

УДК 616.149-008 331.1

ВИБІР ПОКАЗНИКІВ ФОТОПЛЕТИЗМОГРАМИ ДЛЯ КОНТРОЛЮ АДАПТАЦІЙНОГО СТАТУСУ ЛЮДИНИ ПРИ МАГНІТОЛАЗЕРНІЙ ТЕРАПІЇ

Г. С. Тимчик

Доктор технічних наук, професор*
Декан приладобудівного факультету

E-mail: deanpb@kpi.ua

О. В. Осадчий

Асистент*

E-mail: medprilad@ukr.net

М. В. Філіпова

Кандидат технічних наук, доцент*

Зам. декана приладобудівного факультету

E-mail: m.filipova@kpi.ua

А. С. Пономаренко*

E-mail: alyonka888@bigmir.net

А. В. Стецька*

E-mail: annyshkas@bigmir.net

*Кафедра виробництва приладів
Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

В статті висвітлено аспекти використання показників пальцевої фотоплетизмограми для визначення адаптаційного стану людини. Дані розробки можуть бути використані для прогнозування реакцій організму людини до різних видів терапії, що дозволить покращити результати терапевтичних процедур та нададуть можливість встановити ефективні параметри опромінення до проведення магнітолазерної процедури

Ключові слова: фотоплетизмограма, магнітолазерна терапія, пульсова хвиля, хвильовий аналіз, адаптаційний статус

В статье освещены аспекты использования показателей пальцевой фотоплетизмограммы для определения адаптационного состояния человека. Данные разработки могут быть использованы для прогнозирования реакций организма человека к различным видам терапии, что позволит улучшить результаты терапевтических процедур и предоставят возможность установить эффективные параметры облучения к проведению магнитолазерной процедуры

Ключевые слова: фотоплетизмограмма, магнитолазерная терапия, пульсовая волна, волновой анализ, адаптационный статус

1. Вступ

Магнітолазерна терапія використовується лікарями досить широко для лікування багатьох хвороб, але не існує єдиного методу оцінювання ефективності обраних параметрів терапії.

В роботі проведено огляд літературних джерел на наявність аналогічних досліджень і встановлено, що фотоплетизмосигнал розглядався досить широко, але не існувало його прив'язки до магнітолазерної терапії. Тому метою даної роботи є аргументація використання фотоплетизмографії для контролю адаптаційного стану організму людини.

Було проаналізовано параметри фотоплетизмосигналу, та аргументовано вибір необхідних параметрів для визначення адаптаційного статусу людини. Встановлено доцільність використання якісного і хвильового аналізів фотоплетизмограми.

Ці розробки дадуть змогу лікарям проводити магнітолазерні процедури без шкідливих наслідків, за рахунок контролю стану людини в режимі реального часу.

2. Аналіз літературних джерел та постановка проблеми

Основною методологічною проблемою магнітолазерної терапії (МЛТ) є адекватність перенесення результатів досліджень *in vitro* на організм людини [1]. Вивчення окремих механізмів біологічної дії МЛТ, відокремлених з контексту загальних регулюючих чинників ставить низку питань

Відсутність єдиної теорії механізмів дії МЛТ на біоб'єкти, яка б об'єднувала всі відомі ефекти, не дозволяє здійснювати прогнозування впливу за допомогою найбільш вагомих параметрів регулювання фізіологічних параметрів живих систем. Все це, у свою чергу, обмежує розвиток методології МЛТ та поширення використання методу в клінічній практиці медичних установ.

Останнім часом значний інтерес приділяється вивченню ритмічної структури біосигналів як відбиття внутрішніх регуляторних механізмів організму. Наявність досить багато експериментальних даних по діагностичній значущості параметрів коливальних компонент біологічних сигналів стосовно оцінки стану

організму людини, включаючи як завдання медичної діагностики, так і завдання оцінки функціонального стану людини-оператора. Проте дослідження в цій області ще далекі до завершення [2].

При використанні ряду автоматизованих систем і комплексів, наприклад, діагностичних користувач (оператор) часто стикається з аналізом великої кількості параметрів, що істотно знижує оперативність прийняття рішень. Така проблема виникає, наприклад, перед біологами, лікарями, ветеринарними фахівцями, які працюють з великим числом біооб'єктів. Тому при створенні таких систем постає завдання обмеження інформаційного навантаження на оператора за рахунок виділення найбільш важливих параметрів, з якими він надалі і працює. Однак при вирішенні даної задачі нерідко виникає проблема порівняння різнорідних параметрів, що мають різну природу [3].

Метою даної роботи є аргументація використання фотоплетизмографії для контролю адаптаційного стану організму людини, що дасть змогу лікарю обирати ефективні параметри магнітолазерної процедури, базуючись на даних пульсоксиметра.

3. Аналітичний огляд фотоплетизмограми

Проведений аналітичний огляд дозволяє визначити системні реакції на МЛТ, за наявності контролю зміни адаптаційного стану організму, але відсутність аналітичних критеріїв оцінки реакцій знижує ефективність керування режимами МЛТ. Для визначення даних критеріїв, може бути використана методика пальцевої фотоплетизмографії. В той же час, сучасні математичні методи і інформаційні технології, спираючись на ідеологію системного підходу, дозволяють вирішувати поставлені завдання з достатньою для практики якістю в умовах нечіткого і неповного опису вихідних даних з поганою формалізацією структури класів [4, 5].

4. Опис фотоплетизмограми

Для якісного аналізу фотоплетизмограми її апроксимують кривою, що складається з двох компонентів гаусової форми (рис. 1) [6].

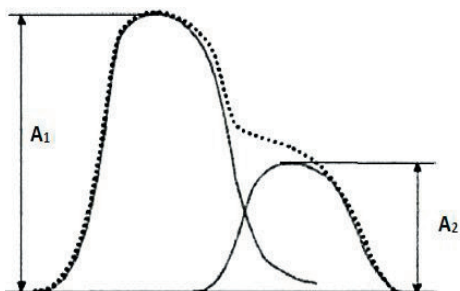


Рис. 1. Форма циклу пульсової хвилі: A_1 відповідає анакротичному періоду, A_2 — дикротичному

Перший пік A_1 пульсової хвилі, який відповідає анакротичному періоду пульсової хвилі, утворюється в період систоли та відповідає ударному об'єму крові при серцевому викиді, надаючи таким чином непрямі відомості про ступінь інотропного ефекту.

Другий пік A_2 пульсової хвилі, який відповідає дикротичному періоду пульсової хвилі, утворюється за рахунок віддзеркалення об'єму крові від аорти і великих магістральних судин, й частково відповідає періоду діастоли серцевого циклу, тобто надає інформацію про тонус судин.

Вершина пульсової хвилі відповідає найбільшому об'єму крові, а її протилежна частина - найменшому об'єму крові в досліджуваній ділянці тканини. Форма (контур) пульсової хвилі залежить від еластичності судинної стінки, частоти пульсу, об'єму досліджуваної ділянки тканини, площі просвіту судин. Вважається, що частота і тривалість пульсової хвилі залежить від особливостей роботи серця, а величина і форма її піків — від стану судинної стінки [1].

4.1. Оцінка форми пульсових хвиль

Кількісні показники не надають вичерпну інформацію про характер фотоплетизмограми. Важливе значення має якісна оцінка форми пульсових хвиль, що часто має вирішальне значення. При аналізі форми пульсових хвиль застосовуються терміни, запозичені з клінічної практики, такі, як *pulsus tardus*, *pulsus celer* [7].

Підвищений периферичний опір, а особливо у хворих аортальним стенозом, формує контур пульсових хвиль, що відповідає *pulsus tardus*, тобто підйом пульсової хвилі пологий, нерівномірний, вершина зміщується до кінця систоли (рис. 2, а).

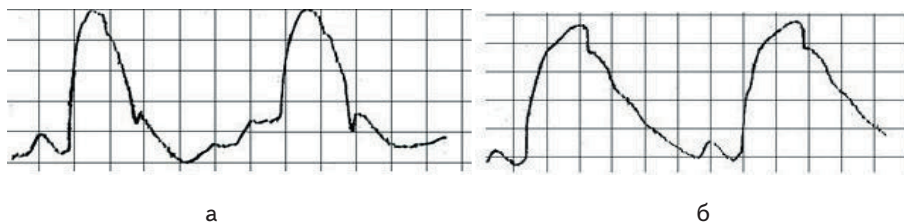


Рис. 2. Типові форми пульсової хвилі: а — типу *pulsus tardus* при підвищеному периферичному опорі; б — типу *pulsus celer* при зниженому периферичному опорі

Низький периферичний опір та великий викид систоли, утворює пульсові хвилі, які мають вигляд *pulsus celer*: крутий підйом пульсової хвилі, швидке зниження і малопомітну інцизуру (рис. 2, б).

Між локалізацією інцизури, величиною периферичного опору і пружним станом артерій відмічається визначена залежність: при зниженій еластичності судин інцизура наближається до вершини, а при вазодилатації не виходить за межі нижньої половини пульсової кривої [7].

Відхилення загальної або локальної гемодинаміки можна відстежити за допомогою паталогічних ознак форми пульсових хвиль, показаних на рис 3.

На рис. 3, а зображена фотоплетизмограма здорової людини. При використанні одиночних ознак найбільш інформативні (рис. 3, б, рис. 3, г), оскільки у здорових людей вони повністю відсутні, частота їх прояву 66,7%

і 53,3 % відповідно. Найбільш значима для діагностики захворювань є ознака (рис. 3, в), що зустрічається з частотою 86,7 %, але в 10 % випадків він реєструється також і у здорових людей. Для підвищення значимості діагностики слід використовувати всі 4 ознаки.

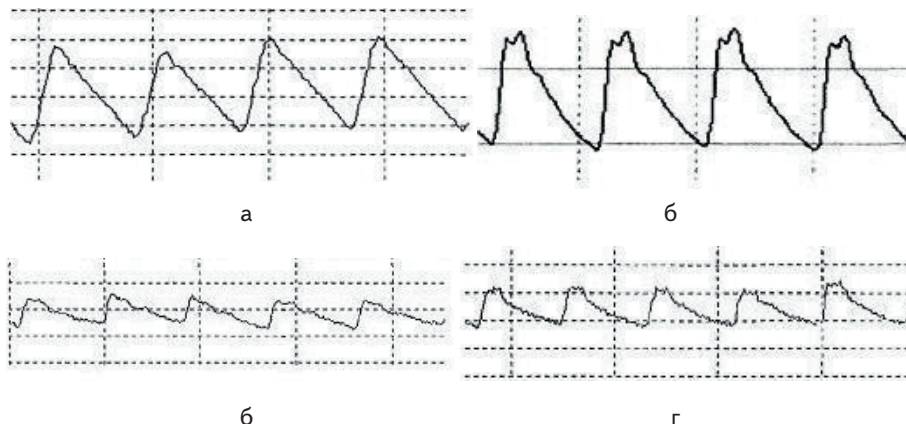


Рис. 3. Паталогічні ознаки пульсових хвиль: а – слабо виражений або дуже високо піднятий дикротичний зубець; б – слабо виражений і високо піднятий дикротичний зубець; в – низхідна частина пульсової хвилі більш полого, у порівнянні з висхідною ділянкою; г – збільшена тривалість анакротичної фази пульсової хвилі

Крім того, при аналізі фотоплетизмограм необхідно враховувати наступні патологічні відхилення:

- відсутність дикротичного зубця (вказує на наявність атеросклерозу, гіпертонічної хвороби) (рис. 4);
- відмінність значень об'ємного пульсу на руках і ногах (вказує на коарктацію аорти);
- дуже великий об'ємний пульс (може свідчити про незарощену боталлову протоку);
- при облітеруючому ендартериті амплітуда пульсових хвиль знижена на всіх пальцях ураженої кінцівки;
- при проведенні функціональної проби із зміною положення кінцівки у хворих в початковій фазі облітеруючого ендартериту різко знижений судинорозширювальний ефект при підйомі ноги (невисока амплітуда пульсових хвиль) і значно виражений судинозвужувальний ефект при опусканні ноги;

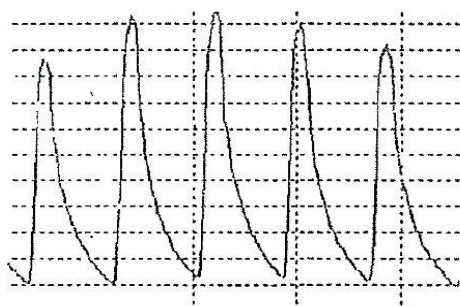


Рис. 4. Фрагмент фотоплетизмограми за відсутність дикротичної хвилі на пульсограмі у хворій цукровим діабетом

- при проведенні функціональної проби зі зміною положення кінцівки у хворих з облітеруючим атеросклерозом у стадії субкомпенсації при опусканні кінцівки амплітуда пульсових хвиль значно зменшується.

4. 2. Хвильовий аналіз фотоплетизмограм

Хвильову структуру фотоплетизмограми вперше спостерігав Ahern E. A., у 1949 р. Використовуючи модифіковану камеру імплантовану у вуха кролика і бінокулярний мікроскоп, забезпечений перехідником, на якому можна укріплювати фото- або кінокамеру, а також фотографічну камеру з розтягнутими мішками і фокусуванням зображення на матовому склі, автори записали мікроплетизмограми окремого сегменту мікроциркуляторного ложа і одиничних артерійол та венул (Asano, Yoshida, Tatai, 1965) [7].

Ці зміни послідовно мали чотири фази: повну дилатацію, початкову констрикцію, повну констрикцію і початкову дилатацію. Основна частота коливань кровонаповнення складала 1 – 3 в хвилину (α -хвилі). Одночасно були зареєстровані і інші частоти

коливань: 4 – 8 (β -хвилі), 8 – 12 (γ -хвилі), 0,5 і менше в хвилину (ω -хвилі).

Надалі методику фотоелектричної мікроплетизмографії застосували для реєстрації кровонаповнення мікросудин, які спостерігались в титановій камері, імплантованій в шкірну складку плеча людини [8]. Дослідження було проведене на добровольцях (студентах-медиках).

У експериментах використовували телевізійну мікроскопію і відеозапис. Одночасно записували кровонаповнення і швидкості кровотоку в мікросудинах (Asano, Branemark, 1970, 1971). Дослідження показали, що в мікросудинах людини виявлено ритмічне коливання кровотоку, яке реєструвалось у вигляді кривої, що має різну частоту хвиль [9]. Окрім частот α , β , γ і ω , в деяких випадках реєстрували пульсаторні (50 – 70 коливань за хвилину) і дихальні (10 – 20 коливань за хвилину) хвилі. Розподіл різних хвиль по частоті виявлення в експериментах був наступним: α - хвилі – в 100 % вимірів, β – у 65 %, γ – в 60 %, ω – в 45 %. Близький розподіл частот спостерігався і у вушній камері кролика: α – в 100 %, β – в 81 %, γ – в 63 % і ω 13 % випадків. Ритмічні коливання діаметру мікросудин і кровонаповнення протікали у відмічених вище чотирьох фазах.

Хвилі, які доцільно використовувати для виділення інформативних ознак фотоплетизмограми для оцінки адаптаційних статусів людини, прийнято називати хвилями першого, другого і третього порядків (рис. 5).

Хвилі другого і третього порядку відносяться до повільних коливань. Хвилі 1-го порядку - це швидкі хвилі, які співвідносяться з пульсом, та відображають рух об'єму та зміни тиску крові у точці вимірювання під час систоли і діастолі [10, 11].

Відмічений антагонізм між хвилями 3 і 2 порядків – на пульсограмі завжди присутній лише один з цих типів [12, 13].

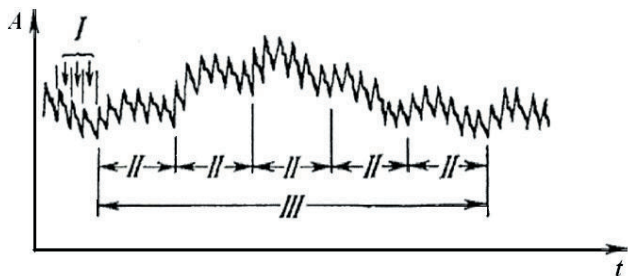


Рис. 5. Фотоплетизмограма, яка відображає хвилі першого порядку або об'ємний пульс (I), хвилі другого порядку (II), які співпадають з дихальними хвилями, і хвилі третього порядку (III), які мають період декількох дихальних хвиль

Під час проведення дослідів використовувалась експериментальна установка, до якої входить пульсоксиметр «ЮТАСОКСІ-200» та апарат для ультразвукової та магнітолазерної терапії «МІТ-11» (рис. 6).



Рис. 6. Експериментальна установка

Отримані дані попередні, для їх остаточного підтвердження потрібно виконати велику кількість дослідів, що дасть змогу зробити адекватний порівняльний аналіз [14, 15].

5. Висновки

Під час проведення попередніх досліджень було отримано дані (фотоплетизмограми) які оброблялись і на базі їх аналізу можливо рекомендувати показники за якими визначати адаптаційний статус людини, тобто сприйнятливості людиною того чи іншого типу опромінення. Це дасть змогу лікарям ще до проведення магнітолазерної процедури встановити ефективні параметри опромінення. Як було описано вище, доцільно обирати інформативними параметрами фотоплетизмограми, хвилі першого порядку (I), об'ємний пульс, хвилі другого порядку (II), період дихальних хвиль та хвилі третього порядку (III), коливання з більшим періодом ніж період дихальних хвиль [10, 11]. Всі ці параметри в комплексі дають змогу спостерігати зміну адаптаційного стану людини при проведенні фізіотерапевтичних процедур, а саме магнітолазерної терапії. На даний час автори розробляють алгоритм, який буде працювати в режимі реального часу і реєструвати зміну адаптаційного

стану людини, та можливо буде керувати магнітолазерним опроміненням, так щоб під час процедури корегувати параметри опромінення, та підібрати найоптимальніші режими опромінення.

Література

1. Павлов, С. Біомедичні оптико-електронні інформаційні системи і апарати. Ч. 1 – Неінвазивні методи діагностики серцево-судинної системи [Текст] : навч. пос. / С. Павлов, В. Кожем'яко, В. Петрук та ін. – Вінниця: ВДТУ, 2003. – 115 с.
2. Десова, А. А. Принципы формирования диагностически значимых признаков ритмической структуры пульсового сигнала [Текст] / А. А. Десова, Ю. С. Легович, О. С. Разин // Проблемы управления. – 2006. – № 1. – С. 69–75.
3. Алексеев, В. А. Выделение приоритетных параметров для базы данных пульсовых кривых [Текст] / В. А. Алексеев, А. А. Дюпин, С. И. Юран // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 4. – С. 253–257.
4. Галкин, М. Кардиодиагностика на основе анализа фотоплетизмограмм с помощью двухканального плетизмографа [Текст] / М. Галкин, Г. Змиевской, А. Ларюшин, В. Новиков // ФОТОНИКА. – 2008. – № 3. – С. 30–35.
5. Малиновский, Е. Л. Возможности тест-прогнозирования индивидуальной реакции организма больных на воздействие низкоинтенсивной лазерной терапии [Текст] : матер. XV науч.-прак. конф. / Е. Л. Малиновский, А. В. Картелишев, А. Р. Евстигнеев // Современные возможности лазерной медицины и биологии. – Великий Новгород, 2005. – С. 146–159.
6. Малиновский, Е. Л. Цель, материалы и методы исследования. Оптимизация режимов физиотерапевтических процедур с использованием методики пальцевой фотоплетизмографии [Электронный ресурс] / Е. Л. Малиновский. – Оптимизация режимов физиотерапевтических процедур с использованием методики пальцевой фотоплетизмографии. Корпорация «Токран», 2007. – 2 с. – Режим доступа : http://www.tokranmed.ru/litra/optiphtherapy_2.htm.
7. Мошкевич, В. С. Фотоплетизмография [Текст] / В. С. Мошкевич. – М.: Медицина, 1970. – 154 с.
8. Халед Абдул, Р. С. Метод синтеза модуля нечеткого вывода для трехмерного признакового пространства [Текст] / Р. С. Халед Абдул, С. А. Филлист // Вестник новых медицинских технологий. – 2006. – Т. 13, № 2. – С. 55–56.
9. Гаркави, Л. Х. Антистрессорные реакции и активационная терапия [Текст] / Л. Х. Гаркави. – М.: Имедис, 1998. – 556 с.
10. Халед Абдул, Р. С. Способ перехода от категориальных данных к порядковым в экспертных системах медико-биологического назначения [Текст] / Р. С. Халед Абдул, А. Е. Белозеров, С. А. Филлист // Системные исследования в науке и образовании: Сборник научных трудов. – 2007. – С. 7–10.

11. Рифтин, А. Д. Оценка функциональных резервов организма на основе анализа сердечного ритма по результатам пробы с дозированной физической нагрузкой [Текст] / А. Д. Рифтин // Физиология человека. – 1991. – Т. 17, № 6. – С. 133–137.
12. Милохов, К. В. Оценка эффективности влияния лазерного излучения на кровообращение тканей по показателям фотоплетизмографии [Текст] / К. В. Милохов, Е. П. Бугай // В кн. Лазеры в хирургической стоматологии. – 1982. – С. 17–20.
13. Десова, А. А. Портативная компьютерная система регистрации, обработки и хранения пульсовых сигналов [Текст] / А. А. Десова, А. А. Дорофеюк, Д. Ю. Максимов // Датчики и системы. – 2008. – № 4. – С. 29–32.
14. Кулаичев, А. П. Компьютерный контроль процессов и анализ сигналов [Текст] / А. П. Кулаичев. – М.: Информатика и компьютеры, 2002. – 291 с.
15. Юран, С. И. Системный подход к регистрации и обработке фотоплетизмограмм [Текст] / С. И. Юран // Вестник ИжГСХА. – 2006. – № 1. – С. 27–29.

Описано формування загальної схеми комп'ютерно-інтегрованої системи управління електродуговою півцю, розглядаючи її як елемент вузла обслуговування системи масового обслуговування з відмовами. Запропоновано розглядати такі системи у вигляді ієрархічних двох - або трирівневих, і рекомендовані кілька варіантів програмно-апаратного забезпечення. Описаний підхід до формування схеми забезпечує можливість реалізації алгоритму оптимального управління електродуговою плавкою на всіх етапах технологічного процесу

Ключові слова: комп'ютерно-інтегрована система управління, технічні засоби, система автоматизації

Описано формирование общей схемы компьютерно-интегрированной системы управления электродуговой плавкой, рассматривая её как элемент узла обслуживания системы массового обслуживания с отказами. Предложено рассматривать такие системы в виде иерархических двух- или трехуровневых, и рекомендованы несколько вариантов программно-аппаратного обеспечения. Описанный подход к формированию схемы обеспечивает возможность реализации алгоритма оптимального управления электродуговой плавкой на всех этапах технологического процесса

Ключевые слова: компьютерно-интегрированная система управления, технические средства, система автоматизации

УДК 681.5:519.24

КОМПЬЮТЕРНО-ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭЛЕКТРОДУГОВОЙ ПЛАВКИ

Д. А. Дёмин

Доктор технических наук, профессор
Кафедра литейного производства
Национальный технический университет
«Харьковский политехнический институт»
ул. Фрунзе, 21, г. Харьков, Украина, 61002
E-mail: c7508990@gmail.com

1. Введение

Вопросы глубокой модернизации плавильных участков литейных цехов на сегодня являются одними из приоритетных при решении задач комплексной автоматизации технологических процессов литейного производства. Однако реализация возможных программ модернизации неизбежно связана с необходимостью преодоления большого количества трудностей – начиная от грамотных проектно-технических и организационных решений, и заканчивая «человеческим фактором». На каждом из этапов решения задач комплексной автоматизации возникают свои «локальные» сложности, тем более, учитывая то обстоятельство, что литейное производство вообще и процессы

плавки, в частности, относятся к категориям плохо формализуемых и трудно автоматизируемых. Последнее объясняется все той же плохой формализуемостью и тяжелыми условиями эксплуатации оборудования и реализации технологических процессов в литейных цехах. Даже выбор технических средств систем автоматизации весьма неоднозначен, ибо процедуре выбора должен предшествовать учет запыленности и загазованности на плавильных участках, высоких температур в зоне электропечей, наличия в атмосфере абразива и т. д.

Так как значительная часть современных литейных и металлургических цехов оснащена электродуговыми печами, актуальной представляется разработка общих принципов формирования комплектации систем авто-