

АНАЛІЗ СПЕКТРІВ ДИФУЗНОГО ВІДБИВАННЯ ІНТАКТНОЇ І ТРАВМОВАНОЇ БІОТКАНИНИ

Петрук В.Г., Томчук М. А., Моканюк О. І.

Вінницький державний технічний університет
Вінницький державний медичний університет ім. М.І. Пирогова

Специфічність біотканин полягає у тому, що вони є світлорозсіювальними і селективно поглинальними середовищами. При розповсюдженні в них випромінювання оптичного діапазону на товщину $l = 0,5-1$ мм реалізуються умови багатократного розсіяння. Тому для їх досліджень може бути використаний весь апарат засобів спектроскопії розсіювальних середовищ з застосуванням методів теорії переносу випромінювання [1]. Треба одночасно зазначити, що оптичне випромінювання низьких інтенсивностей не виявляє скільки-небудь помітної дії на клітини живої тканини, що особливо важливо під час досліджень *in vivo*, коли існують заперечення на застосування ультразвукових і радіаційних методів.

Багаточисельні дослідження спектрів біотканин, зокрема шкіри у видимій і ближній ІЧ областях свідчать, що найбільш активним компонентом є спектри гемоглобіна [2] та його похідних. Специфіка вимірювання цих складних об'єктів полягає у тому, що потрібно сприймати і фіксувати ледь-ледь помітні сигнали на атомно-молекулярному чи клітинному рівнях, а це вдається тільки застосуванням прецезійних спектральних методів, а також потрібно реєструвати і оперативно обробляти значні масиви інформації в процесі діагностики в реальному масштабі часу.

Метою дослідження було вивчення процесу трансформації гемоглобіна в прижиттєво травмованій ділянці шкіри для визначення давності виникнення синців за допомогою створеної контрольно-вимірювальної системи спектрофотометричної діагностики (КВССД-1). Структурна схема такої скануючої системи для діагностики біотканин за їх спектрофотометричними характеристиками представлена на рис.1 і складається з таких вузлів і блоків:

I — система монохроматичного випромінювання, у якій: 1 — джерело інтегрального світла; 2 — дифракційна ґратка, що обертається з допомогою спеціального синусного механізму; 3 — рухома щілина монохроматора;

II — інтегрувальний резонатор, у вимірювальній частині якого: 4 — зразок порівняння; 5 — зразок біотканини;

III — приймально-підсилююча система з фотоприймачем типу ФДУК-2;

IV — персональний комп'ютер, у складі якого: 6 — частотний адаптер; 7 — управляючий контролер; 8 — інтегрована програмна оболонка з проблемно-орієнтованою експертною системою;

V — реверсивні крокові двигуни з відповідними напрямляючими та редукторами: 9 — перестановки об'єкта вимірювання і зразкового засобу під пучок; 10 — встановлення ширини щілини з одиначною світловою інтенсивністю; 11 — перестановки довжини хвилі монохроматичного випромінювання.

Методика одержання спектрів дифузного відбивання полягала в застосуванні такої системи з використанням принципів інтегрувальної сфери [3-5]. На базі цих принципів побудовано ряд приладів і систем, що мають унікальні властивості по спектральній чутливості. КВССД-1 призначена для автоматичного вимірювання відбивальних та поглинальних характеристик біологічних тканин у спектральному діапазоні $400 \div 1100$ нм з урахуванням ефектів багаторазового розсіяння та на цій основі проведення медичної

діагностики реципієнтів. Виміряні залежності показників відбивання чи R_q від довжини хвилі може бути представлена у вигляді графіка $Pq_{(\lambda)} = f(\lambda)$ на екрані монітора ПК, роздрукована на принтері у вигляді таблиці або вище вказаного графіка, записана під заданим іменем файла на HDD або FDD диск і занасена до бази знань експертної системи -8. Вимірювання можна проводити як у автоматичному, так і ручному режимах.

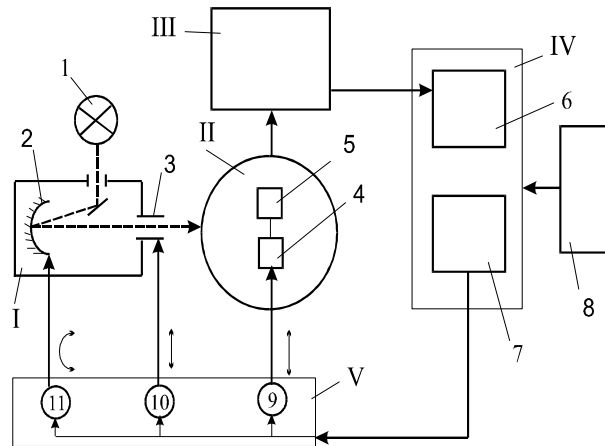


Рис.1. Структурна схема системи KBCCD-1 досліджень оптичних характеристик біотканин.

Під час проведення експерименту було досліджено 63 зразки прижиттєво травмованої шкіри від 43 трупів і таку ж кількість зразків інтактної шкіри. Вимірювання проводили в оптичному інтервалі 460-700 нм. Зразки в залежності від давності посттравматичного періоду були розподілені на шість груп: 1— до 5 хв; 2— від 5 хв до 1 год; 3— від 1 до 24 год; 4— від 24 до 48 год; 5— від 48 до 72 год; 6— більше 72 год.

Спочатку отримали і вивчили спектральні коефіцієнти дифузного відбивання для непошкодженої (інтактної) шкіри. Результати таких вимірювань, а імено R_λ інтактної шкіри показали надзвичайно широку гаму значень в залежності від ендогенних, вікових, статевих, соціальних та інших факторів. Усереднений спектр коефіцієнта дифузного відбивання інтактної шкіри зображений на рис.2. Пунктирною лінією на ньому зображено граничні межі значень R_λ .

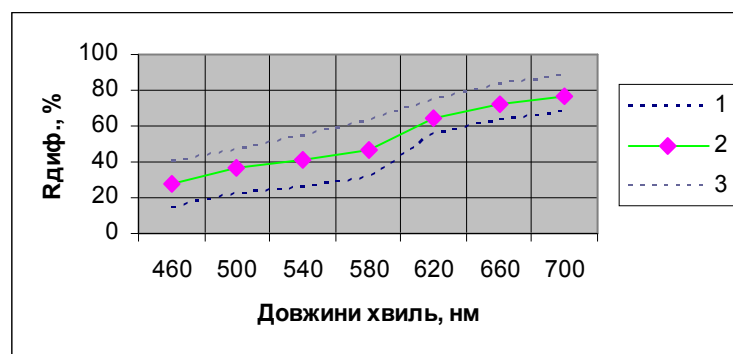


Рис.2. Усереднений спектральний коефіцієнт дифузного відбивання $R_\lambda = f(\lambda)$ для інтактної шкіри: 1- нижня межа діапазону значень; 2- усереднені значення; 3- верхня межа діапазону значень.

Для виключення впливу особливостей інтактної шкіри на вивчення кінетики процесу трансформації гемоглобіну в прижиттєво травмованій шкірі і в процесі розвитку синців оцінка проводилась на основі відносного критерію $P_q(\lambda)$, що є різницею значень коефіцієнтів дифузного відбивання інтактної шкіри $R_\lambda(\text{інт})$ і аналогічної ділянки шкіри з ушкодженням $R_\lambda(\text{ушк})$ на даній довжині хвилі (рис. 3а, б).

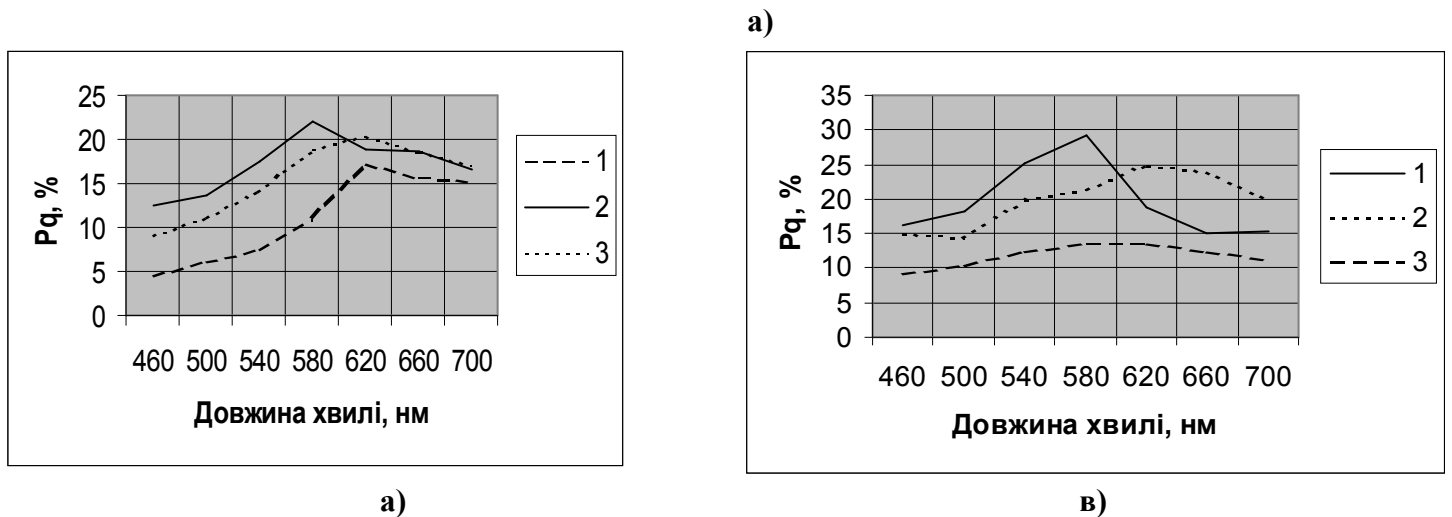


Рис.3. Зміна значення $P_q(\lambda)$ прижиттєво травмованої шкіри від давності посттравматичного періоду: а) 1— до 5хв; 2 — від 5 хв до 1год; 3 — від 1 до 24год; б) 1 — від 24 до 48 год; 2 — від 48 до 72 год; 3 — більше 72 год.

$$P_{q(\lambda)} = R_\lambda(\text{інт}) - R_\lambda(\text{ушк}). \quad (1)$$

При цьому за критерієм $P_q(\lambda)$ можна оцінити кількісний склад відновленого гемоглобіну, оксигемоглобіну, метгемоглобіну, білірубину в умовних одиницях (у.о.).

Отримані результати підтвердили, що оптичні характеристики синця в динаміці посттравматичного періоду залежать, насамперед, від кількісного вмісту гемоглобіну та його похідних в ушкодженій шкірі. Синці, що виникли за 5 хв до смерті (рис.3а), характеризуються відносно невеликим вмістом відновленого та окисленого гемоглобіну, які обумовлюють два великі піки поглинання на довжинах хвиль 530 і 560 нм та наявністю метгемоглобіна.

До кінця першої години посттравматичного періоду відмічається значне підвищення концентрації гемоглобіну, одночасно зникають піки поглинання, характерні для оксигемоглобіну. В терміні 1-6 год. відмічається зниження концентрації в травмованій шкірі гемоглобіну при подальшому зростанні вмісту метгемоглобіну. Ця тенденція зберігається до кінця першої доби посттравматичного періоду.

Закономірність зміни спектральної картини синців, що виникли за 24-48 год. до смерті, а саме, максимальний прояв у цій часовій групі світлопоглинальних властивостей травмованої шкіри на довжині хвилі 580 нм у порівнянні з усіма іншими групами, зростання значень показника P_q в інтервалі 460-480 нм при відсутності динаміки змін в межах 620-700 нм свідчить про те, що розпад еритроцитів досягає максимуму. Концентрація білірубину в травмованих тканинах стає найбільшою, вміст гемоглобіну при цьому не змінюється. Динаміка змін оптичних властивостей синців з давністю 48-72 год

свідчить про зниження концентрації гемоглобіну і його дериватів, причому останні переважають кількісно.

Абсолютне зниження показника R_q синців, що виникли більше ніж за 72 год до моменту смерті, а також закономірності цього зниження на різних ділянках спектру, свідчить про завершення процесу розпаду гемоглобіну в тканинах і поступову утилізацію продуктів, що утворилися.

Отже, в ході цих досліджень на основі об'єктивної методики [6,7] виявлена чітка закономірність трансформації гемоглобіна в динаміці посттравматичного періода, що може використовуватись і вже реально застосована як для інвазивної так і для неінвазивної діагностики давності її виникнення у судовій медицині та криміналістиці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хайруллина А.Я. Оптические и биофизические параметры биотканей в норме и патологии, методы их определения в видимой и ближней ИК-областях спектра, основанные на многократном рассеянии // Инженерно-физ. журнал. -1996. -Т.69, №3. -С.390-398.
2. Хайруллина А.Я., Олейник Т.В., Буй Л.М. Банк данных по оптическим и биофизическим свойствам крови, биотканей и биожидкостей в видимой и ближней ИК-области спектра//Оптический журнал.-1997.-Т.64, №3.-С.91-97.
3. А.с. СССР № 1806592. Способ определения прижизненного повреждения кожи / С.А. Козлова, А.И. Моканюк, Е.С. Смолинский, В.Г. Петрук // Бюл. изобр. - 1993. - № 13.
4. Патент України № 17619А. Спосіб об'єктивної діагностики кольору біотканини з ділянки синця або трупної плями / О.І. Моканюк, В.Г. Петрук, Р.Ф. Міщенко, І.В. Васильківський // Бюл. Держпатенту України. - 1997.
5. Моканюк А.И., Томчук М.А., Петрук В.Г. Изучение деструкции гемоглобина травмированных тканей с помощью спектрофотометрической ИИС.//Матер. НТК „Леотест-97”.-Київ-Львів, 1997.-С.80.
6. Петрук В.Г., Томчук М.А., Моканюк О.І. Оптичний метод та ІВС неінвазивної діагностики поверхневих патологій і давності тілесних ушкоджень // Матер. НТК “Фізичні методи та засоби контролю матеріалів і виробів “Леотест-97 ””. - Славське, 17-21 лютого 1997р. - С.81-82.
7. Патент України № 20379А. Пристрій для визначення відбиваючої здатності матеріалів біомедичного походження / В.Г. Петрук, І.В. Васильківський, М.А. Томчук, Г.А. Корчинський // Бюл. Держпатенту України. -1997.