

ЕНДОВАСКУЛАРНО ЛЕЧЕНИЕ НА ТРАВМАТИЧНА АОРТНА УВРЕДА

П. Симеонов, И. Димитрова, Б. Бързашка, В. Грудева

УМБАЛ „Света Екатерина“ – София

ENDOVASCULAR TREATMENT OF TRAUMATIC AORTIC INJURY

P. Simeonov, I. Dimitrova, B. Barzashka, V. Grudeva

UMHAT “Sveta Ekaterina” – Sofia

Резюме.

Острите аортни синдроми са група животозастрашаващи състояния, характеризиращи се с нарушение в целостта на аортната стена и висок риск от руптура и летален изход. Към тях се отнасят аортната дисекция, интрамуралният хематом и пенетриращата атеросклеротична язва, които споделят сходни патофизиологични механизми. Травматичната аортна увреда е отделна клинична единица, възникваща вследствие на високоенергийна закрыта гръдна травма и е свързана със значителна ранна смъртност. Закрытата травматична увреда на гръдната аорта най-често е резултат от внезапни сили на децелерация при пътнотранспортни произшествия или падане от височина. Най-често засегнатият сегмент е аортният истмус поради анатомичните и биомеханични особености на прехода между подвижната аортна дъга и фиксираната низходяща торакална аорта. Значителна част от пациентите загиват на мястото на инцидента, а при преживелите първите часове рискът от последваща руптура остава висок. Компютърнотомографската ангиография е метод на избор за диагностика и терапевтично планиране при травматична аортна увреда, като позволява прецизна оценка на локализацията и степента на аортното засягане. Класификацията на Society for Vascular Surgery (SVS) осигурява стандартизиран подход при определяне на индикациите и времето за интервенция. През последните години ендоваскуларното лечение с имплантиране на гръден стент-графт (TEVAR) се утвърди като предпочитан терапевтичен метод при пациенти с подходяща анатомия. Данните от клинични регистри и метаанализи показват по-ниска ранна смъртност и по-малка честота на тежки усложнения в сравнение с отвореното хирургично лечение, особено при пациенти с политравма. **Цел:** Целта на настоящото изследване е представянето на собствения ни опит при ендоваскуларното лечение на травматична аортна увреда при пациенти, лекувани в периода 2014-2021 г., и да се анализират ранните клинични резултати и безопасността на метода. **Материал и методи:** Настоящата статия демонстрира 7 пациенти с травматична аортна увреда, лекувани чрез TEVAR. В лекуваната група са включени 6 мъже и 1 жена, на възраст между 30 и 71 години. Диагнозата е поставена чрез компютърна томографска ангиография. Аортните увреди са класифицирани съгласно класификацията на Society for Vascular Surgery (SVS). Анализирани са индикациите за интервенция и техническият успех. **Резултати:** TEVAR е осъществен успешно при всички пациенти, с пълен технически успех и без интраоперативна смъртност. Не са наблюдавани случаи на параплегия, исхемия на гръбначния мозък или тежки съдови усложнения. В ранния следоперативен период не са регистрирани руптури на аортата. Необходимост от повторна интервенция и извършване на балонна постдилатация поради еднолиък тип I се налага при един пациент. Процедурата позволява стабилизиране на пациентите и лечение на съпътстващите травматични увреди.

Ключови думи:

травматична аортна увреда, остри аортни синдроми, ендоваскуларно лечение/имплантиране на гръден стент-графт, компютърнотомографска ангиография, гръдна аорта

Адрес

за кореспонденция: д-р Бояна Бързашка, e-mail: boyanabarzashka@yahoo.com

Abstract.

Acute aortic syndromes represent a group of life-threatening conditions characterized by disruption of the integrity of the aortic wall and a high risk of rupture and fatal outcome. These include aortic dissection, intramural hematoma, and penetrating atherosclerotic ulcer, which share similar pathophysiological mechanisms. Traumatic aortic injury represents a distinct clinical entity resulting from high-energy blunt chest trauma and is associated with significant early mortality. Blunt traumatic injury of the thoracic aorta most commonly occurs as a result of sudden deceleration forces during road

traffic accidents or falls from height. The most frequently affected segment is the aortic isthmus, due to the anatomical and biomechanical characteristics of the transition between the mobile aortic arch and the fixed descending thoracic aorta. A substantial proportion of patients die at the scene of the incident, and among those who survive the first hours, the risk of subsequent rupture remains high. Computed tomography angiography is the method of choice for diagnosis and therapeutic planning in traumatic aortic injury, allowing precise assessment of the location and severity of aortic involvement. The Society for Vascular Surgery (SVS) classification provides a standardized approach for determining indications and timing of intervention. In recent years, endovascular treatment with implantation of a thoracic stent-graft (TEVAR) has been established as the preferred therapeutic method in patients with suitable anatomy. Data from clinical registries and meta-analyses demonstrate lower early mortality and a reduced incidence of severe complications compared with open surgical treatment, particularly in polytrauma patients. **Objective:** The aim of the study is to present the own authors' experience with endovascular treatment of traumatic aortic injury in patients treated during the period 2014-2021 and to analyze the early clinical outcomes and safety of the method. **Materials and Methods:** The present article demonstrates 7 patients with traumatic aortic injury treated by TEVAR. The treated group included 6 men and 1 woman, aged between 30 and 71 years. The diagnosis was established by computed tomography angiography. Aortic injuries were classified according to the Society for Vascular Surgery (SVS) classification. Indications for intervention and technical success were analyzed. **Results:** TEVAR was successfully performed in all patients, with complete technical success and no intraoperative mortality. No cases of paraplegia, spinal cord ischemia, or severe vascular complications were observed. In the early postoperative period, no aortic ruptures were registered. The need for reintervention and balloon post-dilatation due to type I endoleak occurred in one patient. The procedure allowed stabilization of the patients and treatment of associated traumatic injuries.

Key words: traumatic aortic injury, acute aortic syndromes, endovascular treatment/implantation of a thoracic stent-graft, computed tomography angiography, thoracic aorta

Address

for correspondence: Boyana Barzashka, MD, e-mail: boyanabarzashka@yahoo.com

ВЪВЕДЕНИЕ

Остри аортни синдроми

Острите аортни синдроми (AAS) са животозастрашаващи състояния, при които има нарушение в целостта на аортната стена. Най-честите AAS са аортна дисекция, интрамурален хематом (IMH) и пенетрираща атеросклеротична язва (PAU), всеки от които може да доведат до разкъсване на аортата и до летален изход (фиг. 1).

При аортна дисекция разкъсване на интимата на аортата позволява на кръвта да проникне в медията на аортата, избутвайки дисекционното ламбо в средата на аортата, разделяйки истинския от новосформирания фалшив лумен. При интрамурален хематом кръвта изтича в аортната медия при ниско налягане, образувайки тромб, който избутва външната стена на аортата навън, оставяйки сравнително нормално изглеждащ аортен лумен. Пенетриращата атеросклеротична язва позволява кръвта да навлезе в медията на аортата, но атеросклеротичните промени на аортата обикновено ограничават събирането на кръв, което често води до локализирана дисекция или псевдоаневризма.

Травматична аортна увреда – характеристики и терапевтично поведение

Закритата гръдна травма с травматична аортна увреда (ТАУ) (blunt traumatic aortic injury, BTAI), ма-

INTRODUCTION

Acute Aortic Syndromes

Acute aortic syndromes (AAS) are life-threatening conditions characterized by disruption of the integrity of the aortic wall. The most common AAS include aortic dissection, intramural hematoma (IMH), and penetrating atherosclerotic ulcer (PAU), all of which may lead to aortic rupture and fatal outcome.

In aortic dissection, a tear in the aortic intima allows blood to enter the media, displacing the dissection flap toward the center of the aorta and separating the true lumen from the newly formed false lumen. In intramural hematoma, blood leaks into the aortic media under low pressure, forming a thrombus that displaces the outer aortic wall outward, while the aortic lumen remains relatively normal in appearance. A penetrating atherosclerotic ulcer allows blood to enter the aortic media; however, the atherosclerotic changes of the aortic wall usually limit blood accumulation, often resulting in localized dissection or pseudoaneurysm formation.

Traumatic Aortic Injury – Characteristics and Therapeutic Management

Blunt thoracic trauma with traumatic aortic injury (BTAI), although rare, represents the second most

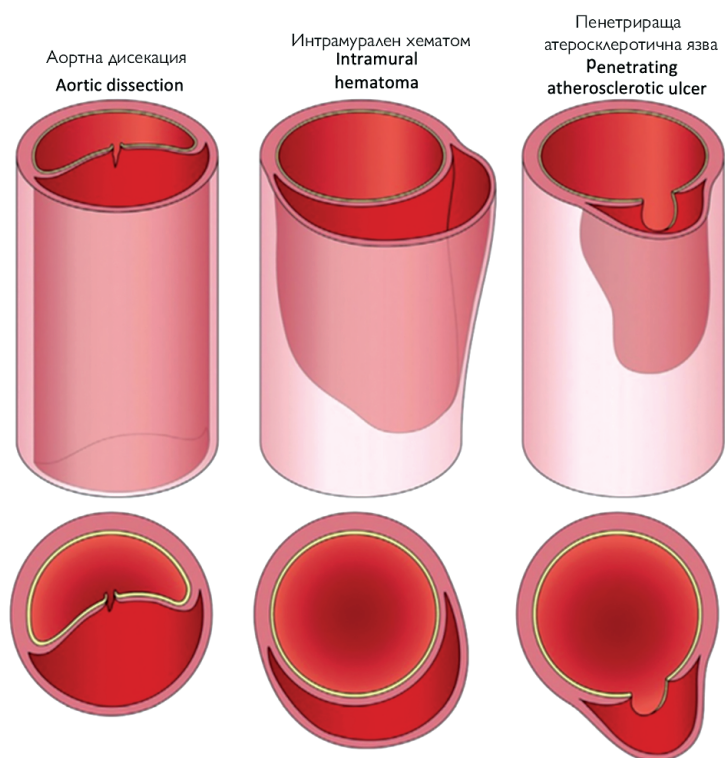
кар и рядка, е втората най-честа причина за смърт при пациенти с травма. Тя е резултат от големи сили на децелерация, най-често при високоскоростни инциденти и падания, и често е свързана със съпътстващи наранявания. В Националната база данни за травми на ACS (American College of Surgeons National Trauma Databank) диагнозата BTAI се е увеличила със 196,8% от 2003 до 2013 г., което вероятно се дължи на по-чувствителните образни изследвания. (2) Смъртността на пациентите с BTAI, които са лекувани в спешното отделение, е ~19% [3, 4], 30% от всички смъртоносни, травматични инциденти са причинени от закрито нараняване на гръдната аорта. По данни от аутопсии до 40% от всички фатални инциденти разкриват нараняване на гръдната аорта като усложнение на закрита гръдна травма. Близко 70-80% от жертвите, страдащи от BTAI, умират на място. В рамките на първите 24 часа допълнителни 30% от оцелелите ще загинат поради разкъсване на аортата или други животозастрашаващи наранявания. Честотата на травматичното нараняване на аортата се оценява между 1,5 и 2% от пациентите, страдащи от закрита гръдна травма [5]. Дружеството по съдова хирургия (SVS-Society for Vascular Surgery) създаде класификационна система за закрити наранявания на гръдната аорта, в зависимост от степента на нараняване на стената на аортата [1]. Нараняване от **степен I** се характеризира с разкъсване на интимата, нараняване от **степен II** се определя от хематом на стената на аортата, а нараняване от **степен III** се определя от псевдоаневризма на стената на аортата. **Степен IV** нараняване показва свободно разкъсване на гръдната аорта (фиг. 2). Тази класификация се основава на находки от компютърно томографско (СТ) или ядрено-магнитно резонансно (MRI) изследване.

Най-често срещаното място на BTAI е аортният истмус, поради неговото място като преход от нефиксираната аортна дъга към фиксираната низходяща торакална аорта и относително по-малката якост на опън на тази област. Други сегменти, които могат да бъдат засегнати, включват проксималната възходяща аорта (8-27%), аортната дъга (8-18%) и дисталната низходяща торакална аорта (11-21%). Видът на аортното увреждане е критичен фактор, определящ времето за интервенция. Пациенти със свободна аортна руптура или голям периаортен хематом трябва да се лекуват като спешни случаи. При всички останали състояния интервенцията може да бъде отложена до 24 часа, за да се даде възможност за стабилизиране на пациента и възможно най-добрите условия за аортна интервенция. Предложено е първоначално консервативно лечение със серийно изобразяване при пациенти

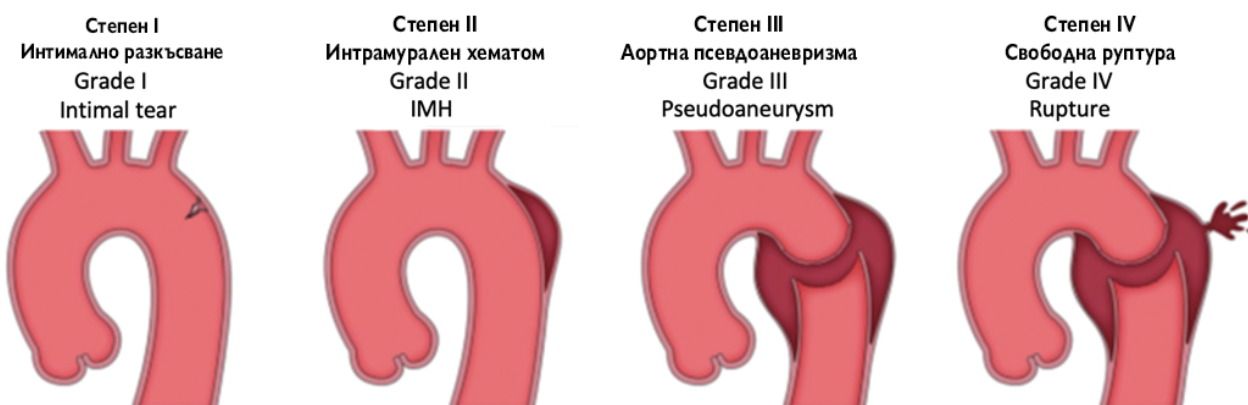
common cause of death among trauma patients. It results from high deceleration forces, most frequently during high-speed accidents and falls from height, and is often associated with concomitant injuries. According to the American College of Surgeons National Trauma Databank (ACS), the diagnosis of BTAI increased by 196.8% from 2003 to 2013, most likely due to the use of more sensitive imaging modalities [2]. The mortality rate of patients with BTAI treated in the emergency department is approximately ~19% [3, 4]. Thirty percent of all fatal traumatic incidents are caused by blunt injury to the thoracic aorta. Autopsy data reveal that up to 40% of all fatal incidents demonstrate thoracic aortic injury as a complication of blunt thoracic trauma. Nearly 70-80% of victims suffering from BTAI die at the scene. Within the first 24 hours, an additional 30% of survivors will die due to aortic rupture or other life-threatening injuries. The incidence of traumatic aortic injury is estimated to be between 1.5 and 2% among patients suffering blunt thoracic trauma [5].

The Society for Vascular Surgery (SVS – Society for Vascular Surgery) developed a classification system for blunt thoracic aortic injuries based on the degree of aortic wall damage [1]. **Grade I** injury is characterized by an intimal tear, **Grade II** injury is defined by an intramural aortic wall hematoma, and **Grade III** injury is defined by an aortic wall pseudoaneurysm. **Grade IV** injury represents free rupture of the thoracic aorta. This classification is based on findings from computed tomography (CT) or magnetic resonance imaging (MRI).

The most common site of BTAI is the aortic isthmus, due to its location as a transition zone between the mobile aortic arch and the fixed descending thoracic aorta, as well as the relatively lower tensile strength of this region. Other segments that may be affected include the proximal ascending aorta (8-27%), the aortic arch (8-18%), and the distal descending thoracic aorta (11-21%). The type of aortic injury is a critical factor determining the timing of intervention. Patients with free aortic rupture or a large periaortic hematoma should be treated as emergencies. In all other conditions, intervention may be delayed for up to 24 hours to allow patient stabilization and to provide optimal conditions for aortic repair. Initial conservative management with seri-



Фиг. 1. Остри аортни синдромни // Fig. 1. Acute aortic syndromes



Фиг. 2. Степени на травматична аортна увреда [1, 6] // Fig. 2. Grades of traumatic aortic injury [1, 6]

с минимални увреждания на аортата (разкъсване на интимата/степен тип I), тъй като повечето лезии остават стабилни или отзвучават [7]. За всички останали степени се препоръчва терапевтична интервенция [1], особено ако са налични високорискови характеристики от образните изследвания [12].

От 2007 г. до 2015 г. нивата на открито оперативно лечение са намалели от 7,5 на 1,9%, докато процентите с TEVAR са се увеличили от 12,1 на 25,7% [8]. Не са провеждани рандомизирани проучвания за отворено спрямо ендоваскуларно лечение [9]. По-скоро данните от регистъра на травмите и метаанализите показват, че при пациенти с подходяща анатомия TEVAR предлага превъзходни нива на 30-дневна смъртност и по-ниски нива на увреждане на гръбначния стълб (SCI) и остро бъбречно

al imaging has been proposed for patients with minimal aortic injuries (intimal tear/Grade I), as most lesions remain stable or resolve [7]. Therapeutic intervention is recommended for all other grades [1], particularly when high-risk imaging features are present [12].

From 2007 to 2015, the rates of open surgical repair decreased from 7.5% to 1.9%, while the proportion of patients treated with TEVAR increased from 12.1% to 25.7%. (8) No randomized trials comparing open versus endovascular treatment have been conducted [9]. Instead, data from trauma registries and meta-analyses demonstrate that, in patients with suitable anatomy, TEVAR provides superior 30-day mortality outcomes and lower rates of spinal cord injury

увреждане [4]. В метаанализ на 17 ретроспективни проучвания TEVAR се свързва с по-ниски нива на смъртност след процедура и 30 дни (съответно OR – 0,31 и 0,44) и следоперативна параплегия (OR – 0,32) [10]. Murad et al показват подобни намаления на смъртност (относителен риск – 0,61) и SCI (относителен риск – 0,34) в 139 проучвания, обхващащи 7768 пациенти [11]. При пациенти с BTAI, които отговарят на индикации за интервенция и са с подходяща анатомия, TEVAR се препоръчва вместо отворено хирургично лечение [12, 10, 11]. Закритата травматична увреда на абдоминалната аорта (BAAI) е рядко травматично събитие, срещащо се при < 1% от пациентите със закрыта травма. Пациентите с BAAI често имат съпътстващи наранявания като фрактури на ребрата, коремно висцерално нараняване и сърдечни усложнения, които ще повлияят на решенията за лечение. Подобно на BTAI уврежданията на коремната аорта се класифицират въз основа на дефекти на контура на аортата и това класифициране може да се използва за осигуряване на рамка за лечение и определяне на риска от голяма заболяемост и смърт от наранявания. Тъй като BAAI е рядък и симптомите са широки, пациентите трябва да се лекуват индивидуално. Като цяло пациенти с аортно увреждане от степен 1 вероятно могат да бъдат лекувани с антихипертензивна терапия, бета-блокада, ако не е противопоказано, с повторно сканиране на 24 до 48 часа. Уврежданията от степен 2 могат по подобен начин да се овладеят консервативно, но могат да прогресират до тромбоза или разкъсване на съдове на краен орган. Наранявания от степен 3 могат да имат полза от ендоваскуларно лечение, ако са анатомично подходящи. Уврежданията от степен 4 са по-склонни да се проявят с рефрактерна хипотония, което изисква бърз контрол на кръвоизлива в спешното отделение или операционната зала. Дали отворена хирургия или ендоваскуларни средства се използват за възстановяване на BAAI ще зависи от клиничния статус на пациента, болничните ресурси и опита на практикуващия лекар.

Клиничната изява е вариабилна и често нехарактерна. Симптомите варират от неспецифични оплаквания до изразена медиастинална и дорзална болка. Клиничната картина често се маскира от съпътстващите увреждания в контекста на политравма. Предиктори за травматична аортна увреда са разширен медиастинум, хипотония, фрактури на дългите кости, белодробна контузия, фрактури на лопатката, хемоторакс и фрактури на таза [13].

Пациентите с травматична аортна увреда са предимно млади или в средна възраст мъже, като най-честият механизъм на увреда са пътнотранспортните произшествия [16]. Анамнезата за гръдна

(SCI) and acute kidney injury [4]. In a meta-analysis of 17 retrospective studies, TEVAR was associated with lower post-procedural and 30-day mortality (OR, 0.31 and 0.44, respectively) and a reduced incidence of postoperative paraplegia (OR, 0.32) [10]. Murad et al. reported similar reductions in mortality (relative risk, 0.61) and SCI (relative risk, 0.34) across 139 studies involving 7768 patients [11]. In patients with BTAI who meet criteria for intervention and have favourable anatomy, TEVAR is recommended over open surgical repair [12, 10, 11].

Blunt traumatic injury of the abdominal aorta (BAAI) represents a rare traumatic event, occurring in <1% of patients with blunt trauma. Patients with BAAI frequently present with associated injuries such as rib fractures, abdominal visceral injuries, and cardiac complications, which influence therapeutic decision-making. Similar to BTAI, injuries of the abdominal aorta are classified based on defects of the aortic contour, and this classification may be used to provide a treatment framework and to estimate the risk of major morbidity and mortality related to the injury. Given the rarity of BAAI and the broad spectrum of clinical presentation, patients should be managed on an individual basis. In general, patients with Grade 1 aortic injury can likely be treated with anti-hypertensive therapy and beta-blockade, if not contraindicated, with repeat imaging at 24 to 48 hours. Grade 2 injuries may similarly be managed conservatively but may progress to thrombosis or rupture of end-organ vessels. Grade 3 injuries may benefit from endovascular treatment if anatomically suitable. Grade 4 injuries are more likely to present with refractory hypotension, requiring rapid hemorrhage control in the emergency department or operating room. The choice between open surgical or endovascular repair for BAAI depends on the patient's clinical status, institutional resources, and the treating physician's experience.

Clinical presentation is variable and often non-specific. Symptoms range from vague complaints to pronounced mediastinal and dorsal pain. The clinical picture is frequently masked by associated injuries in the setting of polytrauma. Predictors of traumatic aortic injury include a widened mediastinum, hypotension, long bone fractures, pulmonary contusion, scapular fractures, haemothorax, and pelvic fractures [13].

Patients with blunt traumatic aortic injury (BTAI) are predominantly young or middle-aged men, with road traffic accidents being the most common mechanism of injury [16]. A history of thoracic trauma should

травма трябва винаги да се изяснява при пациенти, постъпващи в спешно отделение след катастрофа с моторно превозно средство или падане от височина. В частност, наличие на отпечатък от волан или предпазен колан по кожната повърхност следва да насочи към гръдна травма, свързана с внезапна децелерация. Ляв субклавикуларен хематом и новооткрит сърдечен шум също могат да бъдат асоциирани с травматична аортна увреда, но не са типични находки.

При физикалния преглед пациентите могат да представят и двустранно отслабени феморални пулсации, съчетана с повишено артериално налягане в горните крайници. Наличие на аритмия, хипотония, тахикардия и признаци на периферна съдова недостатъчност могат да насочат към тежко хипотензивно състояние.

При пациентите с травма често се наблюдават и други съпътстващи увреждания в зависимост от механизма на нараняване. Най-често асоциираните травми включват контузии на главата, белите дробове и сърцето, интраабдоминален кръвоизлив, костни фрактури (най-често тазови и вертебрални), както и руптура на диафрагмата [18, 19]. Scalea и сътр. [17], анализирайки данни от National Trauma Databank (около 3774 пациенти за период от 11 години), установяват, че най-често съпътстващите травматични увреждания засягат долните крайници (36%), главата (32,5%) и корема (28%). Наличието на асоциирани увреждания може да доведе до по-изразена хемодинамична нестабилност и съответно да повиши риска от летален изход, независимо от аортната увреда [16]. Vade-Boon и сътр. в своя обзор съобщават, че пациентите с BTAI често имат Injury Severity Score в диапазона 31–54 [16].

Лабораторните изследвания не са специфични за диагностициране на травматична аортна увреда, но отразяват общата тежест на травмата – например наличие на остра кръвозагуба или остро бъбречно увреждане.

При стандартна антеропостериорна рентгенография на гръден кош могат да се установят индиректни признаци като разширен медиастинум, абнормен контур на аортната дъга, девиация на трахеята и костни фрактури. Тези находки обаче не са специфични за травматична аортна увреда и налагат провеждане на допълнителни образни изследвания. Starrs и сътр. анализират резултатите от 708 пациенти с потвърдена травматична аортна увреда и установяват, че най-честата единична находка при стандартна рентгенография на гръден кош е разширеният медиастинум, който се наблюдава при 27,7% от всички потвърдени случаи и при приблизително половината от пациентите с високо-степенни аортни увреди [19].

always be assessed in patients presenting to the emergency department after a motor vehicle collision or a fall from height. In particular, the presence of steering wheel or seatbelt marks on the skin surface should raise suspicion of thoracic trauma associated with sudden deceleration. A left subclavian hematoma and a newly detected cardiac murmur may also be associated with traumatic aortic injury but are not typical findings.

On physical examination, patients may also present with bilaterally diminished femoral pulses combined with elevated arterial blood pressure in the upper extremities. The presence of arrhythmia, hypotension, tachycardia, and signs of peripheral vascular insufficiency may indicate severe hemodynamic compromise.

Trauma patients frequently exhibit additional associated injuries depending on the mechanism of trauma. The most commonly associated injuries include contusions of the head, lungs, and heart, intra-abdominal hemorrhage, skeletal fractures (most commonly pelvic and vertebral), as well as diaphragmatic rupture. [18, 19]. Scalea et al. [17], analyzing data from the National Trauma Databank (approximately 3774 patients over an 11-year period), found that the most frequently associated traumatic injuries involved the lower extremities (36%), the head (32.5%), and the abdomen (28%). The presence of associated injuries may lead to more pronounced hemodynamic instability and consequently increase the risk of mortality, regardless of the presence of aortic injury [16]. Vade-Boon et al. reported in their review that patients with BTAI often have an Injury Severity Score in the range of 31-54 [16].

Laboratory investigations are not specific for the diagnosis of traumatic aortic injury but reflect the overall severity of trauma, such as the presence of acute blood loss or acute kidney injury.

On standard anteroposterior chest radiography, indirect signs such as a widened mediastinum, abnormal contour of the aortic arch, tracheal deviation, and skeletal fractures may be identified. However, these findings are not specific for traumatic aortic injury and necessitate further imaging studies. Crapps et al. analyzed the results of 708 patients with confirmed traumatic aortic injury and found that the most common single finding on standard chest radiography was a widened mediastinum, observed in 27.7% of all confirmed cases and in approximately half of patients with high-grade aortic injuries [19].

КТ находките при закрити травматични увреди на аортата могат да бъдат разделени на директни и индиректни признаци [14]. Директните находки за аортно увреждане включват интрамурален хематом, интимално ламбо и псевдоаневризма. Индиректните признаци включват периаортен хематом, промени в калибъра на аортата и неправилен контур на аортната стена [14]. Хронични псевдоаневризми могат да се развият на местата на недиагностицирани и/или нелекувани аортни увреди, като често се характеризират с изразена периферна калцификация и наличие на тромб в лумена [14, 15].

Трансторакалната ехокардиография има ограничена роля в диагностиката на аортните увреди. По подобен начин трансезофагеалната ехокардиография разполага с ограничено зрително поле и може да не визуализира всички сегменти на аортата, особено аортната дъга и низходящата торакална аорта, със същата диагностична точност. Освен това като полуинвазивен метод тя не може да бъде приложена при пациенти с травми на лицето и шията. Въпреки това трансезофагеалната ехокардиография може да е особено полезна при оценка на увреди на аортния корен и руптура на клапни платна.

При пациенти със съмнение за аортна увреда компютърната томография е предпочитаният първоначален диагностичен метод. Рядката честота на травматичните аортни увреди, в съчетание с високата им смъртност, налага рентгенолозите да са добре запознати с типичните образни находки.

Аортни увреди степен II, III и IV

Хемодинамично нестабилни пациенти. Съгласно принципите на Advanced Trauma Life Support (ATLS), хемодинамично нестабилните пациенти с травма (напр. при аортни увреди степен IV) трябва да бъдат подложени на спешна хирургична експлорация с цел установяване и контрол на източника на животозастрашаващ кръвоизлив. При наличие на травматична увреда на гръдната аорта използването на ресусцитативна ендоваскуларна балонна оклузия на аортата (resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta – REBOA) е противопоказано.

Хемодинамично стабилни пациенти. Съгласно препоръките на водещите травматологични асоциации [21] хемодинамично стабилни пациенти с аортна увреда степен II или III и без данни за заплашваща руптура на гръдната аорта, значим аортен тромб, масивен пневмоторакс или стеснение на аортния лумен, могат да бъдат лекувани с отложена аортна реконструкция след агресивен контрол на сърдечната честота и артериалното налягане [40, 41], особено при наличие на тежки съпътстващи увреждания. В тези случаи незабавната аортна

CT findings in blunt traumatic aortic injuries can be divided into direct and indirect signs [14]. Direct findings of aortic injury include intramural hematoma, intimal flap, and pseudoaneurysm. Indirect signs include periaortic hematoma, changes in aortic caliber, and an irregular contour of the aortic wall [14]. Chronic pseudoaneurysms may develop at sites of undiagnosed and/or untreated aortic injuries and are often characterized by marked peripheral calcification and the presence of intraluminal thrombus [14, 15].

Transthoracic echocardiography has a limited role in the diagnosis of aortic injuries. Similarly, transesophageal echocardiography has a restricted field of view and may not visualize all segments of the aorta, particularly the aortic arch and the descending thoracic aorta, with the same diagnostic accuracy. In addition, as a semi-invasive modality, it cannot be applied in patients with facial and neck trauma. Nevertheless, transesophageal echocardiography may be particularly useful in the assessment of aortic root injuries and valvular leaflet rupture.

In patients with suspected aortic injury, computed tomography is the preferred initial diagnostic modality. The low incidence of traumatic aortic injuries, combined with their high mortality, necessitates that radiologists be well acquainted with the characteristic imaging findings.

Aortic injuries Grade II, III, and IV

Hemodynamically unstable patients. According to the principles of Advanced Trauma Life Support (ATLS), hemodynamically unstable trauma patients (e.g., those with Grade IV aortic injuries) should undergo emergent surgical exploration to identify and control the source of life-threatening hemorrhage. In the presence of traumatic injury to the thoracic aorta, the use of resuscitative endovascular balloon occlusion of the aorta (REBOA) is contraindicated.

Hemodynamically stable patients. According to the recommendations of leading trauma associations [21], hemodynamically stable patients with Grade II or III aortic injury and no evidence of impending thoracic aortic rupture, significant aortic thrombus, massive pneumothorax, or significant luminal encroachment may be managed with delayed aortic repair following aggressive control of heart rate and arterial blood pressure [40, 41], particular-

интервенция често е трудно осъществима и може да бъде свързана с по-лоши резултати, включително по-висок риск от следоперативна смъртност и параплегия [21].

Пациенти с висок риск и благоприятна анатомия могат да имат по-голяма полза от ендоваскуларно в сравнение с открито хирургично лечение [21, 22]. И в тези случаи отложената интервенция следва да бъде предпочитана, когато това е възможно. Romijn и сътр. в propensity-score анализ на 548 съпоставени пациенти, подложени на thoracic endovascular aortic repair (TEVAR) по повод травматична аортна увреда, установяват, че незабавната интервенция (< 24 часа) е свързана с двукратно по-висока смъртност в сравнение с отложеното лечение (> 24 часа), дори след корекция спрямо степента на увредата [41].

Аортна реконструкция

През последните 30 години предпочитаният подход при лечението на заболяванията на гръдната аорта се измества от откритата хирургия към по-слабо инвазивното ендоваскуларно лечение със стент-графтове [20]. Тази концепция се прилага и при травматичната аортна увреда, където при възможност се предпочита ендоваскуларният подход [17]. Въпреки това откритата хирургична реконструкция запазва своето място при пациенти с неблагоприятна анатомия за ендоваскуларно лечение или при необходимост от открита гръдна хирургия по повод други съпътстващи увреждания.

Ендоваскуларно лечение

Ендоваскуларната процедура при травматична аортна увреда е сходна с тази при други заболявания на гръдната аорта, като докладваните нива на технически успех варират между 80 и 100% [23]. Подобно на ендоваскуларното лечение на аортни дисекции и торакални аневризми имплантирането на стент-графта може да бъде подпомогнато чрез използване на интраваскуларен ултразвук и/или трансезофагеална ехокардиография [24]. По-специално, трансезофагеалната ехокардиография може да е полезна при навигация на водача през дисекираната аорта, оценка за ендолейк и откриване на канюлационни увреди, като ползата ѝ в тези ситуации е добре подкрепена от литературни данни [25].

Подобно на лечението на аневризмална болест, дренажът на цереброспиналната течност може да се използва за профилактика на исхемия на гръбначния мозък при дълго покритие със стент-графт (> 20 cm), при предходна абдоминална аортна хирургия или при възможно засягане на артерията на Adamkiewicz.

ly in the presence of severe associated injuries. In these cases, immediate aortic intervention is often difficult to perform and may be associated with worse outcomes, including a higher risk of postoperative mortality and paraplegia [21].

High-risk patients with favourable anatomy may derive greater benefit from endovascular treatment compared with open surgical repair [21, 22]. In such cases, delayed intervention should be preferred whenever feasible. Romijn et al., in a propensity-score analysis of 548 matched patients undergoing thoracic endovascular aortic repair (TEVAR) for traumatic aortic injury, found that early intervention (< 24 hours) was associated with a twofold increase in mortality compared with delayed treatment (> 24 hours), even after adjustment for injury severity [41].

Aortic reconstruction

Over the past 30 years, the preferred approach to the treatment of thoracic aortic disease has shifted from open surgery toward less invasive endovascular treatment with stent-grafts [20]. This concept is also applied in traumatic aortic injury, where an endovascular approach is preferred whenever feasible [17]. Nevertheless, open surgical reconstruction retains an important role in patients with unfavourable anatomy for endovascular treatment or when open thoracic surgery is required for other associated injuries.

Endovascular treatment

The endovascular procedure for traumatic aortic injury is similar to that used for other thoracic aortic diseases, with reported technical success rates ranging from 80% to 100% [23]. As with endovascular treatment of aortic dissections and thoracic aneurysms, stent-graft deployment may be facilitated by the use of intravascular ultrasound and/or transesophageal echocardiography [24].

In particular, transesophageal echocardiography may be useful for guidewire navigation through the dissected aorta, assessment for endoleak, and detection of cannulation-related injuries, with its benefit in these settings well supported by the literature [25].

Similar to the management of aneurysmal disease, cerebrospinal fluid drainage may be used for the prevention of spinal cord ischemia in cases of long stent-graft coverage (> 20 cm), prior abdominal aortic surgery, or potential involvement of the artery of Adamkiewicz.

Ендоваскуларното лечение на травматична аортна увреда обаче изисква специфични съображения, свързани основно с избора на размер на стент-графта и интраоперативната антикоагулация. Гръдните стент-графтове първоначално са проектирани за лечение на аневризми и при около 20-30% от пациентите не са оптимално пригодени за тясната и стръмно извита аортна дъга, характерна за по-млади пациенти с травматична аортна увреда [26]. Освен това размерът на аортата може да бъде подценен при ниско систолно налягане, особено при хемодинамично нестабилни пациенти, което може да доведе до неподходящо оразмеряване на стент-графта и последваща малпозиция, инфолдинг или компресия на устройството [27-29]. Някои автори препоръчват предпазлив подход при оувърсайзинга, като увеличение с около 10% се счита за подходящо [30]. Neschis и сътр. съобщават среден диаметър на аортата около 23 mm (19-30 mm) при 43 пациенти със средна възраст 44 години, лекувани за травматична аортна увреда [31].

За осигуряване на адекватна проксимална зона на фиксация често се налага покриване на лявата подключична артерия, особено при увреди на нивото на аортния истмус. В тези случаи реваскуларизацията на лявата подключична артерия чрез екстраанатомичен байпас се препоръчва с цел намаляване на риска от неврологични усложнения [32]. Въпреки че по-ранни проучвания предполагат относителна безопасност на покриването на артерията, по-нови мултицентрови проспективни данни показват значимо повишаване на исхемичните събития при липса на реваскуларизация [33].

Някои специфични анатомични варианти, като „bovine“ аортна дъга, създават неблагоприятни проксимални зони за фиксация и изискват модификация на планирането на TEVAR, включително тотално дебранчиране на супрааортните съдове или използване на индивидуално изработени бранширани/фенестрирани устройства [34].

Антикоагулацията по време на ендоваскуларното лечение остава дискуссионна. При пациенти със съпътстващи увреждания като интракраниален кръвоизлив или слезкова травма приложението на нефракциониран хепарин може да е противопоказано, като в такива случаи TEVAR може да се извърши безопасно и без антикоагулация [35]. Makaloski и сътр. показват, че при хемодинамично стабилни пациенти без тежки съпътстващи травми системната антикоагулация може да се приложи безопасно без повишен риск от кръвоизлив или тромбоемболични усложнения [36].

Открито хирургично лечение

Откритото хирургично лечение на травматична аортна увреда е сходно с това при аневризма на

However, endovascular treatment of traumatic aortic injury requires specific considerations, primarily related to stent-graft sizing and intraoperative anticoagulation. Thoracic stent-grafts were originally designed for aneurysm treatment and, in approximately 20-30% of patients, are not optimally suited to the narrow and sharply curved aortic arch characteristic of younger patients with traumatic aortic injury [26]. In addition, aortic diameter may be underestimated in the setting of low systolic blood pressure, particularly in hemodynamically unstable patients, which may result in inappropriate stent-graft sizing and subsequent malposition, infolding, or device compression [27-29]. Some authors recommend a cautious approach to oversizing, with an increase of approximately 10% considered appropriate [30]. Neschis et al. reported a mean aortic diameter of approximately 23 mm (19-30 mm) in 43 patients with a mean age of 44 years treated for traumatic aortic injury [31].

To ensure an adequate proximal landing zone, coverage of the left subclavian artery is often required, particularly in injuries at the level of the aortic isthmus. In such cases, revascularization of the left subclavian artery via an extra-anatomic bypass is recommended to reduce the risk of neurological complications [32]. Although earlier studies suggested relative safety of arterial coverage, more recent multicenter prospective data demonstrate a significant increase in ischemic events in the absence of revascularization [33].

Certain anatomical variants, such as a “bovine” aortic arch, create unfavourable proximal landing zones and require modification of TEVAR planning, including total debranching of the supra-aortic vessels or the use of custom-made branched or fenestrated devices [34].

Anticoagulation during endovascular treatment remains controversial. In patients with associated injuries such as intracranial hemorrhage or splenic trauma, the use of unfractionated heparin may be contraindicated, and in such cases TEVAR can be safely performed without anticoagulation [35]. Makaloski et al. demonstrated that in hemodynamically stable patients without severe associated injuries, systemic anticoagulation can be safely administered without an increased risk of bleeding or thromboembolic complications [36].

Open Surgical Treatment

Open surgical treatment of traumatic aortic injury is similar to that used for thoracic aortic aneurysms

гръдната аорта, но има някои специфични особености. Изборът на хирургичен достъп зависи от локализацията на лезията и необходимостта от безопасен проксимален аортен контрол. Изолираните увреди на нивото на аортния истмус обикновено изискват лява торакотомия в четвъртото междуребрие с клампиране на аортата дистално от лявата подключична артерия или между лявата обща каротидна и лявата подключична артерия.

Активната перфузия на дисталната аорта чрез левопредсърдно-феморален байпас или феморо-феморален венозно-артериален кардиопулмонален байпас може да намали честотата на периперативната параплегия, дори при кратки времена на клампиране (< 30 min) [37]. Феморалният венозно-артериален байпас има допълнителни предимства, включително възможност за охлаждане на пациента, по-ниска необходимост от системна хепаринизация и независима от белия дроб оксигенация на кръвта, което е особено важно при съпътстващи белодробни увреждания [38].

Откритата хирургична реконструкция може да бъде и първи етап от хибридно лечение, например при комплексни лезии на аортната дъга и низходящата аорта. В тези случаи може да се използва техниката „Frozen Elephant Trunk“ (FET) с наличните на пазара хибридни графтове, които позволяват реимплантация на супрааортните съдове и антероградна дистална перфузия [25].

При избрани комплексни случаи хибридна хирургия, комбинираща спешна ресусцитативна торакотомия, директно зашиване на аортната лезия и последващо ендоваскуларно лечение, може да бъде безопасна и ефективна терапевтична стратегия [39].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

През периода 2014-2021 г. В УМБАЛ „Света Екатерина“ – София, са лекувани 7 пациенти с травматична аортна увреда, от които 6 мъже и 1 жена на възраст между 30-71 години. Диагнозата е поставена чрез компютърна томографска ангиография. Аортните увреди са класифицирани съгласно класификацията на Society for Vascular Surgery (SVS).

РЕЗУЛТАТИ

При всичките лекувани 7 пациенти е използвана обща анестезия с механична вентилация. При двама от пациентите е използван левостранен трансфеморален съдовохирургичен достъп, а при петима от тях – десностранен. При четирима от пациентите е имплантиран стент графт Zenith alpha, а при трима – Valiant Thoracic. Среден размер на

but has several specific features. The choice of surgical approach depends on the location of the lesion and the need for safe proximal aortic control. Isolated injuries at the level of the aortic isthmus usually require a left thoracotomy through the fourth intercostal space, with aortic clamping distal to the left subclavian artery or between the left common carotid and the left subclavian artery.

Active distal aortic perfusion via left atrial-femoral bypass or femoro-femoral veno-arterial cardiopulmonary bypass may reduce the incidence of perioperative paraplegia, even with short clamp times (< 30 min) [37]. Femoral veno-arterial bypass offers additional advantages, including the ability to cool the patient, reduced need for systemic heparinization, and lung-independent blood oxygenation, which is particularly important in the presence of concomitant pulmonary injuries [38].

Open surgical reconstruction may also represent the first stage of a hybrid approach, for example in complex lesions involving the aortic arch and descending aorta. In such cases, the “Frozen Elephant Trunk” (FET) technique may be used with commercially available hybrid grafts, allowing reimplantation of the supra-aortic vessels and antegrade distal perfusion [25].

In selected complex cases, hybrid surgery combining emergent resuscitative thoracotomy, direct suture repair of the aortic lesion, and subsequent endovascular treatment may represent a safe and effective therapeutic strategy [39].

MATERIALS AND METHODS

During the period 2014–2021, a total of 7 patients with traumatic aortic injury were treated at University Hospital “Sveta Ekaterina”, Sofia, including 6 men and 1 woman aged between 30 and 71 years. The diagnosis was established using computed tomography angiography. Aortic injuries were classified according to the Society for Vascular Surgery (SVS) classification.

RESULTS

General anaesthesia with mechanical ventilation was used in all 7 patients treated. In two patients a left-sided transfemoral vascular surgical approach was used, while in five patients a right-sided approach was employed. In four patients, a Zenith Alpha stent-graft was implanted, while in three patients a Valiant Thoracic

ендографтите – за диаметър ~31.4 mm; за дължина ~168.3 mm. При един пациент постпроцедурно се регистрира ендолийк тип I, което наложи балонна постдилатация.

stent-graft was used. The mean endograft size was approximately: ~31.4 mm in diameter and ~168.3 mm in length. In one patient, a postprocedural type I endoleak was detected, which required balloon postdilatation.

Фиг. 3. Пациент на 71 години след проведено кардиохирургично лечение – ACBx3 – LAD-LIMA; RCA, RIM – s.v.g. и PL.V. Mitralis cum ring Sovering 32. Презентира се със закрыта гръдна травма резултат на извършване на селскостопанска дейност в животновъдството. Извършено ендоваскуларно лечение със стент графт Zenith alpha 32/140. Ефективно изолиране на аневризмата без ликаж

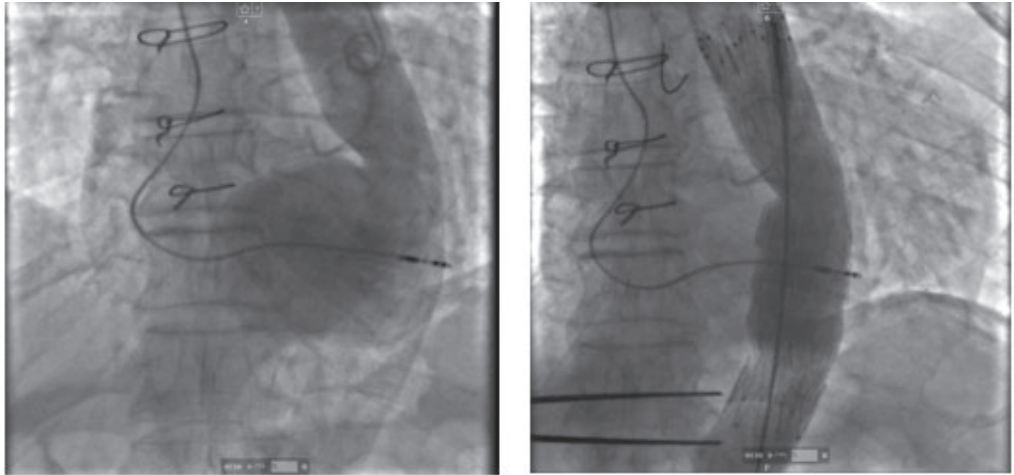


Fig. 3. A 71-year-old patient after previous cardiac surgical treatment – ACBx3 – LAD-LIMA; RCA, RIM – s.v.g., and PL.V. Mitralis cum ring Sovering 32. The patient presented with blunt chest trauma resulting from agricultural activity in livestock farming. Endovascular treatment with a Zenith Alpha stent-graft 32/140 was performed. Effective exclusion of the aneurysm without leakage.

Фиг. 4. Пациент на 55 години след претърпяно пътнотранспортно произшествие (ПТП) Извършено ендоваскуларно лечение със стент графт Zenith alpha 32/155. Ефективно изолиране на аневризмата без ликаж

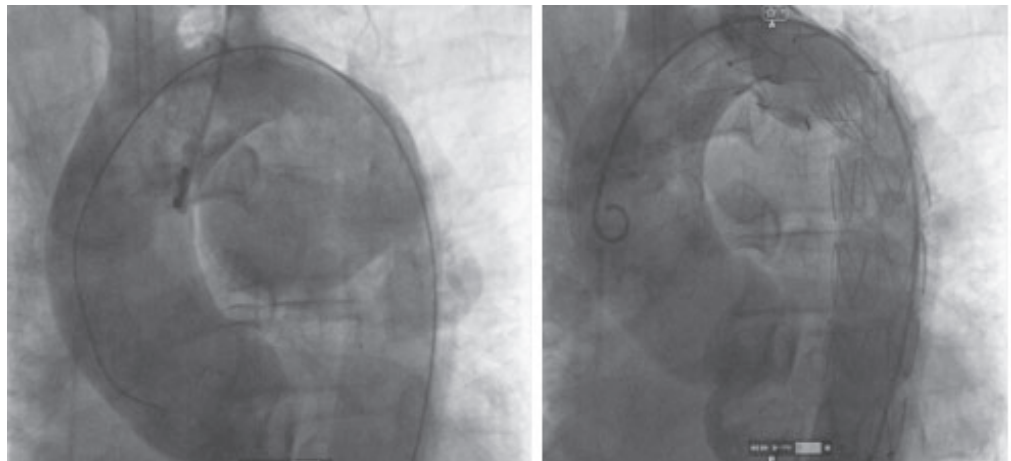
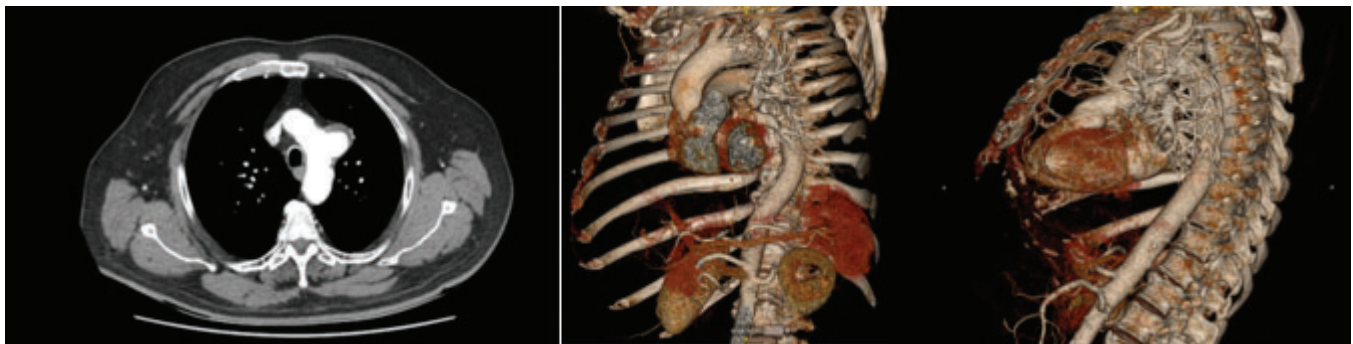
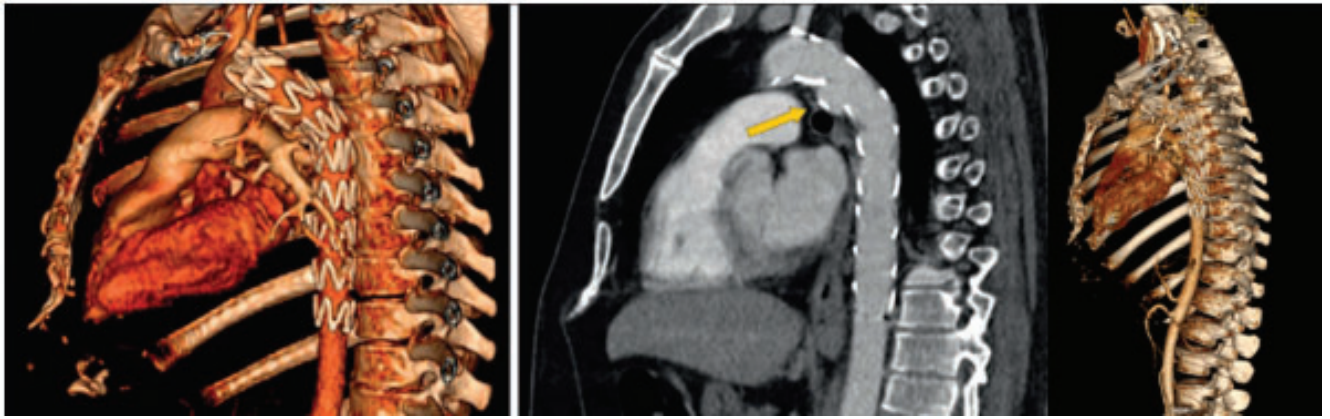


Fig. 4. A 55-year-old patient after a road traffic accident (RTA). Endovascular treatment with a Zenith Alpha stent-graft 32/155 was performed. Effective exclusion of the aneurysm without leakage



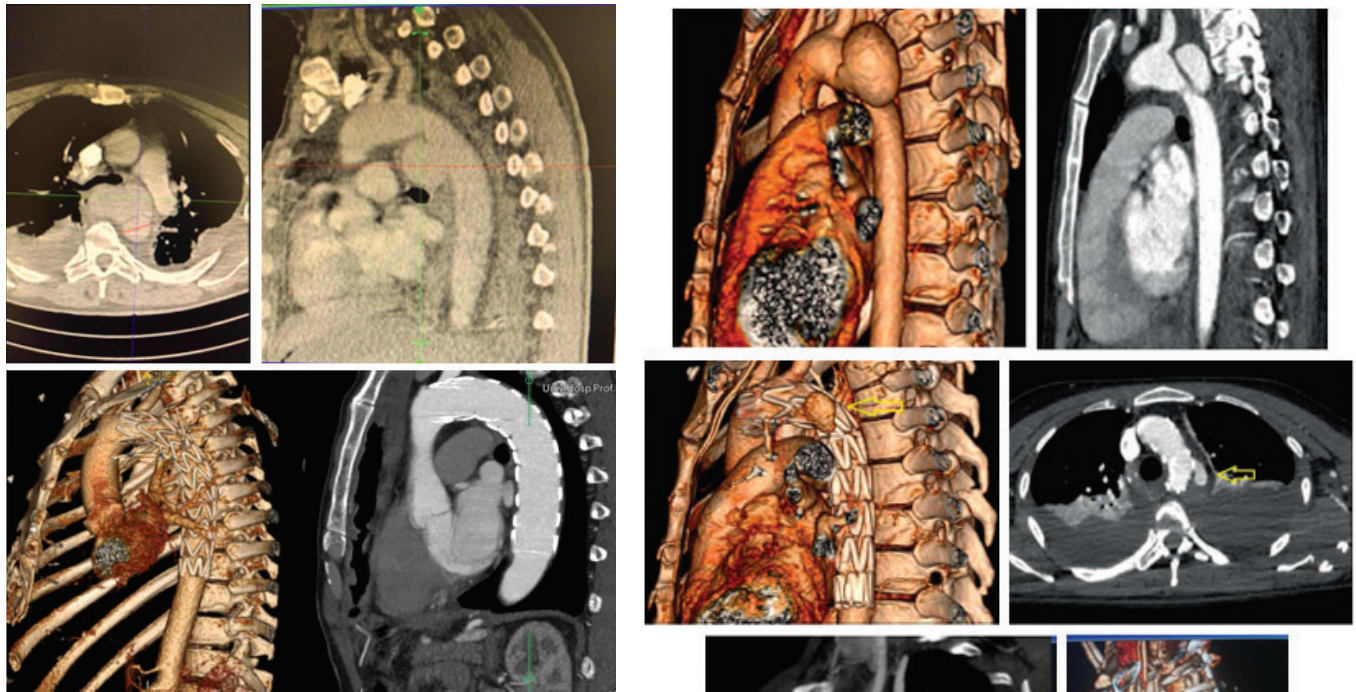
Фиг. 5. Пациент на 71 години след ПТП. Извършено ендоваскуларно лечение със стент графт Zenith alpha 32/155. Ефективно изолиране на аневризмата без ликаж

Fig. 5. A 71-year-old patient after an RTA. Endovascular treatment with a Zenith Alpha stent-graft 32/155 was performed. Effective exclusion of the aneurysm without leakage



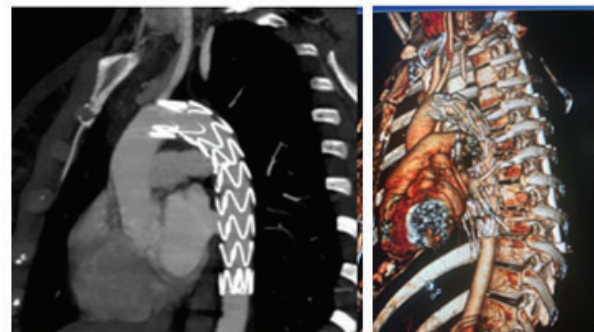
Фиг. 6. Пациент на 30-годишна възраст след ПТП с моторно превозно средство с контузионна увреда на гръден кош. Извършено ендоваскуларно лечение със стент графт Zenith alpha 32/178. Ефективно изолиране на аневризмата без ликаж

Fig. 6. A 30-year-old patient after a motor vehicle RTA with blunt chest trauma. Endovascular treatment with a Zenith Alpha stent-graft 32/178 was performed. Effective exclusion of the aneurysm without leakage



Фиг. 7. Пациент на 52 години пациент след ПТП с травматична аортна увреда с руптура в медиастинум и езофаг. След енопротезиране със стентграфт aliant Thoracic 32/200, при пациента е извършена и резекция с пластика на хранопровод. . Ефективно изолиране на аневризмата без ликаж

Fig. 7. A 52-year-old patient after an RTA with traumatic aortic injury and rupture into the mediastinum and esophagus. Following endoprosthetic repair with an Aliant Thoracic stent-graft 32/200, esophageal resection with reconstruction was also performed. Effective exclusion of the aneurysm without leakage

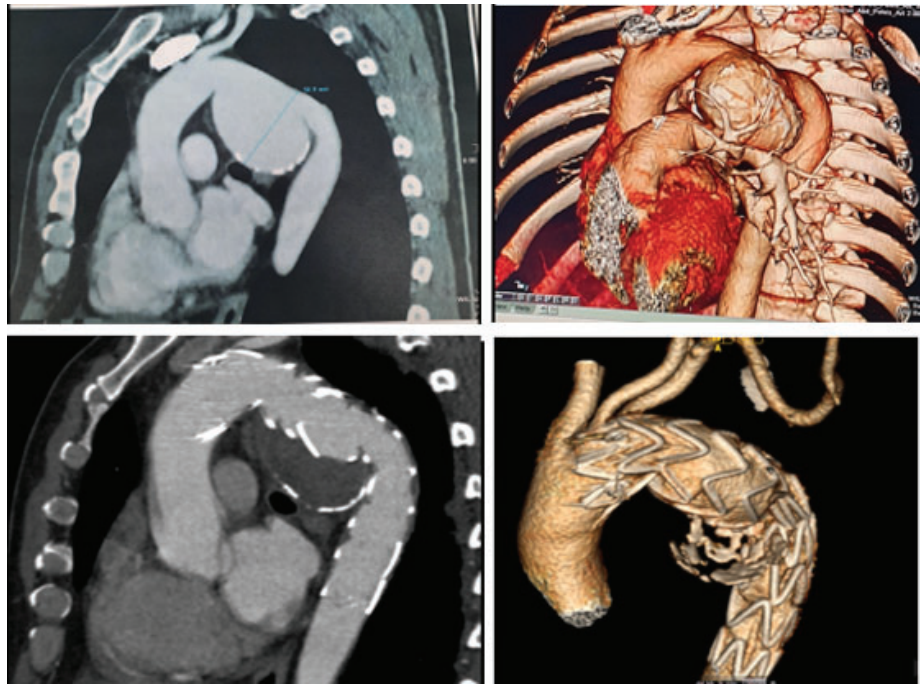


Фиг. 8. Пациентка на 38 години с травматична аортна увреда след височинна политравма. Извършено ендоваскуларно лечение със стент графт Valiant Thoracic 24/150. Поради ендотийк I тип при пациентката е извършена балонна постдилатация на енопротезата с овладяване на ликажа

Fig. 8. A 38-year-old female patient with traumatic aortic injury after high-energy polytrauma from a fall from height. Endovascular treatment with a Valiant Thoracic stent-graft 24/150 was performed. Due to a type I endoleak, balloon post-dilatation of the endoprosthesis was carried out, achieving successful control of the leakage

Фиг. 9. Пациент на 49 г., след претърпяно ПТП. Извършено ендоваскуларно лечение със стент графт Valiant Thoracic 36/200. Ефективно изолиране на аневризмата без ликаж

Fig. 9. Patient 7. A 49-year-old patient after an RTA. Endovascular treatment with a Valiant Thoracic stent-graft 36/200 was performed. Effective exclusion of the aneurysm without leakage



ОБСЪЖДАНЕ

Травматичната аортна увреда е рядко, но изключително тежко клинично състояние с висока ранна смъртност, особено при пациенти с политравма. През последните две десетилетия терапевтичният подход при това състояние претърпя съществена еволюция, като ендоваскуларното лечение с имплантиране на гръден стент-графт (TEVAR) постепенно се наложи като предпочитан метод при пациенти с подходяща анатомия.

В представената серия от 7 пациенти ендоваскуларното лечение бе осъществено със 100% технически успех и без интраоперативна смъртност. Липсата на тежки перипроцедурни усложнения, включително исхемия на гръбначния мозък и параплегия, е в съответствие с публикуваните данни от големи регистри и метаанализи, които демонстрират значимо по-ниска честота на неврологични усложнения при TEVAR в сравнение с откритото хирургично лечение. Това е от особено значение при пациенти с множествени съпътстващи травми, при които минимално инвазивният подход позволява по-бърза стабилизация и последващо лечение на другите животозастрашаващи увреди.

Особено предимство на ендоваскуларния подход в настоящата серия е възможността за индивидуализиране на времето за интервенция. При хемодинамично стабилни пациенти процедурата бе извършена след първоначална стабилизация и контрол на артериалното налягане, което съответства на съвременните препоръки и се асоциира с по-добри клинични резултати. Този подход е осо-

DISCUSSION

Traumatic aortic injury is a rare but extremely severe clinical condition associated with high early mortality, particularly in patients with polytrauma. Over the past two decades, the therapeutic approach to this condition has evolved substantially, with endovascular treatment using thoracic stent-graft implantation (TEVAR) gradually becoming the preferred method in patients with suitable anatomy.

In the presented series of 7 patients, endovascular treatment was achieved with a 100% technical success rate and no intraoperative mortality. The absence of severe periprocedural complications, including spinal cord ischemia and paraplegia, is consistent with data from large registries and meta-analyses demonstrating a significantly lower incidence of neurological complications with TEVAR compared with open surgical repair. This is particularly important in patients with multiple associated injuries, in whom a minimally invasive approach allows for faster stabilization and subsequent treatment of other life-threatening conditions.

A key advantage of the endovascular approach in the present series was the ability to individualize the timing of intervention. In hemodynamically stable patients, the procedure was performed after initial stabilization and blood pressure control, in accordance with current recommendations and associated with improved clinical

бено важен в контекста на политравмата, където незабавната аортна интервенция може да увеличи риска от усложнения.

Въпреки отличните ранни резултати, ендоваскуларното лечение на травматична аортна увреда поставя редица специфични предизвикателства. Младата възраст на пациентите и относително малкият диаметър на аортата изискват прецизно оразмеряване на стент-графта, за да се избегнат усложнения като инфолдинг, миграция или компресия на устройството. В представената група при един пациент бе наблюдаван ендолийк тип I, успешно овладян с балонна постдилатация, което подчертава необходимостта от внимателно интра- и постпроцедурно проследяване.

Ограничения на настоящото проучване са малкият брой пациенти и ретроспективния характер. Въпреки това резултатите отразяват реалния клиничен опит на високоспециализиран център и са в съответствие с данните от международната литература, подкрепящи ролята на TEVAR като метод на първи избор при травматична аортна увреда.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Ендоваскуларното лечение на травматична аортна увреда с имплантиране на гръден стент-графт е безопасен и ефективен терапевтичен метод, осигуряващ висок технически успех и ниска честота на ранни усложнения. Представеният опит показва, че при внимателна селекция на пациентите и адекватно предоперативно планиране TEVAR позволява бърза стабилизация и благоприятен ранен клиничен изход, особено при пациенти с политравма.

С оглед на натрупващите се доказателства и добрите клинични резултати, ендоваскуларният подход следва да се разглежда като метод на първи избор при травматична аортна увреда при наличие на подходяща анатомия. Необходими са по-големи проспективни проучвания и дългосрочно проследяване за оценка на късните резултати и издръжливостта на използваните ендопротези при тази специфична пациентска популация.

Не е деклариран конфликт на интереси

Библиография/References

1. Lee WA, Matsumura JS, Mitchell RS et al. Endovascular repair of traumatic thoracic aortic injury: clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery. *J Vasc Surg* 2011;53: 187-92.
2. Scalea TM, Feliciano DV, DuBose JJ et al. Blunt thoracic aortic injury: endovascular repair is now the standard. *J Am Coll Surg*. 2019;228:605-610.

outcomes. This strategy is especially important in the context of polytrauma, where immediate aortic intervention may increase the risk of complications.

Despite the excellent early outcomes, endovascular treatment of traumatic aortic injury poses several specific challenges. The young age of the patients and the relatively small aortic diameter require precise stent-graft sizing to avoid complications such as infolding, migration, or device compression. In the present cohort, one patient developed a type I endoleak that was successfully managed with balloon postdilatation, underscoring the need for careful intra- and postprocedural surveillance.

The limitations of the present study include the small size of the studied, its retrospective design, and the lack of long-term follow-up. Nevertheless, the results reflect real-world clinical experience from a highly specialized center and are consistent with international data supporting the role of TEVAR as the treatment of choice for traumatic aortic injury.

CONCLUSION

Endovascular treatment of traumatic aortic injury with thoracic stent-graft implantation is a safe and effective therapeutic method, providing high technical success and a low rate of early complications. The presented experience demonstrates that with careful patient selection and adequate preoperative planning, TEVAR allows rapid stabilization and favourable early clinical outcomes, particularly in patients with polytrauma.

In light of the accumulating evidence and favourable clinical results, the endovascular approach should be considered the first-line treatment for traumatic aortic injury in the presence of suitable anatomy. Larger prospective studies and long-term follow-up are required to assess late outcomes and the durability of the implanted endografts in this specific patient population.

No conflict of interest was declared

3. Fabian TC, Richardson JD, Croce MA et al. Prospective study of blunt aortic injury: Multicenter Trial of the American Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma*. 1997;42:374-380; discussion 380-383.
4. Gombert A, Barbati ME, Storck M et al. Treatment of blunt thoracic aortic injury in Germany – assessment of the Trauma Register DGU. *PLoS One*. 2017;12: e0171837.
5. Tong MZ, Koka P, Forbes TL. Economic evaluation of open vs endovascular repair of blunt traumatic thoracic aortic injuries. *J Vasc Surg*. 2010;52(1):31-8.e3.

6. Estrera A, Miller C 3rd, Lee TY et al. Acute type A intramural hematoma: analysis of current management strategy. *Circulation* 2009;120:S287-S291.
7. Malhotra AK, Fabian TC, Croce MA et al. Minimal aortic injury: a lesion associated with advancing diagnostic techniques. *J Trauma* 2001;51:1042-1048.
8. Azizzadeh A, Keyhani K, Miller CC 3rd et al. Blunt traumatic aortic injury: initial experience with endovascular repair. *J Vasc Surg.* 2009;49:1403-1408.
9. Fortuna GR Jr, Perlick A, DuBose JJ et al. Injury grade is a predictor of aortic-related death among patients with blunt thoracic aortic injury. *J Vasc Surg.* 2016;63:1225-1231.
10. Xenos ES, Abedi NN, Davenport DL et al. Meta-analysis of endovascular vs open repair for traumatic descending thoracic aortic rupture. *J Vasc Surg.* 2008;48:1343-1351.
11. Murad MH, Rizvi AZ, Malgor R et al. Comparative effectiveness of the treatments for thoracic aortic transection [corrected]. *J Vasc Surg.* 2011;53:193-199. e1-21.
12. Isselbacher EM, Preventza O, Black JH 3rd et al. 2022 ACC/AHA guideline for the diagnosis and management of aortic disease: a report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2022;146:e334-e482.
13. Erbel R, Aboyans V, Boileau C et al. 2014 ESC Guidelines on the diagnosis and treatment of aortic diseases: document covering acute and chronic aortic diseases of the thoracic and abdominal aorta of the adult. The Task Force for the Diagnosis and Treatment of Aortic Diseases of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J.* 2014;35:2873-2926. doi: 10.1093/eurheartj/ehu281
14. Cullen EL, Lantz EJ, Johnson CM, Young PM. Traumatic aortic injury: CT findings, mimics, and therapeutic options. *Cardiovasc Diagn Ther.* 2014 Jun;4(3):238-44. doi: 10.3978/j.issn.2223-3652.2014.06.02.
15. Katsumata T, Shinfeld A, Westaby S. Operation for chronic traumatic aortic aneurysm: when and how? *Ann Thorac Surg* 1998;66:774-778.
16. Bade-Boon J, Mathew J, Fitzgerald MC, Mitra B. Do patients with blunt thoracic aortic injury present to hospital with unstable vital signs? A systematic review and meta-analysis. *Emerg. Med. J.* 2018;35:231-237. doi: 10.1136/emered-2017-206688
17. Scalea TM, Feliciano DV, DuBose JJ et al. Blunt Thoracic Aortic Injury: Endovascular Repair Is Now the Standard. *J. Am. Coll. Surg.* 2019;228:605-610. doi: 10.1016/j.jamcollsurg.2018.12.022.
18. Azizzadeh A, Keyhani K, Miller CC, 3rd et al. Blunt traumatic aortic injury: Initial experience with endovascular repair. *J. Vasc. Surg.* 2009;49:1403. doi: 10.1016/j.jvs.2009.02.234.
19. Crapps JL, Efrif J, DuBose JJM et al. Is Chest X-Ray a Reliable Screening Tool for Blunt Thoracic Aortic Injury? Results from the American Association for the Surgery of Trauma/Aortic Trauma Foundation Prospective Blunt Thoracic Aortic Injury Registry. *J Am Coll Surg.* 2023 doi: 10.1097/XCS.0000000000000607.
20. Isselbacher EM, Preventza O, Black JH, 3rd et al. 2022 ACC/AHA guideline for the diagnosis and management of aortic disease: A report of the American Heart Association/American College of Cardiology Joint Committee on Clinical Practice Guidelines. *Circulation.* 2022;146:e334-e482. doi: 10.1161/CIR.0000000000001106.
21. Fox N, Schwartz D, Salazar JH et al. Evaluation and management of blunt traumatic aortic injury: A practice management guideline from the Eastern Association for the Surgery of Trauma. *J Trauma Acute Care Surg.* 2015;78:136. doi: 10.1097/TA.0000000000000470.
22. Lee WA, Matsumura JS, Mitchell RS et al. Endovascular repair of traumatic thoracic aortic injury: Clinical practice guidelines of the Society for Vascular Surgery. *J Vasc Surg.* 2011;53:187-192. doi: 10.1016/j.jvs.2010.08.027.
23. Yadavalli SD, Romijn A-SC, Rastogi V et al. Outcomes Following Thoracic Endovascular Aortic Repair for Blunt Thoracic Aortic Injury Stratified by Society for Vascular Surgery Grade. *J Vasc Surg.* 2023 doi: 10.1016/j.jvs.2023.03.021.
24. Nana PN, Brotis AG, Tsolaki V et al. Transesophageal echocardiography during endovascular procedures for thoracic aorta diseases: Sensitivity and specificity analysis. *J. Cardiovasc. Surg.* 2021;62:79-86. doi: 10.23736/S0021-9509.20.11427-7. [
25. Czerny M, Schmidli J, Adler S et al. Editor's Choice – Current Options and Recommendations for the Treatment of Thoracic Aortic Pathologies Involving the Aortic Arch: An Expert Consensus Document of the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS) & the European Society for Vascular Surgery (ESVS). *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2019;57:165-198. doi: 10.1016/j.ejvs.2018.09.016.
26. Ultee KH, Soden PA, Chien V et al. National trends in utilization and outcome of thoracic endovascular aortic repair for traumatic thoracic aortic injuries. *J Vasc Surg.* 2016;63:1232-1239.e1. doi: 10.1016/j.jvs.2015.11.034.
27. Bae M, Jeon CH. Optimal Sizing of Aortic Stent Graft for Blunt Thoracic Aortic Injury Considering Hypotension-Related Decrease in Aortic Diameter. *J Endovasc Ther.* 2022;7:15266028221134894. doi: 10.1177/15266028221134894.
28. Marrocco-Trischitta MM, Spampinato B et al. Impact of the Bird-Beak Configuration on Postoperative Outcome after Thoracic Endovascular Aortic Repair: A Meta-analysis. *J Endovasc Ther.* 2019;26:771-778. doi: 10.1177/1526602819865906.
29. Nano G, Mazzaccaro D, Malacrida G, Occhiuto MT et al. Delayed endovascular treatment of descending aorta stent graft collapse in a patient treated for post-traumatic aortic rupture: A case report. *J Cardiothorac Surg.* 2011;6:76. doi: 10.1186/1749-8090-6-76.
30. Farber MA, Mendes RR. Endovascular repair of blunt thoracic aortic injury: Techniques and tips. *J. Vasc. Surg.* 2009;50:683-686. doi: 10.1016/j.jvs.2009.01.009.
31. Neschis DG, Moainie S, Flinn WR et al. Endograft repair of traumatic aortic injury—a technique in evolution: A single institution's experience. *Ann Surg.* 2009;250:377. doi: 10.1097/SLA.0b013e3181b3b5c9
32. Nano G, Muzzarelli L, Malacrida G et al. Endovascular repair of thoracic and thoraco-abdominal aortic lesions. *Ann Ital Chir.* 2019;90:191-200.
33. Romagnoli AN, Paterson J, Dua AM et al. Cover with caution: Management of the Left Subclavian Artery in TEVAR for trauma. *J Trauma Inj Infect Crit Care.* 2022;94:392-397. doi: 10.1097/TA.00000000000003832
34. Marrocco-Trischitta MM, Alaidroos M, Romarowski RM et al. Geometric Pattern of Proximal Landing Zones for Thoracic Endovascular Aortic Repair in the Bovine Arch Variant. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2020;59:808-816. doi: 10.1016/j.ejvs.2019.11.019
35. Hoorweg LL, Dinkelman MK, Goslings JC et al. Endovascular management of traumatic ruptures of the thoracic aorta: A retrospective multicenter analysis of 28 cases in The Netherlands. *J. Vasc. Surg.* 2006;43:1096-1102. doi: 10.1016/j.jvs.2006.01.034.
36. Makaloski V., Widenka H., Schönhoff F., Spanos K., Wyss T.R., Schmidli J. Efficacy and Safety of Heparinization before Deployment of Endograft for Blunt Traumatic Aortic Injury in Severely Injured Patients. *Ann. Vasc. Surg.* 2021;75:341-348. doi: 10.1016/j.avsg.2021.01.096
37. Szwerc MF, Benckart DH, Lin JC et al. Recent Clinical Experience with Left Heart Bypass Using a Centrifugal Pump for Repair of Traumatic Aortic Transection. *Ann Surg.* 1999;230:484. doi: 10.1097/0000658-199910000-00004
38. Gammie JS, Shah AS, Hattler BG et al. Traumatic aortic rupture: Diagnosis and management. *Ann. Thorac. Surg.* 1998;66:1295-1300. doi: 10.1016/S0003-4975(98)00778-4.
39. Maruhashi T, Maruki H, Mishima T et al. Hybrid surgery for blunt aortic injury with rupture: A case report. *J. Cardiothorac. Surg.* 2022;17:1-5. doi: 10.1186/s13019-022-02060-w.
40. Fortuna GR, Jr, Perlick A, DuBose JJ et al. Injury grade is a predictor of aortic-related death among patients with blunt thoracic aortic injury. *J Vasc Surg.* 2016;63:1225-1231. doi: 10.1016/j.jvs.2015.11.046
41. Romijn A-SC, Rastogi V, Proaño-Zamudio JA et al. Early Versus Delayed Thoracic Endovascular Aortic Repair for Blunt Thoracic Aortic Injury: A propensity-score Matched Analysis. *Ann Surg.* 2023 doi: 10.1097/SLA.0000000000005817.