

ARTICOL ORIGINAL

## Particularitățile structurale ale aortei ascendente și rolul lor în chirurgia cardiovasculară: studiu morfologic și imunohistochimic

Tamara Hacina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Catedra de anatomie a omului, Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”, Chișinău, Republica Moldova.*

### Autor corespondent:

Tamara Hacina, dr. șt. med., conferențiar universitar  
Catedra de anatomie a omului  
Universitatea de Stat de Medicină și Farmacie „Nicolae Testemițanu”  
bd. Ștefan cel Mare și Sfânt, 165, Chișinău, Republica Moldova, MD-2004  
e-mail: tamara.hacina@usmf.md

### Ce nu este cunoscut, deocamdată, la subiectul abordat

Nu a fost studiată, deocamdată, interacțiunea dintre particularitățile morfologice și funcționale ale aortei ascendente cu tehnicile chirurgicale, efectuate pe cord deschis, care implică segmentului dat al aortei, și cu o serie de complicații specifice postoperatorii severe, apărute, în consecință.

### Ipoteza de cercetare

Particularitățile macro și microstructurale ale aortei ascendente (componentele ei intrinseci vasculare, nervoase și limfatice) pot determina elementul tactic chirurgical și reduce riscul de complicații postoperatorii specifice severe.

### Noutatea adusă literaturii științifice din domeniu

S-a stabilit, că anumite particularități macro și microstructurale ale aortei ascendente (în special, vascularizarea parietală, drenajul limfatic, inervarea) pot induce fibrilație atrială sau hemoragii severe postoperatorii. În consecință, a fost argumentat științific necesitatea modificării unor tehnici și manopere chirurgicale, utilizate în intervențiile pe cord deschis, cu implicarea aortei ascendente.

### Rezumat

**Introducere.** Tot mai multe publicații recente comunică despre frecvența relativ înaltă a fibrilației atriale și hemoragiei după intervenții pe cord deschis, cu implicarea aortei ascendente. Deseori, aceste complicații sunt un motiv de reintervenție. În ultimii ani, chirurgii cardiaci au început a suspecta faptul, precum că leziunea corpurilor adipoși ai aortei ascendente produc complicațiile menționate, deoarece ei conțin

ORIGINAL ARTICLE

## Structural peculiarities of the ascending aorta and their role in cardiovascular surgery: morphological and immunohistochemical study

Tamara Hacina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Chair of human anatomy, Nicolae Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy, Chisinau, Republic of Moldova.*

### Corresponding author:

Tamara Hacina, PhD in Medical Sciences, Associate Professor  
Chair of human anatomy  
Nicolae Testemitanu State University of Medicine and Pharmacy  
165, Stefan cel Mare și Sfânt ave, Chisinau, Republic of Moldova, MD-2004  
e-mail: tamara.hacina@usmf.md

### What is not known yet, about the topic

No studies have yet been performed regarding the interaction between morphological and functional peculiarities of the ascending aorta and the surgical techniques carried out on open heart, which involves this particular aortic segment, as well as a series of specific severe postoperative complications which might occur as a result of that.

### Research hypothesis

Macro and micro peculiarities of ascending aorta (its intrinsic vascular, nervous and lymphatic components) can determine the surgical tactical approach and reduce the risk of specific severe postoperative complications.

### Article's added novelty on this scientific topic

It has been established that certain macro and micro peculiarities of the ascending aorta (especially parietal vascularization, lymphatic drainage and innervation) may induce postoperative atrial fibrillation or severe bleeding. Consequently, it has been reasoned the need to modify some scientific techniques and surgical treatment used in open-heart surgery and involving the ascending aorta.

### Abstract

**Introduction.** An increasing number of recent publications reports a relatively high frequency of atrial fibrillation and bleeding after an open-heart surgical intervention with the involvement of the ascending aorta. Often these complications are a cause for reintervention. In the last years, cardiac surgeons began to suspect that the injury of the adipose bodies of the ascending aorta might lead to the mentioned above

structuri nervoase, care sunt responsabile de controlul autonom al funcției cordului. Până în prezent, nu au fost efectuate cercetări morfologice detaliate ale corpilor adipoși ai aortei.

**Material și metode.** Materialul de investigație a inclus 354 de aorte umane, provenite de la persoane de ambele sexe și de vârstă diferită, începând cu 16 săptămâni de dezvoltare intrauterină și până la vârsta de 93 de ani. Piese anatomice au fost prelevate într-un răstimp de maxim 24 de ore după deces, care au fost preparate prin injectare și colorare cu reactivul Schiff; de asemenea, au fost utilizate metode histologice (colorarea după van Gieson, cu hematoxilină-eozină și albastru de metilen) și imunohistochimice.

**Rezultate.** Au fost precizate particularitățile macro și microstructurale ale aortei ascendente, în special, cele referitoare la vascularizarea parietală, drenajul limfatic și inervare. A fost precizat rolul funcțional al corpului adipos Rindfleisch. Au fost obținute dovezi, care explică enigma sângerărilor postoperatorii, precum și a fibrilației atriale, mult mai frecvente în cazul intervențiilor pe segmentul ascendent al aortei.

**Concluzii.** Densitatea sporită a vaselor sangvine, a nervilor, prezența nodurilor limfatici în adventicea aortei ascendente sugerează ideea că ea reprezintă o structură funcțională. Luarea în calcul a particularităților vascularizării și relațiilor corpului adipos Rindfleisch cu colectori limfatici ai cordului, va reduce din frecvența complicațiilor după chirurgia cardiovasculară. Se recomandă protejerea intraoperatorie de leziuni a aortei ascendente și, în special, a CAR, mutând locul manipulațiilor chirurgicale mai distal de zona corpului adipos al aortei ascendente, determinând distanța locului de incizie de la șanțul aortopulmonar anterior în funcție de localizarea acestei structuri anatomice.

**Cuvinte cheie:** aortă ascendentă, corp adipos, fibrilație atrială postoperatorie, hemoragii, zonă reflexogenă.

## Introducere

Odată cu creșterea numărului și tipurilor de intervenții chirurgicale pe cord și pe vasele magistrale, efectuate la pacienți din ce în ce mai în vârstă și cu mai multe comorbidități, se multiplică spectrul și frecvența complicațiilor postoperatorii. S-a constatat, că frecvența sângerării postoperatorii este mai mare după intervențiile care implică aorta ascendentă, comparativ cu cele, care implică alte porțiuni ale aortei. De asemenea, în multe cazuri, pentru fibrilația atrială apărută postoperatoriu nu se găsește o explicație plauzibilă [1-3]. Administrarea preventivă de beta-blocanți nu și-a demonstrat efectul scontat; din contră, a fost asociat cu unele efecte adverse.

În ultimii ani, chirurgii cardiaci au început a suspecta faptul, precum că leziunea corpilor adipoși ai aortei ascendente produc complicațiile menționate, deoarece ei conțin structuri nervoase, care sunt responsabile de controlul autonom al funcției cordului [4-6].

Până în prezent, nu au fost efectuate cercetări morfologice detaliate ale corpilor adipoși ai aortei. Respectiv, scopul studiului a fost de a descrie particularitățile macro și microstructurale ale aortei ascendente (componentele ei intrin-

secularități, deoarece conțin structuri nervoase, care sunt responsabile de monitorizarea funcției cardiace autonome. Până în prezent, nu au fost efectuate cercetări morfologice detaliate ale corpilor adipoși ai aortei.

**Material and methods.** Material of investigation included 354 human aortas of both genders and ages, ranged from 16 weeks of intrauterine development up to the age of 93 years. Anatomical pieces were taken in a maximum time of 24 hours after death, and were prepared using injecting and staining with Schiff's reagent; histological methods (coloration by van Gieson staining, with hematoxylin-eosin and methylene blue) and immunohistochemical methods.

**Results.** There were specified macro and micro peculiarities of the ascending aorta, particularly those relating to the parietal vascularization, lymphatic drainage and innervation. The functional role of Rindfleisch adipose body was also stressed. The obtained evidence explain the enigma of postoperative bleeding and atrial fibrillation, more frequently met in surgical interventions on the ascending aortic segment.

**Conclusions.** The increased density of blood vessels, nerves, lymph nodes in the ascending aorta adventitia suggests that it is a functional structure. Taking into account the particularities of vascularization and correlations between Rindfleisch adipose body and heart lymph collectors, we might reduce the frequency of cardiovascular postoperative complications. It is recommended to prevent intraoperative injuries of the ascending aorta and, in particular, CAR, by performing surgical procedures distally from the adipose body. The distance of incision cite from anterior aorto-pulmonary groove depends on the location of this adipose structure.

**Keywords:** ascending aorta, fat body, postoperative atrial fibrillation, bleeding, reflexogenic area.

## Introduction

As the number and types of surgical interventions on heart and major vessels performed in patients which get older, as well as comorbidities tend to rise, the range and frequency of postoperative complications also multiply. It has been found that the frequency of post-operative bleeding is higher, after interventions, involving the ascending aorta as compared with other aortic areas involvement. Also, in many cases, postoperative atrial fibrillation occurrence does not present any plausible explanation [1-3]. The preventive administration of beta-blockers has not shown the desired effect; on the contrary, it has been associated with certain side effects.

In recent years, cardiac surgeons began to suspect that, the injury of the ascending aortic fat bodies might produce the above mentioned complications, since they contain nerve structures, which are responsible for monitoring cardiac autonomic function [4-6].

So far, there have not been performed a detailed morphological research of the fat bodies of the aorta. Respectively, the purpose of the study was to describe the macro and micro peculiarities of ascending aorta (its vascular, nervous and

seci vasculare, nervoase și limfatice), care, eventual, ar putea determina elementul tactic chirurgical și reduce riscul de complicații postoperatorii specifice severe.

### Material și metode

Materialul de investigație a inclus 354 de aorte umane, provenite de la persoane de ambele sexe și de vârstă diferită, începând cu 16 săptămâni de dezvoltare intrauterină și până la 93 de ani. Piese anatomice au fost prelevate într-un răstimp de maxim 24 de ore după deces, care au fost preparate prin injectare și colorare cu reactivul Schiff; de asemenea, au fost utilizate metode histologice (colorația după van Gieson, cu hematoxilină eozină și albastru de metilen) și imunohistochimice. Prin intermediul colorării cu reactivul Schiff, s-a examinat aspectul macro-microscopic al *vasa vasorum* și *nervi vasorum*. Densitatea distribuirii vaselor intramurale aortale a fost cercetată pe histograme colorate cu hematoxilină-eozină sau după van Gieson. Sursele de vascularizare și căile de drenaj venos au fost studiate prin aplicarea metodei de injectare a vaselor. Căile drenajului limfatic au fost examinate prin injectarea interstițială, iar pentru precizarea datelor obținute au fost aplicate metode imunohistochimice.

### Rezultate

La examinarea vizuală a aortei ascendente (AAs), în toate cazurile, pe linia de contact a aortei cu auriculul atrului drept, s-a observat prezența acumulării adipoase. În literatură, această acumulare este denumită de fiecare investigator în modul său (plica, pernuța, creastă ș.a.), dar, în opinia noastră, nicio denumire menționată nu este adecvată, deoarece nu reflectă în sine nici forma, nici funcția, nici localizarea [7]. Utilizarea numeroaselor denumiri ale uneia și aceleiași structuri: „*plica semilunaris*”, „*vincula*”, „*creasta aortei ascendente*”, „*plica transversală a aortei*”, „*creasta sino-tubulară*” ș.a., demonstrează un nivel insuficient de cunoaștere, precum și pomenirea formațiunii în contexte diferite.

Noi propunem spre utilizare termenul de „*corpul adipos Rindfleisch*” (CAR), termen, care include și un omagiu adus morfologului german, care a descris, pentru prima dată, în anul 1884, o structură adipoasă subepicardică, asociată cu aorta ascendentă.

De obicei, CAR începe de la nivelul șanțului aorto-pulmonar anterior, se îndreaptă în jos și spre dreapta. În cazul dimensiunilor mari, el continuă pe fața convexă a aortei, deseori – și pe cea posterioară. Dimensiunile cele mai mari, observate de noi au fost de 7 cm în lungime și de 1 cm în lățime. Uneori, corpii adipoși Rindfleisch sunt amplasați pe fața dreapta a aortei ascendente, adesea având forma unui oval orizontal sau vertical. Cei localizați pe fața posterioară, de regulă, au forma unei plici agățate (Figura 1). Orientarea spațială poate fi orizontală, oblică, verticală, iar când dimensiunile sunt mari – combinată (orizontal-ascendentă, orizontal-descendentă, ramificată).

Au fost identificate și forme, care nu au fost descrise până acum în literatură de alți autori. S-a constatat, că forma CAR prezintă o variabilitate interindividuală importantă: bandeletă, cilindru, cilindru ramificat, creastă, plică, corp oval, corp

lymphatic intrinsic components), which eventually might describe a surgical tactical approach and reduce the risk of specific severe postoperative complications.

### Material and methods

Material of investigation included 354 human aortas of both genders and ages, ranged from 16 weeks of intrauterine development up to the age of 93 years. Anatomical pieces were taken in a maximum time of 24 hours after death, and were prepared by injecting and staining with Schiff's reagent; also there were used immunohistochemical and histological methods (van Gieson staining, coloration with hematoxylin eosin and methylene blue). By means of Schiff staining reagent, there were examined the macro- and microscopic appearance of *vasa vasorum* and *nervi vasorum*. The density distribution of intramural aortic vessels was investigated on hematoxylin-eosin stained histograms or by van Gieson. Sources of vascular and venous drainage pathways were studied by the method of injecting the vessels. Lymphatic drainage pathways were examined by interstitial injecting, whereas immunohistochemical methods were applied for the accuracy of the obtained data.

### Results

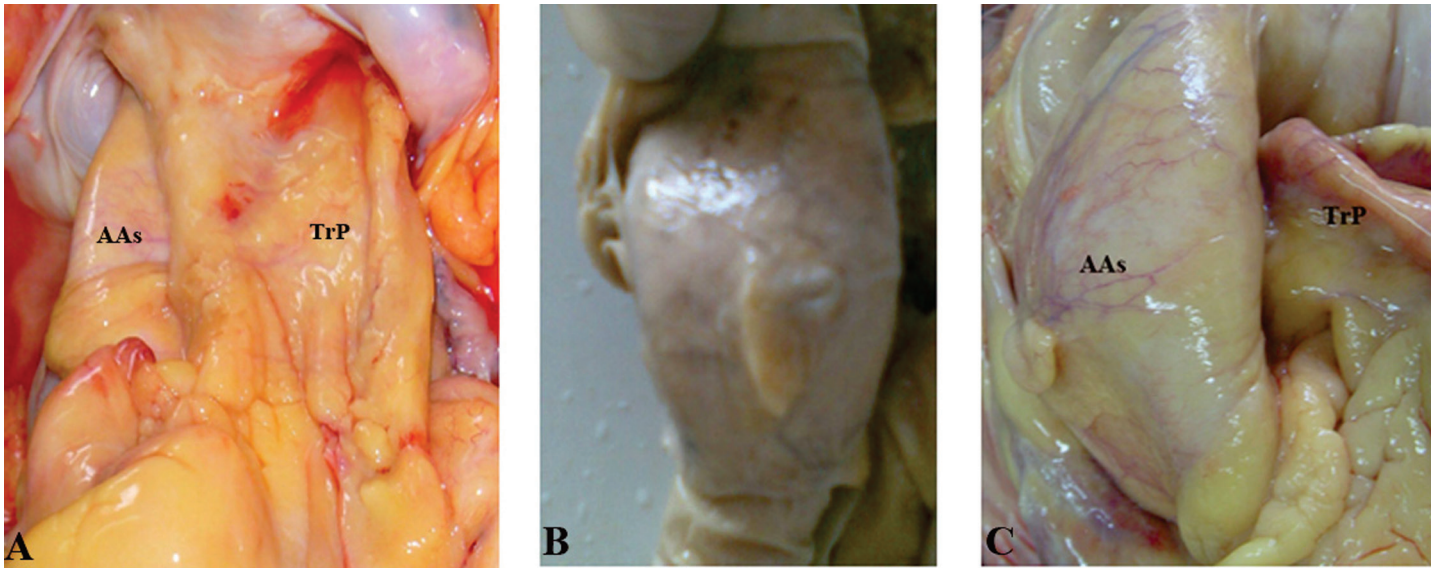
Visual examination of the ascending aorta (AsA), in all cases, where the aorta comes into contact with auricle of the right atrium, showed presence of adipose accumulation. In specialized literature, this accumulation is called differently by each investigator (plica, pad, crest etc.), but, in our opinion, these namings do not appropriately describe the form, function or location [7]. The use of many namings of one and the same structure: „*plica semilunaris*”, „*vincula*”, „*ascending aortic crest*”, „*transversal aortic plica*”, „*sino-tubular crest*” etc., proves an insufficient level of knowledge as well their use in different contexts.

We suggest to use the term „*Rindfleisch fat body*” (RFB), a term that shows appreciation towards the German morphologist, who described for the first time, in 1884, a subepicardic adipose structure associated with ascending aorta.

Commonly, RFB runs anteriorly of the aortopulmonary groove, then curves downward and to the right. In cases of larger sizes, it continues on the convex side of the aorta, often – and on the posterior part. The largest recorded sizes were of 7 cm long and 1 cm wide. Sometimes Rindfleisch fat bodies are located on the right side of the ascending aorta, often in the shape of a horizontal or vertical oval. Those located on posterior side are, commonly, in the shape of a loll (Figure 1). Spatial orientation can be horizontal, diagonal, vertical, and in larger sizes – combined (horizontally-ascending, horizontally-descending, branched).

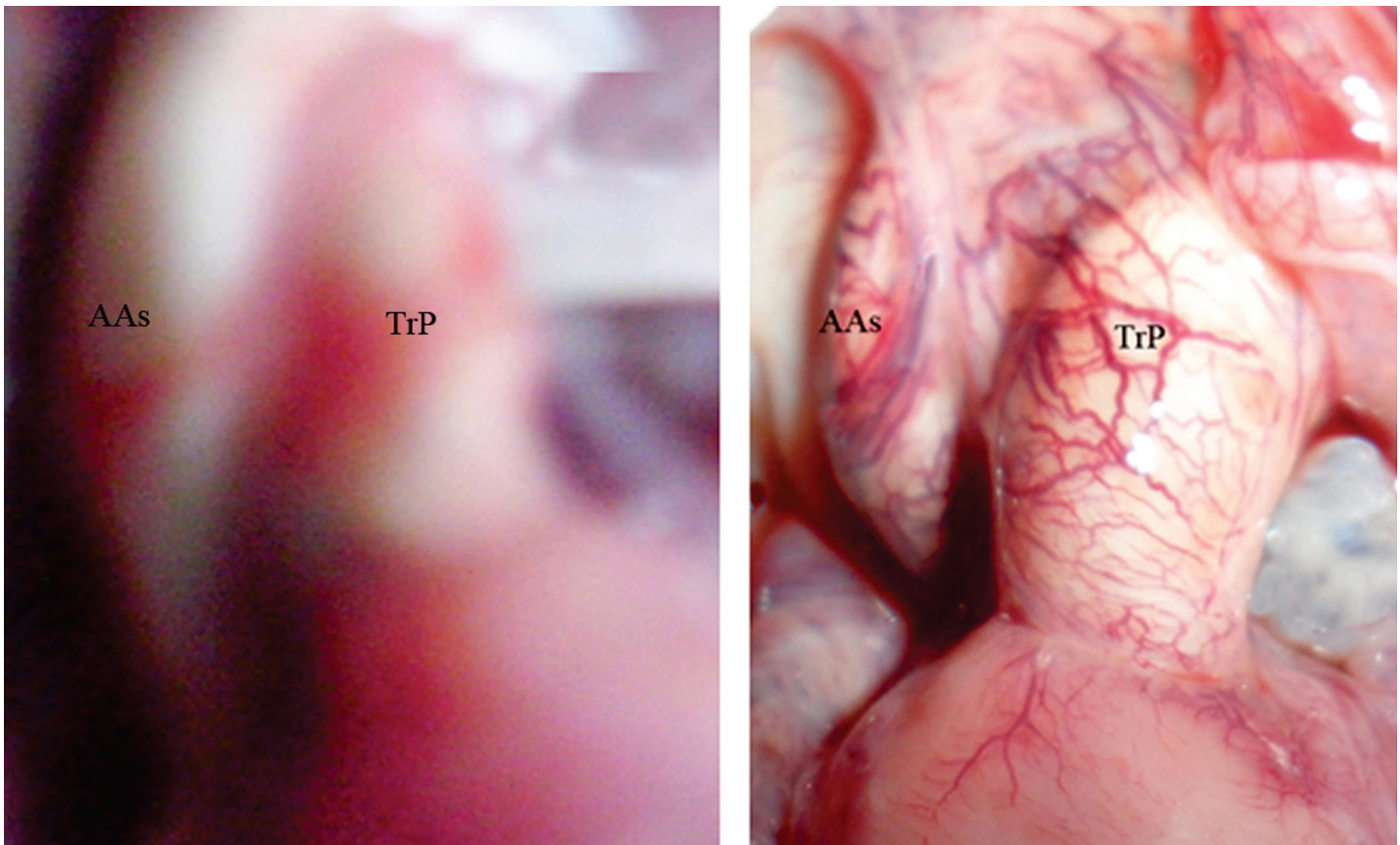
Certain forms have been identified, which have not hitherto been described in the literature by other authors. It was found that the RFB form shows a significant variability: strip, cylinder, branched cylinder, crest, fold, oval body, round body, strip passing into plica, cylinder or crest ending into fat pad etc.

Even with the naked eye, there can be often observed blood vessels running towards RFB. The artery branches, related to



**Fig. 1** Corpții adipoși ai aortei ascendente: A – variantă tipică; B – localizată pe fața dreaptă convexă; C – plasată pe fața posterioară a aortei ascendente.

**Fig. 1** Fat bodies of the ascending aorta: A – typical variation; B – located on the right convex part; C – placed on the posterior side of the ascending aorta.



**Fig. 2** *Vasa vasorum* ale aortei ascendente la fetești de 20 și de 37 de săptămâni.

**Fig. 2** *Vasa vasorum* of the ascending aorta in foetuses at 20 and 37 weeks.

rotund, bandeletă ce trece în plică, cilindru sau creastă, ce se termină cu pernuță ș.a.

Deseori, chiar cu ochiul liber, pot fi observate vase san-

the right *vagus*, run towards this area from the posterior side of the ascending aorta. There are ascending vessels (coronary artery branches) and descending (branches of mediastinal

guine, ce se îndreaptă spre CAR. De pe fața posterioară a aortei ascendente, spre aceasta zonă, vin ramurile arterei asociate nervului vag drept. Sunt vase ascendente (ramurile arterelor coronare) și descendente (ramurile arterelor mediastinale, bronhiale și care au fost depistate, fiind din categoria *vasa vasorum internae*). Ultimele, pornesc de pe fața AAs adiacentă trunchiului pulmonar, mai sus de joncțiunea bulbo-tubulară a aortei. Toate vasele menționate, formează o rețea de anastomoze în interiorul corpului adipos. Histotopografia surselor de vascularizare ale aortei ascendente depinde de forma și localizarea corpului adipos Rindfleisch. Trebuie menționat faptul, că la feteși, începând cu vârsta de 16 săptămâni a dezvoltării intrauterine, când acumulările adipoase subepicardice încă lipsesc, sursele de vascularizare prezentate de *vasa vasorum internae* aici se observă mai timpuriu decât în alte localizări și au aspectul unei dungii de culoarea roșietică sau roză (Figura 2).

Elementele nervoase ale AAs sunt reprezentate de trunchiuri, fascicule și fibre nervoase, ganglioni nervoși, celule nervoase solitare, terminațiuni nervoase. Ultimele, se localizează predominant în adventice, mai puțin – în media aortei; predomină terminațiunile nervoase libere și cele cu component glial.

Studiind toate zonele ale aortei toracice, doar în componența CAR au fost depistate complexe vasculo-nervoase fuziforme. În câmpul mesoscopic (obiectivul 1 și 2), ele se aseamănă cu terminațiunile nervoase butonate, iar cu cel de-al 4 obiectiv, se vede o fibră nervoasă înconjurată de numeroase vase sanguine. În literatură de specialitate accesibilă, nu a fost găsită nicio informație despre complexe în cauză.

Prin studiu histologic, a fost observat un aspect deosebit – pe traiectul *vasa vasorum internae* s-au identificat diverși corpusculi, asemănători cu cel carotid, ceea ce nu fusese cazul pentru alte surse de vascularizare ale acestui segment al aortei. Era evidentă variabilitatea lor privind forma, localizarea, dimensiunile. Forma cel mai frecvent întâlnită – ovală, de dimensiuni maxime de 2 mm lungime, s-a atestat în straturile superficiale ale adventice; în stratul ei profund, se adăpostesc corpusculi de dimensiuni mai mici și celulele glomice dispersate. Corpusculii erau străpunși, de obicei, longitudinal, de-a lungul axei corpului adipos, de ramurile *vasa vasorum internae*. Cei din profunzimea adventice, erau localizați în contact cu vasele limfatice, iar celulele glomice – dispersate în spațiile intercelulare.

Spre deosebire de formațiunile glomice ale arcului aortic, plasate lângă locul fixării ligamentului arterial și în șanțul aorto-pulmonar (identificate la copii și tineri), cele ale aortei ascendente s-au identificat la adulți de vârstă diferită, inclusiv, senilă. Odată cu înaintarea în vârstă, numărul celulelor de suport crește, devine mai evidentă pseudocapsula (Figura 3).

Traiectul căilor de drenaj limfatic al cordului în zona dată are un anumit rol clinic. Sunt doi colectori constanți ai cordului: cel drept și cel stâng, plasați în șanțurile aorto-pulmonare, anterior și posterior. În 46% din cazuri, a fost identificat încă unul – cel al atrului drept, deci și al zonei nodului sinuzal. Ultimul, are un traiect oblic: pe partea proximală a AAs, apare sub epicard, la limita circumferințelor aortei drepte și stângi,

arteries, bronchial and those detected from the category of *vasa vasorum internae*). The latter ones start from the AAs adjacent side of pulmonary trunk, above the bulbo-tubular junction of the aorta. All the above mentioned vessels form a network of anastomoses within the adipose body. The histotopography of vascular sources of ascending aorta depends on the shape and location of Rindfleisch fat body. It should be noted that in fetuses, starting with 16 weeks of intrauterine development, when the accumulation of subepicardic fat is still missing, the vascularization sources of the *vasa vasorum internae* are observed earlier than in other areas and have the appearance of a reddish or pink coloured strip (Figure 2).

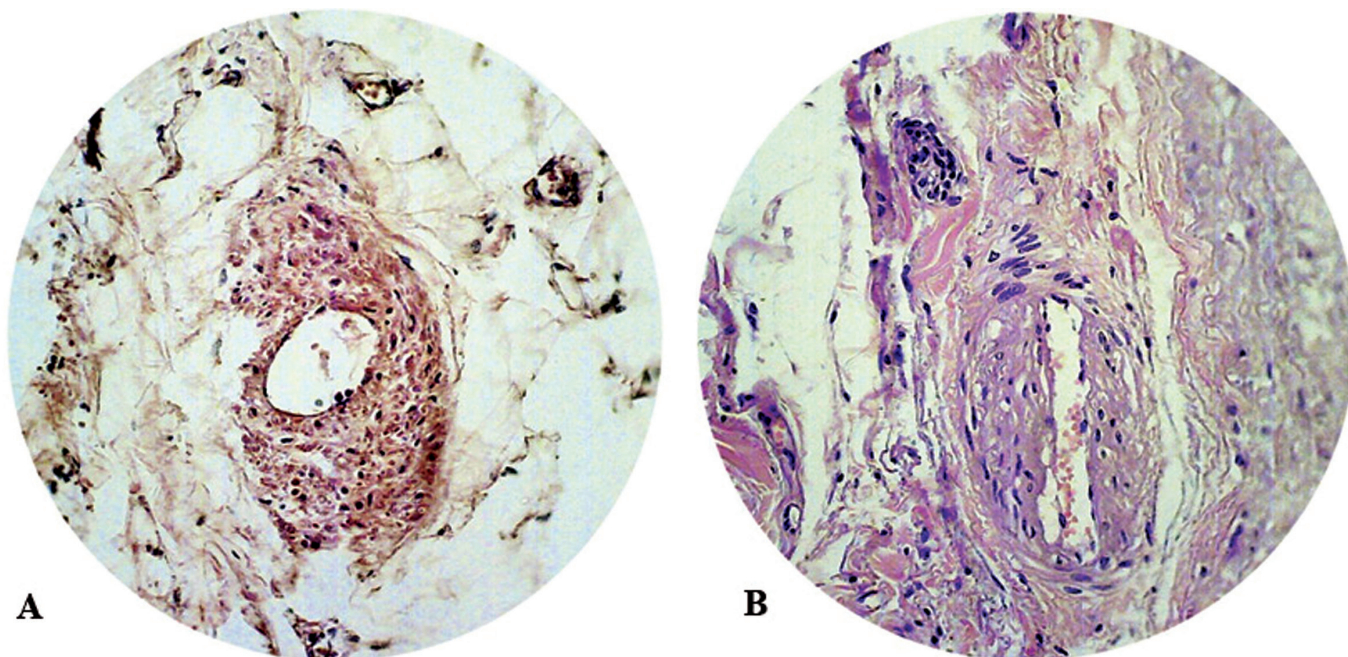
The AsA nerve elements are shown as trunks, bundles and nerve fibers, nerve ganglia, solitary nerve cells and nerve endings. The latter are located predominantly in adventitia, less – in the aortic media; free nerve endings and those with glial component have a high prevalence.

Based on studies of various parts of the thoracic aorta, fusiform neurovascular complexes were detected only in RFP composition. In the mesoscopic field (objective 1 and 2), they resemble encapsulated nerve endings, and the 4th objective, we can notice a nerve fiber surrounded by numerous blood vessels. There was not found any information about these complexes in any available specialized literature.

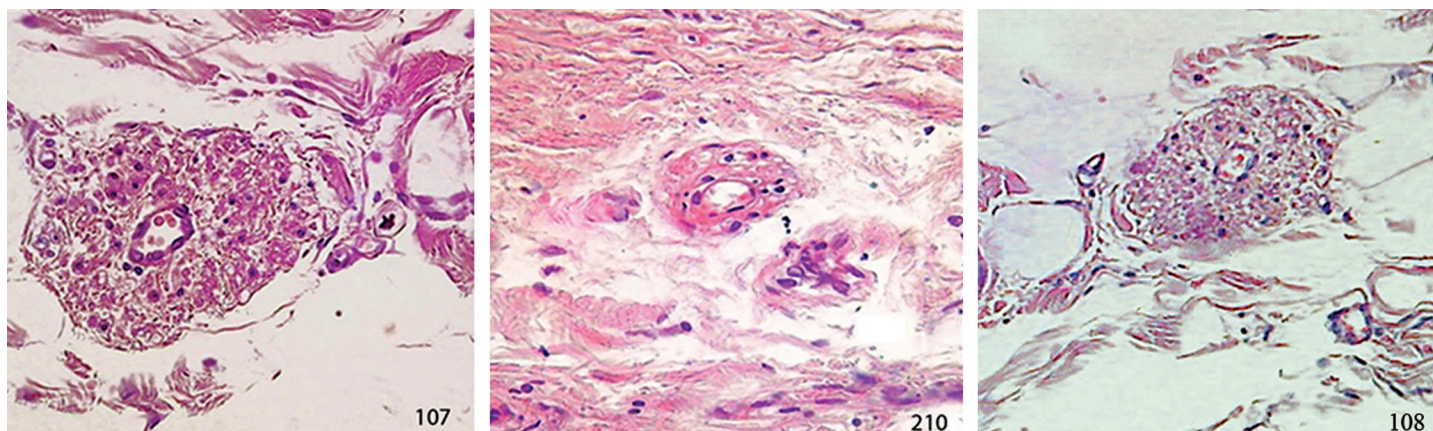
A particular aspect was observed by means of histological study, where various corpuscles, along the *vasa vasorum internae*, were identified, similar to the carotid one, which was not the case for other sources of vascularization of this aortic segment. Their diversity regarding the shape, location and size was obvious. The most frequently met form was the oval shaped one, 2 mm long maximum size, recorded in the superficial layers of adventitia; smaller sized corpuscles and dispersed glomus cells were located in its deep layer. Corpuscles were commonly pierced through longitudinally along the axis of the adipose body by the branches of *vasa vasorum internae*. Those from deep adventitia, were located in contact with lymphatic vessels and glomus cells, being dispersed in the intercellular spaces.

Unlike glomus formations in the aortic arch, which are placed near the site of arterial ligament fixation and aorto-pulmonary groove (identified in children and young people), those from the ascending aorta were identified in adults of different ages, including the senile age. Along with age, the number of supporting cells increases and the pseudocapsule becomes more obvious (Figure 3).

The lymphatic drainage pathways of the heart in this area plays a definite clinical role. There are two constant collectors of the heart: the right and the left one, situated in the aorto-pulmonary grooves anteriorly and posteriorly. In 46% of cases, another one was identified – that of the right atrium and hence pertaining to sinus node area. The latter has an oblique pathway: on the proximal part of AsA; it occurs under the epicardium at the boundary surface of right and left aortic circumferences, then it passes upwards, to the left and intersects the boundary line of the AsA with the auricle of the



**Fig. 3** Glomușii aortei ascendente la 60 (A) și la 72 (B) de ani.  
**Fig. 3** Glomus of the ascending aorta at 60 (A) and 72 (B) years old.



**Fig. 4** Corpusculi similari celui carotid din componența corpului adipos Rindfleisch la una și aceeași persoană.  
**Fig. 4** Corpuscles similar to the carotid contained in the Rindfleisch adipose body in same person.

apoi – trece în sus, spre stânga, intersectând linia de contact a AAs cu auriculul atrului drept (prin urmare, și CAR, dacă el este dezvoltat în această arie) și se varsă în colectorul limfatic drept. În 54% din cazuri, căile de drenaj al atrului drept sunt reprezentate de o rețea de vase limfatice.

#### Discuții

În primul deceniu al secolului XXI, a sporit interesul specialiștilor din domeniul chirurgiei cardiovasculare față de corpii adipoși subepicardici, în special, față de cel al aortei ascendente, deoarece ei nu au fost descriși suficient de detaliat în literatura de specialitate. În consecință, au apărut un șir de articole, care conțineau cuvântul „*enigma*” în titlu [3, 5, 6,

right atrium (hence, the RFB as well, if it is developed in this area) and pours into the right lymphatic collector. In 54% of cases, the right atrium drainage pathways are described as a network of lymphatic vessels.

#### Discussion

During the first decade of the XXI century, a specific interest arose among the specialists in the field of cardiovascular surgery regarding the subepicardic adipose bodies, especially compared to that of the ascending aorta because they were not properly described in the specialized literature. Consequently, there were a number of articles containing the word “*enigma*” within the titles [3, 5, 6, 8-10]. Usually, the fat body

8-10]. De obicei, corpul adipos al aortei se extirpă în cadrul operațiilor chirurgicale. Însă, s-a constatat că frecvența fibrilației atriale postoperatorii (FAPO) este mai rară, dacă CAR a fost menținut integru. În consecință, s-a presupus că în CAR sunt localizate anumite structuri reglatoare ale ritmului cardiac, de aceea lezarea sau extirparea lui poate induce fibrilație atrială [11, 12]. Domină opinia precum că traumatizarea acestei formațiuni anatomice conduce la pierderea efectului vagal asupra nodului sinusal în cazul disecării CAR, fibrilația atrială are o frecvență de 27% vs. 7%, în cazul rămânerii lui intacte [13].

Considerăm, că nu există suficiente dovezi, care să explice producerea FAPO prin simpla lezare a structurilor nervoase din componența CAR, deoarece nu se oferă răspunsul la câteva întrebări:

- de ce FAPO nu se produce la toți pacienții, la care li s-a înlăturat CAR?
- de ce frecvența FAPO este proporțională cu vârsta pacientului?
- de ce fibrilația atrială se manifestă în zilele 2-4 postoperatoriu și nu imediat după intervenție?
- de ce după transplantul de cord, riscul producerii FAPO este mai redus decât după intervențiile chirurgicale pe cord deschis, dar care implică AAs [14]?

O altă problemă care trebuie abordată, este frecvența mai înaltă a hemoragiei postoperatorii după abordarea chirurgicală a aortei ascendente, comparativ cu celelalte segmente. Noi explicăm apariția acestei complicații prin originea directă a *vasa vasorum internae* din aortă (respectiv, presiunea sângelui în aceste vase este mai înaltă) și prin existența anastomozelor multiple cu alte surse de vascularizare.

Totuși, cea mai frecventă și misterioasă complicație postoperatorie în intervențiile chirurgicale pe cord, care implică și aorta ascendentă, este FAPO. Numărul cazurilor de fibrilație atrială postoperatorie este în continuă creștere [15]. Astfel, 20-40% dintre pacienții care au beneficiat de intervenții chirurgicale pe aorta ascendentă, au avut disritmii postoperatorii, dintre care, în 7-20% din cazuri a urmat decesul.

Lupinski B. R. (2007, 2009), presupunea că vasele limfatice intracardiac pot avea un rol în declanșarea proceselor patofiziologice, care implică sistemul de conducere al cordului. Opiniile cercetătorilor cu privire la limfaticele aortei variază: unii descriu prezența lor în adventice (Novikova T. P., 1965; Johnson R. A., 1969; Takacs E., Jellinek H., 1986), alții raportează localizarea lor numai în țesutul para-aortal (Bocearov V., 1965). Golab B. (1977), a descris doi colectori limfatici cardiaci (drept și stâng), localizați în șanțurile aorto-pulmonare [16]. Servelle M. și coaut. (1967), au remarcat existența unui colector suplimentar, de la atriul drept, care se varsă în cel cardiac drept [17]. Doar în lucrarea lui Johnson R. (1969) a fost descrisă prezența nodulilor limfatici în adventicea aortală, deși nu a fost precizată localizarea lor exactă [18].

În studiul nostru, a fost demonstrată existența vaselor și nodulilor limfatici în adventicea aortei ascendente. Datele noastre confirmă cele relatate de Servelle M. și coaut. (1967)

of the ascending aorta is eradicated during surgical intervention. However, it has been found that the frequency of postoperative atrial fibrillation (POAF) is rare, if the RFB was maintained intact. Therefore, it was also thought that RFB contains certain structures that regulate the heart rate, and therefore its damage or removal might induce atrial fibrillation [11, 12]. There is a dominating opinion that the trauma of this anatomical formation leads to the loss of vagal effect on sinus, if RFB is cut, whereas atrial fibrillation has a frequency of 27% vs. 7% in case it remains intact [13].

We believe that there is little evidence to explain POAF, induced by a simple injury of nerve structures contained in the CAR, since it does not provide the answers to the following questions:

- why POAF does not occur in all patients to whom RFB was removed?
- why POAF frequency is proportional to the patient's age?
- why atrial fibrillation occurs in 2-4 days postoperatively rather than immediately after surgery?
- why after a heart transplantation, POAF risk is lower than after an open heart surgery, but which involves AAs [14]?

Another issue to be considered is the highest frequency of postoperative hemorrhage after using the surgical approach to ascending aorta compared to other segments. We may explain the occurrence of this complication by its direct origin of *vasa vasorum internae* from the aorta (respectively, the blood pressure is higher in these vessels) and by the presence of multiple anastomoses with other sources of vascularization.

However, the most common and mysterious postoperative complication in heart surgery is POAF, which involves the ascending aorta. The number of cases of postoperative atrial fibrillation is constantly growing [15]. Thus, 20-40% of patients who underwent surgical interventions on the ascending aorta showed postoperative dysrhythmia, whereas 7-20% of cases resulted in the patient's death.

Lupinski B. N. (2007, 2009), assumed that intracardiac lymphatic vessels might trigger the pathophysiological processes and therefore involve the control system of the heart. The researchers' opinions on aortic lymphatics vary: some describe their presence in adventitia (Novikova T. P., 1965; Johnson R. A., 1969; Takacs E., Jellinek H., 1986), others report their location only in the para-aortal tissue (Bocearov V., 1965). Golab B. (1977) described two cardiac lymphatic collectors (right and left), located in the aorto-pulmonary grooves [16]. Servelle M. *et al.* (1967) noted the presence of an additional collector, from the right atrium, which flows into the right heart collector [17]. Only the work of Johnson R. (1969) described the occurrence of lymph nodes in the aortic adventitia, although their exact location was not clearly specified [18].

During our study, it was demonstrated the presence of lymph nodes and vessels in the adventitia of the ascending aorta. Our data confirm those reported by Servelle M. *et al.* (1967) regarding the presence, in many cases, of the lymphatic collector in the right atrium, which is responsible for

referitor la existența, în multe cazuri, a colectorului limfatic de la atriu drept, care efectuează drenajul limfatic al regiunii nodului sinuzal și care traversează CAR.

Nakata Y., Shionoya S. (1979), au descris leziuni vasculare, cauzate de perturbarea limfaticelor vasculare intraparietale [19]. Symbas P. și coaut. (1963), au raportat despre efectul întreruperii experimentale a limfaticelor [20]. Considerăm că anume prin lezarea colectorilor limfatici în timpul intervențiilor chirurgicale putem răspunde la întrebările formulate anterior. În lipsa colectorului limfatic din atriu drept, traumatizarea rețelei limfatice nu prezintă pericolul declanșării FAPO: drenajul are loc prin colateralele menținute. Staza limfatică se formează timp de 2-4 zile, de aici și explicația, de ce anume în aceste segmente de timp se manifestă tulburările ritmului cardiac.

La vârstnici, rețeaua limfatică este redusă și nu este în stare să compenseze funcția vaselor limfatice sau a colectorului limfatic, lezate intraoperatoriu. Restabilirea circulației sangvine adecvate a cordului după transplantare și formarea limfei durează câteva săptămâni, deseori – luni de zile. În conformitate cu datele lui Nakano T. și coaut. (2005), regenerarea vaselor limfatice durează de la două până la patru săptămâni [21]. Această informație ne ajută să explicăm frecvența mai redusă a FAPO în transplantul de cord; firește, lezarea căilor de drenaj limfatic ale cordului nu este unica cauză a acestei complicații.

Noi am confruntat datele obținute cu rezultatele investigațiilor de laborator ale lui Comroe J. (1939) [22]. La introducerea lobelinei prin canulă, în diverse zone ale aortei, autorul menționat a constatat un rezultat pozitiv, atunci când substanța se introducea proximal de zona de trecere a AAs în arc. Astfel, cercetătorul a conchis că zona chemosenzitivă ar putea fi localizată ori în aorta ascendentă, ori în porțiunea incipientă a arcului aortic. Anume aici se află originea *vasa vasorum internae* depistate de noi, care vascularizează structurile glomice. Prin urmare, zona chemoreceptoare a aortei este localizată la nivelul corpului adipos Rindfleisch, deși toți autorii, vorbind despre zonele reflexogene vasculare, le consideră a fi arcul aortei și sinusul carotid.

Ce reprezintă corpul adipos al AAs? În interpretarea lui Rindfleisch (1884), această formațiune este necesară în timpul sistolei cardiace, deoarece ea fortifică pereții aortei. Gross (1921), a observat o asociere dintre starea vaselor sangvine a CAR și insuficiența coronariană. Davis (1927), Smetana (1930), Robertson (1930), Parke și Michels (1966) au explicat existența CAR prin contracțiile auriculului drept, care contactează cu aorta. În viziunea noastră, corpul adipos Rindfleisch este o zonă de monitorizare a compoziției sângelui, a limfei și a lichidului tisular, o structură de amortizare, necesară în condițiile hemodinamice existente în aorta ascendentă.

## Concluzii

- 1) Aorta ascendentă are un rol cu mult mai mare în fiziologia sistemului vascular decât se considera până acum. Densitatea sporită a vaselor sangvine, a nervilor, pre-

the lymphatic drainage in the region of sinus node and passes through RFB.

Nakata Y., Shionoya S. (1979) described vascular injuries caused by the damage of intraparietal vascular lymphatics [19]. Symbas P. and *et al.* (1963) reported on the experimental disruption effect of the lymphatics [20]. We consider that, namely, by damaging certain lymphatic collectors during surgical manipulations, we can answer to the questions above. In the absence of lymphatic collector in the right atrium, the trauma of the lymphatic network does not pose threat upon triggering POAF: the drainage occurs via maintained collaterals. Lymphatic stasis is formed within 2-4 days, hence explaining why the heart rate disorders occur exactly during this time period.

In elderly, the lymphatic network is reduced and is not able to compensate proper functioning of the lymphatic vessels or collector after an intraoperative injury. The restore of an adequate blood flow to the heart after transplantation and formation of lymph takes several weeks, often even months. According to the data of T. Nakano and *et al.* (2005), regeneration of the lymphatic vessels takes from two to four weeks [21]. This information helps to explain the lower frequency of POAF in heart transplantation; naturally, the damage of lymphatic drainage pathways of the heart is not the only cause of this complication.

We have compared the obtained data with the results of laboratory investigations of Comroe J. (1939) [22]. During the introduction of the lobeline through cannula, in various parts of the aorta, the author recorded a positive result, when the substance was introduced proximally to the crossing area of the AsA in the arch. Thus, the investigator concluded that the chemosensitive zone may be located either in the ascending aorta or in the incipient portion of the aortic arch. Our studies determined that namely here the origin of *vasa vasorum internae* is, which vascularize the glomus structures. Therefore, the aortic chemoreceptor zone is located on the level of the Rindfleisch fat body, although all the authors, when describing the vascular reflex zones, consider them to be the aortic arch and carotid sinus.

What is the AsA fat body? According to Rindfleisch (1884), this formation is required during cardiac systole, because it strengthens the walls of the aorta. Gross (1921), observed an association between the blood vessel condition of RFB and coronary insufficiency. Davis (1927), Smetana (1930), Robertson (1930), Parke and Michels (1966) explained the RFB presence by contractions of the right auricle, which come into contact with the aorta. In our opinion, the Rindfleisch fat body is a monitoring zone for blood, lymph and fluid tissue composition, a buffering structure required under the existing hemodynamics of the ascending aorta.

## Conclusions

- 1) The ascending aorta plays a greater role in the physiology of the vascular system than it was considered before. The increased density of blood vessels, nerves, pres-



zența nodulilor limfatici și structurilor glomice în componența corpului adipos al AAs sugerează ideea despre caracterul multifuncțional al acestuia.

- 2) Luarea în calcul a particularităților vascularizării și corelațiilor corpului adipos Rindfleisch cu colectorii limfatici ai cordului, va reduce din frecvența complicațiilor după chirurgia cardiovasculară.
- 3) Se recomandă protejarea intraoperatorie de leziuni ale aortei ascendente și, în special, a CAR, mutând locul manipulațiilor chirurgicale mai distal de corpul adipos al AAs. Distanța locului de incizie de la șanțul aortopulmonar anterior se determină în funcție de localizarea acestei structuri anatomice.

#### Declarația de conflict de interes

Nimic de declarat.

ence of lymph nodes and glomus structures in zone of fat body of ascending aorta suggests its multifunctional character.

- 2) Considerations upon the peculiarities of vascularization and correlations between the Rindfleisch fat body and lymphatic collectors of the heart may reduce the frequency of cardiovascular complications after surgery.
- 3) It is recommended to protect the ascending aorta against intraoperative injuries and, in particular, RFB, by performing surgical manipulations distally of the AsA fat body. The distance of incision site from anterior aorto-pulmonary groove depends on the location of this adipose structure.

#### Declaration of conflicting interests

Nothing to declare.

#### Referințe / references

1. Steinberg J. Postoperative atrial fibrillation: a billion dollar problem (Editorial comment). *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2004; 43 (6): 1001-3.
2. Levy D, Kannel W. Postoperative atrial fibrillation and mortality: do the risks merit changes in clinical practice? (Editorial comment). *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2004; 43(5): 749-51.
3. Nair S. Atrial fibrillation after cardiac surgery. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 2010; 13 (3): 196-205.
4. Verrier R, Zhao S. The enigmatic cardiac fat pads: critical but underappreciated neural regulatory sites. *Journal of Cardiovascular Electrophysiology*, 2002; 13(9): 902-3.
5. Criado F. The mystery of aortic dissection: a 250-year evolution. *J. Cardiovasc. Surg. (Torino)*, 2010; 51 (5): 601-8.
6. John L. Crista aortae ascendentes, ascending aortic fold or Rindfleisch's fold – an enigma. *Clin. Anat.*, 2004; 17 (2): 159-60.
7. Unger F, Rainer W. The plica transversa aortae: an addendum to the anatomic nomenclature of the heart. *Ann. Thoracic Surg.*, 1999; 68: 2391.
8. Lindsay J. Crista aortae ascendentes, ascending aortic fold or Rindeich's fold – an enigma. *Clinical anatomy*, 2004; 17: 159-160.
9. Unger F. Reply to Crista aortae ascendentes, ascending aortic fold or Rindeich's fold – an enigma. *Clinical anatomy*, 2005, 18: 396.
10. Morrison J, Codispoti M, Campanella C. Reply to: Crista aortae ascendentes, ascending aortic fold or Rindfleisch's fold – an enigma. *Clinical anatomy*, 2004, 17: 161-162.
11. Morrison J, Codispoti M, Campanella C. Surgically relevant structure on the ascending aorta. *Clinical anatomy*, 2003; 16 (3): 253-5.
12. Parke W. Surgically relevant structure on the ascending aorta. *Clinical anatomy*, 2004; 17: 159-160.
13. Davis Z, Jacobs H, Bonilla J. *et al.* Retaining the Aortic Fat Pad during cardiac surgery decreases postoperative atrial fibrillation. *Heart Surg. Forum*, 2000; 3: 108-112.
14. Compostella L, Russo N. *et al.* Abnormal heart rate variability and atrial fibrillation after aortic surgery. *Rev. Bras. Cir. Cardiovasc.*, 2015; 30 (1): 55-62.
15. Steinberg J. Postoperative atrial fibrillation: a billion-dollar problem. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 2004; 43: 1001-1003.
16. Golab B. Lymphatic vessels of the conducting system of human heart. *Folia morphologica*, 1977; 35 (4): 317-322.
17. Servelle M, Andrieux J. *et al.* The lymphatics of the heart (peroperative injections). *Arch. Mal. Coeur Vaiss.*, 1967; 60: 89-106.
18. Johnson R. Lymphatics of blood vessels. *Lymphology*, 1969; 2 (2): 44-56.
19. Nakata Y, Shionoya S. Structure of lymphatics in the aorta and the periaortic tissues, and vascular lesions caused by disturbance of the lymphatics. *Lymphology*, 1979; 12 (1): 18-9.
20. Symbas P, Cooper T, Gantner G, Willman V. Lymphatic drainage of the heart: effects of experimental interruption of lymphatics. *Surg. Forum*, 1963; 14: 254.
21. Nakano T, Nakashima Y. *et al.* Angiogenesis and lymphangiogenesis and expression of lymphangiogenic factors in the atherosclerotic intima of human coronary arteries. *Human Pathology*, 2005; 36: 330-340.
22. Comroe J. The location and function of the chemoreceptors of the aorta. *Am. J. Physiol.*, 1939; 123: 176-191.