

УДК 611.126-053.3

**Н.П. Пентелейчук**Буковинський державний медичний  
університет, м. Чернівці**МОРФОЛОГІЯ СУХОЖИЛКОВИХ СТРУН  
ПЕРЕДСЕРДНО-ШЛУНОЧКОВИХ  
КЛАПАНІВ СЕРЦЯ ДІТЕЙ ГРУДНОГО  
ВІКУ В НОРМІ****Ключові слова:** сухожилкові  
струни, передсердно-шлуночкові  
клапани серця, діти грудного віку.

**Резюме.** Метою дослідження було вивчення морфологічної будови сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця дітей грудного віку з використанням макроскопічного, світлооптичного, гістохімічного та електронномікроскопічного методів. Матеріалом для дослідження послуговували 54 передсердно-шлуночкових клапанів серця грудних дітей (від 28-ї доби до 1 року), які померли від причин, не пов'язаних із патологією серцево-судинної системи. Нами встановлено, що сухожилкові струни починалися від верхівок соскоподібних м'язів та фіксувалися до стулок передсердно-шлуночкових клапанів до вільної, шлуночкової та базальної поверхонь. Найбільша кількість сухожилкових струн локалізувалась у задній стулці мітрального клапана. При з'єднанні зі стулкою клапана сухожилкові струни дітей грудного віку на своєму шляху галузилися на струни першого, другого та третього порядків дихотомічним способом. Тому до стулки клапана кріпилася значно більша кількість сухожилкових струн, ніж відходила від соскоподібних м'язів. Кількість сухожилкових струн прямопропорційно залежала від кількості соскоподібних м'язів - чим більше соскоподібних м'язів, тим більша кількість сухожилкових струн від них відходить. Дослідження виконані за допомогою світлової та електронної мікроскопії показали, що поверхня сухожилкових струн мітрального та тристулкового клапанів серця грудних дітей вкрита ендокардом, який складається із поверхневого шару ендотеліоцитів, що лежать на базальній мембрані. Під ендотелієм у складі сухожилкових струн дітей грудного віку локалізувався підендотеліальний шар ендокарда, в якому диференціювались тяжі еластичних волокон, що мали вигляд пухкої сітки. У проміжках між тонкими еластичними волокнами локалізувались товсті поодинокі та хаотично розташовані колагенові волокна. Волокнисті компоненти були оточені аморфним компонентом міжклітинної речовини. Основу сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця складали упорядковані, щільно упаковані, прямолінійно спрямовані пучки колагенових волокон, між якими розташовувались юні та зрілі фібробласти, фіброцити, що були найбільш чисельною групою клітин фібробластичного ряду, міофібробласти та кровоносні судини, які проникали аж до стулок передсердно-шлуночкових клапанів серця. Отже, сухожилкові струни передсердно-шлуночкових клапанів серця дітей до одного року належать до сухожилкових струн фіброзного типу.

**Вступ**

Важко переоцінити роль серцево-судинної системи в життєдіяльності організму, а також у розвитку різних патологічних процесів [5, 3]. Клапанний апарат серця (КАС) дітей нині досить часто є об'єктом оперативних втручань. Незважаючи на значні успіхи в лікуванні патології серцево-судинної системи, без оперативного лікування 55-70 % дітей з вадами серця помирає на першому році життя [4, 2]. Це можна пояснити

тим, що низка питань щодо структурної організації КАС цілком не досліджені, існують протиріччя в поглядах науковців.

Зміна будови будь-якого з структурних компонентів КАС: стулок клапана, соскоподібних м'язів та сухожилкових струн може призвести до структурної реорганізації ендотелію та сполучнотканинних компонентів, порушення гемодинаміки, що в свою чергу може призвести до анатомічної зміни та патології КАС у цілому [1, 6]. Але на

жаль залишається достатньо дискутабельних питань пов'язаних з субмікроскопічною будовою та функцією сухожилкових струн (СС) передсердно-шлуночкових клапанів (ПШК) серця дітей грудного віку.

Тому знання анатомічних і морфологічних особливостей будови СС у нормі та при патології має важливе значення в кардіохірургії.

### Мета дослідження

Встановити морфологічні особливості сухожилкових струн передсердно-шлуночкових клапанів серця дітей грудного віку в нормі.

### Матеріал і методи

Дослідження сухожилкових струн мітрального та тристулкового клапанів були проведені на 54 передсердно-шлуночкових клапанах серця, взятих із сердець 27 дітей грудного віку (від 28-ї доби до 1 року), які померли від причин, не пов'язаних із патологією серцево-судинної системи.

Одержаний матеріал фіксували в 10% розчині нейтрального формаліну. Після фіксації матеріал зневоднювали та заливали в парафін і виготовляли серійні зрізи товщиною 10 мкм. Для вивчення сполучнотканинних і м'язових елементів СС, проводили їх фарбування методом Слінченко за стандартними методиками. Для електронно-мікроскопічного дослідження матеріал фіксували в 2,5 % розчині глутаральдегіду з активною реакцією середовища рН 7,3-7,4, приготовленому на

фосфатному буфері Міллоніга. Фіксований матеріал через 50-60 хвилин переносили у фосфатний буферний розчин і промивали протягом 20-30 хвилин. Постфіксацію матеріалу здійснювали 1 % розчином чотириоксиду осмію на буфері Міллоніга впродовж 60 хвилин, після чого проводили його дегідратацію в спиртах і ацетоні та заливали в суміш епоксидних смол згідно загальноприйнятої методики (Карупу В.Я., 1984).

Ультратонкі зрізи, контрастували 1 % водним розчином ураланіцетату та цитратом свинцю згідно методу Рейнольда та вивчали ультраструктурні особливості в електронному мікроскопі ПЕМ - 125К.

### Обговорення результатів дослідження

У результаті проведеного макроскопічного дослідження ПШК серця дітей грудного віку нами було встановлено, що стулки мітрального клапана (МК) і тристулкового клапана (ТК) серця зв'язані з відповідними соскоподібними м'язами (СМ) за допомогою СС, які мали вигляд тонких фіброзних ниток.

Сухожилкові струни зазвичай починалися від верхівок соскоподібних м'язів (СМ) та фіксуються до стулок передсердно-шлуночкових клапанів (ПШК). Більша частина (58 %) сухожилкових струн, що брали початок від СМ, кріпилися до вільного краю стулок ПШК серця. 30 % СС, що брали початок від СМ, кріпилися до шлуночкової поверхні стулок (рис. 1).

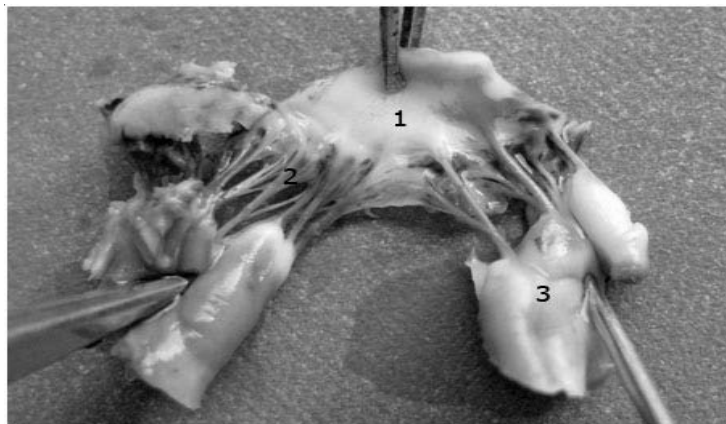


Рис. 1. Фрагмент клапанного апарату серця тристулкового клапана грудної дитини, 1місяць 9 днів.

Макропрепарат. 1 - стулка клапана; 2 - сухожилкові струни; 3 - соскоподібний м'яз.

Fig. 1. Fragment of the heart valve apparatus of the infant tricuspid valve (1 month and 9 days). Macrosample.

1 - valve cusp; 2 - tendinous cords; 3 - papillary muscle

Зустрічалися поодинокі СС, які кріпилися до базальної частини шлуночкової поверхні стулок клапана. Вони прикріплювалися до стулки приблизно на 2 мм від ділянки фіброзного кільця.

Також у серцях дітей грудного віку спостерігалось 12 % СС, які фіксувалися, як до вільного краю, так і до шлуночкової поверхні стулки одночасно.

На основі макроскопічного дослідження сердець дітей грудного віку встановлено, що при з'єднанні зі стулкою клапана СС на своєму шляху галузилися на струни першого, другого порядку та третього порядків розсипним або дихотомічним способом. Тому до стулки клапана кріпилася значно більша кількість СС, ніж відходила від СМ.

Кількість СС прямопропорційно залежала від кількості СМ - чим більше СМ, тим більша кількість СС від них відходить. При малій кількості СМ спостерігалось зменшення кількості СС.

У результаті проведених досліджень було відмічено, що у лівому шлуночку серця дітей грудного віку від переднього СМ до передньої стулки МК відходило, в середньому,  $4,9 \pm 0,995$  СС першого порядку; СС другого порядку в середньому налічувалося  $14,9 \pm 1,029$ ; СС третього порядку в середньому налічувалося  $23,0 \pm 0,831$ . СС першого порядку, що йшли від заднього СМ до задньої стулки МК, у середньому налічувалося  $6,4 \pm 0,932$ ; СС другого порядку в середньому налічувалося  $23,0 \pm 0,831$ ; СС третього порядку в середньому налічувалося  $38,2 \pm 0,714$ .

У правому шлуночку серця від переднього СМ до передньої стулки ТК відходило в середньому  $2,0 \pm 0,743$  СС першого порядку; СС порядку в середньому налічувалося  $14,4 \pm 0,932$ ; СС третього порядку в середньому налічувалося  $20,6 \pm 1,037$ . СС першого порядку, що йшли від заднього СМ до задньої стулки ТК у середньому налічувалося  $3,2 \pm 0,714$ ; СС другого порядку в середньому налічувалося  $6,4 \pm 0,932$ ; СС третього порядку в середньому налічувалося  $13,4 \pm 0,932$ . Кількість СС першого порядку, що відходили від перегородкового СМ до перегородкової стулки ТК, в середньому налічувалося  $3,8 \pm 0,031$ ; СС другого порядку в середньому налічувалося  $0,9 \pm 0,830$ ; СС третього порядку в середньому налічувалося  $17,0 \pm 0,830$ .

При вивченні довжини СС МК серця дітей грудного віку встановлено, що довжина СС першого порядку, що йшли до передньої стулки, у середньому складала -  $3,5 \pm 1,333$  мм; довжина сухожилкових струн, що йшли до задньої стулки -  $3,17 \pm 1,341$  мм.

У ТК довжина СС першого порядку, що йшли до передньої стулки, у середньому складала -  $4,0 \pm 1,313$  мм; довжини сухожилкових струн, що йшли до задньої стулки -  $4,0 \pm 1,339$  мм; довжина сухожилкових струн, що йшли до перегородкової стулки -  $3,33 \pm 1,269$  мм.

Дослідження виконані за допомогою світлової мікроскопії показали, що поверхня СС мітрального та тристулкового клапанів серця грудних дітей вкрита ендотелієм, який складається із поверхневого шару ендотеліоцитів, що лежать на базальній мембрані.

Дослідження виконані за допомогою електронної мікроскопії показали, що ендотеліоцити мали полігональну форму, нерівні хвилясті краї. У центрі клітини розташовувалось одне ядро, яке займало майже весь об'єм клітини і містило

маргінально розташований гетерохроматин. Також на люмінальній поверхні клітини спостерігалися поодинокі мікрроворсинки.

При світловій мікроскопії під ендотелієм у складі СС дітей грудного віку спостерігали підендотеліальний шар ендокарда, у якому диференціювалися тяжі еластичних волокон, що мали вигляд пухкої сітки.

Дослідження виконані за допомогою електронної мікроскопії показали, що у проміжках між еластичними волокнами локалізувалися тонкі поодинокі та хаотично розташовані колагенові волокна. Волокнисті компоненти були оточені аморфним компонентом міжклітинної речовини.

При світлооптичному дослідженні сухожилкових струн ПШК серця грудних дітей встановлено, що основу СС складає щільна оформлена волокниста сполучна тканина, яка представлена упорядкованими, щільно упакованими, прямолінійно спрямованими пучками колагенових волокон у складі міжклітинної речовини (рис. 2).

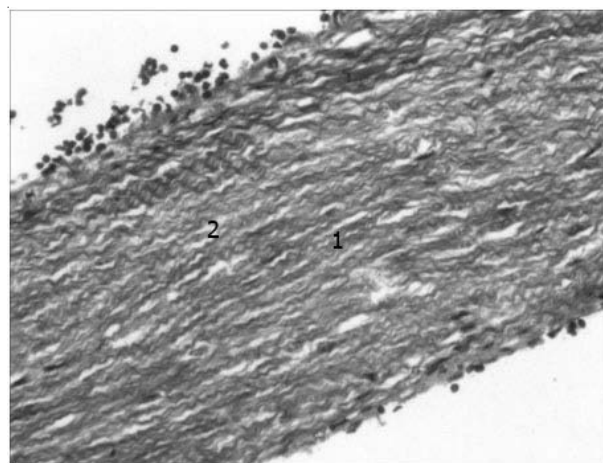


Рис. 2. Поздовжній зріз сухожилкової струни мітрального клапана грудної дитини, 3 місяць. Забарвлення за методом Слінченко. Мікрофотографія. Зб.: об. 20х, ок. 10х:

1 - пучки колагенових волокон; 2 - клітини фібробластичного ряду.

Fig. 2. Longitudinal cut of a tendinous cord of the infant mitral valve (3 months). Stained by Slinchenko's technique. Microphoto. Magnification: lens 20x, eyepiece. 10x: 1 - bundles of collagen fibers; 2 - cells of the fibroblastic range

На гістологічних препаратах колагенові волокна орієнтовані лінійно, у відповідності до розташування клітин фібробластичного ряду.

При електронній мікроскопії колагенові волокна диференціювались у вигляді тонких видовжених ниток із чіткими контурами. Волокна мали паралельну орієнтацію, з відносно вираженою поперечною посмугованістю. В проміжках між колагеновими волокнами у невеликій кількості візуалізувалися клітини фібробластичного ряду (рис. 3).

При електронно-мікроскопічному дослідженні СС дітей грудного віку, встановлено, що в їх складі між пучками колагенових волокон в аморфній речовині траплялися молоді фібробласти, зрілі фібробласти та фіброцити.

Молоді фібробласти мали видовжену або овальну форму з невеликою кількістю відростків. Майже весь вміст клітини займало велике,

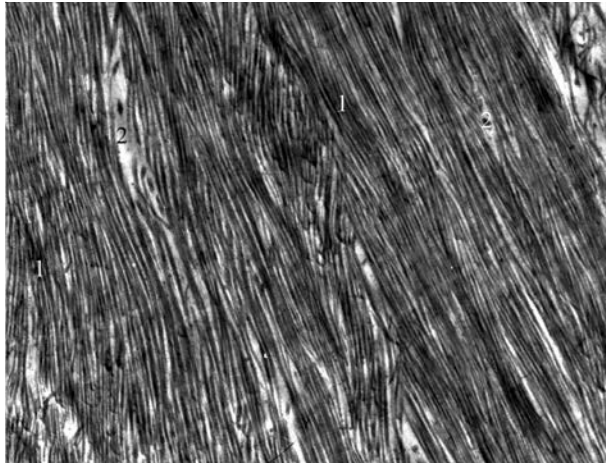


Рис. 3. Ультрамікроскопічна будова основи сухожилкової струни тристулкового клапана грудної дитини. Зб. x 8000: 1 - паралельно орієнтовані колагенові волокна; 2 - клітини фібробластичного ряду в складі сполучної тканини.

Fig. 3. Ultramicroscopic structure of the tendinous cord base of the infant tricuspid valve. Magnification x 8000: 1 - parallel oriented collagen fibers; 2 - cells of the fibroblastic range in the structure of the connective tissue

Вони розташовувалися паралельно волокнам і поверхні струни

Зрілі фібробласти містили велике, овальної форми світле ядро, в якому рівномірно розподілений дрібно розпилений хроматин. У цитоплазмі клітин візуалізувались усі органи загалом призначення.

Фіброцити були найбільш чисельною групою клітин фібробластичного ряду, які пронизували всю товщу сухожилкових струн. Вони локалізувалися між пучками колагенових волокон в аморфній речовині струни. Клітини мали веретеноподібну форму з тонкими та довгими відростками. На поперечних зрізах СС клітини мали зірчасту форму, своїми відростками вони латерально контактували одні з одними.

Субмікроскопічні дослідження СС грудних дітей виявили у її складі клітини, цитоплазма яких містила елементи скоротливого апарату - міофібрили. Останні мали невпорядкований вигляд, між ними залягала незначна кількість мітохондрій. Дані клітини були розцінені як міофібробласти (рис. 5).

У гістологічних зрізах СС МК та ТК серця ді-

овальної форми, ядро, яке розташовувалося по центру клітини. Цитоплазма фібробластів містила велику кількість вільних рибосом, інші органи загалом призначення були розвинуті слабо (рис. 4).

Зрілі фібробласти локалізувалися у аморфній речовині сухожилкових струн, між пучками колагенових волокон, пронизуючи всю товщу СС.

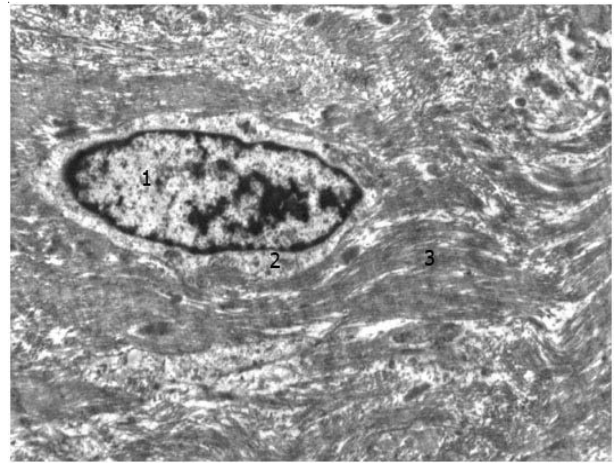


Рис. 4. Субмікроскопічна будова юного фібробласта сухожилкової струни мітрального клапана грудної дитини. Зб. x 6400: 1 - ядро юного фібробласта; 2 - вільні рибосоми в цитоплазмі юного фібробласта; 3 - пучки колагенових волокон.

Fig. 4. Submicroscopic structure of immature fibroblast of a tendinous cord of the infant mitral valve. Magnification x 6400: 1 - nucleus of the immature fibroblast; 2 - free ribosomes in the cytoplasm of immature fibroblast; 3 - bundles of collagen fibers

тей грудного віку у товщі СС спостерігалися кровоносні судини, проникнення яких у товщу струн між пучками колагенових волокон забезпечувалося за рахунок своєрідних інтерстиційних прошарків сполучної тканини, що мали вигляд тонких, хвилястих ліній з чіткою орієнтацією.

Частина кровоносних судин проникала у СС на досить значну відстань, деякі з них доходили аж до ступок ПШК і були локалізовані, як в центрі СС, так і по її периферії.

При світлооптичному дослідженні місця фіксації СС до СМ на верхівці СМ спостерігалися поздовжньо розташовані колагенові волокна, які чергувалися з серцевими м'язовими волокнами у вигляді напівкруглих тяжів та дугоподібних утворень пронизували пучки колагенових волокон (рис 6).

При субмікроскопічному дослідженні місця прикріплення СС до стулки було виявлено, що колагенові волокна втрачали свою чітку паралельну орієнтацію та локалізувалися досить хаотично.

В прошарках між пучками колагенових волокон залягала невелика кількість еластичних волокон і клітин фібробластичного ряду.

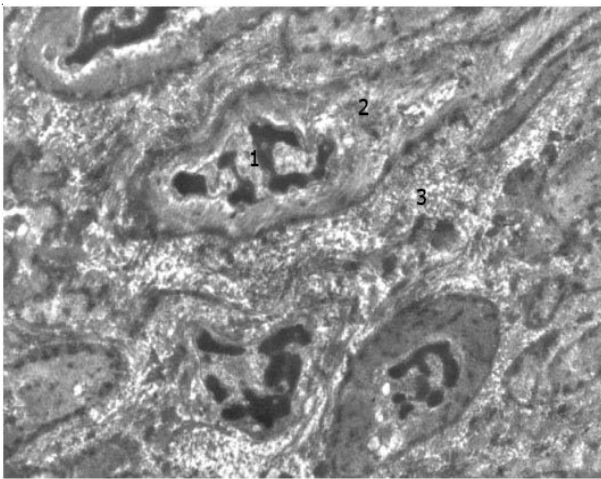


Рис. 5. Субмікроскопічна будова міофібробласта сухожилкової струни тристулкового клапана грудної дитини. Зб. х 4000: 1 - ядро міофібробласта; 2 - міофібрили в цитоплазмі міофібробласта; 3 - колагенові волокна.

Fig. 5. Myofibroblast submicroscopic structure of a tendinous cord of the infant tricuspid valve. Magnification x 4000: 1 - nucleus of myofibroblast; 2 - myofibrils in the cytoplasm of myofibroblast; 3 - collagen fibers

### Висновки

Таким чином, результати дослідження СС ПШК серця показали, що СС дітей грудного віку зазвичай починалися від верхівок СМ і фіксувалися до стулок ПШК, а саме: до вільної, шлуночкової та базальної поверхонь стулок. Дослідження виконані за допомогою світлової і електронної мікроскопії показали, що основу СС складала щільна оформлена волокниста сполучна тканина, в якій між пучками колагенових волокон розташовувались юні та зрілі фібробласти, фіброцити, міофіброласти та кровоносні судини, які проникали аж до стулок передсердно-шлуночкових клапанів серця.

Отже, сухожилкові струни передсердно-шлуночкових клапанів серця дітей до одного року належать до сухожилкових струн фіброзного типу.

### Перспективи подальших досліджень

Дані дослідження мають істотне значення і є морфологічною основою для оптимізації даних ультразвукового дослідження серця та є необхідні для удосконалення існуючих конструкцій протезів при операції протезування клапанів дітей грудного віку.

**Література.** 1. Кнышов Г.В. Кардиохирургия в Украине: прошлое, настоящее, будущее / Г.В. Кнышов // Серце і судини. - 2003. - № 1. - С. 8-14. 2. Майданник В.Г. Діагностика природжених пороків серця: сучасний стан і перспективи / В.Г. Майданник, М.В. Хайтович // Педіатрія, акушерство та гінекологія. - 2010. - Т. 72, № 1. - С. 31-34. 3. Особенности строения клапанного аппарата сердца / В.А. Козлов, В.Ф. Шаторная, Е.С. Зозуля [и др.] // Вісн. морфол. - 2003. - Т. 9, № 2. - С. 163-165. 4. Підвисоцька Н.І. Прогнозування, клінікогенетична характеристика та шляхи

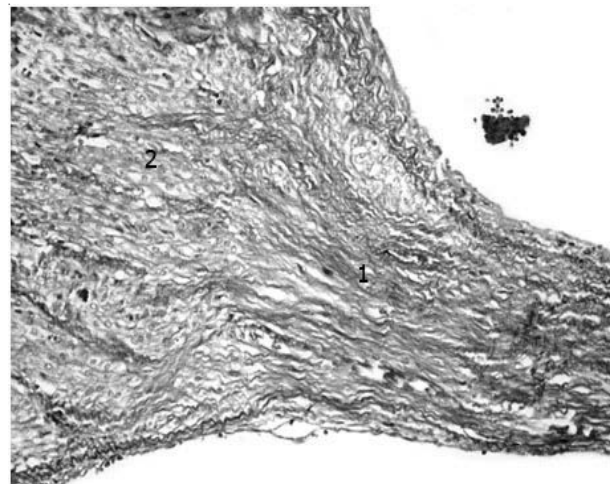


Рис. 6. Поздовжній зріз сухожилкової струни та соскоподібного м'яза мітрального клапана грудної дитини, 3 місяць. Забарвлення за методом Слінченко. Мікрофотографія. Зб.: об. 15х, ок. 10х: 1 - колагенові волокна; 2 - соскоподібний м'яз.

Fig. 6. Longitudinal cut of a tendinous cord and papillary muscle of the infant mitral valve, 3 months. Stained by Slinchenko's technique. Microphoto. Magnification: lens 15x, eyepiece 10x: 1 - collagen fibers; 2 - papillary muscle

профілактики уроджених вад серцево-судинної системи у дітей: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. мед. наук : спец. 03.00.15 / Підвисоцька Н.І. - Київ (Чернівці), 2005. - 15 с. 5. Подзолков В.П. Врожденные пороки сердца / В.П. Подзолков, В.А. Шведунова // Рос. мед. - 2001. - Т. 9, №10. - С. 430-432. 6. Development of the atrioventricular valves: clinico-morphological correlations / M. Kanani, A. F. Moorman, A. C. Cook [et al.] // Ann. Thorac. Surg. - 2005. - Vol. 79, № 5. - P. 1797-1804.

### МОРФОЛОГИЯ СУХОЖИЛЬНЫХ ХОРД ПРДСЕРДНО-ЖЕЛУДОЧКОВОЙ КЛАПАНОВ СЕРДЦА ДЕТЕЙ ГРУДНОГО ВОЗРАСТА В НОРМЕ

*Н.П. Пентелейчук*

**Резюме.** Целью исследования было изучение морфологического строения сухожильных хорд предсердно-желудочковых клапанов сердца детей грудного возраста с использованием макроскопического, светооптического, гистохимического и электронно-микроскопического методов.

Материалом для исследования послужили 54 предсердно-желудочковых клапана сердца грудных детей. Нами установлено, что сухожильные хорды начинались от верхушек сосочковых мышц и фиксировались к створкам предсердно-желудочковых клапанов к свободной, желудочковой и базальной поверхностям. Исследования выполнены с помощью световой и электронной микроскопий показали, что поверхность сухожильных хорд митрального и трикуспидального клапанов сердца детей грудного возраста покрыта эндотелием, который состоит из поверхностного слоя эндотелиоцитов, лежащих на базальной мембране. Основу сухожильных хорд предсердно-желудочковых клапанов сердца составляли упорядоченные, плотно упакованные, прямолинейно направленные пучки колагеновых волокон, между которыми располагались юные и зрелые фибробласты, фиброциты, миофиброласты, кровеносные сосуды, которые проникали вглубь створок предсердно-желудочковых клапанов сердца.

**Ключевые слова:** сухожильные хорды, предсердно-желудочковые клапаны сердца, дети грудного возраста.

**TENDINOUS CORD MORPHOLOGY OF THE  
ATRIOVENTRICULAR HEART VALVES IN INFANTS  
WITHIN THE NORM***N.P. Penteleychuk*

**Abstract.** The objective of the research was to study morphological structure of tendinous cords of the atrioventricular heart valves in infants by means of macroscopic, light optic, histochemical and immunohistochemical methods of examination.

Materials for the research were 54 atrioventricular heart valves of infants (from the 28th day of life to 1 year) died of the reasons not connected with cardio-vascular pathology. Tendinous cords were found to begin from the apices of the papillary muscles and fixed to the cusps of the atrioventricular heart valves to the free ventricular and basal surfaces. The greater amount of the tendinous cords was localized in the posterior cusp of the mitral valve. During fixation with the valve cusp tendinous cords of infants in their way were branched out into the cords of the first, second or third degrees by means of extended or dichotomic methods. Therefore, more tendinous cords were attached to the valve cusp than are derived from the papillary muscles.

The number of tendinous cords is in direct correlation with the number of papillary muscles - the more papillary muscles are, the more tendinous cords are derived from them. The examinations conducted by means of light microscopy de-

monstrated that the surface of tendinous cords of the mitral and tricuspid valves of infants was covered with the endocardium consisting of the superficial layer of endotheliocytes lying on the basal membrane. Under the endothelium in the structure of tendinous cords of infants the endocardium subendothelial layer was localized with differentiated bundles of elastic fibers forming a loose plexus. Thick single and chaotically located collagen fibers were localized in the space between thin elastic fibers. Fibrous constituents were surrounded by the amorphous component of the intercellular substance.

The base of tendinous cords of the atrioventricular heart valves was composed of the arranged, thick packed, directed straightforward bundles of collagen fibers, and between them there were located immature and mature fibroblasts, fibrocytes being the most numerous group of cells from the fibroblastic range, myofibroblasts and blood vessels penetrating even to the cusps of the atrioventricular heart valves.

Thereby, tendinous cords of the atrioventricular heart valves of infants belong to the tendinous cords of a fibrous type.

**Key words:** tendinous cords, atrioventricular heart valves, infants.

**Bukovinian State Medical University, (Chernivtsi)**

*Clin. and experim. pathol.* - 2014. - Vol. 13, №4 (50). - P.86-91.

*Надійшла до редакції 01.11.2014*

*Рецензент – проф. І.С. Давиденко*

*© Н.П. Пентелейчук, 2014*