування НВЧ-терапії буде неефективним, що й демонструє відміну показника N від таких у групах С2 і І2, отриманих після курсу лікувальних заходів.

У неврології існують методики оцінювання ефективності застосування НВЧ-терапії [18, 28], які базуються на визначенні компенсаторних реакцій до та після НВЧ-впливу. Відомі методи неоднозначні. У зв'язку з цим існує можливість використовувати цитобіофізичну методику для більш точного визначення ефективності терапії. У разі, коли лікування ефективне для пацієнта, показники С2 і І2 після лікування будуть порівнянні з величиною N і достовірно відрізнятимуться від показника С1, отриманого перед курсом лікування (*рис. 2*).

Висновки

Методика проста в застосуванні, неінвазивна, дозволяє на клітинному рівні визначати індивідуальну чутливість до надвисокочастотної терапії, а також дає можливість проводити моніторинг ефективності будь-якого виду терапії, зокрема надвисокочастотної, на всіх етапах лікування.

Список літератури

1. *Ордынская Т. А.* Волновая терапия / Ордынская Т. А., Поручиков П. В., Ордынский В. Ф. – М., 2008. – 496 с.

2. Применение электромагнитных волн миллиметрового диапазона в комплексном лечении больных ОИМ / Т. В. Головачева, В. Ф. Киричук, В. Ю. Ушаков [и др.] // Современные проблемы медицинской науки. – Архангельск : Изд-во СГМУ, 1994. – Ч. 2. – С. 37–39.

3. *Лебедева А. Ю.* Итоги и перспективные применения миллиметровых волн в кардиологии / А. Ю. Лебедева // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2002. – № 1. – С. 21–24.

4. *Истомина И. С.* КВЧ-терапия в клинической практике / И. С. Истомина // Физиотерапия, бальнеология и реабилитация. – 2012. – № 2. – С. 38–45.

5. *Голант М. Б.* Радиоэлектронное обоснование возможности использования КВЧ-генераторов, работающих на одной и той же частоте, для лечения многих заболеваний / М. Б. Голант, Н. А. Савостьянова // Электронная техника. Серия Электроника СВЧ. – 1989. – Вып. 6 (420). – С. 48–53.

6. *Лебедева Н. Н.* Экспериментально-клинические исследования в области биологических эффектов миллиметровых волн / Н. Н. Лебедева, Т. И. Котровская // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2003. – № 29. – С. 20–43.

7. *Истомина И. С.* Применение физических факторов в лечении заболеваний сердечно-сосудистой системы / И. С. Истомина, А. П. Довганюк, М. Х. Бижек // Медицинская реабилитация больных с патологией опорно-двигательной и нервной систем : науч.-практ. конф. : тезисы докладов. – М., 2006. – С. 247–248.

8. Гемореология и электромагнитное излучение КВЧ-диапазона / [В. Ф. Киричук, Л. И. Малинова, А. П. Креницкий и др.]. – Саратов : СГМУ, 2003. – 126 с.

9. Использование электромагнитного излучения КВЧ-диапазона в диагностике и лечении сосудистых заболеваний головного мозга / [Малахов В. А., Архипова Е. А., Носатов А. В., Фисун А. И.]. – Харьков : Palmarium, 2017. – 120 с.

10. Role of microwave radiation in self-blood therapy / K. A. Arkhypova, O. I. Bilous, N. V. Bryuzginova [et al.] // Telecommunications and Radio Engineering. – 2015. – Vol. 74, № 14. – P. 1305–1315.

11. Changes in electrokinetic indices of nuclei in buccal epithelium cells under the influence of millimeter-wave electromagnetic radiation / N. V. Bryuzginova, O. I. Bilous, S. P. Sirenko, A. I. Fisun // Telecommunications and Radio Engineering. – 2018. – Vol. 77, № 3. – P. 263–268.

12. *Авшалумов А. С.* Новая информационная технология системной диагностики нормальных и патологически измененных органов человека / А. С. Авшалумов, Г. Ф. Филаретов, К. В. Судаков // Медицинская техника. – 2006. – № 3. – С. 13–18.

13. *Бессонов А. Е.* Анализатор-индикатор миллиметровых сигналов с БАТ компьютеризированный «АИС-ЛИДО» / А. Е. Бессонов, Е. А. Калмыкова // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2012. – № 2 (66). – Режим доступа к журн. :

http://lido.su/nauka-informacionnaja-medicina/vrachu-/32/analizator-indikator-milimetrovovolnovyh-signalov-/.

14. Патент 2009494 C1 RU GO1 №33/483. Способ исследования функционального состояния человека / Шахбазов В. Г., Шкорбатов Ю. Г. // Открытия. Изобретения. – 1994. – № 5.

15. Application of intracellular microelectrophoresis to analysis of the influence of the low-level microwave radiation on electro-kinetic properties of nuclei in human epithelial cells / Yu. G. Shckorbatov, V. G. Shakhbazov, V. V. Navrotskaya [et al.] // Electrophoresis. – 2002. – Vol. 23, № 13. – P. 2074–2079.

16. *Шахбазов В. Г.* Новый метод определения биологического возраста человека / В. Г. Шахбазов, Т. В. Колупаева, А. Л. Набоков // Лабораторное дело. – 1986. – № 7. – С. 404–406.

17. *Бецкий О. В.* Современные представления о механизмах воздействия низкоинтенсивных миллиметровых волн на биологические объекты / О. В. Бецкий, Н. Н. Лебедева // Миллиметровые волны в биологии и медицине. – 2001. – № 3. – С. 5–19.

18. Efficiency testing of biologically significant effects of millimeter waves / O. I. Bilous, N. V. Bryuzginova, S. P. Sirenko, A. I. Fisun // Telecommunications and Radio Engineering. – 2016. – Vol. 75, № 8. – P. 757–762.

19. *Девятков Н. Д.* Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности / Девятков Н. Д., Голант М. Б., Бецкий О. В. – М. : Радио и связь, 1991. – 168 с.

20. Патент 2 292 557 C1 РФ, МПК G01N 33/84, A61N 5/02. Способ прогнозирования эффективности воздействия низкоинтенсивным электромагнитным излучением миллиметрового диапазона у больных сердечно-сосудистыми заболеваниями / Семенова А. К., Алексеева О. П., Балчугов В. А., Корнаухов А. В., Анисимов С. И., Коркоташвили Л. В. ; патентообладатель ВМИ ФСБ России, Семенова А. К., Алексеева О. П. – № 2005113345/15 ; заявл. 03.05.05 ; опубл. 27.01.07, Бюл. № 3.

21. А. с. 1832197A1 СССР, G 01 N 33/50. Способ определения индивидуальной чувствительности к КВЧ-терапии / С. С. Паршина, В. Ф. Киричук, Т. В. Головачева, Т. Б. Реброва, Н. Д. Грекова. – № 4903443/14 ; заявл. 18.01.91 ; опубл. 07.08.93, Бюл. № 29.

22. Саратовская кардиологическая школа КВЧ-терапии: история развития, достижения, перспективы / Т. В. Головачева, С. С. Паршина, В. Н. Николенко [и др.] // Электромагнитные неионизирующие излучения малой мощности в клинической практике : интернет-конференция с международным участием «Электромагнитные неионизирующие излучения малой мощности в медицине и биологии». – 2012. – Режим доступа :
https://medconfer.com/node/1590.

23. *Бецкий О. В.* Миллиметровые волны низкой интенсивности в медицине и биологии / О. В. Бецкий, Н. Д. Девятков, В. В. Кислов // Зарубежная радиоэлектроника. – 1996. – № 12. – С. 3–15.

24. Применение КВЧ-терапии при лечении различных патогенетических вариантов гипертонической болезни / В. Ф. Лукьянов, Т. Н. Афанасьева, О. В. Романова [и др.] // Миллиметровые волны в медицине : сборник материалов Рос. симпозиума с международным участием. – 1991. – Т. 1. – С. 71–75.

25. *Носатов А. В.* Оптимізація лікування дисциркуляторних енцефалопатій аутогемотерапією надвисокочастотно модифікованою кров'ю : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 14.01.15 «Нервові хвороби» / А. В. Носатов. – Харків, 2018. – 20 с.

26. Патент на винахід № 90704 Україна, H0P7/00, A61K41/00. Пристрій для опромінювання біологічних рідин електромагнітними хвилями міліметрового діапазону / Білоус О. І., Малахов В. А., Носатов А. В., Сіренко С. П., Фісун А. І. ; заявник та патентовласник Інститут радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова Національної академії України. – № a2007 10113 ; заявл. 10.09.07 ; опубл. 10.03.09, Бюл. № 5.

27. EHF-autohemotherapy / O. I. Belous, A. I. Fisun, V. A. Malakhov [et al.] // Telecommunications and Radio Engineering. – 2008. – Vol. 67, issue 10. – P. 867–874.

28. Патент № 0002484765 РФ, МПК A61B5/0476 A61N5/02. Способ контроля состояния больного энцефалопатией при КВЧ-терапии / Селиверстов Р. Ю., Гурчин А. Ф., Тышкевич Т. Г., Гурская О. Е. ; заявитель и патентообладатель Селиверстов Р. Ю., Гурчин А. Ф., Тышкевич Т. Г., Гурская О. Е. – № 2011111655/14 ; заявл. 28.03.11 ; опубл. 20.06.13, Бюл. № 17.

References

1. Ordynskaia T.A., Poruchikov P.V., Ordynskii V.F. (2008). *Volnovaia terapiia [Wave therapy]*. Moscow, 496 p. [in Russian].

2. Holovacheva T.V., Kirichuk V.F., Ushakov V.Iu., Troitskii V.V., Semenova S.V. (1994). Primeneniie elektromahnitnykh voln millimetrovoho diapazona v kompleksnom lechenii bolnykh OIM [The use of millimeter-wave electromagnetic waves in the complex treatment of patients with acute myocardial infarction]. *Sovremennyie problemy meditsinskoi nauki – Modern Problems of Medical Science*. Arkhangelsk: Izdatelstvo SHMU, chapter 2, pp. 37–39 [in Russian].

3. Lebedeva A.Yu. (2002). Itohi i perspektivnyie primeneniia millimetrovykh voln v kardiolohii [Results and promising applications of millimeter waves in cardiology]. *Millimetrovyie volny v biolohii i meditsine – Millimeter Waves in Biology and Medicine*, № 1, pp. 21–24 [in Russian].

4. Istomina I.S. (2012). KVCh-terapiia v klinicheskoi praktike [EHF-therapy in clinical practice]. *Fizioterapiia, balneolohiia i reabilitatsiia – Physiotherapy, balneology and rehabilitation*, № 2, pp. 38–45 [in Russian].

5. Holant M.B., Savostianova N.A. (1989). Radioelektronnoie obosnovaniie vozmozhnosti ispolzovaniia KVCh-heneratorov, rabotaiushchikh na odnoi i toi zhe chastote, dlia lecheniia mnohikh zabolevanii [Radioelectronic substantiation of the possibility of using EHF generators operating at the same frequency for the treatment of many diseases]. *Elektronnaia tekhnika. Seriia Elektronika SVCh – Electronic Equipment. Microwave Electronics Series*, issue 6 (420), pp. 48–53 [in Russian].

6. Lebedeva N.N., Kotrovskaia T.I. (2003). Eksperimentalno-klinicheskiie issledovaniia v oblasti biolohicheskikh effektov millimetrovykh voln [Experimental and clinical research in the field of biological effects of millimeter waves]. *Millimetrovyie volny v biolohii i meditsine – Millimeter Waves in Biology and Medicine*, № 29, pp. 20–43 [in Russian].

7. Istomina I.S., Dovhaniuk A.P., Bizhek M.Kh. (2006). Primeneniie fizicheskikh faktorov v lechenii zabolevanii serdechno-sosudistoi sistemy [The use of physical factors in the treatment of diseases of the cardiovascular system]. Proceedings from *Meditsinskaia reabilitatsiia bolnykh s patolohiei oporno-*

dvihatelnoi i nervnoi sistem: nauch.-prakt. konf. – Medical Rehabilitation of Patients with Pathology of the Musculoskeletal and Nervous Systems: scientific-practical. conf. Moscow, pp. 247–248 [in Russian].

8. Kirichuk V.F., Malinova L.I., Krenitskii A.P. et al. (2003). *Hemoreolohiia i elektromahnitnoie izlucheniie KVCh-diapazona [Hemorheology and EHF electromagnetic radiation]*. Saratov: SHMU, 126 p. [in Russian].

9. Malakhov V.A., Arkhipova Ye.A., Nosatov A.V., Fisun A.I. (2017). *Ispolzovaniie elektromahnitnoho izlucheniia KVCh-diapazona v diahnostike i lechenii sosudistykh zabolevanii holovnoho mozha [The use of EHF electromagnetic radiation in the diagnosis and treatment of cerebrovascular diseases]*. Kharkiv: Palmarium, 120 p. [in Russian].

10. Arkhypova K.A., Bilous O.I., Bryuzginova N.V., Fisun A.I., Malakhov V.O., Nosatov A.V. et al. (2015). Role of microwave radiation in self-blood therapy. *Telecommunications and Radio Engineering*, vol. 74, № 14, pp. 1305–1315.

11. Bryuzginova N.V., Bilous O.I., Sirenko S.P., Fisun A.I. (2018). Changes in electrokinetic indices of nuclei in buccal epithelium cells under the influence of millimeter-wave electromagnetic radiation. *Telecommunications and Radio Engineering*, vol. 77, № 3, pp. 263–268.

12. Avshalumov A.S., Filaretov H.F., Sudakov K.V. (2006). Novaia informatsionnaia tekhnolohiia sistemnoi diahnostiki normalnykh i patolohicheski izmenennykh orhanov cheloveka [New information technology for system diagnostics of normal and pathologically changed human organs]. *Meditsinskaia tekhnika – Medical Equipment*, № 3, pp. 13–18 [in Russian].

13. Bessonov A.Ye., Kalmykova Ye.A. (2012). Analizator-indikator millimetrovykh sihnalov s BAT kompiuterizirovannyi «AIS-LIDO» [Computer-based analyzer-indicator of millimeter-wave signals with BAT «AIS-LIDO»]. *Millimetrovyie volny v biolohii i meditsine – Millimeter Waves in Biology and Medicine*, № 2 (66). Retrieved from http://lido.su/nauka-informacionnaja-medicina/vrachu-/32/analizator-indikator-milimetrovovolnovyh-signalov-/.

14. Shakhbazov V.G., Shkorbatov Yu.G. (1994). Patent 2009494 C1 RU GO1 № 33/483. Sposob issledovaniia funktsionalnoho sostoianiia cheloveka [Patent 2009494 C1 RU GO1 № 33/483. A method of studying the functional state of a person]. *Otkrytiia. Izobreteniia – Discoveries. Inventions*, № 5 [in Russian].

15. Shkorbatov Yu.G., Shakhbazov V.G., Navrotskaya V.V. et al. (2002). Application of intracellular microelectrophoresis to analysis of the influence of the low-level microwave radiation on electro-kinetic properties of nuclei in human epithelial cells. Electrophoresis, vol. 23, № 13, pp. 2074–2079.

16. Shakhbazov V.G., Kolupaieva T.V., Nabokov A.L. (1986). Novyi metod opredeleniia biolohicheskoho vozrasta cheloveka [A new method for determining the biological age of a person]. *Laboratornoie delo – Laboratory Science*, № 7, pp. 404–406 [in Russian].

17. Betskii O.V., Lebedeva N.N. (2001). Sovremennyie predstavleniia o mekhanizmakh vozdeistviia nizkointensivnykh millimetrovykh voln na biolohicheskiie obiekty [Modern ideas about the mechanisms of the impact of low-intensity millimeter waves on biological objects]. *Millimetrovyie volny v biolohii i meditsine – Millimeter Waves in Biology and Medicine*, № 3, pp. 5–19 [in Russian].

18. Bilous O.I., Bryuzginova N.V., Sirenko S.P., Fisun A.I. (2016). Efficiency testing of biologically significant effects of millimeter waves. *Telecommunications and Radio Engineering*, vol. 75, № 8, pp. 757–762.

19. Deviatkov N.D., Holant M.B., Betskii O.V. (1991). *Millimetrovyie volny i ikh rol v protsessakh zhiznedeiatelnosti [Millimeter waves and their role in the processes of life]*. Moscow: Radio i sviaz, 168 p. [in Russian].

20. Semenova A.K., Alekseieva O.P., Balchuhov V.A., Kornaukhov A.V., Anisimov S.I., Korkotashvili L.V. (2007). *Patent 2 292 557 C1 RF, MPK G01N 33/84, A61N 5/02. Sposob prohnozirovaniia effektivnosti vozdeistviia nizkointensivnym elektromahnitnym izlucheniiem millimetrovoho diapazona u bolnykh serdechno-sosudistymi zabolevaniiami [A method for predicting the effectiveness of low-intensity electromagnetic radiation of the millimeter range in patients with cardiovascular diseases]*. The VMI FSB of Russia, A. Semenova, O. Alekseeva (patent holder). № 2005113345/15, stated on 03.05.05; published on 27.01.07, Newsletter № 3 [in Russian].

21. Parshina S.S., Kirichuk V.F., Holovacheva T.V., Rebrova T.B., Hrekova N.D. (1993). *Avtorskoie svidetelstvo 1832197A1 USSR, G 01 N 33/50. Sposob opredeleniia individualnoi chuvstvitelnosti k KVCh-terapii [Certificate of authorship. The method of determining individual sensitivity to EHF-therapy]*. № 4903443/14; stated on 18.01.91, published on 07.08.93, Newsletter № 29 [in Russian].

22. Holovacheva T.V., Parshina S.S., Nikolenko V.N., Chernenkov Yu.V., Afanasieva T.N. (2012). Saratovskaia kardiolohicheskaia shkola KVCh-terapii: istoriia razvitiia, dostizheniia, perspektivy [Saratov cardiology school of EHF-therapy: history of development, achievements, prospects]. Proceedings from *Elektromahnitnyie neioniziruiushchiie izlucheniia maloi moshchnosti v klinicheskoi praktike: internet-konferentsiia s mezhdunarodnym uchastiiem – Low-power electromagnetic non-ionizing radiation in clinical practice: an online conference with international participation*. Retrieved from https://medconfer.com/node/1590 [in Russian].

23. Betskii O.V., Deviatkov N.D., Kislov V.V. (1996). Millimetrovyie volny nizkoi intensivnosti v meditsine i biolohii [Low intensity millimeter waves in medicine and biology]. *Zarubezhnaia radioelektronika – Foreign Electronics*, № 12, pp. 3–15 [in Russian].

24. Lukianov V.F., Afanasieva T.N., Romanova O.V. et al. (1991). Primeneniie KVCh terapii pri lechenii razlichnykh patoheneticheskikh variantov hipertonicheskoi bolezni [The use of EHF therapy in the treatment of various pathogenetic variants of hypertension]. Proceedings from *Millimetrovyie volny v meditsine: sbornik materialov Ros. simpoziuma s mezhdunarodnym uchastiiem – Millimeter waves in medicine: a collection of materials of the Russian symposium with international participation*, vol. 1, pp. 71–75 [in Russian].

25. Nosatov A.V. (2018). Optymizatsiia likuvannia dystsyrkuliatornykh entsefalopatii autohemoterapiieiu nadvysokochastotno modyfikovanoiu kroviu [Optimization of the treatment of dyscirculatory encephalopathies by autohemotherapy with ultra-high frequency modified blood]. *Extended abstract of candidate's thesis*. Kharkiv, 20 p. [in Ukrainian].

26. Bilous O.I., Malakhov V.A., Nosatov A.V., Sirenko S.P., Fisun A.I. (2009). *Patent na vynakhid № 90704 Ukraina, N0R7/00, A61K41/00. Prystrii dlia oprominiuvannia biolohichnykh ridyn elektromahnitnymy khvyliamy milimetrovoho diapazonu [Patent for invention № 90704 Ukraine, H0P7/00, A61K41/00. Device for irradiation of biological fluids by millimeter-wave electromagnetic waves]*. O.Ya. Usikov Institute for Radio Physics and Electronics of the National Academy of Sciences of Ukraine (applicant and patent holder). № a2007 10113, stated on 10.09.07, published on 10.03.09, Newsletter № 5 [in Ukrainian].

27. Belous O.I., Fisun A.I., Malakhov V.A., Nosatov A.V., Sirenko S.P. (2008). EHF-autohemotherapy. *Telecommunications and Radio Engineering*, vol. 67, issue 10, pp. 867–874.

28. Seliverstov R.Yu., Hurchin A.F., Tyshkevich T.H., Hurskaia O.Ye. (2013). *Patent № 0002484765 RF, MPK A61B5/0476 A61N5/02. Sposob kontrolia sostoianiia bolnoho entsefalopatiei pri KVCh-terapii [Patent № 0002484765 of the Russian Federation, IPC A61B5/0476 A61N5/02. A method for monitoring the condition of a patient with encephalopathy with EHF therapy]*. Seliverstov R.Yu., Hurchin A.F., Tyshkevich T.H., Hurskaia O.Ye. (applicant and patent holder). № 2011111655/14, stated on 28.03.11, published on 20.06.13, Newsletter № 17 [in Russian].

Н.В. Брюзгинова, В.К. Иванов, В.А. Малахов, С.П. Сиренко, А.М. Стадник

ЦИТОБИОФИЗИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ К СВЧ-ТЕРАПИИ

Разработана и исследована цитобиофизическая методика для определения индивидуальной чувствительности к сверхвысокочастотной терапии в неврологии. Проведено исследование 55 пациентов с диагнозом дисциркуляторной энцефалопатии I и II степеней. Показана неоднозначная реакция клеток буккального эпителия на сверхвысокочастотное излучение. Применение цитобиофизической методики позволяет на клеточном уровне определять индивидуальную чувствительность больного к сверхвысокочастотной терапии на всех этапах лечения.

Ключевые слова: *СВЧ-терапия, электромагнитное излучение, микроэлектрофорез, буккальный эпителий, электроотрицательность ядра.*

N.V. Bruzginova, V.K. Ivanov, V.O. Malakhov, S.P. Sirenko, O.M. Stadnyk

CYTOBIOPHYSICAL TECHNIQUE FOR DETERMINING INDIVIDUAL SENSITIVITY TO EHF-THERAPY

In modern practical medicine, along with pharmacological agents, more and more attention is paid to physiotherapeutic methods. Over the past decades, extremely high-frequency therapy (EHF-therapy) has been widely used. The electromagnetic radiation of the EHF range is used in medicine not only as a therapeutic, but also as a diagnostic tool. At the moment, there are various methods for determining individual sensitivity to EHF-therapy at the cellular level of patients with cardiovascular diseases, although this method of physiotherapy is also successfully used to treat neurological diseases. A cytobiophysical technique was developed and studied to determine individual sensitivity to EHF-therapy in neurology. The technique is based on determining the number of negatively charged nuclei of the patient's buccal epithelium cells before and after exposure to cells of electromagnetic radiation from the EHF range and comparing the obtained parameters to determine individual sensitivity to EHF therapy. The measurements were carried out using buccal epithelium of conditionally healthy donors 24–35 years old of both sexes (n=8), as well as patients with degree I and II degree discirculatory encephalopathy at the age of 41–77 years (n=55) who were hospitalized. A generator of type G4-141 served as a source of EHF radiation, irradiation was carried out at a wavelength of λ=7,1 mm, and a power flux density of 10 mW/cm^2. The cytobiophysical technique allows us to solve the problem of individualization in the case of EHF-therapy, since the current approaches to the treatment of patients with discirculatory encephalopathy require maximum individualization of treatment and a combination of drug treatment with physiotherapeutic methods of treatment. The cytobiophysical technique is easy to use, non-invasive, painless for the patient, allows you to determine individual sensitivity to EHF-therapy for various pathologies, and also allows you to quickly (study time is 15–20 minutes) to monitor the effectiveness of any type of therapy, including EHF-therapy at all stages of treatment.

Keywords: *EHF-therapy, electromagnetic radiation, microelectrophoresis, buccal epithelium, electrophoretic mobility of cell nucleis.*

Надійшла 14.05.19

Відомості про авторів

Брюзгінова Наталія Володимирівна – молодший науковий співробітник відділу твердотільної електроніки Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України.

Адреса: Україна, 61085, м. Харків, вул. Ак. Проскури, 12, ІРЕ НАНУ.

Тел.: +38(050)262-26-81.

E-mail: nbruzginova@gmail.com.

ORCID: https://orcid.org/0000-0002-7938-5139.

Іванов Віктор Кузьмич – доктор фізико-математичних наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу дистанційного зондування Землі Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України.

Адреса: Україна, 61085, м. Харків, вул. Ак. Проскури, 12, ІРЕ НАНУ.

Тел.: +38(057)763-43-96.

E-mail: ivanov@ire.kharkov.ua.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-5264-9440.

Малахов Володимир Олександрович – доктор медичних наук, професор, завідувач кафедри медичної реабілітації, спортивної медицини та лікувальної фізкультури ХМАПО.

Адреса: Україна, 61176, м. Харків, Салтівське шосе, 266, Міська клінічна лікарня № 7.

Тел.: +38(057)711-75-01.

E-mail: lfk@med.edu.ua.

ORCID: https://orcid.org/0000-0001-7624-3349.

Сіренко Світлана Петрівна – провідний інженер-дослідник відділу твердотільної електроніки Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України.
Адреса: Україна, 61085, м. Харків, вул. Ак. Проскури, 12, ІРЕ НАНУ.
Тел.: +38(057)763-43-08.
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-4648-1068.

Стадник Олександр Михайлович – кандиат фізико-математичних наук, старший науковий співробітник відділу дистанційного зондування Землі Інституту радіофізики та електроніки ім. О.Я. Усикова НАН України.
Адреса: Україна, 61085, м. Харків, вул. Ак. Проскури. 12, ІРЕ НАНУ.
Тел.: +38(057)763-43-25; +38(067)573-87-37.
E-mail: ostadnyk@ire.kharkov.ua.
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6952-6380.