

РОЗРОБКА ЕКСПРЕС-МЕТОДУ ДІАГНОСТИКИ БОЛЬОВОЇ РЕАКЦІЇ ЛЮДИНИ

Львівський національний медичний університет ім. Д. Галицького (м. Львів)

*Національний університет «Львівська політехніка» (м. Львів)

Наукове дослідження є фрагментом комплексної наукової теми кафедри хірургічної стоматології та щелепно-лицевої хірургії Львівського національного медичного університету ім. Д. Галицького «Оптимізація діагностично-лікувального процесу хворих із кістковими і м'якотканинними дефектами та деформаціями різної етіології, травматичними і запальними ураженнями щелепно-лицевої ділянки», № державної реєстрації 0106U12671. Шифр роботи: ІН10.01.001.10.

Вступ. Дослідження реакцій людського організму на біль є складною, ще не повністю вирішеною проблемою. На сьогоднішній день, в умовах клініки переважно застосовують суб'єктивні методи оцінки болю, які за своєю природою є вербально – знаковими: візуально – аналогова, візуально-рангова, вербально – рангова шкали та інші [1]. Однак, пацієнти можуть по-різному оцінювати свої відчуття, що виникають при появі больового синдрому. Це в значній мірі залежить від їх психоемоційного стану [4, 7]. При стресі, що нерідко супроводжується пригніченням, тривогою, страхом, депресією хворі неадекватно оцінюють біль – одні можуть занижувати його вплив, інші – схильні гіперболізувати. Це ускладнює реальну оцінку інтенсивності болю, тому значна увага приділяється розробці об'єктивних методів його діагностики – алгометричним, які враховують її компоненти: сенсорний, вегетативний, руховий, психоемоційний. Інформативним методом вивчення вегетативної реакції людини є пупілометрія – діагностика розмірів зіниці ока [5, 8]. Як відомо, підвищення активності симпатичної іннервації викликає розширення зіниці, тоді як їх звуження свідчить про підвищення тону парасимпатичної. Психоемоційна напруга, страх, больові подразники викликають розширення зіниці (симптом Парро-Робертсона) [9]. Як об'єкт вивчення нами був вибраний зіничний рефлекс, як найбільш доступний об'єкт, «відкритий» для прямого неінвазивного дослідження стану центральної нервової системи (ЦНС). Реакція зіниць на больовий подразник є безумовним рефлексом, непіддатливим контролю з боку кори головного мозку, а значить, і свідомості. В той же час це унікальний і чутливий індикатор широкого спектру фізіологічних процесів, залежних від стану симпато-парасимпатичного балансу. Перевагою пупілометрії, на відміну

від більшості традиційних методів, є не тільки реалізація об'єктивної і кількісної оцінки функціонального стану вегетативної нервової системи (ВНС), а й можливість скринінгового дослідження психофізіологічного стану хворих. Реалізація цього методу дослідження з використанням адекватних підходів до кількісної оцінки функціонального стану ВНС шляхом реєстрації окулодинамічних параметрів, безумовно, є актуальною, бо спрямована на вирішення важливого завдання клінічної медицини – оцінку індивідуальних особливостей регуляторних процесів організму людини в умовах больового стресу.

Мета дослідження. Розробити об'єктивний експрес-метод діагностики больової реакції людини шляхом реєстрації зіничного рефлексу за допомогою комп'ютерно-програмного забезпечення.

Об'єкт і методи дослідження. Для отримання відеопотоку із зображенням ока в умовах реального часу використано загальнодоступний електронний портативний мікроскоп Sigeta Gam-01 (Тайвань), який підключається до ноутбука через USB інтерфейс. Відеоряд, який надається електронним мікроскопом, складається з послідовності кадрів із зображенням ока. Кадри надходять із частотою 20 кадрів/с, що дозволяє вимірювати діаметр зіниці кожних 500 мс. Для визначення діаметру зіниці ока здійснювався її пошук у відеопотоці, тобто вона виділялася поміж другорядних об'єктів (інших частин людського ока). Зокрема, зіниця істотно відрізняється за яскравістю від райдужної оболонки. Значення градієнта на її межі (окружності) є більшими від показників цієї величини в райдужній оболонці. Це дало змогу шукати зіницю як темний круг на світлому зображенні. Було застосовано бінаризацію (індексування зображення з палітрою із двох кольорів) кадру, для відокремлення темних (зіниці) та світлих (райдужка) частин ока. З метою покращення точності розпізнавання зіниці запропоновано алгоритм пошуку круга на базі теореми Фалеса стосовно прямокутного трикутника, вписаного в коло [6]. Ця теорема стверджує, що гіпотенуза прямокутного трикутника, який вписаний у коло, є діаметром цього кола, а її середина є центром кола.

Алгоритм складається з наступних кроків:

1. Бінаризація зображення (для істотного відсіювання другорядних об'єктів на зображенні).

2. Пошук базових точок за масками (тобто виділення точок, які потенційно є краями круга у різних чвертях).

3. Визначення центру круга та його діаметру.

4. Для створення якомога гнучкішого програмного продукту, вирішено реалізувати його об'єктно орієнтованою мовою програмування – С#, використовуючи середовище програмування Microsoft Visual Studio 2012 [3].

Результати досліджень та їх обговорення. У процесі бінаризації початкове зображення, що має велику кількість рівнів яскравості, перетворюється в чорно-біле зображення, пікселі якого мають тільки два значення – 0 і 1. Бінаризація зображення дуже важлива складова алгоритму, адже на даному етапі проводиться поділ зображення на окремі зони. Зони, із значенням пікселів 1, можуть бути як шумами, так і шуканою зіницею ока. Серед існуючих способів порогової обробки зображення вибрано бінаризацію з подвійним обмеженням. Цей метод бінаризації приймає зони з середнім рівнем яскравості пікселів, як шуми та сторонні об'єкти, а зони з високим та низьким рівнем яскравості пікселів вважаються зонами в яких розміщений шуканий круг (зіниця). Параметри бінаризації задає користувач, в залежності від зовнішнього освітлення. Внаслідок процесу бінаризації отримується зображення, на якому чітко видно де може бути розміщений шуканий круг. Після того, як зони, які потенційно можуть бути шуканим кругом, виділені, проводиться пошук базових точок за масками (**рис. 1**). Вдається отримати чотири множини координат точок, які можна схематично зобразити так:

Для визначення центру круга та його діаметру використовується алгоритм, побудований на теоремі Фалеса. Ця теорема стверджує, що гіпотенуза прямокутного трикутника, який вписаний в коло, є діаметром цього кола, а її середина є центром кола (**рис. 2**).

Таким чином, перебравши всі базові точки, отримується нова множина ймовірних центрів круга, та його діаметрів. При чому шуканий центр круга буде в точці, де насиченість ймовірних центрів найбільша.

Розроблено зручний користувацький інтерфейс. Головне вікно програми умовно поділено на 4 області: 1. Область відображення відеоінформації. В верхньому правому куті цієї області розміщені кнопки, одна з яких призначена для виклику діалогового вікна в якому можна вибрати один видів постачальників відеопотоку (камера або відеофайл). При натисканні на другу кнопку, користувачу надається можливість налаштувати параметри бінаризації, директорію для збереження відеопотоку, тощо. 2. Область пупілограми, де виводиться графік зміни розміру зіниці ока в часі. Тут також є кнопки для збереження пупілограми, та налаштування її представлення (колір кривої, довжина часової осі, тощо). 3. Область відображення числових даних, де подано поточні числові показники відхилення амплітуди пупілограми та відхилення діаметру при якому можна вважати, що біль – наявна. 4. Область управління

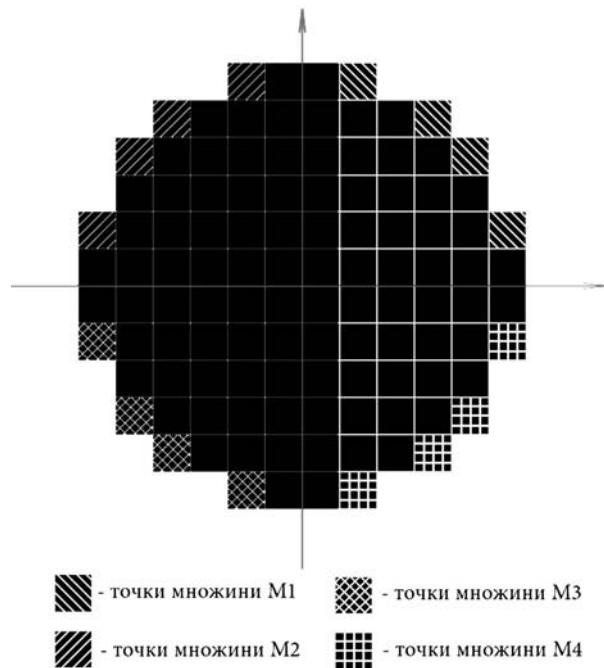


Рис. 1. Точки, знайдені за масками.

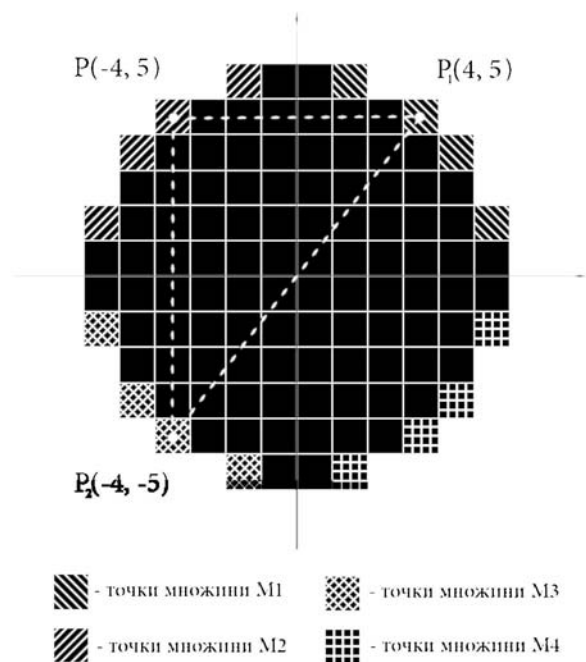


Рис. 2. Приклад пошуку центра круга.

Примітка: Відрізок P_1P_2 є гіпотенузою прямокутного трикутника вписаного в коло.

програмою. В ній містяться кнопки «старт/пауза» – для запуску аналізу відеопотоку та тимчасового його призупинення з можливим відновленням. Кнопка «стоп» – для остаточної зупинки реєстрації відео потоку, і збереженням його в відеофайл при бажанні користувача (**рис. 3**).

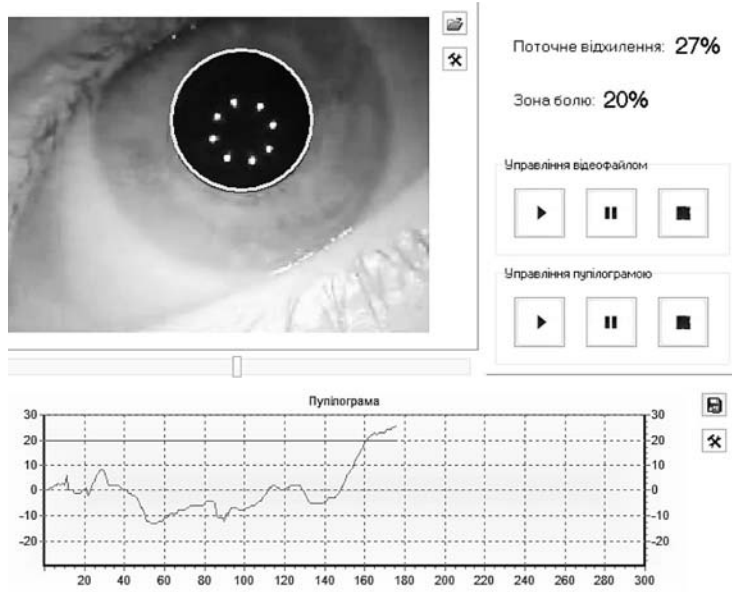


Рис. 3. Інтерфейс розпрацьованого програмного засобу.

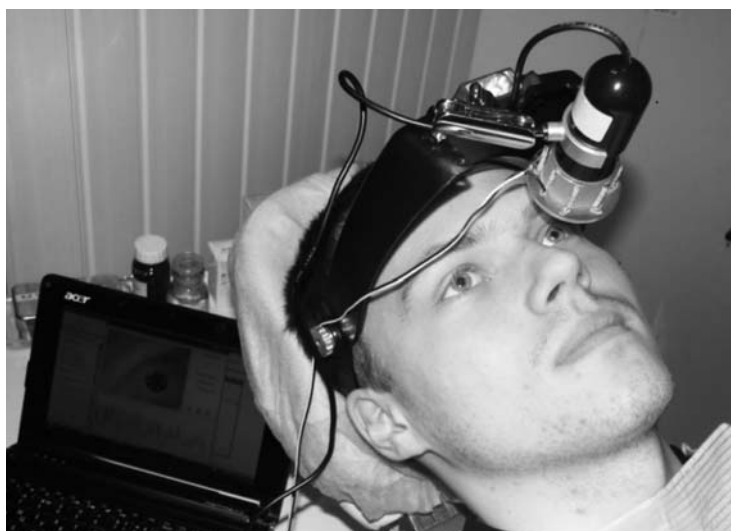


Рис. 4. Проведення пупілоалгометрії у стоматологічного хворого.

Перші три секунди після запуску аналізу відеопотоку відбувається підрахунок середнього діаметру зіниці, оскільки він залежить від освітлення та емоційного стану людини. При цьому на пупілограмі не відображається ніяка інформація. Середній

діаметр вважається діаметром зіниці в стані спокою, і саме по відношенню до нього прораховується поточне відхилення діаметру. Розпрацьований комп'ютерно-програмний засіб дозволяє графічно реєструвати в умовах реального часу тривалість та інтенсивність зростання амплітуди пупілограми (розширення зіниці) у відповідь на дію зовнішніх алгогенних впливів. Методика пупілоалгометрії проводиться наступним чином: моделюється больовий стрес за допомогою «турнікетної» проби Труссо у модифікації Білецького О. В. шляхом механічної компресії пневматичною манжеткою плеча, тиск у якій утримується на 50% вище, ніж систолічний артеріальний упродовж 5 хвилин [2]. Інтенсивність нанесеного больового стимулу пацієнтами оцінюється за цифровою рейтинговою шкалою болю. Одночасно за допомогою комп'ютерної програми проводиться реєстрація та цифрова обробка показників зіничного рефлексу. Розпрацьована методика експрес-діагностики вегетативної реакції людини на больовий стресор успішно пройшла апробацію в умовах стоматологічної клініки на 50 добровольцях (рис. 4). Виявлено її високу інформативність.

Висновки. За допомогою комп'ютерно-програмного забезпечення розпрацьовано експрес-метод діагностики зіничного рефлексу у відповідь на дію больового стресора. Шляхом графічної реєстрації та цифрової обробки отриманих даних стало можливим об'єктивно оцінити в умовах реального часу вегетативну реакцію людини на біль. Доступність запропонованого способу алгометрії дозволяє його застосовувати у повсякденній клінічній практиці.

Перспективи подальших досліджень. Розпрацьований експрес-метод об'єктивної оцінки ноцицептивної реакції людини може бути широко застосований для діагностики больової чутливості у стоматологічних і хірургічних хворих під час проведення седативної й антибольової терапії, та як критерій ефективності проведеного лікування.

Література

1. Адашинская Г. А. Многомерный вербально-цветовой болевой тест / Г. А. Адашинская, Е. Е. Мейзеров // Научно-практический журнал «Боль». – 2005. – № 1. – С. 26-33.
2. Білецький О. В. Корекція больового синдрому у хворих з полі травмою : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 14. 01. 30 «Анестезіологія та інтенсивна терапія» / О. В. Білецький. – Дніпропетровськ, 2008. – 20 с.
3. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М. : Техносфера, 2005. – 1072 с.
4. Ишинова В. А. Роль негативных эмоций при восприятии боли у пациентов с тревожно-фобическими и соматоформными расстройствами : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. психол. наук : спец. 19. 00. 04 «Мед. психология» / В. А. Ишинова. – Санкт-Петербург, 2009. – 19 с.
5. Куцало А. Л. Пупиллометрия в качестве метода экспресс-диагностики наркотической интоксикации : автореф. дисс. на соискание ученой степени канд. мед. наук : спец. 19. 00. 10 « Психиатрия» / А. Л. Куцало. – Санкт-Петербург, 2004. – 20 с.

-
-
6. Литвин С. Метод Хафа в задачах распознавания окружностей / С. Литвин, К. Ручкін // I Міжнародна конференція з автоматичного управління та інформаційних технологій ICACIT-2011: тези доповідей, 15-17 грудня 2011 року, Львів / Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України, Національний університет «Львівська політехніка», Кафедра комп'ютеризованих систем автоматики. – Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2011. – С. 35-36.
 7. Рабинович С. А. Влияние эмоционального состояния на болевую чувствительность зубов у пациентов на амбулаторном стоматологическом приеме / С. А. Рабинович, Н. А. Демина, О. Н. Московец // Научно-практический журнал «Боль». – 2003. – № 1. – С. 44-46.
 8. Соломка С. Л. Пупиллографические показатели у пациентов с астеновегетативным синдромом / С. Л. Соломка, Н. Н. Бушуева // Проблемы экологической та медичної генетики і клінічної імунології. Збірник наукових праць. – 2003. – Вип. 4(50). – С. 364-366.
 9. Bertinotti L. The Use of Pupillometry in Joint and Connective Tissue Diseases / L. Bertinotti, U. Pietrini, A. Del Rosso [et al.] // Ann. NY Acad. Sci. – 2002. – Vol. 966, №1. – P. 446-455.

УДК 612. 821. 2:612. 67+616. 893-053. 8

РОЗРОБКА ЕКСПРЕС-МЕТОДУ ДІАГНОСТИКИ БОЛЬОВОЇ РЕАКЦІЇ ЛЮДИНИ

Мокрик О. Я., Заплатинський В. О.

Резюме. В сучасній медицині значна увага приділяється розробці об'єктивних методів діагностики больової реакції людини – алгометричним, які враховують її компоненти: сенсорний, вегетативний, руховий, психоемоційний. Інформативним методом вивчення вегетативної реакції є пупілометрія – діагностика змін розмірів зіниці ока. Перевагою пупілометрії, на відміну від більшості традиційних методів, є не тільки реалізація об'єктивної і кількісної оцінки функціонального стану вегетативної нервової системи (ВНС), а й можливість скринінгового дослідження психофізіологічного стану в умовах больового стресу. Було поставлено мету розробити об'єктивний експрес-метод діагностики больової реакції людини шляхом реєстрації зіничного рефлексу за допомогою комп'ютерно-програмного забезпечення. Для візуалізації зображення зіниці ока в умовах реального часу використано електронний портативний мікроскоп, який підключається до комп'ютера через USB інтерфейс. За допомогою розпрацьованого комп'ютерно-програмного забезпечення стало можливим проводити експрес-діагностику вегетативної реакції людини (зіничного рефлексу) на дію больового стресора в умовах реального часу. Методика алгометрії була апробована на 50 добровольцях в умовах стоматологічної клініки. Виявлено її високу інформативність. Доступність запропонованого об'єктивного методу діагностики болю дозволяє його застосовувати у повсякденній клінічній практиці.

Ключові слова: больова реакція людини, зіничний рефлекс, пупілоалгометрія, комп'ютерно-програмне забезпечення.

УДК 612. 821. 2:612. 67+616. 893-053. 8

РАЗРАБОТКА ЭКСПРЕСС-МЕТОДА ДИАГНОСТИКИ БОЛЕВОЙ РЕАКЦИИ ЧЕЛОВЕКА

Мокрик О. Я., Заплатинский В. О.

Резюме. В современной медицине значительное внимание уделяется разработке объективных методов диагностики болевой реакции человека – алгометричным, которые учитывают ее компоненты: сенсорный, вегетативный, двигательный, психоэмоциональный. Информативным методом изучения вегетативной реакции является пупиллометрия – диагностика изменений размеров зрачка глаза. Преимуществом пупиллометрии, в отличие от большинства традиционных методов, является не только реализация объективной и количественной оценки функционального состояния вегетативной нервной системы (ВНС), но и возможность проведения скринингового исследования психофизиологического состояния в условиях болевого стресса. Была поставлена цель разработать объективный экспресс-метод диагностики болевой реакции человека путем регистрации зрачкового рефлекса с помощью компьютерно-програмного обеспечения. Для визуализации изображения зрачка глаза в условиях реального времени использован электронный портативный микроскоп, который подключается к компьютеру через USB интерфейс. С помощью разработанного компьютерно-програмного обеспечения стало возможным проводить экспресс – диагностику вегетативной реакции человека (зрачкового рефлекса) в ответ на действие болевого стрессора в условиях реального времени. Методика алгометрии апробирована на 50 добровольцах в условиях стоматологической клиники. Она показала высокую информативность. Доступность предложенного объективного метода диагностики боли позволяет его применять в повседневной клинической практике.

Ключевые слова: болевая реакция человека, зрачковый рефлекс, пупиллоалгометрия, компьютерно-програмное обеспечение.

UDC 612. 821. 2:612. 67+616. 893-053. 8

The Development of the Rapid Method of Diagnosis of Human Reaction to Pain

Mokryk O. Y., Zaplatynsky V. O.

Abstract. Introduction. The research of the human reactions to pain is a complex process. This problem is not solved completely yet. Nowadays, subjective methods of evaluating pain are being mainly used in the clinic. By nature these methods are verbal-symbolic: visual analogue, visual rank and verbal rank scales and others. However, the patients may diversely assess their feelings that arise with the appearance of pain. It largely depends on their

emotional condition. People having stress that is often accompanied by depression, anxiety, fear, oppression can't adequately assess pain: some may underestimate its influence, others tend exaggerating. This reality complicates the assessment of pain intensity, that's why much attention is paid to the development of the objective methods of its diagnosis, in particular, to those that consider sensory, motional, autonomic, and psycho-emotional components of pain.

Pupillometry (diagnosis of pupil diameter) is an informative method for studying human autonomic responses. It is known that increased activity of the sympathetic innervation causes dilated pupils, while narrowing them testifies about the increasing of parasympathetic tone. Psycho-emotional tension, fear, painful irritants cause mydriasis (Parrot–Robertson-symptom). We have chosen pupillary reflex (the most accessible object «open» for the direct noninvasive research of the central nervous system [CNS]) as the object of study. The reaction of pupils to painful aggravator is an unconditioned reflex that is not controlled by the cortex and therefore by the consciousness. At the same time, this reaction is a unique and sensitive indicator of a wide range of physiological processes dependent on the condition of sympathetic-parasympathetic balance. The advantage of pupillometry, in contradistinction to the majority of traditional methods, is in the implementation of the objective and quantitative assessment of the functional condition of the autonomic nervous system (ANS). Moreover, there is also a wide range of preferences while administering pupillometry as the screening method of investigation of psychophysiological status.

No doubt, the realization of this mode of research using adequate approaches to the quantitative evaluation of the functional condition of the ANS by registering eye dynamic parameters is actual, because it is aimed at the solution of the important task of clinical medicine – estimation of the individual peculiarities of the condition of the regulatory processes of human body in the circs of painful stress.

Considering the above, we set the goal to work out the objective rapid method of diagnosis of human reaction to pain by registering pupillary reflex via computer software.

Materials and methods of research. 30 volunteers participated in the experiment. The reactions of the autonomic nervous system (ANS) to painful stress were explored in those people. The stress was modeled with the help of Trousseau's test modified by A. V. Beletsky (2005). Pneumatic cuff was put on the shoulder, the pressure in the cuff was being increased and maintained 50 % more, than systolic blood pressure, during 5 minutes. While the incentive of pain was being brought in, the patients were evaluating their feels by numeric rating scale of pain. Simultaneously, we were observing the dynamics of enlargement of the pupil by calculating its diameter, velocity and duration of this process. We have used portable electronic microscope Sigeta Gam – 01 (Taiwan) to get video stream with the image of the eye in a real-time. The device was connected to the laptop through USB.

Video series fixed by the microscope consist of the sequence of frames with the effigy of the eye. The frames arrive with the frequency of 2^o Cadres per second that allows to measure diameter of the pupil every 500ms (0,5s).

The pupil stands out among the other parts of the human eye on the images of the video stream that helps to gauge its diameter. In particular, the pupil differs substantially from the iris in brightness, namely the gradient value on the circumference (the border of the pupil) is greater than the gradient value of the iris. This peculiarity allowed to search the pupil as the dark circle on the effigy. We have applied the binarization of the frame to dis sever the black (the pupil) and the light (the iris) parts of the eye. In order to improve the accuracy of the identification of the pupil we have worked out the algorithm of the searching of the gyre on the basis of Thales' theorem. This theorem affirms that the hypotenuse of a right triangle inscribed in a circle is the diameter of the circle and the midpoint of the hypotenuse is the center of the circle. The algorithm consists of the following steps:

The binarization of the image (to separate the secondary objects from the main one on the effigy).

The search of the basic dots by masks (namely, the allotment of the points that are potentially the edges of the gyre in the sundry quarters).

The determination of circle's center and diameter.

We have made the decision to choose object oriented programming language – C # to create versatile software.

The convenient user interface was elaborated by programming environment – Microsoft Visual Studio 2012.

Results of the research. Computer software tool that graphically records the duration and the intensity of the amplitude's growth of the pupillogram (mydriasis) under the influence of external factors has been worked out by means of mathematical processing of the video images of the pupil. This software tool was used to develop the modes of pupillometry. The developed rapid method of diagnosis of autonomic human response to pain stressor has successfully undergone approbation in the dental clinic that gave us a lot of beneficial information.

Conclusion. The developed rapid method of the objective evaluation of the nociceptive human response can be widely applied to diagnose pain.

Key words: human reaction to pain, pupillary reflex, pupilloalgotometry, computer software.

Рецензент – проф. Кочина М. Л.

Стаття надійшла 1. 02. 2014 р.