

УДК 611.126:[616-076:621.385.833.2

Л.А. Сарафінюк*,

Ю.Ю. Малик

Вінницький національний медичний
університет ім. М.І.Пирогова*,
Буковинський державний медичний
університет, м. Чернівці

ОСОБЛИВОСТІ УЛЬТРАСТРУКТУРНОЇ ОРГАНІЗАЦІЇ НОРМАЛЬНО РОЗТАШОВАНИХ СУХОЖИЛКОВИХ СТРУН МІТРАЛЬНОГО КЛАПАНА СЕРЦЯ ЛЮДИНИ

Ключевые слова: сухожилкові
струни, мітральний клапан,
колагенові волокна, еластичні
волокна.

Резюме. Нормальне функціонування клапанного апарату залежить, в першу чергу, від взаємозв'язку його структурних компонентів. Топографія та зміни в будові сухожилкових струн призводить до неузгодженої роботи всього клапанного комплексу. Тому мета наших досліджень - вивчення особливостей ультрамікроскопічної будови сухожилкових струн мітрального клапана серця людини в нормі. Результати досліджень показали, що сухожилкові струни вкриті ендокардом. Підендокардіальний шар ми розглядали як периферійний колагеново-еластичний шар сухожилкової струни. Стрижень сухожилкової струни формують масивні пучки щільно упакованих колагенових волокон. Дослідження дозволили отримати нову об'єктивну інформацію про ультраструктурні особливості сухожилкових струн, які в подальшому можуть стати підґрунтям для аналізу змін, виявлених при патології, зокрема патології сполучної тканини клапанного апарату серця.

Вступ

Важко переоцінити роль клапанного апарату серця у функціонуванні серцево-судинної системи, а також у розвитку різноманітних патологічних процесів підклапанних структур і кардіоваскулярних розладів [1]. Нормальне функціонування клапанного апарату залежить, в першу чергу, від взаємозв'язку його структурних компонентів [2, 3]. Вивчення анатомо-гістологічних особливостей клапанного апарату серця має не лише теоретичне, але й велике практичне значення [4], бо саме знання його морфологічних особливостей дозволяє правильно трактувати причини виникнення патологічних процесів [5, 6], а також можуть використовуватися для розробки нових конструкцій протезів клапанів із метою вдосконалення операцій протезування [7].

Мета дослідження

Визначити особливості ультраструктурної організації нормально розташованих сухожилкових струн мітрального клапана серця людей.

Матеріали та методи

Матеріалом для дослідження були сухожилкові струни мітральних клапанних апаратів 15 сердець людей від 21 до 35 років. Для дослідження сухожилкових струн був використаний метод електронної мікроскопії. Матеріал фіксували у 2,5% розчині глутаральдегіду з активною реакцією середовища рН 7,3-7,4, приготов-

леному на фосфатному буфері. Для дослідження брали окремо струни передньої та задньої стулок і комісуральні струни. Сухожилкові струни ділили на три частини: місце відходження від соскоподібного м'язу, середня третина струни, місце прикріплення до стулки клапана.

Обговорення результатів дослідження

Динаміку змін ультраструктурної організації сухожилкових струн ми прослідкували при вивченні ділянок відходження їх від соскоподібних м'язів і ділянок прикріплення струни до стулок клапана.

Дослідження нормально розташованих сухожилкових струн мітрального клапана, виконані за допомогою електронної мікроскопії, показали, що з усіх поверхонь сухожилкова струна вкрита ендокардом. Ендокард складався з поверхневого шару плоских клітин - ендотеліоцитів, що лежали на тонкій базальній мембрані. При електронномікроскопічному дослідженні ядра ендотеліальних клітин виявилися овальної або сплющеної форми, заповнені електронно-прозорою нуклеоплазмою, хроматин знаходився в конденсованому або деконденсованому стані (рис. 1).

Під базальною мембраною ендотелію розташовувався підендотеліальний шар, що складався в основному з еластичних волокон, які розташовувалися впорядковано під кутом до осі сухожилкової струни (рис. 2).

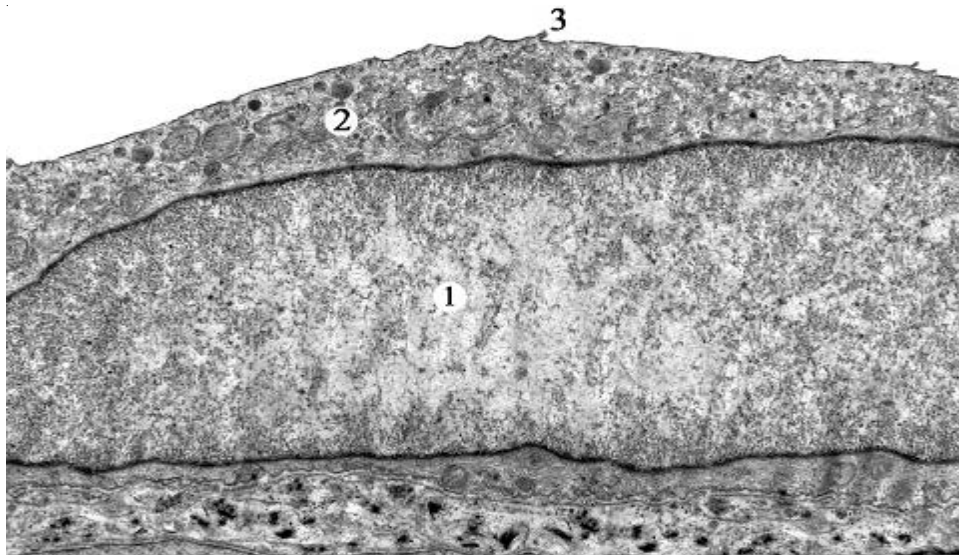


Рис.1. Фрагмент ендотелію нормально розташованої сухожилкової струни передньої стулки мітрального клапана серця людини. Електронна мікрофотографія. Зб. 3200 x
1 - ядро; 2 - цитоплазма; 3 - мікрворсинка.

Fig. 1. Fragment of the endothelium of normally located anterior leaflet chordae tendineae of the human mitral valve. Electron micrograph. 3200 x
1 - nucleus; 2 - cytoplasm; 3 - microvilli

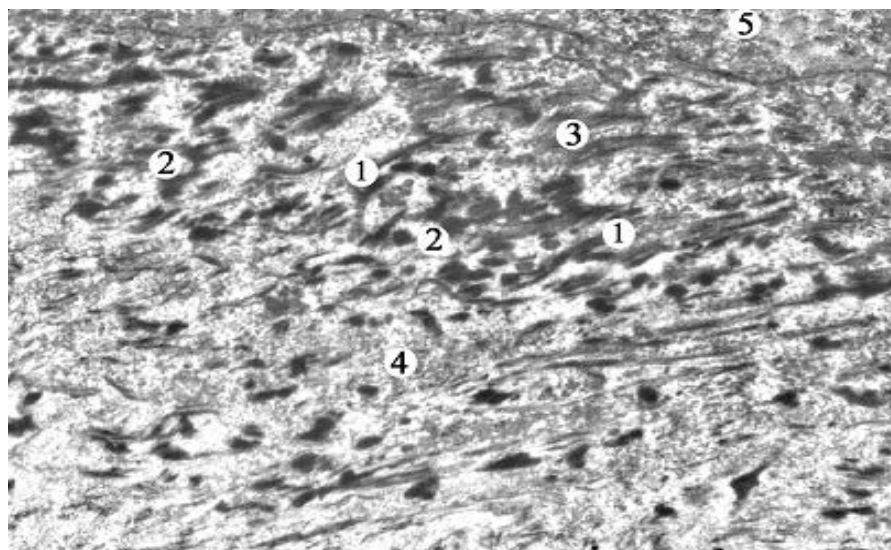


Рис.2. Підендотеліальний шар нормально розташованої сухожилкової струни передньої стулки мітрального клапана серця людини. Електронна мікрофотографія. Зб. 3200 x

1 - еластичні волокна розташовані під кутом до осі сухожилкової струни; 2 - циркулярно розташовані еластичні волокна; 3 - колагенові волокна в поздовжньому перерізі; 4 - колагенові волокна в поперечному перерізі; 5 - цитоплазма ендотеліоцита.

Fig. 2. Subendothelium layer of normally located anterior leaflet chordae tendineae of the human mitral valve. Electron micrograph. 3200 x

1 - elastic fibers arranged at an angle to the axis of chordae tendineae; 2 - circularly arranged elastic fibers; 3 - collagen fibers in longitudinal section; 4 - collagen fibers in cross section; 5 - cytoplasm of the endothelial

Глибше, під ендокардом розташовується підендокардіальний шар, який відмежує стрижень сухожилкової струни. Цей шар ми визначали як периферійний колагеново-еластичний шар сухожилкової струни.

Підендокардіальний шар формують пухко розташовані колагенові та еластичні волокна, а також клітини фібробластичного ряду. Еластичні

волокна розташовуються лінійно (поздовжньо) серед хвилеподібних колагенових волокон і заповнюють проміжки між клітинами сполучної тканини, переважно клітинами фібробластичного ряду.

В периферійному шарі сухожилкової струни розташовувалася велика кількість еластичних волокон, у напрямку до центру струни їх кількість

поступово зменшувалася. Натомість кількість колагенових волокон збільшувалась.

В опорних струнах передньої стулки мітрального клапана, часто, окрім поздовжнього розташування, еластичні волокна, що розсіяні під ендокардом, мали тенденцію до більш циркулярної

орієнтації (рис. 3). Значна товщина еластичної тканини на периферії струни, на нашу думку, діє як захисний бар'єр між колагеном і нижнім шаром ендотелію.

Серцевину, тобто стрижень нормально розташованої сухожилкової струни формують в

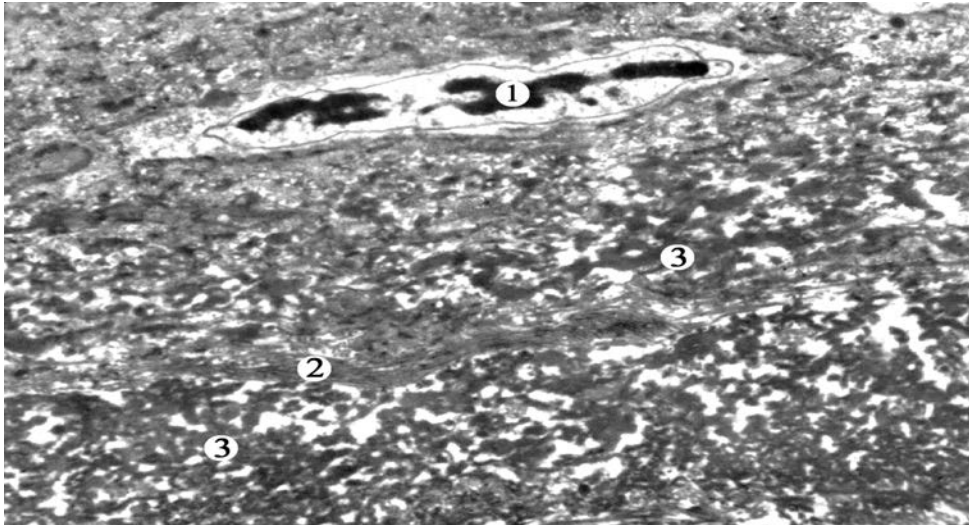


Рис.3. Підендокардіальний шар нормально розташованої сухожилкової струни передньої стулки мітрального клапана серця людини. Електронна мікрофотографія. Зб. 3200 x
1 - фіброцит; 2 - колагенові волокна; 3 - еластичні волокна.

Fig. 3. Subendocardium layer of normally located anterior leaflet chordae tendineae of the human mitral valve. Electron micrograph. 3200 x
1 - fibrocyte; 2 - collagen fibers; 3 - elastic fibers

основному глибше розташовані масивні пучки щільно упакованих колагенових волокон, які мають прямолінійну орієнтацію в товщі сухожилкової струни (рис.4). Колагенові волокна

забезпечують міцність і цілісність струни. У товщі струни також розташовується невелика кількість товстих і тонких еластичних волокон, які пронизують всю тканину сухожилкової струни.

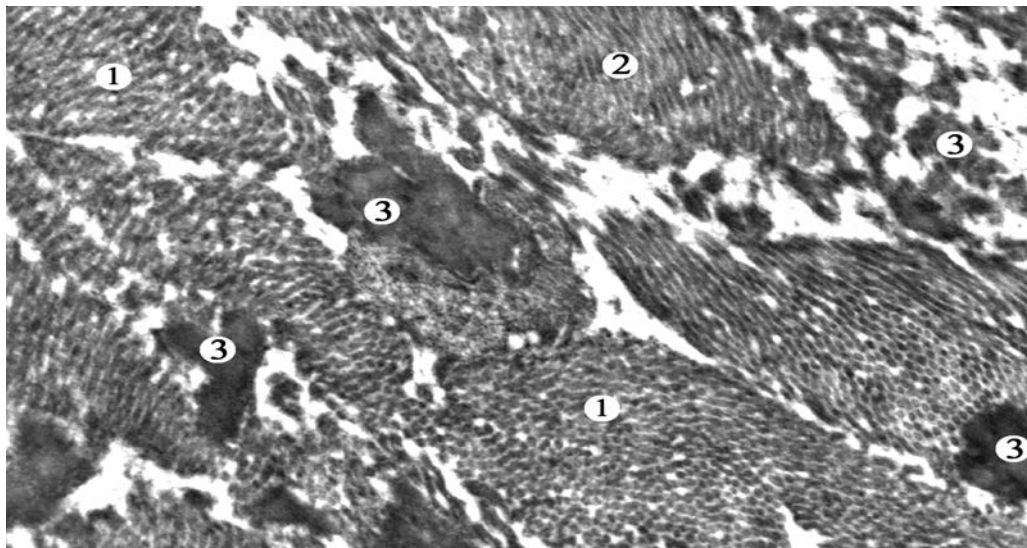


Рис.4. Фрагмент стрижня нормально розташованої сухожилкової струни мітрального клапана серця людини. Електронна мікрофотографія. Зб. 6400 x

1 - пучки колагенових волокон на поперечному перерізі; 2 - косо повздовжні колагенові волокна; 3 - еластичні волокна в поперечному перерізі.

Fig. 4. Fragment of the core of normally located chordae tendineae of the human mitral valve. Electron micrograph. 6400 x

1 - bundles of collagen fibers in cross section; 2 - obliquely-longitudinally collagen fibers; 3 - elastic fibers in cross section

Окрім волокнистих структур, у складі нормально розташованих сухожилкових струн виявлено клітини фібробластичного ряду: фібробласти та фіброцити, що підтверджує їх функціональне значення в складі сполучної тканини сухожилкових струн. Клітини продукують вуглеводно-білкові комплекси основної речовини (протеоглікани, глікозаміноглікани), а також утворюють

компоненти волокон (колаген та еластин), регулюють метаболізм і структурну стабільність волокнистих елементів сполучної тканини, здійснюють просторову структурну організацію сполучної тканини.

У нормально розташованих струнах були виявлені фібробласти овальної або витягнутої форми з відростками (рис. 5).

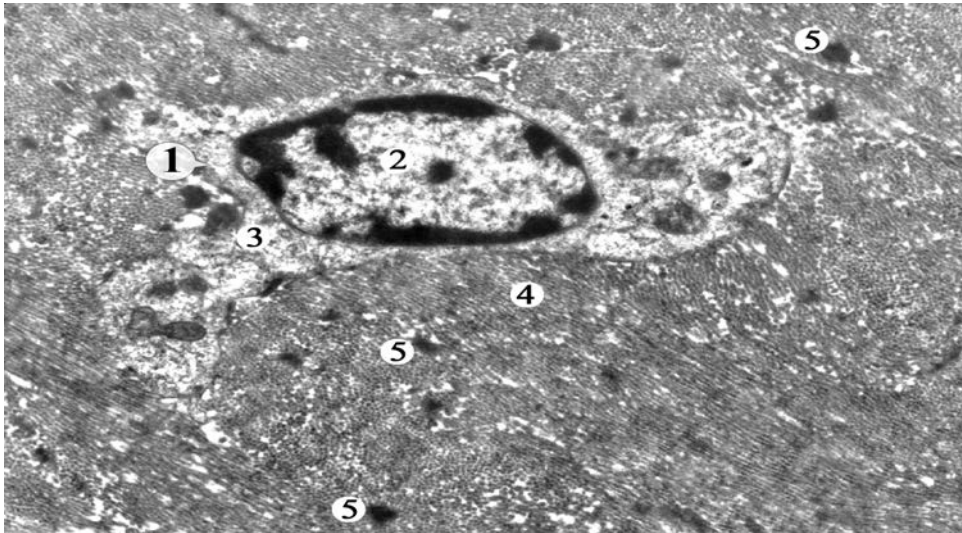


Рис.5. Фрагмент стрижня нормально розташованої сухожилкової струни передньої стулки мітрального клапана серця людини. Електронна мікрофотографія. Зб. 6400 x
1 - фібробласт; 2 - ядро; 3 - цитоплазма; 4 - колагенові волокна в поперечному перерізі; 5 - еластичні волокна на поперечному зрізі.

Fig. 5. Fragment of the core of normally located chordae tendineae of the human mitral valve. Electron micrograph. 6400 x 1 - fibroblasts; 2 - nucleus; 3 - cytoplasm; 4 - collagen fibers in cross section; 5 - elastic fiber in cross section

Ультрамікроскопічно зрілі фібробласти мали вигляд великих клітин із відростками, що містили великі овальні ядра, в каріоплазмі яких переважав еухроматин. У цитоплазм клітин візуалізувалася добре розвинута гранулярна ендоплазматична

сітка, комплекс Гольджі, мітохондрії.

При субмікроскопічному дослідженні середньої третини сухожилкової струни, в її колагеново-еластичному шарі, ми виявили тучну клітину, або тканинний базофіл (рис.6).

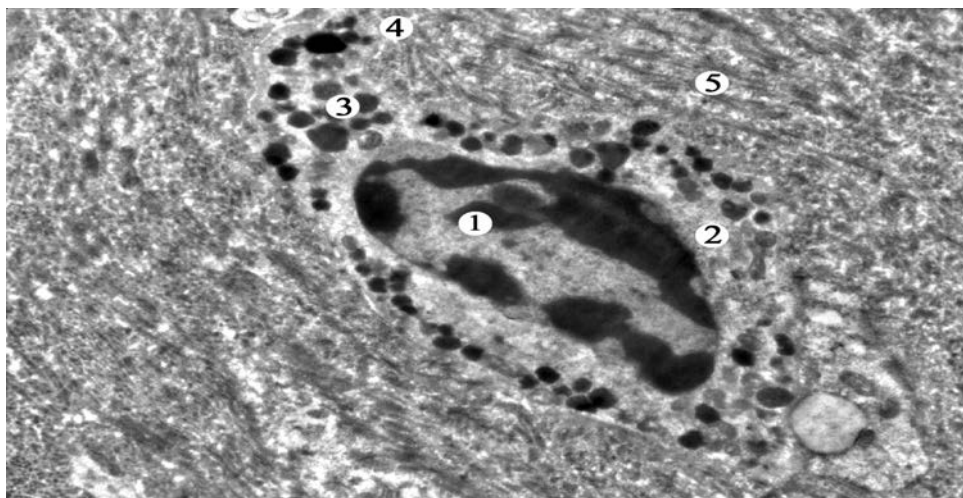


Рис. 6. Фрагмент середньої третини нормально розташованої сухожилкової струни мітрального клапана серця людини. Електронна мікрофотографія. Зб. 4800 x 1 - ядро тканинного базофіла, 2 - цитоплазма, 3 - гранули, 4 - цитоплазматичні вирости; 5 - колагенові волокна.

Fig. 6. Fragment of the middle third of normally located chordae tendineae of the human mitral valve. Electron micrograph. 4800 x 1 - nucleus of the mast cell; 2 - cytoplasm; 3 - granules; 4 - cytoplasmic processes; 5 - collagen fibers

Ядро тканинного базофіла було округлим, розташовувалося по центру клітини, каріоплазма була заповнена великою кількістю глибок конденсованого хроматину. В цитоплазмі клітини візуалізувалося небагато мітохондрій, помірно розвинуті гранулярна ендоплазматична сітка та комплекс Гольджі. У цитоплазмі клітини також локалізувалися чисельні великі за розмірами гранули, що були різноманітними за своєю структурою та щільністю, та рівномірно заповнювали більшу частину цитоплазми клітини.

Локальні та віддалені ефекти тканинних базофілів реалізуються у здатності виробляти, зберігати та виділяти біологічно активні речовини: гепарин, гістамін, серотонін, дофамін, та у здатності регулювати проникність основної речовини.

Вони впливають на синтез і секрецію глікозаміногліканів, процеси регенерації, формування основної речовини та колагену.

Третина сухожилкової струни в ділянці прикріплення до соскоподібного м'язу характеризувалася розташуванням в підендокардіальному шарі більшою мірою колагенових волокон, що локалізувалися не щільно, інколи в різних напрямках, або у вигляді ялинки і малою кількістю еластичних волокон. Інколи можна було побачити серед колагенових волокон незрілі еластичні волокна (рис. 7).

У місцях прикріплення сухожилкових струн до стулок передсердно-шлуночкових клапанів і у самих клапанах спостерігалися складні переплетення колагенових і еластичних волокон.

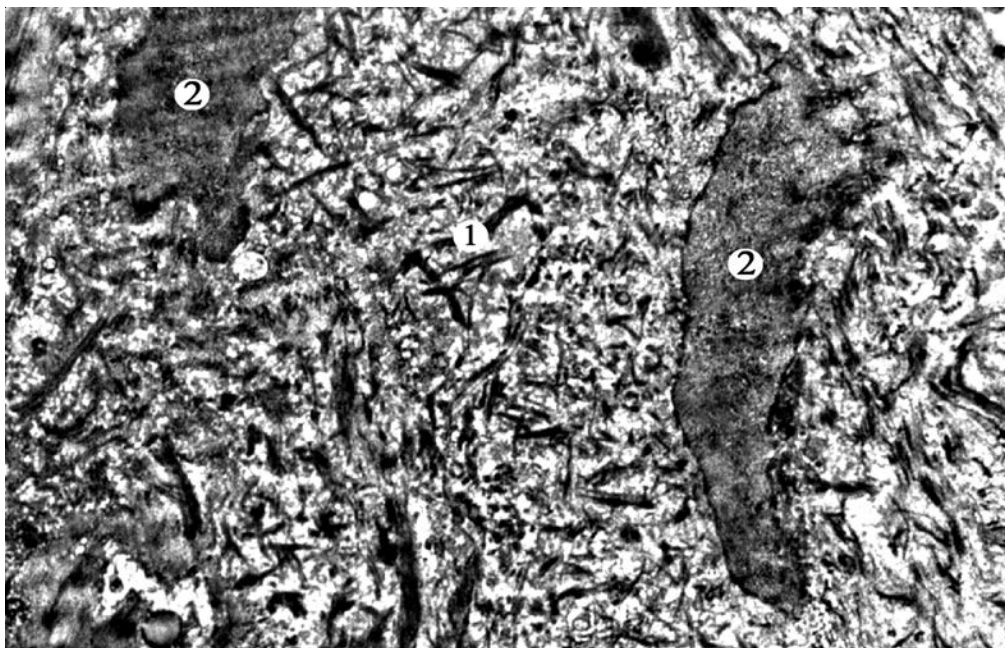


Рис. 7. Фрагмент ділянки прикріплення сухожилкової струни мітрального клапана серця людини до соскоподібного м'язу. Електронна мікрофотографія. Зб. 4800 х

1 - колагенові волокна; 2 - незрілі еластичні волокна.

Fig. 7. Fragment of the chordae tendineae of the human mitral valve inserting into papillary muscle. Electron micrograph. 4800 x

1 -collagen fibers; 2 - immature elastic fibers

Висновки

Дослідження дозволили отримати нову об'єктивну інформацію про особливості ультрамікроскопічної будови сухожилкових струн мітрального клапана людей у нормі, які в подальшому можуть стати підґрунтям для аналізу змін, виявлених при патології, зокрема патології сполучної тканини клапанного апарату серця.

Перспективи подальших досліджень

Дослідити методом електронної мікроскопії зміни в будові сухожилкових струн мітрального клапану серця людини, спричинені дисплазією сполучної тканини та порівняти їх з отриманими

результатами.

Література. 1. Соколов В. В. Сравнительная морфология клапанов сердца / В. В. Соколов. - Ростов-на-Дону, 2003. - 249 с. 2. Millingston-Sanders C. Stucture of chordae tendineae in the left ventricle of the human heart / C.Millingston-Sanders, A. Meir, L. Lavrence, C. Stolinski // J. Anat. - 1998. - Vol 192. - P. 573-581. 3. Козлов В.О. Сухожилкові струни серця: навчально-методичний посібник / В.О. Козлов, В.Г. Дзяк. - Дніпропетровськ: Ліра, 2006. - 128 с. 4. Ромбальская А.Р. Топография и значение в гемодинамике сухожильных нитей желудочков сердца человека / А.Р. Ромбальская // Морфология. - 2007. - Т. 131, № 3. - С. 89. 5. Roldan J. F. The connective tissue diseases and cardiovascular system / J.F. Rol-dan, R.A. O'Rurke, W.C. Roberts // Hurst's The Heart. - 2008. - P. 2033-2052. 6. Akhtar S, Meek KN. Ultrastructure abnormalities in proteoglycans collagen fibers and elastic fibers in normal and myxomatous mitral valve chordae tendineae. Cardiovascular Pathology. 1999; 8 (4):191-201. 7. Марченко С.П. Хирургическая анатомия

митрального клапана / С.П. Мар-ченко // Грудная и сердечно-сосудистая хирургия. - 2005. - №5. - С. 11-15.

**ОСОБЕННОСТИ УЛЬТРАСТРУКТУРНОЙ
ОРГАНИЗАЦИИ НОРМАЛЬНО РАСПОЛОЖЕННЫХ
СУХОЖИЛЬНЫХ ХОРД МИТРАЛЬНОГО КЛАПАНА
СЕРДЦА ЧЕЛОВЕКА**

Л.А. Сарафинюк, Ю.Ю. Малик*

Резюме. Нормальное функционирование клапанного аппарата зависит, в первую очередь, от взаимосвязи его структурных компонентов. Топография и изменения в строении сухожильных струн приводит к несогласованной работе всего клапанного комплекса. Поэтому целью наших исследований было изучить особенности ультрамикроскопического строения сухожильных хорд митрального клапана сердца человека в норме. Результаты исследования показали, что сухожильные хорды были выстланы эндокардом. Подэндокардиальный слой мы рассматривали как периферический коллагеново-эластический слой сухожильной хорды. Сердцевину хорды формировали массивные пучки плотно упакованных коллагеновых волокон. Исследования позволили получить новую объективную информацию о некоторых ультраструктурных особенностях сухожильных хорд, которые в дальнейшем могут стать основой для анализа изменений, выявленных при патологии, в частности патологии соединительной ткани клапанного аппарата сердца.

Ключевые слова: сухожильные хорды, митральный клапан, коллагеновые волокна, эластические волокна.

**FEATURES OF ULTRASTRUCTURAL ORGANIZATION
OF NORMALLY LOCATED MITRAL VALVE CHORDAE
TENDINEAE OF THE HUMAN HEART**

L.A.Sarafiniuk, Yu.Yu. Malyk*

Abstract. The normal functioning of the valve apparatus depends on the relationship of its structural components. Changes in the topography and structure of the chordae tendineae result to uncoordinated work of the whole valvular complex. Therefore, the aim of our study was to investigate the features of ultramicroscopic structure of the human mitral valve chordae tendineae in health. The chordae tendineae were covered by endocardium. Subendocardial layer we considered as peripheral collagen-elastic layer of the chordae tendineae. Cor of the chordae is composed of bundles of densely packed collagen fibers. The investigations allowed to receive a new objective data on some ultrastructural peculiarities of the chordae tendineae of the human mitral valve that later on can become the basis for the analysis of the changes identified in the pathology, such as connective tissue disease heart valve apparatus or other pathology of the heart valve.

Key words: chordae tendineae, mitral valve, papillary muscles, collagen fibers, elastic fibers.

N.I. Pirogov National Medical University (Vinnitsa)*

Bukovynian State Medical University, Chernivtsi

Clin. and experim. pathol. - 2014. - Vol.13, №4 (50). - P.102-107.

Надійшла до редакції 10.11.2014

Рецензент – проф. І.С. Давиденко

© Л.А. Сарафинюк, Ю.Ю. Малик, 2014