

## **МОРФОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ТРИВИМІРНОЇ БУДОВИ СУХОЖИЛКОВИХ СТРУН ПЕРЕДСЕРДНО-ШЛУНОЧКОВИХ КЛАПАНІВ СЕРЦЯ НОВОНАРОДЖЕНИХ ЛЮДИНИ**

**Н.П. Пентелейчук**

Вищий державний навчальний заклад України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна

### **Ключові слова:**

сухожилкові струни, передсердно-шлуночкові клапани серця, новонароджені.

Буковинський медичний вісник. Т.22, № 3 (87). С. 67-71.

### **DOI:**

10.24061/2413-0737.XXII.3.87.2018.65

**E-mail:** pentelejchuk.nataliia@bsmu.edu.ua

**Мета роботи** — з'ясувати особливості будови сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця новонароджених з використанням світлооптичного та реконструкційного методів дослідження. **Матеріал і методи.** Дослідження сухожилкових струн мітрального та триствулкового клапанів виконані на 52 препаратах передсердно-шлуночкових клапанів серця 26 новонароджених, які померли від причин, не пов'язаних із патологією серцево-судинної системи. При дослідженні використовували світлооптичний метод, 3D-реконструкції та статистичний аналіз.

**Результати.** У результаті проведеного мікроскопічного дослідження встановлено, що основу сухожилкових струн складає щільна оформлена волокниста сполучна тканина, в якій між пучками колагенових волокон розміщуються клітини фібробластичного ряду. Однак у товщі 28% сухожилкових струн новонароджених, окрім пучків колагенових волокон, траплялися пучки серцевих м'язових клітин. За допомогою тривимірних реконструкцій сухожилкових струн новонароджених встановлено, що підендотеліальний шар є пухкою колагеново-еластичною периферією, в якій розташовані кровоносні судини, а центральна частина утворена колагеновим стрижнем.

**Висновок.** Результати морфологічних досліджень показали, що 72% сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця новонароджених належать до фіброзного типу та 28% — до фіброзно-м'язового типу.

### **Ключевые слова:**

сухожильные хорды, предсердно-желудочковые клапаны сердца, новорожденные.

Буковинский медицинский вестник. Т.22, № 3 (87). С. 67-71.

## **МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТРЕХМЕРНОГО СТРОЕНИЯ СУХОЖИЛЬНЫХ ХОРД ПРЕДСЕРДНО-ЖЕЛУДОЧКОВЫХ КЛАПАНОВ СЕРДЦА НОВОРОЖДЕННЫХ ЛЮДЕЙ**

**Н.П. Пентелейчук**

**Цель работы** — выяснить особенности строения сухожильных хорд предсердно-желудочковых клапанов сердца новорожденных с использованием светооптического и реконструктивного методов исследования. **Материал и методы.** Исследования сухожильных хорд митрального и трехстворчатого клапанов были проведены на 52 препаратах предсердно-желудочковых клапанов сердца 26 новорожденных, которые умерли от причин, не связанных с патологией сердечно-сосудистой системы. При исследовании использовали светооптический метод, 3D-реконструкции и статистический анализ.

**Результаты.** В результате проведенного микроскопического исследования установлено, что основная часть сухожильных хорд состоит из плотной оформленной волокнистой соединительной ткани, в которой между пучками коллагеновых волокон располагаются клетки фибробластического ряда. Однако в толще 28% сухожильных хорд

## Оригінальні дослідження

новорожденных, кроме пучков коллагеновых волокон, встречались пучки сердечных мышечных клеток. С помощью трехмерных реконструкций сухожильных хорд новорожденных установлено, что подэндотелиальный слой является рыхлой коллагеново-эластичной периферией, в которой расположены кровеносные сосуды, а центральная часть образована коллагеновым стержнем.

**Вывод.** Результаты морфологических исследований показали, что 72% сухожильных хорд предсердно-желудочковых клапанов сердца новорожденных принадлежат к фиброзному типу и 28% — к фибрино-мышечному типу.

**Keywords:**

*chordae tendineae, atrioventricular heart valves, newborns.*

*Bukovinian Medical Herald. V.22, № 3 (87). P. 67-71.*

**MORPHOLOGICAL PECULIARITIES OF THREE-DIMENSIONAL STRUCTURE OF TENDINOUS CORDS OF ANTRIOVENTRICULAR HEART VALVES IN HUMAN NEWBORNS**

*N.P. Penteleichuk*

**Objective** — the aim of the study was to examine features of the structure of tendinous cords of atrioventricular valves in newborns by using optical lighting and reconstruction methods of investigation.

**Material and methods.** Tendinous cords of the mitral and tricuspid valves were examined on 52 specimens atrioventricular heart valves, taken from 26 newborns who had died due to the causes which were not associated with pathology of the cardio-vascular system. During the study we used optical method, three-dimensional reconstruction and statistical analysis.

**Results.** Results of microscopic studies have shown that tendinous cords consist of dense regular connective tissue, where between bundles of collagen fibers cells of fibroblastic range can be found. However, in thickness of 28% tendinous cords, except bundles of collagen fibers, bundles of cardiac muscle have been also found. With the help of three-dimensional tendinous cords reconstructions, it was established that the subendothelial layer is a loose collagenous-elastic periphery with blood vessels inside. The central part is formed by collagen core.

**Conclusion.** Therefore, the results of morphological studies have shown that 72% tendinous cords of atrioventricular heart valves in newborns belong to the fibrous, and 28% belong to fibro-muscular type of tendinous cords.

**Вступ.** Незважаючи на велику кількість наукових робіт, присвячених клапанному апарату серця людини у різні вікові періоди [1, 2], до цього часу існує ще багато різних суперечливих питань, які пов'язані з вивченням морфологічних особливостей будови сухожилкових струн [3, 4], як одного із компонентів клапанного апарату серця. Зміна морфологічної будови сухожилкових струн може призвести до порушення функції клапанів серця у цілому. Тому вивчення структурної організації сухожилкових струн, на якому б рівні не проводилися, будуть сприяти розкриттю патогенезу захворювань клапанного апарату серця та пошуку ефективних методів їх лікування.

Однак сучасні методи морфології вже неможливо уявити без використання цифрових технологій, одним із векторів розвитку яких є 3D- реконструкція за серійними гістологічними зрізами [5, 6], що дозволяє проводити дослідження тієї або іншої структури не тільки на площині зрізу, а й у цілому органі,

та отримати повне уявлення про будову і тканинну організацію досліджуваного об'єкта.

**Мета роботи.** З'ясувати особливості будови сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця новонароджених із використанням світлооптичного та реконструкційного методів дослідження.

**Матеріал і методи.** Дослідження сухожилкових струн мітрального та тристулкового клапанів виконані на 52 препаратах передсердно-шлуночкових клапанів серця 26 новонароджених, які померли від причин, не пов'язаних із патологією серцево-судинної системи. Матеріал фіксували в 10% розчині нейтрального формаліну. Для виявлення сполучнотканинних і м'язових елементів у складі сухожилкових струн клапанного апарату серця виготовляли серійні зрізи, забарвлювали їх гематоксиліном та еозинном, а також за методами Ван-Гізон-Вейгерта і Слінченка. Для створення реконструкційних моделей сухожилкових струн новонароджених використовували комплекс

програм Microsoft Office Picture Manager та 3ds max 8.0. Серійні зрізи сухожилкових струн фотографували, а отримані цифрові зображення обробляли за допомогою Microsoft Office Picture Manager. Статистичний аналіз проводили з використанням обчислювальної техніки за допомогою ліцензійної версії програми "StatPlus2005 Professional 3.5.3" (Analyst Soft).

**Результати дослідження та їх обговорення.** Результати дослідження сердець новонароджених показали, що стулки мітрального та тристулкового клапанів серця зв'язані, як правило, з відповідними сосочкоподібними м'язами за допомогою сухожилкових струн, які мають вигляд тонких сполучнотканинних тяжів.

Світлооптичні дослідження сухожилкових струн мітрального та тристулкового клапанів серця новонароджених свідчать, що поверхня сухожилкових

струн рівна та вкрита ендотардом, який складається із поверхневого шару ендотеліоцитів, що лежать на товстій базальній мембрані. Ядра клітин сплющеної форми, локалізовані паралельно до базальної мембрани. Вони забарвлюються базофільно та виглядають темними на тлі світлозабарвленої цитоплазми. Під шаром ендотелію, що вкриває сухожилкові струни передсердно-шлуночкових клапанів серця, розташовується підендотеліальний шар ендотарда, в якому ідентифікуються тонкі еластичні волокна, що формують сітку (рис. 1)

За допомогою 3D-реконструкції сухожилкових струн новонароджених встановлено, що підендотеліальний шар є пухкою колагеново-еластичною периферією, в якій розташовані кровоносні судини (рис. 2).

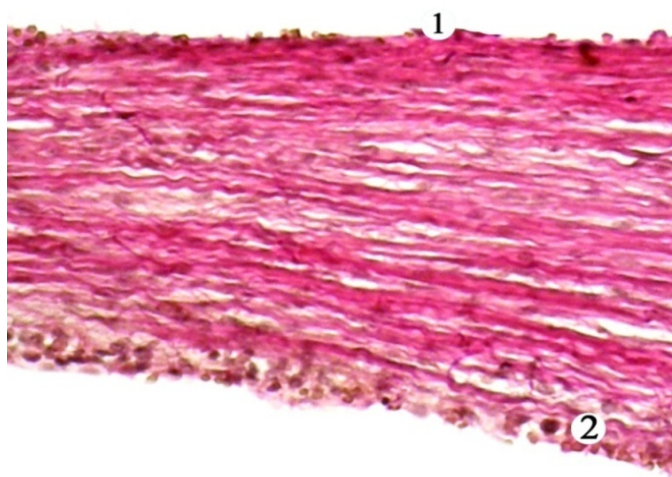


Рис. 1. Поздовжній зріз сухожилкової струни тристулкового клапана серця новонародженого. Забарвлення за методом Ван-Гізона-Вейгерта. Мікрофотографія.

Зб.: 200х:

1 – ендотелій; 2 – еластичні волокна у складі підендотеліального шару

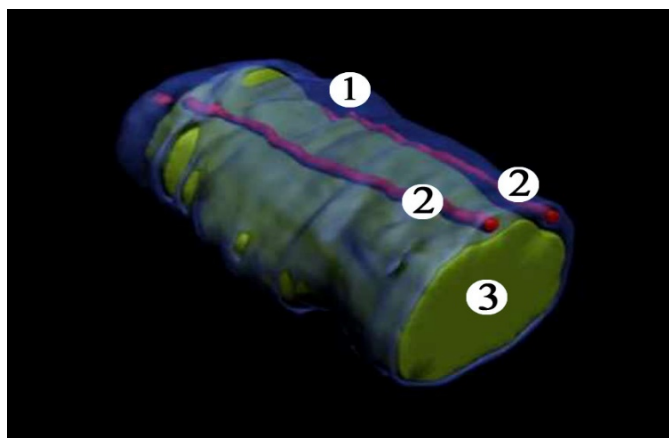


Рис. 2. Тривимірний моделювання сухожилкової струни тристулкового клапана новонародженого:

1 – пухка периферія сухожилкової струни; 2 – кровоносні судини; 3 – колагеновий стрижень сухожилкової струни

У результаті проведення аналізу відносних площ структур сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця встановлено, що відсоткове співвідношення площі периферійно розташованої пухкої волокнистої сполучної тканини в сухожилкових струнах у напрямку до ступок клапанів збільшується від 24,8% до 32,6%.

Світлооптичне дослідження сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця показало,

що основа 72% сухожилкових струн складається лише з щільної оформленої волокнистої сполучної тканини, до складу якої входять паралельно та прямолінійно спрямовані пучки колагенових волокон, між якими залягають ряди клітин фібробластичного ряду та аморфний компонент міжклітинної речовини.

У результаті проведення тривимірної комп'ютерної реконструкції сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця виявлено, що центральна



## Оригінальні дослідження

частина сухожилкових струн як мітрального, так і тристулкового клапанів, утворена щільним колагеновим стрижнем, відсоткове співвідношення площі центрального колагенового стрижня сухожилкових струн новонароджених у напрямку до стулок передсердно-шлуночкових клапанів серця зменшується від 72,7% до 64,8%.

Під час світлооптичного дослідження встановлено, що у товщі 28% сухожилкових струн серця новонароджених, окрім пучків колагенових волокон, трапляються пучки серцевих м'язових клітин — кардіоміоцитів, об'єднані в тяжі неправильної форми. Кількість м'язових клітин зменшується у напрямку до стулок мітрального та тристулкового клапанів серця.

У результаті проведення тривимірної комп'ютерної реконструкції сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця, які побудовані з щільної оформленої волокнистої сполучної тканини, виявлено, що в їх складі проходять кровоносні судини, які є судинами макроциркуляторного русла; прямуючи до стулок клапанів серця, вони не галузяться. Кровоносні судини сухожилкових струн розташовуються у своєрідних «футлярах», в яких відсутні клітинні елементи. Відсоткове співвідношення площі кровоносних судин макроциркуляторного русла по ходу в сухожилкових струнах практично не змінюється і в середньому становить 2,5%.

Під час дослідження ділянки відходження сухожилкової струни від сосочкоподібного м'яза за допомогою світлової мікроскопії виявлено, що колагенові волокна сухожилкової струни на верхівці сосочкоподібного м'яза мають вигляд хвилеподібних пучків, які чергуються з поперечно-посмугованими серцевими м'язовими волокнами, і безперервно переходять у сухожилкову струну, формують її товщу. Колагенові пучки орієнтовані поздовжньо, а м'язові пучки кардіоміоцитів мають тенденцію до дугоподібного закручення.

Також при дослідженні ділянки відходження сухожилкової струни від сосочкоподібного м'яза виявлено, що в місцях відходження сухожилкової струни відзначається скупчення м'язових елементів, які супроводжуються колагеновими та еластичними волокнами пухкої волокнистої сполучної тканини. Поперечно-посмуговані серцеві м'язові та сполучнотканинні волокна переплітаються між собою, не утворюючи чіткого каркаса.

**Висновок** Результати морфологічних досліджень показали, що 72% сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця новонароджених

належать до фіброзного типу та 28% — до фіброзно-м'язового типу.

**Перспективи подальших досліджень.** Одержані результати щодо особливостей будови сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця новонароджених сприятимуть удосконаленню діагностики уроджених вад серця, а також можуть служити морфологічною основою для удосконалення існуючих і розробки нових методів оперативних втручань на серці.

## Список літератури

1. Семенюк Т.О. Клапани серця: основні моменти їх розвитку, мікроскопічна будова та особливості кровопостачання. Вісник наукових досліджень. 2012; 3(68):14-17.
2. Степанчук А.П. Морфометрические исследования передсердно-желудочковых клапанов в норме. Вісник проблем біології і медицини. 2012; 1(3):162-65.
3. Лобко П.И. Микроскопическая анатомия мясистых trabekul, сосочковых мышц и сухожильных хорд желудочков сердца человека. Клінічна анатомія та оперативна хірургія. 2010; 9(1):60-63.
4. Федонюк Л.Я., Малик Ю.Ю. Структурна організація нормально розташованих сухожилкових струн мітрального клапана серця людини. Morphologia. 2014; 8(3):61-66.
5. Гудлетт Т. Методы трехмерного моделирования в исследовании эмбрионального сердца. Морфология. 2010; 4(2):5-2.
6. Твердохліб І.В. Просторова реконструкція біологічних об'єктів за допомогою комп'ютерного моделювання. Морфология. 2007; 1(1):135-39.

## References

1. Semeniuk T.O. Klapany sertsia: osnovni momenty yikh rozvytku, mikroskopichna budova ta osoblyvosti krovopostachannia [Valves of the heart: the main points of their development, microscopic structure and features of blood supply]. Visnyk naukovykh doslidzhen. 2012;3:14-7. (in Ukrainian).
2. Stepanchuk A.P. Morfometricheskie issledovaniya peredserdno-zheludochkovykh klapanov v norme [Morphometric examination of the atrioventricular valves is normal]. Visnyk problem biolohii i medytsyny. 2012;1:162-65. (in Russian).
3. Lobko P.I. Mikroskopicheskaya anatomiya myasistykh trabekul, sosochkovykh myshts i sukhozhil'nykh khord zheludochkov serdtsa cheloveka [Microscopic anatomy of fleshy trabeculae, papillary muscles and tendon chords of human heart ventricles]. Klinichna anatomiia ta operatyvna khirurgiia. 2010;9(1):60-3. (in Russian).
4. Fedoniuk L.Ia, Malyk Yu.Iu. Strukturna orhanizatsiia normal'no roztashovanykh sukhozhylykovykh strun mitral'noho klapana sertsia liudyny [Structural organization of normally located tendon strings of mitral valve of human heart]. Morphologia. 2014;8(3):61-6. (in Ukrainian).
5. Gudlett T. Metody trekhmernogo modelirovaniya v issledovanii embrional'nogo serdtsa [Methods of three-dimensional modeling in the embryonic heart study]. Morfolohiia. 2010;4(2):5-12. (in Russian).
6. Tverdokhlib I.V. Prostorova rekonstruktsiia biolohichnykh ob'iektiv za dopomohoiu komp'utornoho modeliuvaniia [Spatial reconstruction of biological objects using computer simulation]. Morfolohiia. 2007;1(1):135-39. (in Ukrainian).

## Відомості про автора:

Пентелейчук Н. П. — к.біол. н., асистент кафедри гістології, цитології та ембріології ВДНЗ України «Буковинський державний медичний університет», м. Чернівці, Україна.

**Сведения об авторе:**

Пентелейчук Н. П. — к.биол. н., ассистент кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии ВГУЗ Украины «Буковинський державний медичний університет», г. Черновцы, Украина.

**Information about the author:**

Penteleichuk N. P. — PhD (candidate) in Biological Sciences, assistant of the Department of Histology, Cytology and Embryology; Higher State Educational Institution of Ukraine «Bukovinian State Medical University», Chernivtsi, Ukraine.

*Надійшла до редакції 03.05.2018*  
*Рецензент — проф. Кривецький В.В.*  
*© Н.П. Пентелейчук, 2018*

---