

УДК 616.127-009.2+616.126-007.24]-073.432.19

Г.В. Дзяк¹,
М.Ю. Колесник²

ДВОВИМІРНА СПЕКЛ-ТРЕКІНГ ЕХОКАРДІОГРАФІЯ – НОВА ТЕХНОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕТИКИ ТА ДЕФОРМАЦІЇ МІОКАРДА. МЕТОДОЛОГІЯ ТА РЕФЕРЕНТНІ ЗНАЧЕННЯ

ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»¹
Запорізький державний медичний університет МОЗ України²

Ключові слова: *спекл-трекінг*
ехокардіографія, деформація
міокарда, референтні значення,
відтворюваність

Key words: *speckle tracking*
echocardiography, myocardial strain,
reference values, reproducibility

Резюме. *В статті розглядаються методологічні підходи до дослідження руху міокарда в контексті сучасної концепції спіралевидного будови серцевої м'язової тканини. Представлені діагностичні можливості методики двовимірної спекл-трекінг ехокардіографії в оцінці кінетики та деформаційних властивостей міокарда. Приведені референтні значення показників руху та деформації міокарда для практично здорових осіб. Проведено аналіз воспроизводимости показателей, полученных методом спекл-трекинга эхокардиографии.*

Summary. *Methodological conception to myocardial movement investigation in the context of spiral structure of the heart muscle was represented. It was demonstrated the diagnostic applicability of the two-dimensional speckle tracking echocardiography in the assessment of myocardial kinetics and deformation. It was established the reference values for myocardial kinetics and strain in healthy individuals. It was assessed the reproducibility of the parameters derived by speckle-tracking echocardiography.*

Одним з важливих наукових досягнень фізіології серця останніх років став оригінальний погляд на будову та функцію міокарда як на складно орієнтовану спіралеподібну «стрічку». Автор цієї концепції F. Torrent-Guasp довів, що після анатомічного препарування серцевого м'язу він скручується у спіраль [10]. Ці фундаментальні дослідження лягли в основу створення нових методик вивчення складного руху міокарда. Однією з них стала спекл-трекінг ехокардіографія («speckle» - пляма, мітка, «tracking» - відстеження) – сучасна ефективна технологія оцінки глобальної та локальної кінетики та деформації міокарда. В останній монографії відомого спеціаліста з ультразвукової діагностики професора Л.В. Осипова пропонується не перекладати цей термін та вживати саме назву «спекл-трекінг», аби не викликати плутанини на етапі впровадження у клініку [3]. У сучасній вітчизняній літературі можна зустріти інший синонім цієї методики - «векторний аналіз» [2].

До медицини ця технологія перейшла від систем автоматичного відстежування та розпізнавання об'єктів відеокамерами (наприклад, під час проходження паспортного контролю в аеропортах). Фізичною її основою є використання унікальної спекл-структури, що завжди має місце при отриманні сірошкального ульт-

развукового зображення внаслідок інтерференції ехо-сигналів. Будь-який сегмент міокарда з точки зору цієї технології є унікальним. Тому спекл часто називають «відбитком пальця» досліджуваного сегмента міокарда. Ще дуже важливою особливістю спекла є те, що його індивідуальні особливості зберігаються під час руху міокарда. Це дозволяє простежити будь-які сегменти міокарда під час серцевого циклу. Із появою спекл-трекінга з'явилась можливість більш детального дослідження регіонарної систолічної та діастолічної функції не тільки поздовжніх, але й радіальних та циркуференціальних волокон. Вона дає змогу характеризувати кінетику апікальних сегментів лівого шлуночка, які не можна коректно оцінити, наприклад, тканинним доплером. Завдяки спекл-трекінгу можна дослідити показники апікальної та базальної ротації, деформації окремих сегментів, скручування та розкручування серця, що дозволяє по-новому оцінювати фізіологію скорочення та розслаблення міокарда. Також методика автоматично розраховує об'ємні параметри та фракцію викиду лівого шлуночка.

Окремим напрямом спекл-трекінг ехокардіографії є можливість вивчення деформаційних властивостей міокарда. Важливо розуміти відмінності між двома, на перший погляд, подібними процесами – рухом та деформацією.

Так, будь-який рух може бути описаний швидкістю. Якщо об'єкт рухається без зміни своєї форми, це називається зміщенням. Якщо ж окремі частини об'єкта рухаються із різною швидкістю, то він змінює свою форму. Такий вид руху називають деформацією. У широкому контексті термін «деформація» має походження з реології – розділу фізики, що вивчає процеси течії в'язких та пластичних тіл. Міокард є прекрасною моделлю для дослідження деформаційних властивостей, якщо розглядати його як об'єкт, що скорочується під час систоли та повертається до висхідних розмірів під час діастоли. Вперше можливість вивчити особливості деформації міокарда з'явилася із появою тканинного доплера. Але класичні обмеження цієї методики – залежність від кута сканування, а також потреба у високій частоті кадрів, не завжди дозволяють проводити коректну оцінку цих показників. Спекл-трекінг ехокардіографія значною мірою позбавлена цих недоліків.

У наших попередніх роботах було продемонстровано діагностичну цінність спекл-трекінг ехокардіографії при різних кардіоваскулярних захворюваннях, зокрема при дилатаційній та гіпертрофічній кардіоміопатії [1,4]. Але, враховуючи те, що методика тільки починає використовуватися у клінічній практиці, важливими є проблеми стандартизації дослідження та визначення референтних значень нових показників кінетики та деформації міокарда в нормі.

Метою нашої роботи стало вивчення особливостей сегментарної та глобальної кінетики та деформації міокарда серед практично здорових осіб.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

У дослідження було залучено 40 практично здорових чоловіків у віці від 16 до 28 років (середній вік $21,5 \pm 2,47$ року). Перед дослідженням учасників просили утриматися від паління, інтенсивних фізичних навантажень, вживання кофеїну. Обстеження проводилося на базі навчально-наукового медичного центру «Університетська клініка» Запорізького державного медичного університету у період з квітня по червень 2011 року. Всі учасники дали письмову інформовану згоду на участь у дослідженні.

Проводилася стандартна трансторакальна ехокардіоскопія за загальноприйнятою методикою після 15-хвилинного відпочинку на ультразвуковому діагностичному приладі *Mu Lab 50* («Esaote», Італія). [6]. Здійснювався запис кліпів у апікальній позиції (чотирипокамерній, двокамерній та модифікації двокамерної з аортою), а

також у парастернальній позиції по короткій вісі (на рівні мітрального клапана, папілярних м'язів та верхівки лівого шлуночка) при синхронізації з електрокардіограмою. Дослідження показників кінетики та деформації виконували в режимі *off-line* за допомогою інтегрованого до ультразвукового приладу пакета програм *Xstrain* («Esaote», Італія). Приклад дослідження деформації представлено рисунком.

Серед показників кінетики вивчали:

1. Сегментарне поздовжнє зміщення – рух сегментів міокарда у бік верхівки лівого шлуночка. Одиниця виміру – міліметр.

2. Сегментарне поперечне зміщення – рух сегментів міокарда у бік порожнини лівого шлуночка. Одиниця виміру – міліметр.

3. Ротація – циркулярне зміщення сегмента лівого шлуночка відносно поздовжньої вісі. Вимірюється у градусах. Залежно від рівня перерізу лівого шлуночка, на якому проводився аналіз, визначали базальну та апікальну ротацію лівого шлуночка.

4. Торсія – скручування ЛШ навколо поздовжньої вісі. Арифметично цей показник є різницею між кутами ротації апікального та базального сегментів ЛШ. Торсія найточніше характеризує спіралеподібний рух міокарда. Вимірюється у градусах.

Визначали такі параметри деформації міокарда:

1. Систолічний стрейн – ступінь систолічного скорочення сегмента міокарда. З точки зору фізики, скорочення розглядається як деформація об'єкта. Одиницями виміру стрейна є відсотки. Оцінювали такі види стрейна:

- поздовжній – деформація міокарда у проекції на поздовжню вісь лівого шлуночка;

- циркулярний – деформація міокарда у циркулярному напрямку;

- радіальний – деформація міокарда у напрямку від периферії до умовного центру лівого шлуночка.

Залежно від анатомічних територій, що охоплюються для аналізу, оцінювали також:

- сегментарний стрейн – середні значення для кожного з сегментів лівого шлуночка;

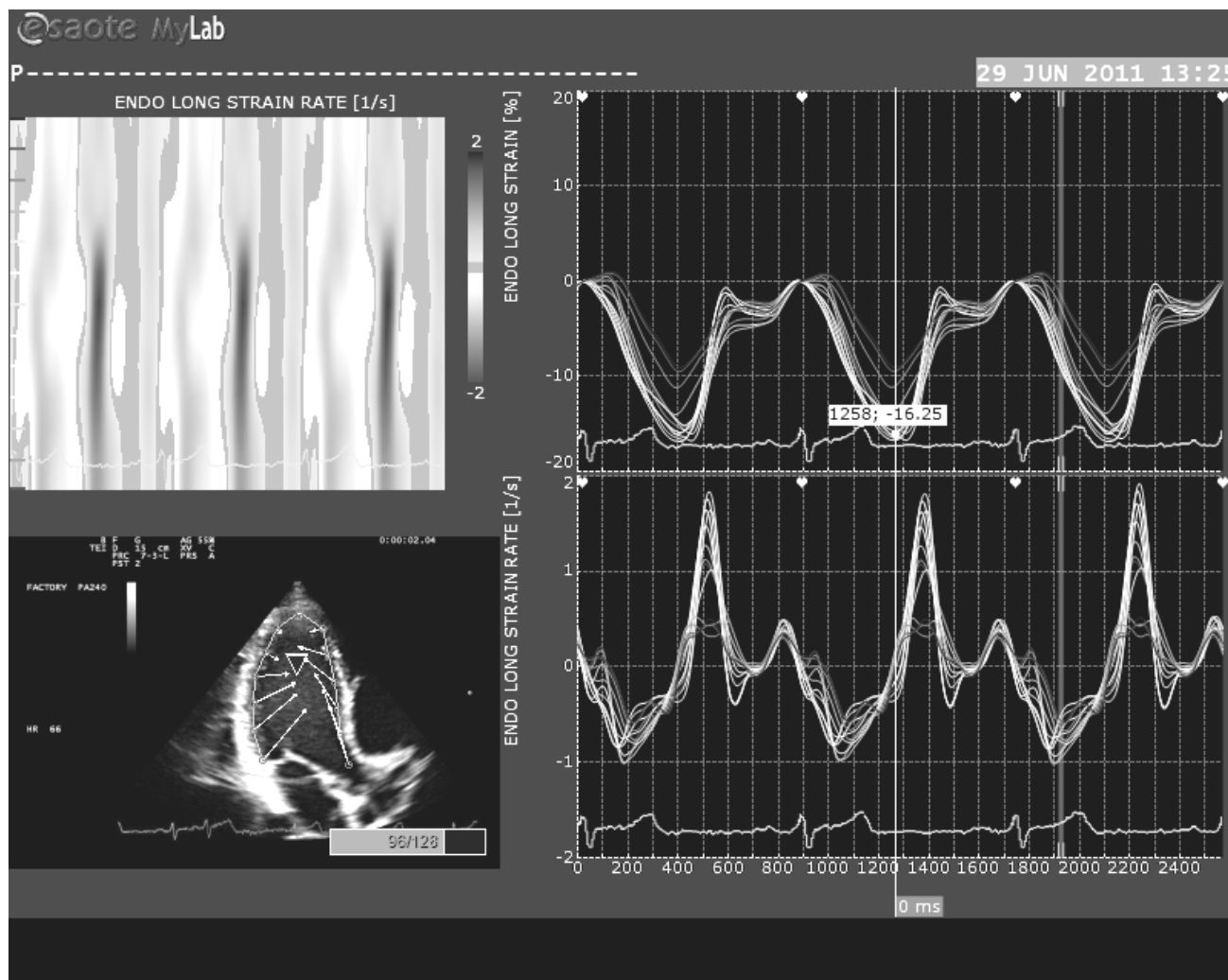
- середній стрейн – середня величина для сегментів, що входять в один переріз;

- глобальний стрейн – середні значення всіх сегментів у всіх досліджуваних перерізах.

2. Систолічний стрейн рейт – швидкість систолічного скорочення будь-якого сегмента міокарда. Математично стрейн рейт є першою похідною функції стрейна та вимірюється у $1/s$ (s^{-1}). Різновиди стрейн рейта та стрейна є ідентичними.

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою пакета програм Statistica 6.0 («Stat-Soft», США, № ліцензії AXXR712D833214FAN5). Перевірку параметрів на нормальність розподілу проводили за допомогою критерію Шапіро-Уїлка. Оскільки показники мали нормальний розподіл, описову статистику надавали у вигляді арифметичного середнього та стандартного відхилення. Порівняльний аналіз проводили за до-

помогою однофакторного дисперсійного аналізу ANOVA із застосуванням поправки Бонферонні для множинних порівнянь. Відтворюваність досліджуваних показників досліджували методом Бланда-Алтмана. Розраховували коефіцієнт відтворюваності та середню похибку повторного вимірювання. Статистично значущими вважали відмінності за $p < 0,05$.



Дослідження поздовжнього сегментарного стрейна та стрейн рейта у практично здорової особи за допомогою програмного забезпечення Xstrain («Esaote», Італія)

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Особливості сегментарної кінетики та деформації міокарда лівого шлуночка в нормі.

Сучасні погляди на складний рух міокарда мають під собою глибоке історичне коріння. Так, ідея порівняння серця із помпою, де атріо-вентрикулярна площа виконує роль поршня, належить ще Леонардо да Вінчі [15]. Практично всі наступні дослідники підтвердили цю гіпотезу. Зміщення атріоventрикулярної площини до

верхівки в систолу та віддалення у діастолу відбувається таким чином, що сама верхівка залишається практично нерухомою, як і весь зовнішній контур серця (так звана відносна стабільність контуру). Такий спосіб мінімізує енергетичні втрати. Завдяки спекл-трекінг ехокардіографії можна дати кількісну оцінку цьому феномену, досліджуючи поздовжнє зміщення міокарда (табл. 1). Амплітуда зміщення достовірно зменшується від базальних до апікальних сег-

ментів. При цьому достовірних відмінностей між перегородкою та бічною стінкою не реєструється. Показники поперечного зміщення мають достовірно менші абсолютні значення, але також зберігається статистично значуще зменшення цього показника від базальних до апікальних сегментів. Циркулярне зміщення має такі особливості. Так під час систоли базальні

сегменти здійснюють рух у напрямку проти годинникової стрілки, а апікальні – за годинниковою. Таким чином, лівий шлуночок скручується навколо своєї поздовжньої вісі. Загалом, взаємопротилежна ротація зумовлює спіралеподібний рух міокарда. Кількісно це відображується таким показником, як торсія. У нашому дослідженні показник торсії становив $14,2 \pm 1,88$.

Таблиця 1

Показники сегментарної кінетики та деформації лівого шлуночка у практично здорових осіб ($M \pm m$)

Параметр	Стінка	Базальний сегмент ¹	Медіальний сегмент ²	Апікальний сегмент ³	p ¹⁻²	p ¹⁻³	p ²⁻³
Поздовжнє зміщення, мм	Перегородка	10,7±1,96	7,5±1,53	3,1±0,98	<0,05	<0,05	<0,05
	Бічна	9,7±2,9	7,2±2,28	4,2±1,88	<0,05	<0,05	<0,05
Поперечне зміщення, мм	Перегородка	6,1±1,88	4,8±1,67	2,9±1,37	<0,05	<0,05	<0,05
	Бічна	7,6±2,32	5,5±1,68	3±1,57	<0,05	<0,05	<0,05
Поздовжній стрейн, %	Перегородка	-16,2±4,64	-17,5±3,24	-22,3±5,22	н.д.	<0,05	<0,05
	Бічна	-18,2±5,29	-17±3,24	-17,3±7,52	н.д.	н.д.	н.д.
Поздовжній стрейн рейт, с-1	Перегородка	-1,06±0,36	-1,02±0,22	-1,29±0,35	н.д.	<0,05	<0,05
	Бічна	-1,08±0,31	-0,95±0,25	-1,03±0,34	н.д.	н.д.	н.д.
Циркулярний стрейн, %	-	-21,2±2,649	-22,64±3,752	-25,6±6,125	н.д.	<0,05	<0,05
Циркулярний стрейн рейт, с-1	-	-1,44±0,24	-1,48±0,24	-1,69±0,416	н.д.	<0,05	<0,05
Ротація, °	-	-5,92±1,24	-	8,3±2,1	-	<0,05	-

Протилежно направленими є особливості сегментарної деформації лівого шлуночка. В апікальних сегментах міжшлуночкової перегородки реєструються достовірно вищі показники, порівняно із медіальними та базальними сегментами. Це стосується як поздовжнього, так і циркулярного стрейна та стрейн рейта. Це пояснюється тим, що під час систоли верхівка зазнає найбільшої деформації, оскільки рух всіх інших сегментів відбувається саме у її бік.

Особливості глобальної деформації міокарда в нормі.

Глобальний стрейн та стрейн рейт (поздовжній та циркулярний) є найбільш дослідженими показниками спекл-трекінг ехокардіографії. На сьогодні продемонстрована висока кореляція цих показників із фракцією викиду лівого шлуночка [13]. Доведене їх незалежне прогностичне зна-

чення у хворих на серцеву недостатність, інфаркт міокарда, гіпертрофічну кардіоміопатію, тощо [8,9,12]. А у дослідженні Stanton T. та співавт. прогностична цінність глобального стрейна у загальній популяції виявилась вищою за фракцію викиду лівого шлуночка та індекс порушень локальної скоротливості [11].

Але технологія спекл-трекінг має дещо інші алгоритми реалізації у різних виробників ультразвукового обладнання. У зв'язку з цим, існують дані, що референтні значення глобальних стрейна та стрейн рейта дещо відрізняються залежно від того, за допомогою якого програмного забезпечення вони досліджувались [7]. Нами було виконано порівняльний аналіз власних результатів із даними інших дослідників, де використовували технологію «спекл-трекінг» різних виробників («Esaote» та «General

Electric») [5,14,16,17]. Узагальнені дані наведені у таблиці 2. Єдиним показником, який достовірно відрізнявся, був глобальний поздовжній стрейн, що мав достовірно менший результат у дослідженні, де використовували програмне забезпечення «General Electric». Всі інші параметри достовірно не відрізнялися. Наше дослід-

ження також підтвердило, що нормативні значення деяких показників деформації достовірно відрізняються у різних виробників програм для спекл-трекінг аналізу. Це слід мати на увазі для коректної оцінки вищевказаних показників глобальної деформації.

Таблиця 2

Показники глобальних стрейна та стрейн рейта та аналіз їх відтворюваності

Показник	Власні дані (n=38)	Дослідження HUNT [16] (n=126)	Bussadori C et al. [5] (n=30)	Luca A. et al. [17] (n=15)	p
Виробник програмного забезпечення	ESAOTE (Італія)	General Electric (США)	ESAOTE (Італія)	ESAOTE (Італія)	
Глобальний поздовжній стрейн, %	-18,7±2,27	-16,8±2,02	-19,1±3,05	-18,1±2,3	p<0,05
Коефіцієнт відтворюваності, %	1,6	2	дані відсутні	дані відсутні	-
Середня похибка вимірювання, %	1,5	3	дані відсутні	дані відсутні	-
Глобальний поздовжній стрейн рейт, с ⁻¹	-1,1±0,13	-1,06±0,13	-1,07±0,19	дані відсутні	p>0,05
Коефіцієнт відтворюваності, с ⁻¹	0,12	0,2	дані відсутні	дані відсутні	-
Середня похибка вимірювання, %	0,1	5	дані відсутні	дані відсутні	-
Глобальний циркулярний стрейн, %	22,8±3,43	дані відсутні	24,9±7,35	дані відсутні	p>0,05
Глобальний циркулярний стрейн рейт, с ⁻¹	1,53±0,26	дані відсутні	1,67±0,55	дані відсутні	p>0,05

Відтворюваність показників глобальної деформації.

Важливою характеристикою будь-якого нового методу є аналіз відтворюваності вимірювань. Ми проаналізували варіацію найбільш використаного у науковій літературі показника – глобального поздовжнього стрейна та стрейн рейта (табл. 2). Коефіцієнт відтворюваності та середня дослідницька похибка були співставними із даними інших дослідників, а їх абсолютні значення свідчать про відсутність значущої варіації повторних вимірювань.

ПІДСУМОК

Таким чином, двовимірна спекл-трекінг ехокардіографія є сучасною неінвазивною технологією дослідження кінетики і деформації міокарда, що дозволяє на принципово новому рівні оцінювати функціональний стан серця. Впровадження цього методу дозволить проводити доклінічну діагностику ураження міокарда при різних кардіоваскулярних захворюваннях. Продемонстрована у ряді досліджень незалежна прогностична цінність показників деформації міокарда дозволить покращити стратифікацію ризику щодо розвитку серцево-судинних ускладнень.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гипертрофическая кардиомиопатия: современные аспекты диагностики и лечения / В.В. Сыволап [и др.] // Запорож. мед. журнал. – 2011. - № 5. – С. 72-76.
2. Мирошник М. Векторний аналіз в ехокардіографії / М. Мирошник. – К.: Б.в., 2011. – 91 с.
3. Осипов Л.В. Ультразвуковые диагностические приборы / Л.В. Осипов. – М.: ООО ПФК «ИзоМед», 2011. – 316 с.
4. Сыволап В.В. Оценка продольной и радиальной систолической деформации левого желудочка при

дилатационной кардиомиопатии (клиническое наблюдение) / В.В. Сыволап, М.Ю. Колесник // *Внутрішня медицина*. – 2008. – № 5-6. – С. 20-25.

5. A new 2D-based method for myocardial velocity strain and strain rate quantification in a normal adult and paediatric population: assessment of reference values / C. Bussadori [et al.] // *Cardiovascular Ultrasound*. – 2009. – Vol. 7, N 8. – P. 1-12.

6. American Society of Echocardiography Recommendations for Use of Echocardiography in Clinical Trials // *J. Amer. Society Echocardiography*. – 2004. – Vol.17. – P.1086-1119.

7. Assessment of left ventricular function by different speckle-tracking software/ A. Manovel [et al.] // *Eur. J. Echocardiogr.* – 2010. – Vol. 11, N 5. – P. 417-421.

8. Clinical significance of global two-dimensional strain as a surrogate parameter of myocardial fibrosis and cardiac events in patients with hypertrophic cardiomyopathy / M. Saito [et al.] // *Eur. Heart J. Cardiovasc. Imaging*. – 2012. – Vol. 13, N 1. – P. 17-25.

9. Global 2-dimensional strain as a new prognosticator in patients with heart failure / G.Y. Cho [et al.] // *J. Am. Coll. Cardiol.* – 2009. – Vol. 54. – P. 618-624.

10. New understanding of the heart structure and function / F. Torrent-Guasp [et al.] // *Eur. J. Cardiothorac. Surg.* – 2005. – Vol. 50. – P. 682-688.

11. Prediction of all-cause mortality from global longitudinal speckle strain. Comparison with ejection fraction and wall motion scoring/ T. Stanton [et al.]// *Cir-*

culation: Cardiovascular Imaging. – 2009. – Vol. 2. – P. 356-364.

12. Prognostic value of serial global longitudinal strain measured by two-dimensional speckle tracking echocardiography in patients with ST-segment elevation myocardial infarction / J. Woo [et al.] // *Am. J. Cardiol.* – 2011. – Vol. 108, N 3. – P. 340-347.

13. Relation between global left ventricular longitudinal strain assessed with novel automated function imaging and biplane left ventricular ejection fraction in patients with coronary artery disease/ V. Delgado [et al.] // *Eur. J. Echocardiogr.* – 2008. – Vol. 21, N 11. – P. 1244-1250.

14. Reproducibility in echocardiographic assessment of left ventricular global and regional study, the HUNT study / A. Thorstensen [et al.] // *Eur. J. Echocardiogr.* – 2010. – Vol. 11, N 2. – P.149-156.

15. Quinones M.A. Echocardiographic assessment of left ventricular function with special reference to normalized velocities / M.A. Quinones, W.H. Gaasch, J.K. Alexander // *Circulation*. – 1974. – Vol. 50, N 1. – P. 42-51.

16. Segmental and global longitudinal strain and strain rate based on echocardiography of 1266 healthy individuals: the HUNT study in Norway / H. Dalen [et al.] // *Eur. J. Echocardiogr.* – 2010. – Vol. 11, N 2. – P. 176-183.

17. The effect of exercise training on left ventricular function in young elite athletes / A.D. Luca [et al.] // *Cardiovascular Ultrasound*. – 2011. – Vol. 9, N 27. – P. 1-9.



УДК 616.24-002-007.272-036.1:543.635.4

**Т.О. Перцева,
К.Ю. Гашинова,
О.О. Штена**

СУРФАКТАНТНИЙ БЛОК Д ЯК СПЕЦИФІЧНИЙ МАРКЕР ХРОНІЧНОГО ЗАПАЛЕННЯ ЛЕГЕНЬ

*ДЗ «Дніпропетровська медична академія Міністерства охорони здоров'я України»
кафедра факультетської терапії та ендокринології
(зав. – чл.-кор. НАМН України, д. мед. н., проф. Т.О. Перцева)*

Ключові слова: ХОЗЛ, пневмонія, запалення, сурфактантний білок Д
Key words: COPD, pneumonia, inflammation, surfactant protein D

Резюме. С целью изучения вопроса, является ли плазменный сурфактантный белок Д (СБД) специфическим маркером легочного воспаления, и влияет ли возраст, пол и состояние функции внешнего дыхания (ФВД) на его плазменную концентрацию, были обследованы 44 больных ХОЗЛ, 8 больных с пневмонией и 26 человек без значимой патологии. Проводились общеклинические обследования, рентгенография органов грудной клетки, спирография, измерялся уровень СБД в плазме. Наивысший уровень СБД был выявлен у больных ХОЗЛ. У пациентов с пневмонией он не отличался от группы контроля. Не было установлено достоверной связи между плазменным уровнем СБД и возрастом ни у здоровых, ни в группах больных. Ни в одной группе плазменный уровень СБД также не коррелировал с показателями ФВД и не зависел от пола. Таким образом,