

характеру впливу показників вологості, тиску та інших параметрів середовища на теплообмін, оскільки на опромінюваній ділянці температура не встигає знизитись до початкового рівня перед наступним опроміненням.

Література

1. Гираев К. М. Оптические исследования биотканей: определение показателей поглощения и рассеяния / К. М. Гираев, Н. А. Ашурбеков, О. В. Кобзев // Письма в ЖТФ. – 2003. – том 29, вып. 21. – С. 48.
2. Дунаев А. В. Контроль поглощаемой в эпидермисе мощности лазерного излучения при при низкоинтенсивной лазерной терапии / А. В. Дунаев, С. Ф. Корндорф // Вестник новых медицинских технологий. – 2002. – Т. IX, № 4. – С. 63.
3. Барун В. В. Аналитический подход к описанию нагрева многокомпонентных биологических тканей лазерным пучком / В. В. Барун, А. П. Иванов // Квантовая электроника. – 2004. – №11 (34). – С. 1069.
4. Информатика. Книга 2. Основы медицинской информатики: учебник / В. И. Чернов, И. Э. Есауленко, М. В. Фролов и др. – М.: Дрофа, 2009. – 205 с. – С. 98 – 100.
5. Вейко В. П., Шахно Е. А. Сборник задач по лазерным технологиям. Изд. 3-е, испр. И дополн. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2007. – С. 8 – 11, 30 – 32.
6. Патент на корисну модель № 70980, Україна, МПК А61N 5/067. Апарат лазерного опромінення крові / Терещенко М. Ф., Якубовський С. П. Заявка №u 2012 00420 від 16.01.2012. Опубл. 25.06.2012. Бюл. № 12/
7. Якубовський С. П. Апарат лазерної терапії з системою контролю / С. П. Якубовський, М. Ф. Терещенко // Зб. тез доповідей «Погляд у майбутнє приладобудування», Київ, НТУУ «КПІ». – 2012. – С. 243.

*Надійшла до редакції
25 липня 2012 року*

© Терещенко М. Ф., Якубовський С. П., 2012

УДК 615.471:616-07

ВИДІЛЕННЯ ІНФОРМАТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ФОТОПЛЕТИЗМОСИГНАЛУ ПРИ ВПЛИВІ НА БІОЛОГІЧНИЙ ОБ'ЄКТ МАГНІТОЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ

Тимчик Г. С., Осадчий О. В., Єсипенко О. С.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»
м. Київ, Україна*

Предметом дослідження даної статті є інформативні параметри фотоплетизмосигналу. У процесі дослідження було вибрано фізіологічні сигнали та сформовано простір інформативних ознак, за допомогою яких можна контролювати зміну адаптаційних властивостей організму людини під дією магнітолазерної терапії.

У результаті аналізу фотоплетизмографічного сигналу встановлено, що при виділенні з нього інформативних ознак доцільно використовувати структурні методи аналізу як у часовій, так і в частотній областях. Для аналізу фотоплетизмосигналу в часовій області вибрано кодування фотоплетизмограми п'ятьма точками. На основі такого кодування введений інформативний параметр S, який визначається площею під кривою фотоплетизмограми.

Ведуться подальші дослідження, та планується проведення клінічних досліджень.

Ключові слова: фотоплетизмограма, магнітолазерна терапія, аналіз Фур'є.

Вступ

Проведені дослідження [3] показали, що основною проблемою магнітолазерної терапії (МЛТ) є нерозуміння, яким чином можна перенести результати досліджень *in vitro* на організм людини. Проведене вивчення окремих механізмів біологічної дії МЛТ, вирваних з контексту загальних регулюючих чинників ставить більше питань, ніж відповідей. Відсутність єдиної теорії процесів дії МЛТ на біооб'єкти, яка об'єднує всі відомі ефекти, не дозволяє здійснювати прогноз відносно найбільш значимих параметрів регулювання фізіологічних параметрів живих систем за допомогою МЛТ. Все це, у свою чергу, обмежує розвиток методології МЛТ і вживання методу в клінічній практиці в цілому.

На підставі проведеного аналітичного огляду можна зробити висновок, що контроль зміни адаптаційного статусу організму дозволяє визначити системні реакції на МЛТ, але відсутність надійних аналітичних критеріїв цих реакцій знижує ефективність керування МЛТ [1-4]. Для здобуття таких критеріїв, як показали вітчизняні і зарубіжні учені, може бути використана методика пальцевої фотоплетизмографії [5]. У той же час, сучасні математичні методи та інформаційні технології, спираючись на ідеологію системного підходу, дозволяють вирішувати досліджувані класи завдань з достатньою для практики якістю в умовах нечіткого і неповного опису вихідних даних і при структурі класів, що погано формалізується.

З урахуванням сказаного, метою даної роботи є підвищення ефективності МЛТ за допомогою нечіткого керування інтенсивністю лазерного випромінювання на основі аналізу динаміки структурних і спектральних характеристик фотоплетизмограми.

Постановка задачі

Для досягнення поставленої мети необхідно розробити спосіб керування магнітолазерною терапевтичною дією в процесі проведення фізіотерапевтичної процедури МЛТ, за допомогою якого можна понизити або повністю виключити негативні явища, пов'язані з МЛТ.

Для реалізації способу керування лазерною терапією необхідно вибрати фізіологічні сигнали і сформувані простір інформативних ознак, за допомогою якого можна контролювати зміну адаптаційних властивостей організму людини під впливом МЛТ.

Кодові точки фотоплетизмограми

Інформативні параметри фотоплетизмограми групуються за двома ознаками:

1. По вертикальній осі досліджуються амплітудні характеристики пульсової хвилі, які відповідають анакротичному і дикротичному періоду. Не дивлячись на те, що ці параметри є відносними, їх вивчення в динаміці надає цінну інформацію про силу судинної реакції. У цій групі ознак вивчаються амплітуда

анакротичної і дикротичної хвилі, індекс дикротичної хвилі. Останній показник має абсолютне значення і має власні нормативні показники.

2. По горизонтальній осі досліджуються часові характеристики пульсової хвилі, які надають інформацію про тривалість серцевого циклу, співвідношення і тривалість систоли і діастоли. Ці параметри мають абсолютні значення і можуть порівнюватися з існуючими нормативними показниками. У цій групі параметрів вивчаються тривалість анакротичної фази пульсової хвилі, тривалість дикротичної фази пульсової хвилі, тривалість фази вигнання, тривалість пульсової хвилі, індекс висхідної хвилі, час наповнення, тривалість фази систоли серцевого циклу, тривалість фази діастоли серцевого циклу, час віддзеркалення пульсової хвилі, частота серцевих скорочень [6].

За цими характеристиками, обираються основні кодові точки об'ємного пульсу (рис. 1).

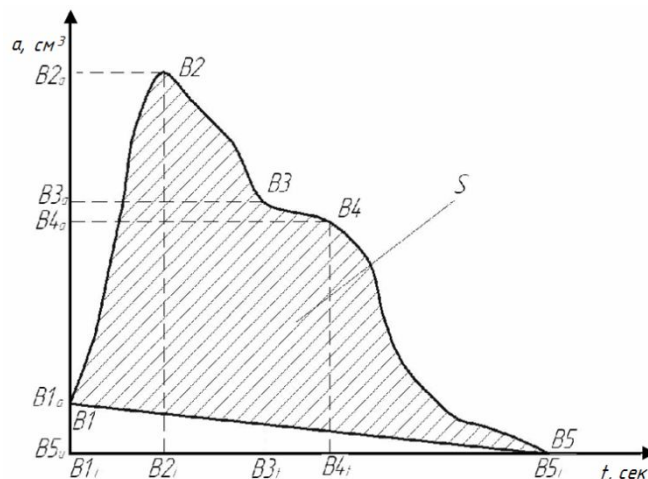


Рис. 1. Основні кодові точки об'ємного пульсу

Точка B1 відповідає початку періоду вигнання періоду систоли, точка B2 відповідає моменту максимального розширення судини у фазу форсованого вигнання, точка B3 відповідає протодіастолічному періоду, точка B4 відповідає початку діастоли, точка B5 відповідає початку кінця діастоли і вказує на завершення серцевого циклу.

На рис.1 можна виділити амплітудні параметри фотоплетизмограми (вісь ординат a) і часові параметри фотоплетизмограми (вісь абсцис t).

Інформативні параметри фотоплетизмограми

Як показав аналіз параметрів фотоплетизмограми, як носії інформації можуть бути використані амплітудні, часові і частотні параметри фотоплетизмограми, тому для дослідження фотоплетизмограми необхідно використовувати комбінацію амплітудних і часових методів аналізу.

В якості амплітудно-часового параметра фотоплетизмограми було запропоновано параметр, що характеризує площу фотоплетизмограми (площа фігури, заштрихованої на рис.1).

- Вимірюється у відносних одиницях.
- Розмірність: (амплітуда) x (час).

Обчислюється за формулою:

$$S = \sum_{i=1}^N \left(a_i - \left(\frac{B5_a - B1_a}{B5_t - 1} \cdot i + B5_a - B5_t \cdot \frac{B1_a - B5_a}{1 - B5_t} \right) \right)$$

де a_i – величина i -го відліку фотоплетизмограми, N – число відліків в аналізованій фотоплетизмограмі в інтервалі $[B1_t, B5_t]$.

Перш ніж приступити до аналізу фотоплетизмограми, виберемо апертуру її аналізу. Виходячи з огляду літературних джерел [7, 8], можна зробити висновок, що задовольняють вимогам хвилі першого, другого і третього порядку. Оскільки хвилі третього порядку спостерігати вельми проблематично, то обмежимося аналізом хвиль першого і другого порядку. Враховуючи, що середня частота коливань, яка відповідає хвилям другого порядку, складає 0,2 Гц, обмежимося апертурою спостереження фотоплетизмограми 30 с, на якій можуть розміститися, в середньому, шість дихальних циклів. Як ілюстрація, яка підтверджує вірність прийнятого рішення, на рис. 2 показаний амплітудний спектр Фур'є у вікні завдовжки 30000 відліків, а на рис. 3 показаний амплітудний спектр Фур'є того ж самого сигналу, але у вікні завдовжки 3000 відліків.

Представлені рисунки показують, що збільшення довжини вікна не має істотного впливу на структуру сигналу.

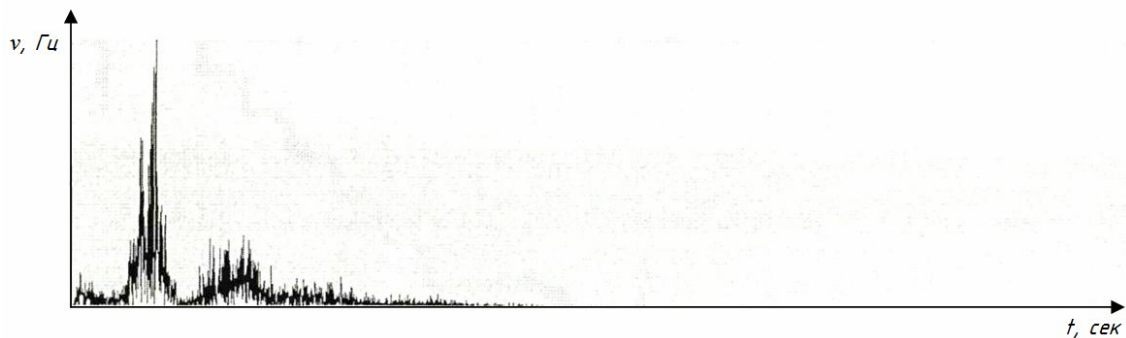


Рис. 2. Амплітудний спектр Фур'є фрагмента фотоплетизмограми (30000 відліків, частота дискретизації 100 Гц)

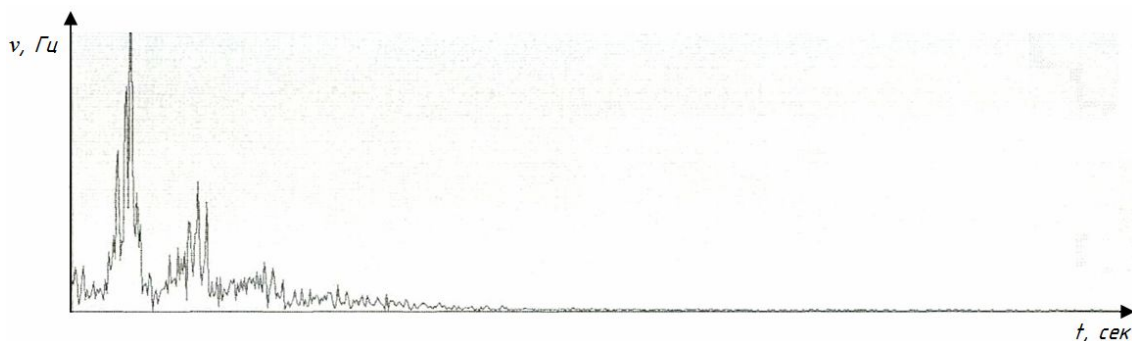


Рис.3. Амплітудний спектр Фур'є фрагмента фотоплетизмограми (3000 відліків, частота дискретизації 100 Гц)

Висновки

В наслідок аналізу фотоплетизмографічного сигналу встановлено, що при видобуванні з нього інформативних ознак доцільно використовувати структурні методи аналізу і в часовій, і в частотній областях.

Для аналізу фотоплетизмосигнала в часовій області вибрано кодування фотоплетизмограми п'ятьма точками. На основі такого кодування введений інформативний параметр S , який визначається площею під кривою фотоплетизмограми.

На основі статистичних досліджень фотоплетизмосигналів та їх спектрів обрано апертуру спостереження фотоплетизмосигналів і частоту їх дискретизації.

Інформативні ознаки необхідно визначати і з часових параметрів, і із спектральних параметрів фотоплетизмосигнала.

Проведені дослідження дозволять автоматизувати та зменшити час для проведення процедури визначення чутливості організму до магнітолазерного опромінення.

Література

1. Гаркави Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия / Л. Х. Гаркави. – М.: Имедис, 1998. – 556 с.
2. Гаркави Л. Х. Адаптационные реакции и резистентность организма / Л. Х. Гаркави. – Ростов-на-Дону, 1990. – 224 с.
3. Загускин С. Л. Лазерная и биоуправляемая квантовая терапия / С. Л. Загускин, С. С. Загускина. – М.: «Квантовая медицина», 2005. – 220 с.
4. Капустина Г. М. Внутрисосудистое облучение крови, механизмы клинической эффективности, побочные действия, показания и противопоказания / Г. М. Капустина, Г. Н. Максюшина, В. В. Малахов // Матер. Междунар. конфер. «Новые направления лазерной медицины». – М., 1996. – С. 230 – 231.
5. Капустина Г. М. Пути индивидуального подбора доз внутривенной лазерной терапии / Г. М. Капустина, Н. И. Сюч, В. Л. Наминов и др. // Совр. возм. лазерн. тер. - Матер. XIV научно-практич. конф. – Великий Новгород, Калуга, 2004. – С. 52 – 62.
6. Халед Абдул Р. С. Способ перехода от категориальных данных к порядковым в экспертных системах медико-биологического назначения / Р. С. Халед Абдул, А. Е. Белозеров, С. А. Филист // Системные исследования в науке и образовании: Сборник научных трудов / Курск. гос. ун-т: МУ». Издательский центр «ЮМЭКС», 2007. – С. 7 – 10.
7. Мошкевич В. С. Фотоплетизмография / В. С. Мошкевич. – М.: Медицина, 1970. – 154 с.
8. Баевский Р. М. Оценка адаптационных возможностей организма и риск развития заболеваний / Р. М. Баевский, А. П. Берсенева. – М.: Медицина, 1997. – 235 с.

*Надійшла до редакції
10 серпня 2012 року*

© Тимчик Г. С., Осадчий О. В., Єсипенко О. С., 2012