ДРУЖЕСТВО НА КАРДИОЛОЗИТЕ В БЪЛГАРИЯ
Българска кардиология
том XXVIII, 2022, № 4

doi: 10.3897/bgcardio.28.e96612

АОРТНА ХИРУРГИЯ ПРИ ПАЦИЕНТ СЪС СИНДРОМ НА МАРФАН И ТЕЖЪК PECTUS EXCAVATUM (ОБУЩАРСКИ ГРЪДЕН КОШ)

И. Тодоров

Клиника по кардиохирургия, „Аджибадем Сити Клиник УМБАЛ Токуда" – София

AORTIC SURGERY IN A PATIENT WITH MARFAN'S SYNDROME AND PECTUS EXCAVATUM (SHOEMAKER'S CHEST)

I. Todorov

Department of Cardiac Surgery, "Acibadem City Clinic UMBAL Tokuda" – Sofia

Резюме. Пациентите със синдрома на Марфан често имат тежки животозастрашаващи сърдечно-съдови усложнения, включително аневризмална дилатация на аортата или аортна дисекация. Приблизително две трети от хората, които имат този синдром, страдат от деформации на гръдната стена като pectus excavatum (обущарски гръден кош) или pectus carinatum (птичи гръден кош) . Когато пациент с обущарски гръден кош се нуждае от хирургия върху корена на аортата, операторът може да се изправи пред голямо клинично предизвикателство при избора на оптимален хирургичен достъп и подход. Представяме случай на пациент със синдром на Марфан и тежък pectus excavatum, който претърпя смяна на аортна клапа, реконструкция на аортния корен и възходящата аорта, реимплантация на коронарните артерии (операция на Bentall de Bono) чрез горна парциална L-стернотомия и предна лява торакотомия.

Ключови думи: анулоаортна ектазия, операция на Бентал, синдром на Марфан, обущарски гръден кош

Адрес за кореспонденция: Д-р Ивилин Тодоров, дм, Клиника по кардиохирургия, Аджибадем Сити Клиник УМБАЛ Токуда, бул. Н. Вапцаров 51Б, 1407 София, e-mail: ivilint@gmail.com , тел. 0883993258

Abstract. Patients with Marfan syndrome often have severe life-threatening cardiovascular complications, including aortic aneurysmal dilatation or aortic dissection. Approximately two-thirds of people who have this syndrome suffer from chest wall deformities such as pectus excavatum (cobbler's chest) or pectus carinatum (bird's chest). When a patient with cobbler's chest requires aortic root surgery, the operator may face a major clinical challenge in selecting the optimal surgical access and approach. We present a case of a patient with Marfan syndrome and severe pectus excavatum who underwent aortic valve replacement, aortic root and ascending aorta reconstruction, coronary artery reimplantation (Bentall de Bono procedure) via upper partial L-sternotomy and anterior left thoracotomy.

Key words: annulo-aortic ectasia, Bentall's procedure, Marfan syndrome, shoemaker's chest

Address for correspondence: Ivilin Todorov, MD, Ph.D, Acibadem City Clinic UMBAL Tokuda Cardiac Surgery Clinic, 51B N. Vaptsarov Bvld., BG – 1407 Sofia, e-mail: ivilint@gmail.com, phone: 00359883993258

Въведение

Анулоаортна ектазия с аневризма на възходящата аорта и тежка аортна регургитация е сериозно състояние, което все още е свързано със значителна заболяемост и смъртност. Това важи изключително за пациенти със синдром на Марфан (MFS),

Introduction

Annulo-aortic ectasia with ascending aortic aneurysm and severe aortic regurgitation is a serious condition that is still associated with significant morbidity and mortality. This is especially true for patients with Marfan syndrome (MFS), who often de-които често развиват деформации на гръдната стена като pectus excavatum (PE) [1, 2].

Синдромът на Марфан е генетично заболяване, което засяга съединителната тъкан в тялото. Това заболяване е автозомно доминантно и се причинява от мутация в FBN-1 ген [3]. Генът FBN-1 кодира извънклетъчен матричен гликопротеин, наречен *фибрилин 1*, който е от съществено значение за образуването на еластични влакна и микрофибрилите, които осигуряват здравина и еластичност на съединителната тъкан. Тази мутация води до производство на фибри с аномална еластичност [4]. Повечето усложнения при пациенти със синдром на Marfan се дължат на дефекти в медията на артериалните кръвоносните съдове, което води до образуване на аневризми [5]. Стената на аортата става прогресивно по-слаба с увеличаването на аневризмата. Ако състоянието не се лекува хирургично, аортата може да руптурира и да причини сърдечна тампонада и смърт.

При тежък PE тоталната средна стернотомия обикновено не се предпочита поради лошата експозиция вследствие на прекомерното изкривяване на гръдната кост и изместването на сърцето и големите съдове в левия хемиторакс. Докладваме нашия хирургичен подход с горна парциална L-стернотомия и предна лява торакотомия при такъв пациент, при който средната стернотомия не е осъществима. Постигнахме отлична експозиция на изместено сърце и големи съдове, позволяващи процедурата на Bentall (смяна на аортна клапа, реконструкция на аортния корен и възходящата аорта, реимплантация на коронарните артерии).

История на случая

50-годишен мъж е хоспитализиран в Клиниката по кардиохирургия на АСК Токуда Болница – София, през април 2022 г. с прояви на сърдечна недостатъчност при високо степенна аортна регургитация и аневризма на възходящата аорта. Пациентът е диагностициран със синдром на Марфан и тежка форма на pectus excavatum (фиг. 1 и 2).

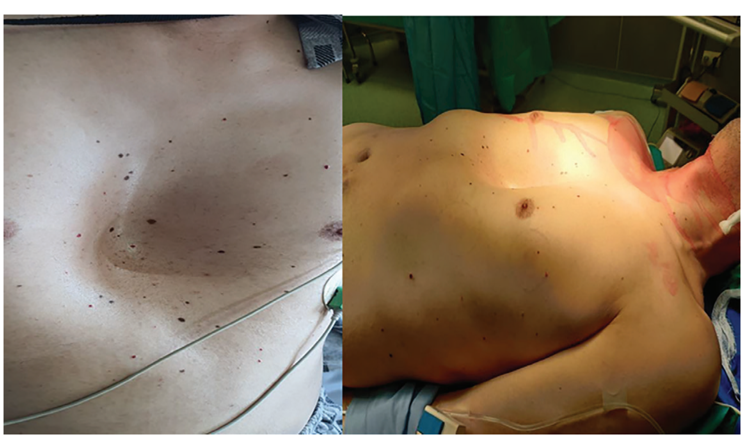
velop chest wall deformities such as pectus excavatum (PE) [1, 2].

Marfan syndrome is a genetic disorder that affects the connective tissue in the body. This disease is autosomal dominant and is caused by a mutation in the FBN-1 gene [3]. The FBN-1 gene encodes an extracellular matrix glycoprotein called *Fibrillin 1*, which is essential for the formation of elastic fibers and microfibrils, which provide strength and elasticity to connective tissue. This mutation results in the production of fibers with abnormal elasticity [4] in the media of arterial blood vessels, leading to the formation of aneurysms [5]. The aortic wall becomes progressively weaker as the aneurysm enlarges. If the condition is not treated surgically, the aorta can rupture and cause cardiac tamponade and death.

In severe PE, total median sternotomy is generally not preferred because of poor exposure due to excessive distortion of the sternum and displacement of the heart and great vessels into the left hemithorax. We report our surgical approach with upper partial L-sternotomy and anterior left thoracotomy in such a patient in whom median sternotomy was not feasible. We achieved excellent exposure of the displaced heart and great vessels allowing the Bentall procedure. (Aortic valve replacement, aortic root reconstruction and ascending coronary artery reimplantation)

Case history

A 50-year-old man was hospitalized in the cardiac surgery clinic of ASA Tokuda Hospital - Sofia in April 2022 with manifestations of heart failure with high-grade aortic regurgitation and aneurysm of the ascending aorta. The patient was diagnosed with Marfan syndrome and a severe form of pectus excavatum (Figs. 1 and 2).



Фиг. 1 и 2. Предоперативни фотографии, показващи силно деформирания гръден кош (pectus excavatum)

Figure 1 and 2. Preoperative photographs showing the severely deformed chest (pectus excavatum)

Общият физически преглед разкри други марфаноидни стигми според критериите на Гент [6] (табл. 1): висок ръст (височина 193 cm; тегло 85 kg) с размах на ръцете 206 cm (съотношение към височина 1,07), плоски стъпала, хипермобилност на ставите, високо и извито горно небце и изразено късогледство.

The general physical examination revealed other Marfanoid stigmas according to the Ghent criteria [6] (Table 1): tall stature (height 193 cm; weight 85 kg) with an arm span of 206 cm (ratio to height 1.07), flat feet, hypermobility of joints, a high and arched upper palate and pronounced myopia.

Таблица 1. Диагностични критерии за синдрома на Марфан според Ghent Nosology [6]
Table 1. Diagnostic criteria for Marfan syndrome according to Ghent Nosology [6]

	Големи критерии // Major Criteria	Малки критерии // Minor Criteria
Скелетни прояви Наличие на 4 големи критерия; наличие на 2 големи критерии или 1 голям и 2 малки означава, че скелетната система е засегната	• Pectus carinatum • Pectus excavatum (изискващ операция) съотношение горен:долен сегмент на тялото < 0,86 или размах на ръце: височина > 1,05 • Деформации на китката и палеца, арахнодактилия • Сколиоза над 20° или спондилолистеза • Намалено разгъване на лакътя (по-малко от 170°) • Pes planus (плоски стъпала) • Изпъкване на ацетабулума (на рентгенография)	• Pectus excavatum (умерен тежест) • Ставна хипермобилност • Високо, извито горно небце • Дълго и тясно лице; микрогнатия,ретрогнатия, тясна долна челюст със зъбни деформации
Skeletal Presence of at least 4 major criteria; presence of 2 major criteria, or 1 major and 2 minor, means that the skeletal system is involved	• Pectus carinatum (pigeon breast) • Pectus excavatum (funnel chest) requiring surgery upper: lower segment ratio < 0.86 or span: height > 1.05 • Wrist and thumb signs, arachnodactyly • Scoliosis greater than 20° or spondylolisthesis • Reduced elbow extension (less than 170°) • Pes planus (flat feet) • Protruding acetabula (on radiography)	• Pectus excavatum (moderate severity) • Joint hypermobility • High, arched hard palate • Long or narrow-featured face; micrognathia, retrognathia, narrow jaw, crowded teeth
Очни прояви Един голям или 2 и повече малки критерии	• Дислокация на лещата	• Плоска роговица • Късогледство • Хипоплазия на ириса или цилиарния мускул
Ocular One major or 2 or more minor criteria for involvement	• Dislocated lens	• Flat cornea • Myopia • Iris or ciliary muscle hypoplasia
Сърдечно-съдови прояви Един голям или малък критерий за участие	• Дилатация на възходящата аорта на ниво синуси на Валсалва • Дисекация на възходяща аорта	• Пролапс на митралната клапа • Дилатация на ствола на пулмоналната артерия • Калцификация на митралният клапен пръстен (възраст на поява, < 40 години) • Дилатация или дисекция на десцендентната аорта (възраст на поява, < 40 години)
Cardiovascular One major or minor criterion for involvement	• Dilation of ascending aorta at the sinus of Valsalva • Dissection of ascending aorta	• Mitral valve prolapse • Dilation of main pulmonary artery • Calcification of mitral annulus (age of onset, < 40 yr) • Dilation or dissection of descending aorta (age of onset, < 40 yr)
Дихателни прояви Един малък критерий за участие	—	• Спонтанен пневмоторакс • Апикални малки були (на рентгенография на гръдния кош)
Respiratory One minor criterion for involvement		• Spontaneous pneumothorax • Apical blebs (on chest radiography)
Кожни прояви Един голям или 1 малък критерий за участие	• Лумбо-сакрална дурална ектазия (компютърна томография или магнитен резонанс)	• Атрофични стрии • Рецидивиращи или инцизионни хернии
Skin and integument One major or 1 minor criterion for involvement	• Lumbosacral dural ectasia (computed tomography or Magnetic resonance imaging)	• Striae atrophicae • Recurrent or incisional hernias
Семейна история	• Аортна дисекация при роднина от 1-ва линия • Родител, дете или брат/сестра, отговарящи на диагностичните критерии за синдрома на Марфан • Наличие на FBN-1 генна мутация, за която е известно, че причинява синдром на Марфан	—
Family history	• Aortic dissection in 1st degree relative • A parent, child, or sibling who meets diagnostic criteria • Presence of FBN-1 gene mutation known to cause Marfan syndrome	

Рентгенографията на гръден кош показа разширение на аортата и изместване на цялото сърце в левия хемиторакс. Трансторакалната и трансезофагеалната ехокардиография показаха тежка аортна регургитация, аортен корен – 60 mm, аневризмално разширена възходяща аорта с максимален размер до 65 mm, като преди дъгата на аортата достига размер 35 mm. Контрастната компютърна томография (КТ) потвърждава изместването на сърцето в левия хемиторакс и също така показва разстояние между гръдната кост и гръбначния стълб – 60 mm (фиг. 3, 4).

На пациента бе предложена едноетапна кардиохирургична интервенция и коригиране на обущарският гръден кош ,но той не пожела да променя външния си вид поради липса на оплаквания, вързани с малформацията.

Пациентът бе въведен под обща инхалаторна анестезия и мониториран по протокол на Клиниката. Поради риск от увреда на дилатираната възходяща аорта по време на стернотомията, се взе решение за периферна – феморална канюлация и установяване на екстракорпорална циркулация (ЕКК) преди разрязването на гръдната кост. След щателно обработване на оперативното поле и покриване на пациента по протокол на Клиниката се отпрепарираха и канюлираха лявата артерия и вена феморалис. Стартира се екстракорпорална циркулация с дебит 5,30 l/min. Извърши се горна парциална L-стернотомия от манубриума до 5-то междуребрие, като се продължи в малка предна лява торакотомия в същото междуребрие (фиг. 5 и 6).

Тази комбинация от процедури осигури отлично оперативно поле, въпреки че сърцето и възходящата аорта бяха силно изместени в лявата половина на гръдния кош. Дисталната възходяща аорта бе клампирана и сърдечният арест беше индуциран чрез използване на ретроградна кръвна кардиоплегия. Коренът на аортата бе заменен с клапен кондюит, който конструирахме сами интраоперативно чрез интегриране на 27 mm билифлетна механична клапна протеза (St. Jude Medical) в 28 mm съдова протеза Intergard Woven. Остиумите на коронарните артерияи бяха имплантирани в този кондюит посредством модифицираната техника на Bentall [7]. Продължителността на ЕКК бе 128 min, а клампажът на аортата продължи 66 min. След достигане на достатъчно реперфузионно време пациентът беше плавно „изведен" от ЕКК с допаминова поддръжка в ниска доза (фиг. 7 и 8)

Следоперативният период протече гладко. Екстубиран бе на 5-и следоперативен час. Катехоламиновата инфузия бе преустановена на 1-ви следоперативен ден. Изведен е от реанимация на 2-ри следоперативен ден – спокоен, адекватен, контактен раздвижен около леглото. Възстановяването на пациента е безпроблемно и той бе изписан от болницата на 7-и следоперативния ден. Шест месеца след операцията клиничното му състояние е отлично и няма проява на симптоми, свързани с некоригирания pectus excavatum (фиг. 9 и 10).

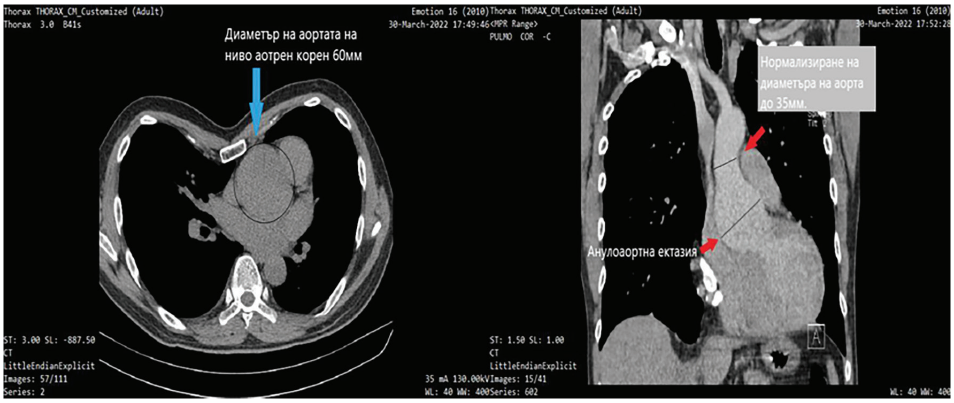
A chest X-ray showed aortic enlargement and displacement of the entire heart into the left hemi- thorax. Transthoracic and transesophageal echocardiography showed severe aortic regurgitation, aortic root – 60 mm, aneurysmal dilated ascending aorta with maximum size up to 65 mm, before the arch of the aorta reaches a size of 35 mm. Contrast computed tomography (CT) confirmed the displacement of the heart in the left hemi-thorax and also showed a distance between the sternum and the spine – 60 mm (Fig. 3, 4).

The patient was offered a one-stage cardiac surgery and correction of the cobbler's chest, but he did not want to change his appearance due to the lack of complaints related to the malformation.

The patient was put under general inhalation anaesthesia and monitored according to the clinic's protocol. Due to the risk of damage to the dilated ascending aorta during the sternotomy, a decision was made for peripheral-femoral cannulation and establishment of the CPB before the incision of the sternum. After thorough preparation of the operative field and drape of the patient according to clinic protocol, the left femoral artery and vein were prepared and cannulated. Extracorporeal circulation was started with a flow rate of 5.30 l/min. An upper partial L-sternotomy was performed from the manubrium to the 5th intercostal space, continuing into a small anterior left thoracotomy in the same intercostal space (Fig. 5 and 6).

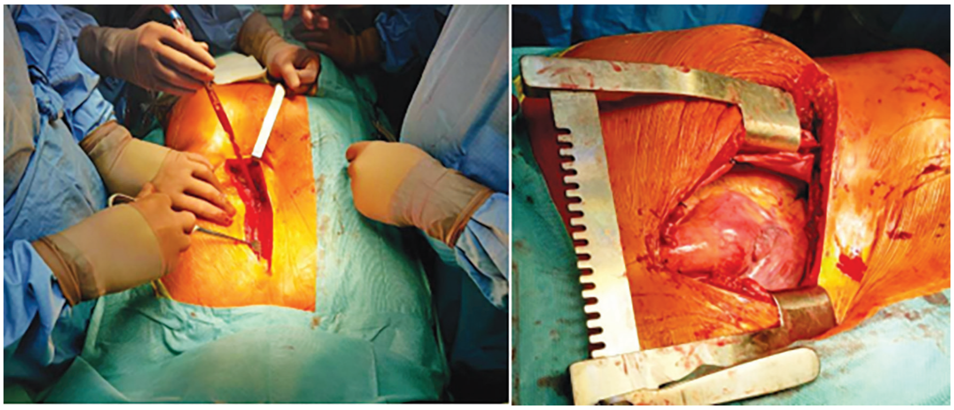
This combination of procedures provided an excellent operative field, although the heart and ascending aorta were severely displaced in the left half of the thorax. The distal ascending aorta was clamped, and cardiac arrest was induced using retrograde blood cardioplegia. The aortic root was replaced with a valve conduit that we constructed ourselves intraoperatively by integrating a 27-mm bileaflet mechanical valve prosthesis (St. Jude Medical) into a 28-mm Intergard Woven vascular prosthesis. Coronary artery ostia were implanted into this conduit using the modified Bentall technique [7]. The duration of extracorporeal circulation (CPB) was 128 minutes, and aortic clamping lasted 66 minutes. After sufficient reperfusion time had been reached, the patient was gently "weaned" off the CPB with low-dose dopamine maintenance (Fig. 7 and 8)

The postoperative period went uneventful. Extubated on the 5th postoperative hour. Catecholamine infusion was discontinued on postoperative day 1. Taken out of intensive care on the 2nd postoperative day – calm, adequate, contact moving around the bed. The patient's recovery was uneventful, and he was discharged from the hospital on the 7th postoperative day. Six months postoperatively, his clinical condition was excellent, and he had no symptoms associated with the uncorrected pectus excavatum (Fig. 9 and 10).



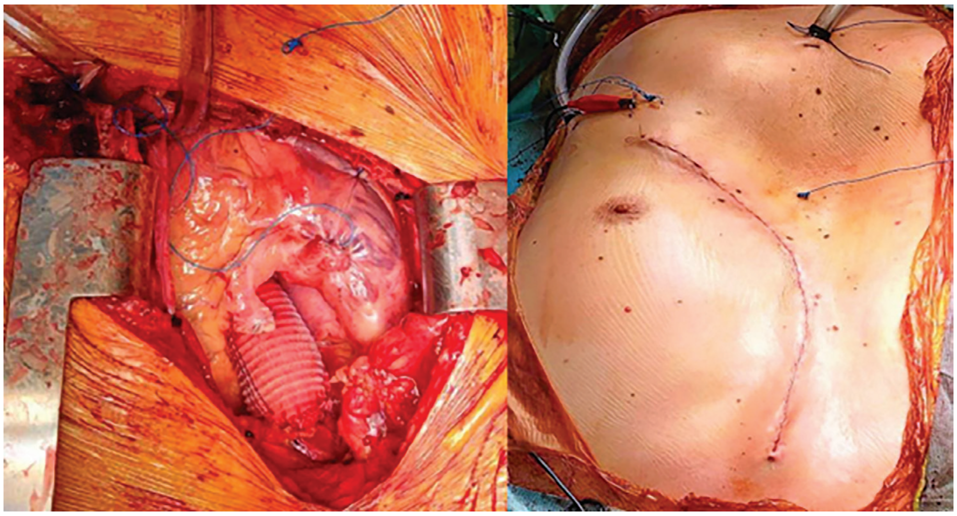
Фиг. 3 и 4. Предоперативни КТ данни

Fig. 3 and 4. Preoperative CT data



Фиг. 5 и 6. Осигуряване на оперативно поле чрез комбиниране на горна парциална L-старнотомия с предна лява торакотомия

Fig. 5 and 6. Securing an operative field by combining a superior-partial L-sternotomy with an anterior left thoracotomy



Фиг. 7 и 8. Краен резултат от оперативната интервенция

Fig. 7 and 8. Final result of the operative intervention

Фиг. 9 и 10. Следоперативен СТ скенер

Fig. 9 and 10. Postoperative CT scan

Обсъждане

Трудно е да се определи оптималният хирургичен подход за прилагане при всеки пациент с pectus excavatum, който има аортна или сърдечна лезия, дори когато операцията е планова [9, 10]. Извършването на средна стернотомия е технически трудно при такива пациенти, тъй като сърцето обикновено се измества в левия хемиторакс и гръдната кост е изместена назад – двоен проблем, който намалява хирургическата експозиция. Когато е необходимо да се избегне пълна средна стернотомия, възникват други технически проблеми и проблеми с безопасността, тъй като алтернативните подходи ограничават оперативната експозиция [9, 10].

Westaby и съавт. [10] докладват добри резултати при планова хирургия върху аортния корен през частична горна стернотомия, която е технически осъществима, но не се препоръчва като рутинна практика при пациенти със синдром на Марфан, тъй като осигурява ограничен достъп до сърцето и поставя допълнителни технически предизвикателства и рискове за пациента. Успешната хирургия при пациенти със силно деформиран гръден кош изисква оптимален хирургичен достъп, осигуряващ достигане до всички свързани структури, вкл. аортната клапа, коронарните остиуми, цялата възходяща аорта и аортната дъга. Добрата експозиция е от решаващо значение, тъй като може да се наложи модифициране на оперативните техники и разширяване на обема на хирургията в зависимост от зоната на увреда на аортата, както и други усложнения, възникнали по време на операцията.

Анулоаортната ектазия с размер на аортния корен над 60 mm е сърдечно-съдово заболяване, изискващо хирургично лечение във възможно най-кратки срокове . Още по-голямо предизвикателство е да се прецезира хирургичният подход, когато това животозастрашаващо състояние се появи при пациент с тежък pectus excavatum. Достъпът до корена на аортата и коронарните остиуи беше недостатъчен само с парциална стернотомия, тъй като цялото сърце и възходящата аорта бяха изместени в левия хемиторакс. За да оптимизираме хирургичното поле, извършихме лява предна торакотомия в допълнение към частичната горна стернотомия. Комбинацията от тези подходи доведе до осигуряване на оптимално хирургично поле, за извършване на сложната интервенция по безопасен за пациента начин. Няма единно становище дали да се коригира деформацията на гръдната клетка в същата хирургична сесия, или да се отложи за втори етап. Някои хирурзи извършват едноетапна операция с комбинирано възстановяване на сърцето и гръдния кош при планова хирургия, а други провеждат операцията на два етапа, извършвайки

Discussion

It is difficult to determine the optimal surgical approach to use in every patient with pectus excavatum who has an aortic or cardiac lesion, even when surgery is elective [9,10]. Performing a median sternotomy is technically difficult in such patients because the heart is usually displaced into the left hemithorax, and the sternum is displaced posteriorly – a dual problem that reduces surgical exposure. When it is necessary to avoid a complete median sternotomy, other technical and safety issues arise because alternative approaches limit operative exposure [9, 10].

Westaby et al [10] reported good results with elective aortic root surgery through a partial upper sternotomy, which is technically feasible but not recommended as routine practice in patients with Marfan syndrome, as it provides limited access to the heart and places additional technical challenges and patient risks. Successful surgery in patients with a severely deformed chest requires optimal surgical access, ensuring access to all associated structures, including the aortic valve, coronary ostia, the entire ascending aorta, and the aortic arch. Good exposure is crucial, as it may be necessary to modify operative techniques and expand the volume of surgery depending on the area of aortic damage, as well as other complications encountered during surgery.

Annulo-aortic ectasia with an aortic root size greater than 60 mm. is a cardiovascular disease that requires surgical treatment as soon as possible. It is even more challenging to precise the surgical approach when this life-threatening condition occurs in a patient with severe pectus excavatum. Access to the aortic root and coronary ostia was insufficient with only a partial sternotomy because the entire heart and ascending aorta were displaced into the left hemithorax. To optimize the surgical field, we performed a left anterior thoracotomy in addition to the partial upper sternotomy. The combination of these approaches resulted in providing an optimal surgical field to perform this complex intervention in a patient-safe manner. There is no consensus whether to correct the chest deformity in the same surgical session or to postpone it for a second stage. Some surgeons perform a one-stage operation with combined cardiac and thoracic repair in elective surgery, and others perform the operation in two stages, performing only a partial sternotomy in the само частична стернотомия в първия етап [8, 10]. Всеки пациент е различен и най-подходящият хирургичен подход (едноетапен срещу многоетапен) трябва да се решава за всеки отделен случай. Стерналната депресия на докладвания от нас пациент беше обширна и дълбока, като долната част на гръдната му кост почти достигаше до предната повърхност на прешлените на гръбначният стълб. Едноетапната корекция на тази деформация щеше да удължи сериозно оперативното време и потенциално да повиши риска от кървене и инфекция или респираторни усложнения.

Заключение

Нашият хирургичен опит при пациент със синдром на Марфан и тежък pectus excavatum показа, че частичната (парциална) горна L-стернотомия в комбинация с лява предна торакотомия може да осигури оптимален оперативен достъп за лечение на анулоаортната ектазия и безопасното извършване на операцията на Bantall. Следоперативният курс на пациента беше отличен, без усложнения.

Не е деклариран конфликт на интереси

first stage [8, 10]. Each patient is different, and the most appropriate surgical approach (one-stage vs. multistage) must be decided on a case-by-case basis. The sternal depression of the patient we report was extensive and deep, with the lower part of his sternum almost reaching the anterior surface of the vertebral column. A one-stage correction of this deformity would have greatly prolonged operative time and potentially increased the risk of bleeding and infection or respiratory complications.

Conclusion

Our surgical experience in a patient with Marfan syndrome and severe pectus excavatum showed that a partial (partial) upper L-sternotomy in combination with a left anterior thoracotomy can provide optimal operative access for the treatment of annulo-aortic ectasia and the safe performance of the Bantall procedure. The postoperative course of the patient was excellent, without complications.

No conflict of interest was declared

Библиография / References

1. Geva T, Hegesh J, Frand M. The clinical course and echocardiographic features of Marfan's syndrome in childhood. Am J Dis Child. 1987;141:1179–82.
2. Scherer LR, Arn PH, Dressel DA, Pyeritz RM, Haller JA Jr. Surgical management of children and young adults with Marfan syndrome and pectus excavatum. J Pediatr Surg. 1988;23:1169–72.
3. Dietz HC, Pyeritz RE. Mutations in the human gene for fibrillin-1 (FBN1) in the Marfan syndrome and related disorders. Human Molecular Genetics. 1995;4(suppl_1):1799-809.
4. Dietz HC. New therapeutic approaches to mendelian disorders. New England Journal of Medicine. 2010Aug 26;363(9):852-63.
5. Milewicz DM, Dietz HC, Miller DC. Treatment of aortic disease in patients with Marfan syndrome.Circulation. 2005;111(11): e150-7.
6. De Paepe A, Devereux RB, Dietz HC, Hennekam RC, Pyeritz RE. Revised diagnostic criteria for the Marfan syndrome. Am J Med Genet 1996;62:417-26.
7. Kouchoukos NT, Wareing TH, Murphy SF, Perrillo JB. Sixteen-year experience with aortic root replacement. Results of 172 operations. Ann Surg 1991;214:308-20.
8. Willekes CL, Backer CL, Mavroudis C. A 26-year review of pectus deformity repairs, including simultaneous intracardiac repair. Ann Thorac Surg 1999;67:511-8.
9. Jones WG, Hoffman L, Devereux RB, Isom OW, Gold JP. Staged approach to combined repair of pectus excavatum and lesions of the heart. Ann Thorac Surg 1994;57:212-4.
10. Westaby S, Katsumata T, Arifi A. Less invasive aortic root replacement. Ann Thorac Surg 1998;66:1400-1.