

Struny ścięgnowe rzekome w prawej komorze serca człowieka – obraz mikroskopowy

False chordae tendinae in the right ventricle of the human's heart – microscopic view

Adam Kosiński^{1,2}, Ada Dubaniewicz¹, Włodzimierz Kuta¹, Wojciech Makarewicz³, Marek Grzybiak¹, Dariusz Kozłowski⁴

¹ Zakład Anatomii Klinicznej, Gdański Uniwersytet Medyczny

² Katedra Podstawowych Nauk Medycznych, Elbląska Uczelnia Humanistyczno-Ekonomiczna, Elbląg

³ Klinika Chirurgii Onkologicznej, Gdański Uniwersytet Medyczny

⁴ Klinika Kardiologii i Elektroterapii Serca, Gdański Uniwersytet Medyczny

Streszczenie

Wstęp. Mianem strun ścięgniastych rzekomych, określane są pasma włóknisto-mięśniowe przebiegające w komorach serca, niełączące się w odróżnieniu od strun „prawdziwych” z zastawkami przedsionkowo-komorowymi. Większość opisów tych elementów dotyczy lokalizacji lewokomorowej, analizy strun komory prawej należą do rzadkości. Cel pracy. Celem pracy była mikroskopowa ocena strun ścięgniastych rzekomych w prawej komorze serca, głównie w aspekcie obecności elementów układu przewodzącego. **Materiał i metody.** Materiał do badań stanowiło 40 serc ludzi dorosłych, obojga płci (24♂, 16♀) w wieku od 18 do 59 lat. W sumie zbadano 114 struny. Po wstępnej obróbce utrwalonych skrawków, były one cięte co 10 µm, a następnie barwione metodą Massona w modyfikacji Goldnera. Pomiary przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Motic Images 2.0 Plus, natomiast analizę statystyczną z wykorzystaniem programu Statistica 9.1 (testy chi-kwadrat, Kruskal-Wallis). **Wyniki.** Wszystkie badane struny miały podobną budowę histologiczną z niewielkimi odchyleniami, uwarunkowanymi głównie wielkością, a mniejszym stopniem lokalizacją. Mięśniówka występowała w postaci dwóch form: 1) jednolitego pasma z niewielką ilością zrębu łącznotkankowego, lub 2) kilku cienkich pasemek o zmiennym przekroju połączonych większą ilością tkanki łącznej. Mięśniówka stanowiła największą objętościowo składową strun ścięgniastych rzekomych. Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy zawartością tkanki mięśniowej a płcią i wiekiem. W większości badanych preparatów można było prześledzić przejście pasma mięśniowego struny do podwsięrdziowej mięśniówki sąsiadujących struktur. Tkanka łączna, występowała głównie w postaci dobrze rozbudowanej warstwy podwsięrdziowej. Naczynia krwionośne, można było stwierdzić na całej długości przebiegu strun. W badanym materiale nie znaleziono wyraźnych rozgałęzień prawej odnogi pęczka Hisa, wnikaćcych do strun ścięgniastych rzekomych. **Wnioski.** Stwierdzono zbliżoną budowę histologiczną wszystkich badanych strun – zawsze obecne były: pasmo mięśniowe, zrąb łącznotkankowy oraz pojedyncze lub mnogie naczynia krwionośne. Nie znaleziono wyraźnych rozgałęzień prawej odnogi pęczka Hisa, były jednak widoczne pojedyncze włókna mięśniowe, mogące odpowiadać włóknom Purkiniego. *Geriatrics 2012; 6: 212-218.*

Słowa kluczowe: serce, prawa komora, struny ścięgnowe rzekome, układ przewodzący serca, zaburzenia rytmu

Abstract

Introduction. False chordae tendinae are described in the literature as fibrous-muscular bundles present in ventricles, not interconnecting, unlike „true” chordae, with atrioventricular valves. In the literature there are numerous reports suggesting significant influence of the structures on electromechanical processes in the heart. **Objective.** The aim of this study was to evaluate an ultrastructure of the false chordae tendinae in the right ventricle of the heart,

mainly in terms of the presence of conduction system elements within their area. **Material and methods.** Material for research consisted of 40 human adults' hearts of both sexes (24♂, 16♀), aged from 18 to 59. 114 chordae in total were examined. Location of muscle tissue, fibrous elements and the presence of blood vessels were studied. Special attention was paid to the observation of the type of muscle tissue in chordae tendineae (due to reports, concerning presence within their elements of cardiac conduction system). **Results.** Basic scheme of the build of false chordae tendineae in the right ventricle of a human heart presents as follows: it constitutes of a muscle bundle consisting of working muscle tissue of the ventricles surrounded by a layer of connective tissue and from the outside covered by endocardium. In the examined material, obvious bifurcation of the right branch of the bundle of His transiting into false chordae tendineae, was not found. However, single muscle fibers were observed running in the connective tissue, being a continuation of the deepest layer of the endocardium (22 cases – 19,3% of false chordae tendineae). This location is typical for Purkinje fibers. Morphology of these structures in some cases could correspond with distal segments of conductive system of the heart (lack of striations, brightness around the nuclei). **Conclusions.** Obvious bifurcations of the right branch of the bundle of His were not observed, however single muscle fibers were seen, which may correspond with Purkinje fibers. *Geriatrics* 2012; 6: 212-218.

Keywords: heart, right ventricle, false chordae tendineae, cardiac conduction system, arrhythmia

Wstęp

Mianem strun ścięgniastych rzekomych, określane są pasma włóknisto-mięśniowe przebiegające w komorach serca, nie łączące się w odróżnieniu od strun „prawdziwych” z zastawkami przedsionkowo-komorowymi. Większość opisów tych elementów dotyczy lokalizacji lewokomorowej, analizy strun komory prawej należą do rzadkości. W literaturze istnieją doniesienia, sugerujące wpływ omawianych struktur na procesy elektromechaniczne w sercu [1]. Pojawiały się również publikacje, na temat prawdopodobnej roli arytmogenicznej strun ścięgniastych rzekomych, podkreślano fakt możliwej obecności elementów układu przewodzącego w ich obrębie [2]. Znaczenie strun ścięgniastych rzekomych dostrzeżono również w aspekcie zatorowości, jednak prezentowane analizy dotyczyły tylko lewej komory [3]. Niezwykle istotny wydaje się być również wpływ obecności omawianych struktur na procedury kardiointwazyjne, na przykład implantacji elektrod układów stymulujących serce [4]. Pomimo podejrzewanych, istotnych klinicznie implikacji obecności strun ścięgniastych rzekomych, ciągle nie doczekały się one należytego miejsca w podręcznikach anatomii. Nadal niejasny problem ich morfologii oraz ukształtowania w prawej komorze serca, wydaje się uzasadniać potrzebę szczegółowej interpretacji tego zagadnienia.

Prezentowany opis jest składową częścią poświęconego strunom ścięgniastym rzekomym w prawej komorze serca i stanowi wyłącznie ultrastrukturalne ujęcie problematyki.

Materiał i metody

Materiał do badań stanowiło 40 serc ludzi dorosłych, obojga płci (24♂, 16♀) w wieku od 18 do 59 lat, bez widocznych zmian patologicznych oraz wad rozwojowych, zmarłych z przyczyn pozasercowych. Serca utrwalone były w roztworze 10% formaldehydu z 98% alkoholem etylowym.

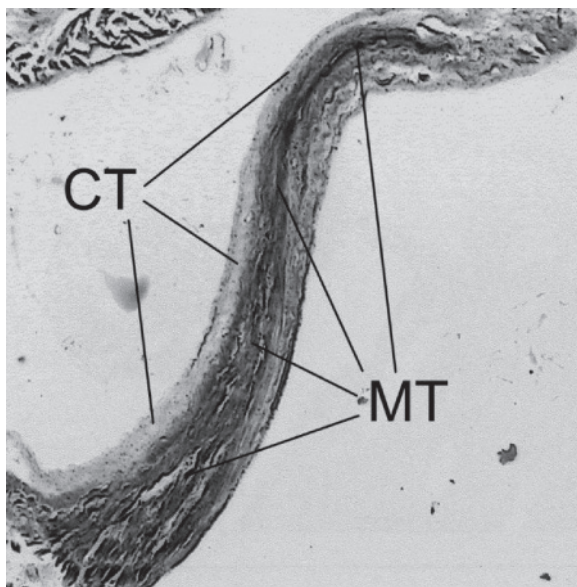
Prawą komorę otwierano cięciem przebiegającym 0,5-1 cm do tyłu od ostrego brzegu w górę, prowadząc je w kierunku ujścia żyły głównej górnej, w dół natomiast w kierunku wierzchołka komory. Przecinano pierścień włóknisty prawego ujścia przedsionkowo-komorowego w okolicy spoidła płatków przedniego i tylnego zastawki trójdzielnej. Następnie oglądano wnętrze prawej komory, oceniając znajdujące się tam struny ścięgniaste rzekome. Po uprzedniej analizie makroskopowej, pobrano z nich wycinki - w sumie zbadano 114 struny. Preparaty mikroskopowe dotyczyły przede wszystkim strun przebiegających od przegrody międzykomorowej do beleczki przegrodowo-brzeżnej oraz mięśni brodawkowatych. Po wstępnej obróbce utrwalonych skrawków, były one cięte co 10 µm, a następnie barwione metodą Massona w modyfikacji Goldnera. Preparaty oglądano w mikroskopie świetlnym Leica DM3000 pod powiększeniem od 40 do 600 razy. Oceniano rozmieszczenie tkanki mięśniowej, elementów włóknistych oraz obecność naczyń krwionośnych. Szczególną uwagę przywiązywano do obserwacji typu tkanki mięśniowej w strunach ścięgniastych (ze względu na istniejące w literaturze doniesienia na temat obecności w ich obrębie elementów układu przewodzącego

serca). Pomiary przeprowadzono przy użyciu oprogramowania Motic Images 2.0 Plus, natomiast analizę statystyczną z wykorzystaniem programu Statistica 9.1 (testy chi-kwadrat, Kruskal-Wallis).

Wyniki

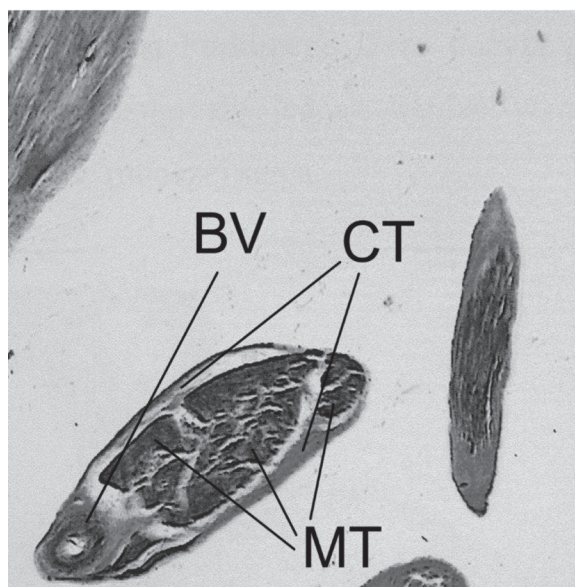
Wszystkie badane struny miały podobną budowę histologiczną z niewielkimi odchyleniami, uwarunkowanymi głównie wielkością, a mniejszym stopniu lokalizacją. Zasadniczy schemat budowy strun ścięgniastych rzekomych w prawej komorze serca człowieka prezentuje się następująco: jest to pasmo mięśniowe złożone z mięśniówki roboczej komór, otoczone warstwą tkanki łącznej i z zewnątrz pokryte wsierdziem. Mięśniówka występowała w postaci dwóch form: 1) jednolitego pasma z niewielką ilością zrębu łączno kankowego lub 2) kilku cienkich pasemek o zmiennym przekroju połączonych większą ilością tkanki łącznej. Mięśniówka stanowiła największą objętościowo składową strun

ścięgniastych rzekomych. Jej zawartość była zmienna i zależna głównie od grubości struny. Struktury grubsze (> 1 mm), odchodzące od głównie przegrody międzykomorowej, zbudowane były głównie z mięśniówki (ponad 50% pola powierzchni przekroju poprzecznego) (ryciny: 1 i 2). Cieńsze natomiast (≤ 1 mm), stanowiące połączenia pomiędzy przednią a tylną ścianą komory lub poszczególnymi członami mięśni brodawkowatych, zawierały przeważnie pojedyncze pasmo mięśniowe (mniej niż 50% pola powierzchni przekroju poprzecznego) otoczone dość grubą warstwą tkanki łącznej (rycina 3), przechodzącej bez wyraźnej granicy w wewnętrzne utkanie wsierdzia. Nie stwierdzono istotnej zależności pomiędzy zawartością tkanki mięśniowej a płcią i wiekiem. W większości badanych preparatów można było prześledzić przejście pasma mięśniowego struny do podwsierdziowej mięśniówki sąsiadujących struktur (rycina 4).



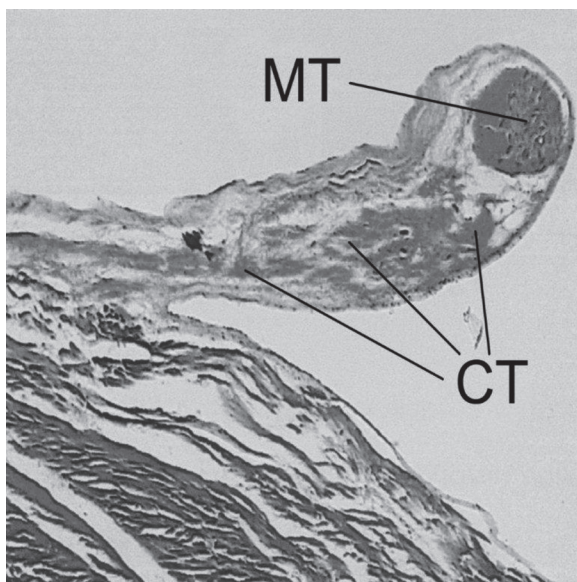
Rycina 1. Struna ścięgniasta rzekoma, łącząca mięsień brodawkowaty tylny ze ścianą tylną prawej komory, przekrój podłużny (♂, l. 54, 60 x); MT – tkanka mięśniowa, CT – tkanka łączna

Figure 1. False chorda tendinea, connecting posterior papillary muscle and posterior wall of the right ventricle, longitudinal cross-section, ♂, 54 yrs. (x60); MT – muscle tissue, CT – connective tissue



Rycina 2. Struna ścięgniasta rzekoma, przekrój poprzeczny (♂, l. 54, 80 x); MT – tkanka mięśniowa, CT – tkanka łączna, BV – naczynie krwionośne

Figure 2. False chorda tendinea, transverse cross-section, ♂, 54 yrs. (x80); MT – muscle tissue, CT – connective tissue, BV – blood vessel



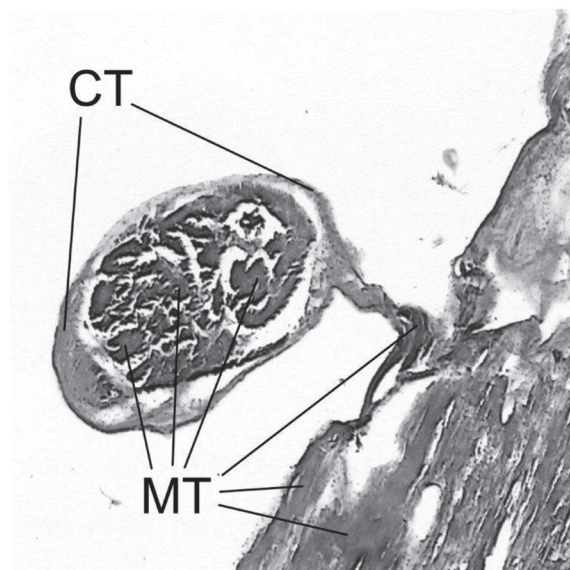
Rycina 3. Struna ścięgnista rzekoma odchodząca od przegrody międzykomorowej, zmierzająca do mięśnia brodawkowatego tylnego, przekrój poprzeczny (♂, l. 49, 100 x); MT – tkanka mięśniowa, CT – tkanka łączna

Figure 3. False chorda tendinea, running from interventricular septum towards posterior papillary muscle, transverse cross-section, ♂, 49 yrs. (x100); MT – muscle tissue, CT – connective tissue

Tkanka łączna, występowała głównie w postaci dobrze rozbudowanej warstwy podwsięrdziowej (ryciny: 1 i 2). Obserwowano jednak również inny układ, niezający odpowiednika w budowie ściany serca.

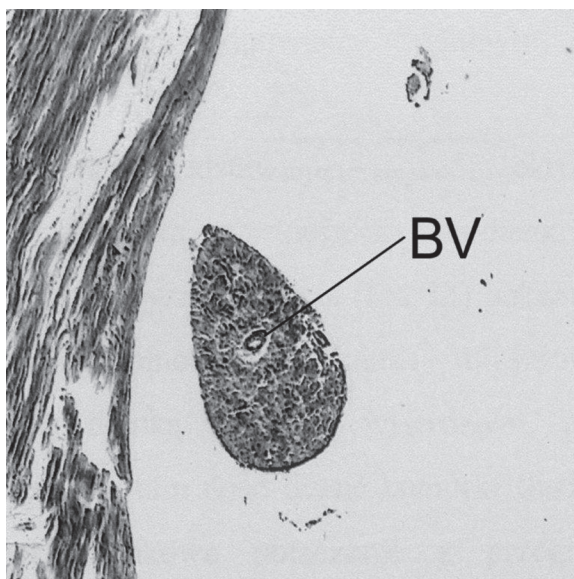
Naczynia krwionośne, można było prześledzić na całej długości przebiegu strun. Były to zarówno dość duże struktury, zlokalizowane centralnie lub nieco brzeźnie w mięśniówce (rycina 5), jak i położone podwsięrdziowo, otoczone głównie tkanką łączną (rycina 2).

W badanym materiale nie znaleziono wyraźnych rozgałęzień prawej odnogi pęczka Hisa, wnikających do strun ścięgniastych rzekomych. Były jednak widoczne pojedyncze włókna mięśniowe, przebiegające w tkance łącznej, będącej kontynuacją najgłębszej warstwy wsięrdzia (22 przypadki – 19,3% strun ścięgniastych rzekomych). Jest to lokalizacja typowa dla włókien Purkiniego. Morfologia tych struktur, w niektórych przypadkach mogła odpowiadać dystalnym odcinkom układu przewodzącego (brak prążkowania, przejaśnienia wokół jąder komórkowych) (rycina 6).



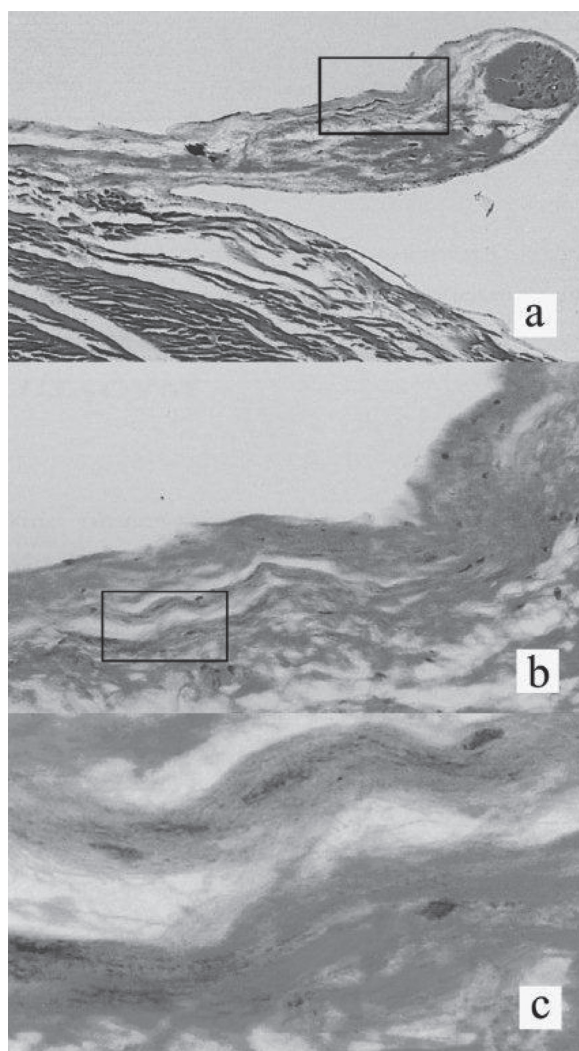
Rycina 4. Struna ścięgnista rzekoma, przekrój skośny (♂, l. 52, 80 x); MT – tkanka mięśniowa, CT – tkanka łączna

Figure 4. False chorda tendinea, oblique cross-section, ♂, 52 yrs. (x80); MT – muscle tissue, CT – connective tissue



Rycina 5. Struna ścięgnista rzekoma, przekrój poprzeczny (♂, l. 45, 60 x); BV – naczynie krwionośne

Figure 5. False chorda tendinea, transverse cross-section, ♂, 45 yrs. (x60); BV – blood vessel



Rycina 6. Struna ścięgnista rzekoma, przekrój poprzeczny, (♂, l. 49); Sekwencja kolejnych powiększeń zaznaczonego obszaru (a – 100 x, b – 250 x, c – 600 x); Widoczne pojedyncze pasma mięśniowe, o budowie charakterystycznej dla układu przewodzącego

Figure 6. False chorda tendinea, transverse cross-section, ♂, 49 yrs
A series of subsequent magnifications (a – x100, b – x250, c – x600)
A single muscular strands of structure typical for conduction system cells are noticed

Dyskusja

Struny ścięgniste rzekome w prawej komorze serca człowieka omawiane były dotychczas bardzo pobieżnie. Rzadko opisywano je w sercu podczas badań, na przykład echokardiografii, czy przy wykonywaniu rutynowej sekcji. Nie wiadomo na ile mogą wpływać na występowanie takich zjawisk patologicznych jak zaburzenia rytmu serca czy nawracające incydenty zatorowe.

Pierwsze szczegółowe opracowanie strun ścięgnistych rzekomych wydał w roku 1906 Tawara [5]. Omówił w nim ówczesne poglądy, opisując większość prezentowanych wcześniej publikacji. Na ich podstawie oraz w wyniku własnych obserwacji ustalił nowy podział, w którym jedną z odmian stanowią typowe struny ścięgniste rzekome w komorach serca. Zauważył jednak, że nazwa „ścięgniste” jest błędna, gdyż w odróżnieniu od strun prawdziwych mają one budowę mięśniową. W swoich badaniach autor koncentrował się głównie na ustaleniu przebiegu odnóg pęczka Hisa. Struny ścięgniste rzekome, to według Tawary rozgałęzienia odnóg, odizolowane warstwą tkanki łącznej i pokryte wsierdziem. Należy podkreślić, że swoje badania przeprowadził na zwierzętach takich jak: wół, owca i pies. Powołując się na publikację Rösslego [6] porównał struny w lewej komorze serca człowieka z identycznymi według niego strunami występującymi u bydła.

Benninghoff [7], w opisie układu przewodzącego nadmieniał, że jego włókna mogą przebiegać u człowieka drogą struny ścięgnistej rzekomej, bez dodatku mięśniówki roboczej. Stwierdził za Tawarą, że jest to typowe u zwierząt kopytnych; podobnie wypowiadają się Bargmann i Doerr [8]. Johnson [9] wyróżnił dwa typy strun ścięgnistych rzekomych w zależności od budowy histologicznej. Zauważył też, że w obu typach można znaleźć włókna układu przewodzącego.

Termin „struny ścięgniste rzekome” stosowany również w niniejszej pracy zaczyna budzić wątpliwości po przeanalizowaniu budowy mikroskopowej obu rodzajów strun. Prawdziwe struny ścięgniste zbudowane są wyłącznie z tkanki łącznej w postaci włókien sprężystych pokrytych nabłonkiem jednowarstwowym płaskim i podobnie jak płatki zastawek, nie posiadają własnych naczyń krwionośnych. Obraz mikroskopowy strun ścięgnistych rzekomych jest zupełnie inny. Są one zbudowane głównie z tkanki mięśniowej występującej w postaci jednego lub kilku pasm mięśniowych,

rozdzielonych tkanką łączną i otoczonych warstwą wsierdzia. Warto również zwrócić uwagę na bardzo dobre unaczynienie strun ścięgniastych rzekomych. W pasmach mięśniowych tworzących zrąb struny, daje się prześledzić naczynia krwionośne. Widoczne jest również unaczynienie najgłębszej, wewnętrznej warstwy wsierdzia. W związku z tymi bardzo wyraźnymi różnicami, należy rozważyć możliwość używania takich określeń, jak na przykład — beleccki ścięgniasty, wskazujących podobieństwo do beleczek mięśniowych komór serca, co już wcześniej sugerowali niektórzy autorzy [5].

Jakkolwiek analiza statystyczna nie potwierdziła związku pomiędzy wiekiem a zawartością mięśniówki w strunach, to jednak relatywnie mniej tej tkanki występowało u osób starszych. Struktura strun ścięgniastych rzekomych nigdy nie przypominała strun prawdziwych. Poszerzenie analiz o starsze i młodsze grupy wiekowe mogłoby dać odpowiedź na dwa pytania: czy struny rzekome podlegają przeobrażeniom podczas ontogenezy i czy finalnie mogą rozwinąć morfologię strun prawdziwych.

Temat strun ścięgniastych rzekomych pojawia się w literaturze rzadko, u ludzi przeważnie w kontekście układu przewodzącego. Prawa odnoga pęczka Hisa przebiega podwsierdziowo w przegrodzie międzykomorowej i według wielu autorów wnika do beleccki przegrodowo-brzeżnej, kierując się do podstawy mięśnia brodawkowatego przedniego [7,8,10]. Badania histologiczne beleccki przegrodowo-brzeżnej, potwierdzają położenie w niej prawej odnogi tylko w części badanych serc [11,12]. Zastosowana w tej pracy metoda badań pozwala ustalić przebieg struktur układu przewodzącego w mikroskopie świetlnym [13,14]. Istnieją również inne techniki badań pozwalające uzyskać dobry obraz układu His-Purkinje. Stosunkowo prostą metodą jest barwienie na glikogen. U niektórych zwierząt takich jak owce i bydło zawartość glikogenu we włóknach Purkiniego jest kilkakrotnie większa, niż w mięśniówce roboczej serca [11]. Metoda ta nie może być niestety obecnie stosowana u ludzi, gdyż glikogen ulega całkowitej degradacji w ciągu pięciu godzin po śmierci. W literaturze są opisywane badania serc ludzkich wykonywane godzinę [11] lub cztery godziny [15] po śmierci. Rozwój nowoczesnych technik immunohistochemicznych oraz mikroskopii elektronowej pozwala z nadzieją oczekiwać nowych wyników.

Wydaje się, iż występowanie elementów układu przewodzącego należy rozpatrywać w dwóch różnych

aspektach. Pierwszy, to obecność w strunach ścięgniastych rzekomych, dystalnych elementów włókien Purkiniego. Mogą one być odpowiedzialne za rozchodzenie się fali pobudzenia w sposób fizjologiczny. Drugi, odrębny aspekt, to prawdopodobieństwo występowania w strunach odgałęzień prawej odnogi pęczka Hisa, czyli pasma specyficznych włókien przebiegających wśród mięśniówki roboczej. Taki obraz występuje w strunach ścięgniastych rzekomych u człowieka w komorze lewej [13] i może być związany z występowaniem zaburzeń rytmu serca w mechanizmie depolaryzacji inicjowanej rozciągnięciem struny lub reakcją mięśniówki w miejscu przyczepu struny [16,17].

Należy zwrócić uwagę, że istniejące w podręcznikach opisy strun ścięgniastych rzekomych, opierają się głównie na modelu zwierzęcym [18-20]. Pasują one do dość odległych ewolucyjnie człowiekowi kopytnych i drapieżnych. Dotyczy to zwłaszcza budowy układu przewodzącego, ale również innych elementów komory prawej. W oparciu o obserwacje własne, należy stwierdzić, że przenoszenie doświadczeń poczynionych na modelu zwierzęcym na organizm ludzki, powinno odbywać się z dużą ostrożnością. Struny ścięgniaste rzekome występują u wszystkich naczelnych, niewielkie różnice dotyczą liczebności strun, głównie tych, które mają połączenie z beleczką przegrodowo-brzeżną. Należy jednak zauważyć, że jest ona zmiennie wykształcona u różnych przedstawicieli poszczególnych gatunków [12]. U niższych ssaków, brak jest typowej beleccki przegrodowo-brzeżnej. Występują natomiast liczne, dobrze wykształcone struny ścięgniaste rzekome.

W literaturze zwraca się uwagę na przebieg włókien Purkiniego w strunach ścięgniastych rzekomych. Zjawisko to opisano - u psa [19], bydła [20] oraz owcy [18] - jako drogę odgałęzień prawej odnogi pęczka Hisa. U wyższych ssaków, jej przebieg łączy się raczej z beleczką przegrodowo-brzeżną.

Jak wynika z powyższych rozważań, dotychczasowa, zbyt fragmentaryczna wiedza wymaga kolejnych analiz. Na podstawie przeprowadzonych badań wydaje się, że obecność strun ścięgniastych rzekomych może mieć istotne implikacje kliniczne, poprzez związek ze zróżnicowanymi patologiami głównie o charakterze zaburzeń przewodzenia.

Wnioski

Stwierdzono zbliżoną budowę histologiczną wszystkich badanych strun - zawsze obecne były:

pasmo mięśniowe, zrąb łącznotkankowy oraz pojedyncze lub mnogie naczynia krwionośne. Nie znaleziono wyraźnych rozgałęzień prawej odnogi pęczka Hisa, były jednak widoczne pojedyncze włókna mięśniowe, mogące odpowiadać włóknom Purkiniego.

Adres do korespondencji:

✉ Adam Kosiński
Zakład Anatomii Klinicznej
Gdański Uniwersytet Medyczny
ul. Dębinki 1; 80-210 Gdańsk
☎ (+48 58) 349 14 20
💻 akoi@interia.pl

Konflikt interesów / Conflict of interest

Brak/None

Piśmiennictwo

1. Turner W. A human heart with moderate bands in the left ventricle. *J Anat Physiol* 1893;27:19-20.
2. Suwa M, Hirota Y, Nagao H, Kino M, Kawamura K. Incidence of coexistence of left ventricular false tendons and premature ventricular contractions in apparently healthy subjects. *Circulation* 1984;70:793-8.
3. Traboulsi M, Thompson CR, MacDonald RP, Belenkie I, Smith ER. Do left ventricular false tendons provide a cardiac source for cerebrovascular emboli? *Circulation* 1985;72:133.
4. Kozłowski D, Kosiński A, Kozłowska M, et al. The morphological conditions of the permanent pacemaker lead extraction. *Clin Exp Med Lett* 2007;48:243-7.
5. Tawara S. Über die sogenannten abnormen Sehnenfäden des Herzens. *Beitr Pathol Anat Al* 1906;39:563-84.
6. Rössle R. Über abnorme Sehnenfäden des Herzens. *Deutsch Arch Klein Med* 1902;74:219-29.
7. Benninghoff A. *Lehrbuch der Anatomie des Menschen*. München, Berlin: JF Lehmanns; 1942.
8. Bargman W, Doerr W. *Das Herz des Menschen*. Stuttgart: G. Thieme; 1963.
9. Johnson J. *Clinical cardiology. Anatomy of the heart*. Baltimore: Williams and Wilkins, 1953.
10. Tawara S. *The conduction system of the mammalian heart*. London: Imperial College Press Co., 2000.
11. Truex RC, Copenhaver WM. Histology of the moderator band in man and other mammals with special reference to the conduction system. *Am J Anat* 1947;80:173-202.
12. Nowiński J, Grzybiak M, Nowicka E. Morphology of crista supraventricularis in primates hearts. *Ann Acad Med Gedan* 2002;32:93-110.
13. Lotkowski D, Grzybiak M, Kozłowski D, Budzyn K, Kuta W. A microscopic view of false tendons in the left ventricle of the human heart. *Folia Morphol (Warsz.)* 1997;56:31-9.
14. Kozłowski D, Koźluk E, Adamowicz M, Grzybiak M, Walczak F. Topography of the atrioventricular node in relation to ablation procedures. *J Am Coll Cardiol* 1998;31:953.
15. James TN, Sherf L. Fine structure of the His bundle. *Circulation* 1971;44:9-28.
16. Kochanowski J, Jakubowska-Najniger M, Kolotka-Bratek H, et al. Tendinous cords in echocardiographic studies - occurrence, clinical significance. *Pol Tyg Lek* 1989;44:545-7.
17. Kochanowski J, Opolski G. Clinical significance of false tendons of the heart. *Pol Arch Med Wewn* 1989;81:364-7.
18. Muir AR. Observations on the fine structure of the Purkinje fibres in the ventricles of the sheep's heart. *Anat Rec* 1962;143:251-63.
19. Armiger LC, Urthaler F, James TN. Morphological changes in the right ventricular septomarginal trabecula (false tendon) during maturation and ageing in the dog heart. *J Anat* 1979;129:805-17.
20. Forsgren S. The distribution of terminal sympathetic nerve fibres in bundle branches and false tendons of the bovine heart. A immunohistochemical and catecholamine histofluorescence study. *Anat Embryol* 1988;177:437-43.