

Методи дослідження

УДК 539.16.07:612.087.1+340.624.411

*Т.М. Бойчук, М.В. Шаплавський, В.М. Коновчук, В.В. Буждиган, О.В. Гуцул,
С.М. Сторожук*

ВИМІРЮВАННЯ ДОБРОТНОСТІ В БІОМЕТРІЇ КРОВІ

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Резюме. Запропоновані нові методи автоматизованого дослідження реологічних показників крові – в'язкості, електропровідності та заряду еритроцитів шляхом реєстрації зміни параметра добротності крові за її руху у біоінертному капілярі. Технічне рішення елект-

ронного вимірювального комплексу ґрунтується на моделюванні фізичних умов крові *in vivo*.

Ключові слова: фізичні методи в реології, біоінертизація, добротність, конструювання.

Вступ. Давно відомо, що штучний матеріал, який вступає в контакт із живою тканиною, наприклад, із кров'ю, відразу викликає в ній численні фізико-хімічні зміни. Саме тому біометрія фізичних параметрів крові в штучному середовищі є умовною. Так, дослідження електрофоретичної рухливості, електропровідності крові чи її складових за контакту з електродами, її в'язкості за контакту з матеріалом віскозиметрів (термо-реологічний ефект [1]) чи поверхневого потенціалу еритроцитів у подібних умовах із використанням новітніх фізичних аналізів [2, 3] не знайшли ефективного використання. Натомість давно доведено, що мова йде про основні біофізичні властивості крові, які безпосередньо зумовлюють здатність крові до мікроциркуляції *in vivo* [4].

Проблема хибних технічних рішень, вищезазначених способів дослідження крові полягає в тому, що *in vitro* вони не моделюють фізико-хімічних умов *in vivo*, отже, не висвітлюють інформації фізіологічного змісту.

Щоб наблизитися до такої адекватної моделі, необхідно, як мінімум, прийняти за аксіому те, що тертя в судинному руслі і міжклітинних комунікаціях з поверхнею, яка вимірюється гектарами, у нормі відсутнє, й зумовлене тут законами функціонування дисипативних структур взаємоперетворення енергії електромагнетизму. Треба також повірити в теоретичні та експериментальні докази адаптивної динаміки заряду еритроцитів, динаміки, що здійснює механізм мікроциркуляції крові, зокрема, у контакті еритроцит – капіляр [4].

Та незважаючи на те, що подібні докази в науковій літературі з'являються вже десятки років, докази, що ґрунтуються на законах термодинаміки біологічних систем, інформаційний пласт механізму та адекватних фізичних аналізів біологічного транспорту (енерго- та масопереносу) залишається одним із актуальних у фундаментальних дослідженнях фізики, молекулярної біології та медицини.

Технічне рішення електронного вимірювального комплексу в контексті адекватної моделі об'єкта дослідження

Щоб виключити дію штучних фізичних факторів на систему крові (тертя, електростатичне поле тощо), вимірювання в'язкості, електропровідності і заряду еритроцитів крові здійснено шляхом реєстрації електромагнітних втрат цієї тканини (добротності), що текла в капілярному соленоїді, який індуктивно зв'язаний із коливальним контуром, тобто, поза механічним та електричним контактом. Сам капілярний соленоїд виготовлено з тефлону – гідрофобного матеріалу, що має біоінертні властивості [4]. Тут використано тефлон (Ф-ЧДЭ, ООО „Анион-Спб“).

Деталі технічного рішення вимірювального комплексу висвітлені нами раніше [5]. Тут вперше реєстрація динаміки добротності є індикатором швидкості течії крові та її електропровідності. Фронт зміни добротності з'являється на моніторі за входження в капіляр досліджуваної крові (або плазми) слідом за контрольним розчином (рис. 1) і свідчить про швидкість її течії, а рівень добротності вказує на електропровідність.

Повне теоретичне й експериментальне обґрунтування нових методів висвітлено нами у вищезгаданій роботі [5], де на основі закономірностей радіоелектроніки та гідродинаміки виведена формула, за якою розроблена комп'ютерна програма, що автоматично обчислює в'язкість:

$$\eta = K \frac{\Delta p}{v_k}$$

де η – в'язкість; K – калібровочна постійна вимірювального комплексу, Δp – рушійна різниця тиску рідини в капілярі; v_k – ефективна швидкість руху рідин у капілярі. Так вперше вдалось виявити генетичний спектр в'язкості крові та ефективність нового фізичного аналізу [6].

Елементарна залежність добротності та електропровідності, уведена до програми, дозволяє одержати дані електропровідності крові і плазми поза механічним контактом з електродами [7].

Різниця цього показника в крові та її плазмі (рис. 2), при уведенні в програму даних клінічних досліджень крові, дозволила автоматично обчислити природний заряд еритроцита, що визначе-

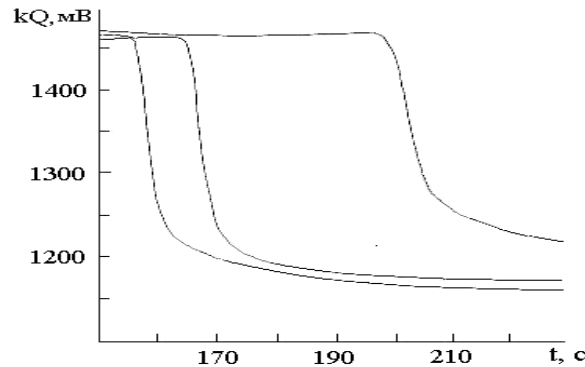


Рис. 1. Реєстрація змін добротності коливального контура за протікання плазми різних груп крові

ний вперше відповідно до виведеної на основі закономірностей фізичної та біологічної хімії формули:

$$|e|Z_{ep} = - [s_{kp} - (1 - k)s_{пл}] / n_{ep} m^+$$

де $|e|Z_{ep}$ – абсолютний заряд еритроцита в Кулонах; s_{kp} – електропровідність крові; k – показник ге-

матокригу; n_{ep} – вміст еритроцитів; m^+ – рухливість основних катіонів плазми (Na^+ і K^+).

Виявилось, що середній заряд еритроцита в нормі становить $|e|Z_{ep} = - 3,19 \times 10^{-10}$ Кл, або в ефективних некомпенсованих електронах $Z_{ep} = - 2,0 \times 10^9$.

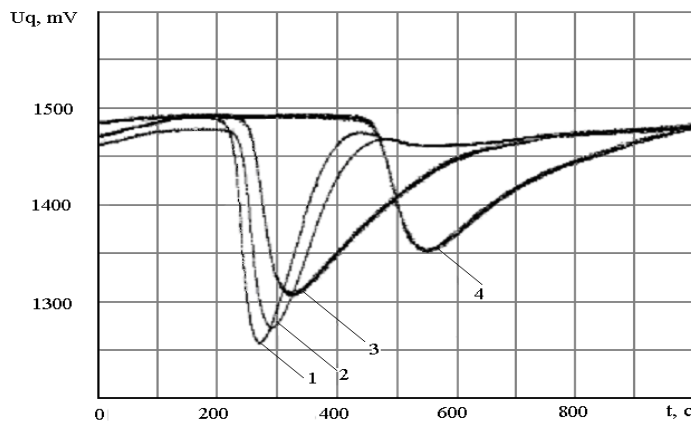


Рис. 2. Залежність напруги, зв'язаної з добротністю (Uq , mV), від часу протікання складових крові (t , c) слідом за дистильованою водою

1, 3 – плазма і кров, відповідно, після лікування астми; 2, 4 – плазма і кров до лікування астми

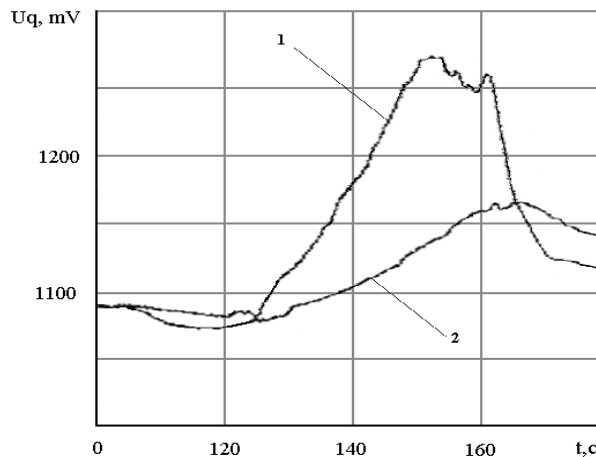


Рис. 3. Залежність напруги, зв'язаної з добротністю (Uq , mV), від часу протікання крові (t , c) слідом за фізіологічним розчином; 1 – кров; 2 – кров за дії адреналіну

Одним із наріжних завдань технічного рішення комплексу було створення умов термінової реєстрації зміни вищезазначених реологічних показників в умовах моделі функціонуючої системи крові за дії внутрішніх та зовнішніх вірогідних регуляторів. Так, при додаванні в капсулу соленоїда близької до фармакологічної дози адреналіну, що відповідає його розведенню на об'єм циркулюючої крові ($166 \cdot 10^{-7} \text{ г}$), спостерігався феномен втрат добротності цільної крові – зростання електропровідності (рис. 3).

Тобто, тут зростає число дисоціюючих груп глікокаліксу еритроцитів – єдиного ефективного джерела катіонів, яке за щойно наведеною формою вказує на конкретне зростання заряду еритроцитів. Таким чином, його прямим вимірюванням підтверджено виявлене нами раніше зростання заряду еритроцитів за дії катехоламінів у біоінертних умовах при використанні опосередкованого методу [4].

Висновки

1. Конструювання електронної апаратури для біометрії потребує відтворення моделі функціонуючої живої тканини в системі об'єкт – реєстратор. Інформативним, у такому разі, є вимірювання добротності живої тканини.

2. Запропоноване технічне рішення має очевидну перспективу його використання у фундаментальних дослідженнях, у різних сферах виробництва, де, зокрема, визначення в'язкості нерідко зводиться не до вивчення властивостей речовин, а констатує, за нашим переконанням, наслідки їх взаємодії з фізично активним середовищем вимірювальних приладів [8].

Перспективи подальших досліджень

1. Найближчою перспективою фундаментальних і прикладних досліджень є аналіз факторів, що впливають на чутливість еритроцитів до дії фізіологічних регуляторів їх заряду (виявлено в пошукових дослідженнях).

2. У контексті загальної патології наріжними також постають питання динаміки метаболічного ресурсу АТФ еритроцитів, яка, зрештою, є вихідною умовою забезпечення адаптивних змін їх заряду.

3. У технічному рішенні вимірювального комплексу закладені завдання дослідження магнітних властивостей еритроцитів, мікрореології, термінового скринінгу дії фармацевтичних засобів у кожного хворого тощо.

Література

1. Кузьменко О. Ю. Ротационные вискозиметры с СВЧ системой преобразования контролируемого параметра: автореф. дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.11.13 „Приборы и методы контроля природной среды, веществ, материалов и изделий” / О.Ю. Кузьменко. – Тамбов, ТГТУ, 2003. – 20 с.
2. Науменко Л.В. Поиск и изучение механизма действия производных ксантина, проявляющих гемореологические свойства: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. мед. наук: спец. 14.00.25. “Фармакология, клиническая фармакология” / Л.В. Науменко. – М., 2006. – 28 с.
3. Электрофоретическая подвижность эритроцитов как показатель оценки функциональной полноценности мембраны эритроцитов / Н.В. Пурло, О.В. Попова, Л.С. Бирюкова, Г.И. Козинец // Клин. лаб. диагност. – 2005. – N 1. – С. 40-44.
4. Шаплавський М.В. Біоінертизація як біологічна функція / М.В. Шаплавський. – Чернівці: Прут, 1996. – 184 с.
5. Пат. 35766 Україна, МПК А 61 В 5/00. Спосіб автоматизованого вимірювання в'язкості біологічних рідин безелектродним методом / Шаплавський М.В., Пішак В.П., Слободян О.В., Григоришин П.М.; заявник та патентовласник Буковинський державний медичний університет. – № 200802926; заявл. 06.03.2008; опубл. 10.10.2008, Бюл. № 19.
6. Вимірювальний комплекс для визначення в'язкості біологічних рідин / О.В. Гуцул, В.В. Буждиган, М.В. Шаплавський, П.М. Григоришин // Бук. мед. вісник. – 2010. – Т. 14, № 3 (55). – С. 158-164.
7. Пат. 36976 Україна, МПК G 01 N 27/06. Безелектродний спосіб автоматизованого вимірювання питомого опору електролітів та біологічних рідин / Шаплавський М.В., Пішак В.П., Коломощ М.Ю., Слободян О.В., Григоришин П.М.; заявник та патентовласник Буковинський державний медичний університет. – № 200807872; заявл. 10.06.2008.; опубл. 10.11.2008, Бюл. № 21.
8. Евдокимов И.Н. Молекулярные механизмы вязкости жидкости и газа. Часть I. Основные понятия / И.Н. Евдокимов, Н.Ю. Елисеев. – М.: РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина, 2005. – 86 с.

ИЗМЕРЕНИЕ ДОБРОТНОСТИ В БИОМЕТРИИ КРОВИ

Т.Н. Бойчук, Н.В. Шаплавский, В.Н. Коновчук, В.В. Буждиган, О.В. Гуцул, С.Н. Сторожук

Резюме. Предлагаются новые методы автоматизированного исследования реологических показателей крови – вязкости, электропроводности и заряда эритроцитов путем регистрации изменения добротности крови при ее движении в биоинертном капилляре. Техническое решение электронного измерительного комплекса основано на моделировании физических условий крови *in vivo*.

Ключевые слова: физические методы в реологии, биоинертизация, добротность, конструирование.

QUALITY FACTOR MEASUREMENTS IN BLOOD BIOMETRY

T.M. Boichuk, M.V. Shaplav's'kyi, V.M. Konovchuk, V.V. Buzhdygan, O.V. Gutsul, S.M. Storozhuk

Abstract. New methods of an automated evaluation of the blood rheologic parameters – the viscosity, electric conductivity and the charge of erythrocytes have been theoretically and experimentally substantiated by way of registering the Q-factor of the tuned-circuit, containing a bioinert capillary with the blood flow. A design of an electronic measuring complex is based on modeling the physical blood conditions in the natural environment.

Key words: physical methods of evaluating blood rheologic properties, bioinertization, quality factor (Q-factor), design.

Bukovinian State Medical University (Chernivtsi).

Рецензент – проф. В.Ф. Мислицький

Buk. Med. Herald. – 2010. – Vol. 15, № 4 (60). – P. 129-132

Надійшла до редакції 11.07.2011 року

© Т.М. Бойчук, М.В. Шаплавський, В.М. Коновчук,
В.В. Буждиган, О.В. Гуцул, С.М. Сторожук, 2011

УДК 616.12-005.4-073.55

О.Я. Ванчуляк, В.Т. Бачинський, О.І. Олар, О.В. Григорова

ДІАГНОСТИКА ГОСТРОЇ КОРОНАРНОЇ НЕДОСТАТНОСТІ МЕТОДОМ КОРЕЛЯЦІЙНОГО АНАЛІЗУ ЛАЗЕРНИХ ПОЛЯРИЗАЦІЙНИХ ЗОБРАЖЕНЬ МІОКАРДА

Буковинський державний медичний університет, м. Чернівці

Резюме. У роботі методом лазерної поляриметрії висвітлено основні ознаки пошкодження міокарда людини за умов гострої коронарної недостатності (ГКН). Обґрунтовано доцільність використання кореляційного

аналізу зображень зрізів тканини міокарда при смерті від ГКН.

Ключові слова: лазерна поляриметрія, структура міокарда, раптова серцева смерть, діагностика.

Вступ. Морфологічна діагностика раптової серцевої смерті на сучасному етапі теоретичних і практичних знань часто є досить складним завданням, через відсутність чітких об'єктивних критеріїв. Разом з тим кількість смертей внаслідок захворювань серцево-судинної системи продовжує невпинно зростати. В зв'язку з чим актуальним є розробка нових методів встановлення факту ішемічних змін міокарда, особливо в ранні періоди від початку ішемії, коли кардіоміоцити перебувають у стані дистрофії [4].

Мета дослідження. Пошук та встановлення взаємозв'язку між даними кореляційного аналізу лазерних зображень міокарда при ГКН [2].

Матеріал і методи. Матеріалом дослідження були зрізи тканини міокарда людини. Матеріал поділений на дві групи: контрольну (17 зразків) та дослідну (14) зразків. Забір матеріалу проведено в приміщенні моргу Чернівецького обласного бюро судово-медичної експертизи, при температурі +18-20°С, вологості 65-70%. Виготовлялися нативні зрізи товщиною 30±5 мкм за допомогою заморожуючого мікротома. Зрізи досліджували з використанням оптичної схеми в тра-

диційному зображенні поляриметра [6] пучком ($\varnothing = 10^4$ мкм) He-Ne лазера ($\lambda = 0.6328$ мкм), з подальшим аналізом за допомогою програми MatLab. Зокрема, розраховували координатні розподіли (поляризаційні мапи) азимутів поляризації зображення біологічного об'єкта з використанням таких співвідношень [3]:

$$\alpha(m \times n) = \Theta(I(m \times n) \equiv \min) - \pi/2. \quad (1)$$

Як кількісні параметри, які характеризують автокореляційні залежності $K^\alpha(\Delta m)$ обрано:

кореляційну площу S^α

$$S^\alpha = \int_1^m K^\alpha(\Delta m) dm; \quad (2)$$

кореляційні моменти Q_2^α і Q_4^α , які визначають дисперсію та ексцес автокореляційної функції $K^\alpha(\Delta m)$:

$$Q_2^\alpha = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K(\Delta m)^2}, \quad Q_4^\alpha = \frac{1}{(Q_2^\alpha)^2} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m K(\Delta m)^4 \quad (3)$$

Результати дослідження та їх обговорення. У ході дослідження отримано серію поляризаційних зображень оптико-анізотропної матриці (у перехрещених $\Theta = 90^\circ$ площинах пропускання по-