

КАРДИОЛОГИЯ & КАРДИОХИРУРГИЯ

Том 8, Брой 4, 2025

- Иновативни образни технологии в съдовата хирургия: роля и предимства на CO₂ ангиографията в условия на повишен нефрологичен риск
- Covered endovascular reconstruction of aortic bifurcation процедури в съдовата хирургия
- Минимално инвазивен подход към руптурирала абдоминална аортна аневризма
- Продължителност на QRS-комплекса при септален и апикален деснокамерен пейсинг
- Ретрограден пункционен достъп при лечението на периферна артериална болест на долни крайници

CARDIOLOGY & CARDIAC SURGERY

Volume 8, Number 4, 2025

- Innovative imaging technologies in vascular surgery: Role and advantages of CO₂ angiography in conditions of increased nephrological risk
- Covered endovascular reconstruction of aortic bifurcation procedures in vascular surgery
- Minimally invasive approach for ruptured abdominal aortic aneurysms
- Duration of the QRS complex in septal and apical right ventricular pacing
- Retrograde tibial access in treatment of peripheral artery disease



КАРДИОЛОГИЯ & КАРДИОХИРУРГИЯ

Том 8, Брой 4 • 2025

РЕДАКЦИОННА КОЛЕГИЯ

Главен редактор

Проф. Тони Веков

Заместник-главен редактор

Проф. д-р Яна Симова

Научни секретари

Д-р Борислава Нинова

Д-р Аняута Иванова

Д-р Денис Николов

Членове

Проф. д-р Пламен Божинов (България)

Проф. д-р Николай Райнов (България)

Проф. д-р Петр Видимски (Чехия)

Проф. д-р Жан-Пиер Басан (Франция)

Проф. д-р Франческо Бедони (Италия)

Проф. д-р Збинек Страка (Чехия)

Проф. д-р Луиджи Мартинели (Италия)

Проф. д-р Ладислав Грох (Чехия)

Проф. д-р Жири Витовец (Чехия)

Проф. д-р Веселин Петров (България)

Доц. д-р Димитър Харитонов (България)

Доц. д-р Владимир Корновски (България)

Доц. д-р Анатоли Карашмалъков (България)

CARDIOLOGY & CARDIAC SURGERY

Volume 8, Number 4 • 2025

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief

Prof. Toni Vekov

Deputy editor

Prof. Iana Simova

Scientific Secretaries

Dr. Borislava Ninova

Dr. Anyuta Ivanova

Dr. Denis Nikolov

Members

Prof. Plamen Bozhinov (Bulgaria)

Prof. Nikolay Raynov (Bulgaria)

Prof. Petr Widimsky (Czech Republic)

Prof. Jean-Pierre Bassand (France)

Prof. Francesco Bedogni (Italy)

Prof. Zbyněk Straka (Czech Republic)

Prof. Luigi Martinelli (Italy)

Prof. Ladislav Groch (Czech Republic)

Prof. Jiří Vítovec (Czech Republic)

Prof. Veselin Petrov (Bulgaria)

Assoc. Prof. Dimitar Haritonov (Bulgaria)

Assoc. Prof. Vladimir Kornovsky (Bulgaria)

Assoc. Prof. Anatoli Karashmalakov (Bulgaria)

Български
Кардиологичен
Институт



Bulgarian
Cardiac
Institute

www.cardiacinstitute.bg

СЪДЪРЖАНИЕ

ОРИГИНАЛНИ СТАТИИ

- Т. Самарджиев, Н. Колев, В. Динов, Ж. Александров, И. Костадинова, В. Иванова, И. Милошовски.* Иновативни образни технологии в съдовата хирургия: роля и предимства на CO₂ ангиографията в условия на повишен нефрологичен риск..... 3
- Т. Самарджиев, Н. Колев, Ж. Александров, И. Милошовски, В. Динов, В. Иванова, И. Костадинова.* Covered endovascular reconstruction of aortic bifurcation процедури в съдовата хирургия..... 21
- Т. Самарджиев, Н. Колев, И. Костадинова, Ж. Александров, В. Иванова, И. Милошовски, В. Динов.* Минимално инвазивен подход към руптурирала абдоминална аортна аневризма 31
- Ст. Димов, М. Миразчийски, Е. Анастасов, Д. Симонов, Д. Хазърбасанов, П. Илиев, И. Тончев, М. Протич.* Продължителност на QRS-комплекса при септален и апикален деснокамерен пейсинг 43
- Т. Самарджиев, Н. Колев, И. Милошовски, Ж. Александров, И. Костадинова, В. Иванова, В. Динов.* Ретрограден пункционен достъп при лечението на периферна артериална болест на долни крайници 55

CONTENTS

ORIGINAL ARTICLES

- T. Samardjiev, N. Kolev, V. Dinov, V. Ivanova, Z. Aleksandrov, I. Kostadinova, I. Miloshovski.* Innovative imaging technologies in vascular surgery: Role and advantages of CO₂ angiography in conditions of increased nephrological risk..... 3
- T. Samardzhiev, N. Kolev, Zh. Alexandrov, I. Miloshovski, V. Dinov, V. Ivanova, I. Kostadinova.* Covered endovascular reconstruction of aortic bifurcation procedures in vascular surgery 21
- T. Samardjiev, N. Kolev, I. Kostadinova, Zh. Alexandrov, V. Ivanova, I. Miloshovski, V. Dinov.* Minimally invasive approach for ruptured abdominal aortic aneurysms 31
- S. Dimov, M. Mirazchyiski, E. Anastasov, D. Hasarbasanov, D. Simonov, P. Iliev, I. Tonchev, M. Protich.* Duration of the QRS complex in septal and apical right ventricular pacing..... 43
- T. Samardjiev, N. Kolev, I. Miloshovski, Z. Aleksandrov, I. Kostadinova, V. Ivanova, V. Dinov.* Retrograde tibial access in treatment of peripheral artery disease 55

ИНОВАТИВНИ ОБРАЗНИ ТЕХНОЛОГИИ В СЪДОВАТА ХИРУРГИЯ: РОЛЯ И ПРЕДИМСТВА НА CO₂ АНГИОГРАФИЯТА В УСЛОВИЯ НА ПОВИШЕН НЕФРОЛОГИЧЕН РИСК

*T. Самарджиев, Н. Колев, В. Динов, Ж. Александров, И. Костадинова,
В. Иванова, И. Милошовски*

МБАЛ „Сърце и Мозък“ – Плевен

Резюме. CO₂ ангиографията се очертава като значителна иновация в съдовата хирургия, предлагайки безопасна, нескъпо струваща алтернатива на традиционните йодирани контрастни вещества, използвани както за диагностика, така и за интраоперативна визуализация на кръвоносната система. Особено полезна при пациенти с алергии към контрастни вещества, нарушена бъбречна функция или такива, при които се налагат множество образни изследвания. Тази статия изследва технологичния напредък, клиничните приложения и развиващата се роля на CO₂ ангиографията в съвременната съдова хирургия. Направен е преглед на употребата на този метод на изследване в редица процедури, включително ендovasкуларни интервенции, лечение на периферни артериални заболявания, лечение на аневризми и процедури за венозен достъп, като се подчертават предимствата му по отношение на безопасност, изображения в реално време и минимално въздействие върху пациента. Освен това в статията се разглеждат ограниченията на CO₂ ангиографията, рискът от физиологичните ефекти на CO₂ върху хемодинамиката и възможните усложнения. Чрез анализиране на скорошни проучвания и клинични резултати, статията демонстрира, че CO₂ ангиографията може да предложи диагностична точност, сравнима в много случаи с конвенционалната контрастна ангиография, с допълнителните предимства.

Ключови думи: CO₂ ангиография/роля, предимства; повишен нефрологичен риск

INNOVATIVE IMAGING TECHNOLOGIES IN VASCULAR SURGERY: ROLE AND ADVANTAGES OF CO₂ ANGIOGRAPHY IN CONDITIONS OF INCREASED NEPHROLOGICAL RISK

T. Samardjiev, N. Kolev, V. Dinov, V. Ivanova, Z. Aleksandrov, I. Kostadinova, I. Miloshevski

Hospital „Heart and Brain“ – Pleven

Abstract. CO₂ angiography has emerged as a significant innovation in vascular surgery, offering a safe, inexpensive alternative to traditional iodinated contrast agents used for both diagnostic and intraoperative visualization of the circulatory system. It is particularly useful in patients with contrast agent allergies, impaired renal function, or those requiring multiple imaging studies. This article reviews the technological advances, clinical applications, and evolving role of CO₂ angiography in modern vascular surgery. We will review its use in a range of procedures, including endovascular interventions, treatment of peripheral arterial disease, treatment of aneurysms, and venous access procedures, highlighting its advantages in terms of safety, real-time imaging, and minimal patient impact. In addition, the article discusses the limitations of CO₂ angiography, the risk of the physiological effects of CO₂ on hemodynamics, and possible complications. By analyzing recent studies and clinical results, the article demonstrates that CO₂ angiography can offer diagnostic accuracy comparable to conventional contrast angiography in many cases, with additional advantages.

Key words: CO₂ angiography/role, advantages; increased nephrological risk

ВЪВЕДЕНИЕ

С нарастващото използване на зависими от контраста ендоваскуларни техники появата на индуцирани от контраст реакции на свръхчувствителност също се увеличават. Ендоваскуларните съдови интервенции са съществен компонент от съвременните подходи за лечение на периферна артериална болест, аневризми на абдоминална аорта, артериовенозни малформации и вродени съдови малформации. Те се осъществяват най-често с помощта на йодирани контрастни вещества, които обаче могат да предизвикат хиперреактивност с негативен ефект върху пациента [5, 13].

Рискови групи

Двете най-чести категории реакции са алергичните и дозозависимите. Дозозависимите реакции обикновено включват самоограничаващи се системни реакции поради контрастното натоварване – например остро бъбречно увреждане след контрастиране, особено при пациенти с някакъв вид бъбречна дисфункция.

Бъбречната дисфункция при тези пациенти често е свързана със споделени рискови фактори като диабет, хипертония и атеросклероза. Сред пациентите с атеросклероза, проучванията показват, че приблизително 30-50% от индивидите също имат известна степен на бъбречно увреждане, вариращо от лека бъбречна дисфункция (напр. намалена скорост на гломерулна филтрация или GFR) до хронична бъбречна недостатъчност и краен стадий на бъбречно заболяване.

Втората група пациенти с риск при провеждане на ендоваскуларно лечение са пациенти, алергични към йодирани контрастни вещества и такива с анамнеза за анафилаксия. Алергичните контрастни реакции варират от лек обрив до анафилаксия. Анафилаксията включва остри бронхоспазми, дълбока хипотония и тежка уртикария в рамките на минути след прилагане на контраста. И въпреки че са разработени протоколи за предварително лечение за на-

INTRODUCTION

With the increasing use of contrast-dependent endovascular techniques, the occurrence of contrast-induced hypersensitivity reactions is also increasing. Endovascular vascular interventions (EVIs) are an essential component of modern approaches to the treatment of peripheral arterial disease (PAD), abdominal aortic aneurysms, arteriovenous malformations and congenital vascular malformations. They are most often performed with the help of iodinated contrast agents, which, however, can cause (hyperreactivity) adverse effects on the patient [5, 13].

Risk groups

The two most common categories of reactions include allergic and dose-dependent reactions. Dose-related reactions usually include self-limiting systemic reactions due to contrast loading, such as acute kidney injury after contrast administration, especially in patients with some form of renal dysfunction.

Renal dysfunction in these patients is often associated with shared risk factors such as diabetes, hypertension, and atherosclerosis. Among patients with atherosclerosis, studies have shown that approximately 30-50% of individuals also have some degree of renal impairment, ranging from mild renal dysfunction (e.g., reduced glomerular filtration rate or GFR) to chronic renal failure and end-stage renal disease (ESRD).

The second group of patients at risk for endovascular treatment are patients allergic to iodinated contrast agents and those with a history of anaphylaxis. Allergic contrast reactions range from mild rash to anaphylaxis. Anaphylaxis includes acute bronchospasm, profound hypotension, and severe urticaria within minutes of contrast administration. Although pretreatment protocols have been developed

маляване на честотата и тежестта на тези реакции, има много пациенти, които биха имали полза от пълното избягване на контрасти, съдържащи йод, особено в ситуации, при които е необходима незабавна ангиография.

Специфичен подход

Един алтернативен подход е ангиография с въглероден диоксид (CO_2). CO_2 е единственото доказано безопасно контрастно вещество при пациенти с бъбречна недостатъчност и свръхчувствителност към йодирана контрастна материя. С появата на техниката **дигитална субтракционна ангиография** през 80-те години на XX век CO_2 се превърна в безопасно и полезно контрастно средство за съдово изобразяване. Сега CO_2 се използва широко като вътресъдов контрастен агент както в артериалното, така и във венозното кръвообращение. Ефективността, изобразяването и интерпретацията на CO_2 ангиограмите и CO_2 -насочваната съдова интервенция зависят от познаването на свойствата на CO_2 . Въглеродният диоксид е безцветен газ без мирис, който се среща естествено в атмосферата и човешкото тяло и представлява 0,03% от въздуха и се третира така, сякаш неговото парциално налягане е нула. Плътността и атомното тегло на веществото определят дали то ще бъде повече или по-малко плътно от телесните тъкани и съответно се класифицира като положителна или отрицателна контрастна среда. Поради ниското атомно число и плътност CO_2 е отрицателен контрастен агент и следователно абсорбира рентгеновите лъчи в по-малка степен от заобикалящата кръв и съдовата стена.

CO_2 в ролята на контрастно вещество

1. *Бърз пълнен интраваскуларен клирънс:* CO_2 е силно разтворим в кръвта, като 30 ml интраваскуларен болус се разтваря напълно в рамките на 30 до 60 s. По-голямата част от циркулиращия CO_2 се елиминира от белите дробове с едно преминаване.

2. *Плаваемост:* Когато е потопен в течност, газовият мехур се издига много бързо, тъй като

to reduce the incidence and severity of these reactions, there are many patients who would benefit from avoiding ICM altogether, especially in situations where immediate angiography is required.

Specific approach

An alternative approach is carbon dioxide (CO_2) angiography. CO_2 is the only proven safe contrast agent in patients with renal insufficiency and hypersensitivity to iodinated contrast agents. With the advent of digital subtraction (DSA) in the 1980s, CO_2 has become a safe and useful contrast agent for vascular imaging. CO_2 is now widely used as an intravascular contrast agent in both the arterial and venous circulations. The effectiveness, imaging, and interpretation of CO_2 angiograms and CO_2 -guided vascular intervention depend on knowledge of the properties of CO_2 . Carbon dioxide is a colorless, odorless gas that occurs naturally in the atmosphere and the human body, constituting 0.03% of air, and is treated as if its partial pressure were zero. The density and atomic weight of the substance determine whether it will be denser than body tissues and is classified as a positive or negative contrast medium, respectively. Due to its low atomic number and density, CO_2 is a negative contrast agent and therefore absorbs X-rays to a lesser extent than the surrounding blood and vessel wall.

As a contrast agent

1. *Rapid complete intravascular clearance:* CO_2 is highly soluble in blood, with a 30 ml intravascular bolus completely dissolving within 30 to 60 s. Most of the circulating CO_2 is eliminated from the lungs in a single pass.

2. *Buoyancy:* When immersed in a liquid, a gas bubble rises very quickly because the up-

насочената нагоре сила, упражнявана от течността, е много по-силна от теглото на CO₂. Това свойство се нарича плаваемост, което означава че въглеродният двуокис плава върху кръвта.

3. *Свърхнисък вискозитет/висока дифузност*: CO₂ има много нисък вискозитет в сравнение с йодосъдържащите контрастни вещества, което позволява лесно ръчно инжектиране през катетри с малък отвор или дори малкото пространство между катетъра и водача. Достатъчният обем CO₂ за аортно изобразяване може лесно да се инжектира с 3 или 4 Fr диагностичен катетър.

4. *Несмесваемост и изместване на течности*: По време на интраваскуларното си инжектиране CO₂ измества кръвта, вместо да се смесва с нея. По този начин, за разлика от ICM, той не претърпява прогресивно разреждане, което позволява отлична визуализация на централните вени и други големи съдови структури с голям капацитет.

ЦЕЛ

Целта на настоящото проучване е да се оценят клиничната приложимост, диагностичната стойност и безопасността на CO₂ като контрастно средство при провеждането на различни съдови интервенции в условията на съвременната съдова хирургия. Проучването е проведено при група от 6 пациенти, при които поради висок риск от контраст-индуцирана нефропатия, бъбречна дисфункция или алергия към йодни контрастни вещества е взето решение да се използва CO₂ ангиография.

Включените в изследването пациенти са преминали през различни ендоваскуларни процедури, включително:

- **перкутанна транслуминална ангиопластика (PTA)** на периферни артерии;
- **имплантиране на стентове (стенстиране)** в областта на каротидните и периферните съдове;
- **ендоваскуларна аортна реконструкция (EVAR)** при аневризми на коремната аорта;

ward force exerted by the liquid is much stronger than the weight of the CO₂. This property is called buoyancy, which means that the carbon dioxide

3. *Ultra-low viscosity/high diffusivity*: CO₂ has a very low viscosity compared to ICM, allowing for easy manual injection through small bore catheters or even the small space between the catheter and the guidewire. A sufficient volume of CO₂ for aortic imaging can be easily injected through a 3 Fr or 4 Fr diagnostic catheter.

4. *Immiscibility and fluid displacement*: During its intravascular injection, CO₂ displaces the blood rather than mixing with it. Thus, unlike ICM, it does not undergo progressive dilution, allowing excellent visualization of central veins and other large, high-capacity vascular structures.

OBJECTIVE

The aim of this study was to evaluate the clinical applicability, diagnostic value and safety of carbon dioxide (CO₂) as a contrast agent in performing various vascular interventions in the context of modern vascular surgery. The study was conducted on a group of 6 patients in whom, due to a high risk of contrast-induced nephropathy, renal dysfunction or allergy to iodinated contrast agents, a decision was made to use CO₂ angiography.

The patients included in the study underwent various endovascular procedures, including:

- **Percutaneous transluminal angioplasty (PTA)** of peripheral arteries;
- **Implantation of stents (stenting)** in the area of carotid and peripheral vessels;
- **Endovascular aortic reconstruction (EVAR)** in abdominal aortic aneurysms;

– **диагностична и терапевтична интервенция** при лезии на коремната аорта и нейните клонове.

Проучването има за **цел**:

- Да се оцени **качеството на визуализацията** на съдовите структури с CO₂ ангиография в различни анатомични области – периферни съдове, каротидни артерии и коремна аорта.

- Да се анализира **ефективността на CO₂ като контрастно средство** при технически предизвикателни интервенции, като EVAR и стентирание.

- Да се отчете възникването на **възможни интра- и постпроцедурни усложнения**, свързани с употребата на CO₂.

- Да изследва **толерантността и безопасността** на метода спрямо стандартите за ангиографски изследвания.

- Да се постави началото на систематизиране на клиничен опит с CO₂ в съдовата хирургия в контекста на българската медицинска практика.

Чрез сравнителен анализ на получените образи и клиничните резултати, настоящото проучване цели да допринесе към натрупващите се доказателства в литературата за ролята на CO₂ ангиографията като надеждна и щадяща алтернатива при пациенти с противопоказаня за йодосъдържащи контрастни вещества.

МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

Общи принципи в CO₂ ангиографията

Мониторинг на пациента

- Интраоперативното наблюдение включва проследяване на електрокардиограма, сатурация и жизнени показатели. В допълнение, при интубирани пациенти трябва да се наблюдава капнографията, която се определя като графично и цифрово представяне на издишания CO₂ по време на дихателния цикъл. Капнографията е полезна по време на CO₂ ангиографията, тъй като позволява проследяване на вентилационните и хемодинамичните функции в реално време. Неинвазивната микропоточна

– **Diagnostic and therapeutic intervention** in lesions of the abdominal aorta and its branches.

The study **aims** to:

- To assess the **quality of visualization** of vascular structures with CO₂ angiography in different anatomical areas – peripheral vessels, carotid arteries and abdominal aorta;

- To analyze the **effectiveness of CO₂ as a contrast agent** in technically challenging interventions, such as EVAR and stenting;

- To consider the occurrence of **possible intra- and post-procedural complications** associated with the use of CO₂;

- To investigate the **tolerance and safety** of the method in relation to the standards for angiographic studies;

- To initiate the systematization of clinical experience with CO₂ in vascular surgery in the context of Bulgarian medical practice.

Through a comparative analysis of the obtained images and clinical outcomes, the present study aims to contribute to the accumulating evidence in the literature on the role of CO₂ angiography as a reliable and gentle alternative in patients with contraindications to iodinated contrast agents.

MATERIALS AND METHODS

General Principles in CO₂ Angiography

Patient Monitoring

- Intraoperative monitoring includes monitoring of electrocardiogram, saturation, and vital signs. In addition, intubated patients, capnography, which is defined as a graphical and numerical representation of exhaled CO₂ during the respiratory cycle, should be monitored. Capnography is useful during CO₂ angiography because it allows real-time monitoring of ventilatory and hemodynamic functions. Noninvasive microflow capnography can also

капнография може също да бъде използвана при неинтубирани пациенти, когато те имат съпътстващи белодробни заболявания. Въпреки че капнографията остава недостатъчно използвана по време на процедури, извършвани при съзнателна седация, нейната употреба силно се препоръчва, когато се очаква използването на голям обем CO_2 или при пациенти с висок риск. Капнографията може да осигури оценка в реално време на състоянието на вентилацията и общата перфузия, както и показания, които не са налични чрез конвенционални средства за мониторинг, като централна хиповентилация, обструкция на дихателните пътища, апнея и въздушна емболия, като по този начин позволява навременно лечение. Освен това, тъй като елиминирането на CO_2 е силно зависимо от сърдечния дебит, капнографията може да се използва за проследяване на малперфузия.

Силната седация трябва да се избягва на всяка цена по време на CO_2 ангиография. Съдействието на пациента при задържане на дъха е от първостепенно значение по време на абдоминална CO_2 ангиография поради влошаване на извадените изображения от артефакт на движение. По същия начин дисталните изображения на CO_2 на долните крайници са силно повлияни от артефакт на движение при несътрудничещ пациент, който изпитва дискомфорт в крайниците по време на инжектиране. Нещо повече, появата на респираторна депресия или хипотония – и двете важен признак на замърсяване на въздуха, може да се обърка с неблагоприятни ефекти от дълбока съзнателна седация. При пациент, който не сътрудничи, общата анестезия понякога може да бъде по-безопасна и по-целесъобразна [4, 9].

Платформи и техника за доставка

Несъмнено е необходимо да се приемат добре дефинирани стандарти за показанията, методите на употреба, включително платформи за доставяне, дозиране и скорост на доставяне, допълнителни техники и предпазни мерки.

Въпреки че е достъпна повече от три десетилетия, CO_2 ангиографията остава до голяма степен не стандартизирана дисциплина, но

be used in nonintubated patients with concomitant pulmonary disease. Although capnography remains underutilized during procedures performed under conscious sedation, its use is strongly recommended when large volumes of CO_2 are expected or in high-risk patients. Capnography can provide real-time assessment of ventilation and overall perfusion status, as well as indications not available with conventional monitoring tools, such as central hypoventilation, airway obstruction, apnea, and air embolism, thus allowing for timely treatment. In addition, because CO_2 elimination is highly dependent on cardiac output, capnography can be used to monitor malperfusion.

Heavy sedation should be avoided at all costs during CO_2 angiography. Patient cooperation in holding breath is paramount during abdominal CO_2 angiography because of the deterioration of extracted images due to motion artifact. Similarly, distal CO_2 images of the lower extremities are highly affected by motion artifact in an uncooperative patient who experiences limb discomfort during injection. Furthermore, the appearance of respiratory depression or hypotension, both important signs of air pollution, may be confused with adverse effects of deep conscious sedation. In an uncooperative patient, general anesthesia may sometimes be safer and more appropriate [4, 9].

Delivery Platforms and Techniques

There is a clear need to adopt well-defined standards for indications, methods of use, including delivery platforms, dosage and rate of delivery, additional techniques, and precautions.

Although available for more than three decades, CO_2 angiography remains a largely unstandardized discipline, with general well-ac-

има общи добре приети принципи в зависимост от конкретното приложение.

• **Количество на използван газ:** Например обикновено се изискват по-големи обеми CO₂ в случаи, при които трябва да се измести по-голям обем кръв, като централна венография или аортно изобразяване (30-60 mL), в сравнение с фокусирано изобразяване на един съдов сегмент, като например бъбречна или феморопоплитеална артерия, където обикновено е достатъчен обем от 10 до 15 mL.

– *Скоростта на инжектиране* е друга променлива, която трябва да бъде съобразена с приложението.

– Важна е също така и *позицията на пациента*.

– *Допълнителни позиционни маневри*, които могат да се използват за подобряване на запълването на прицелния съдов сегмент. В този случай плаваемостта често може да бъде изгодна за изобразяване на клонове, произхождащи от предната повърхност на аортата, като горната мезентериална и трункус целиакус, които се изобразяват с малки обеми CO₂. Въпреки това теоретично е неблагоприятно за задните съдове като лявата бъбречна и вътрешната илиачна артерия. Това свойство на газа обикновено е несъществено, когато съдът, който трябва да се изобрази, е с диаметър < 10 mm, тъй като газовите мехурчета са склонни да изместват кръвта в > 80% от лумена. Въпреки това, когато се инжектира в голям съд като аортата или долната празна вена (IVC), мехурът CO₂ плава по предна повърхност на съда, с непълно изместване на кръвта по протежение на задната част. Когато това се случи, въртенето на масата, накланянето или повторното позициониране на пациента са ефективни маневри, използвани за подобряване на запълването на задните клонове. Например, ако газът не успее да изпълни добре бъбречната артерия в легнало положение, пациентът или ангиографската маса се завъртат, което позволява по-добро изобразяване. Ако и след такъв подход бъбречната артерия остане незапълнена, може да се предприеме катетеризация

accepted principles depending on the specific application.

• **Amount of gas used:** For example, larger volumes of CO₂ are typically required in cases where a larger volume of blood must be displaced, such as central venography or aortic imaging (30-60 mL), compared to focused imaging of a single vascular segment, such as the renal or femoropopliteal artery, where a volume of 10 to 15 mL is usually sufficient.

– *The injection rate* is another variable that must be tailored to the application.

– *The patient's position* is also important.

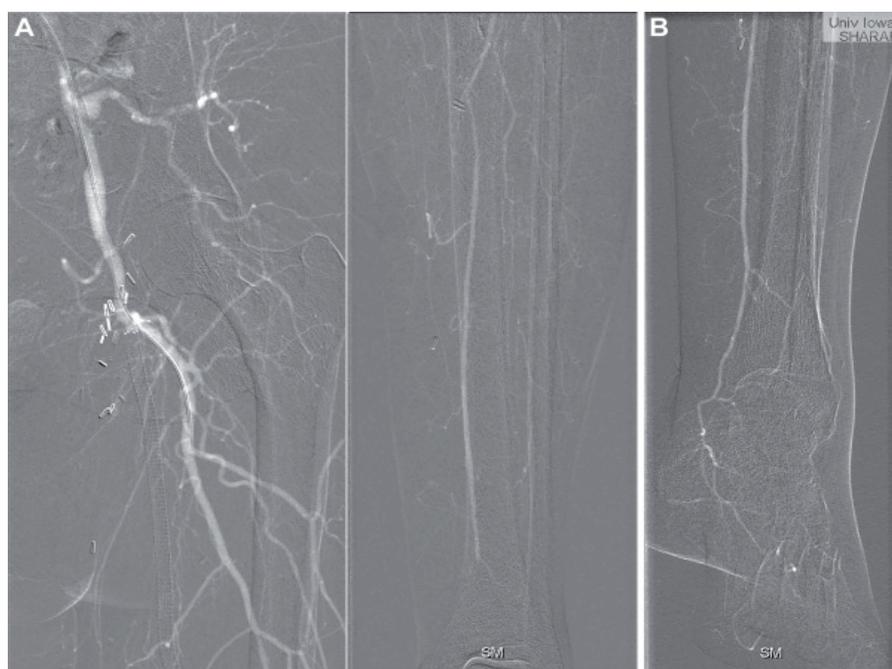
– *Additional positional maneuvers* that can be used to improve filling of the target vascular segment. In this case, buoyancy can often be advantageous for imaging branches originating from the anterior surface of the aorta, such as the superior mesenteric and ciliary trunks, which are imaged with small volumes of CO₂. However, it is theoretically disadvantageous for posterior vessels such as the left renal and internal iliac arteries. This property of the gas is usually insignificant when the vessel to be imaged is < 10 mm in diameter, as gas bubbles tend to displace blood in > 80% of the lumen. However, when injected into a large vessel, such as the aorta or inferior vena cava (IVC), the CO₂ bubble flows along the anterior surface of the vessel, with incomplete displacement of blood along the posterior aspect. When this occurs, table rotation, tilting, or repositioning of the patient are effective maneuvers used to improve filling of the posterior branches. For example, if the gas fails to fill the renal artery well in the supine position, the patient or angiographic table is rotated, allowing better imaging. If the renal artery remains unfilled after this approach, catheterization of the

на артерията и селективно инжектиране със специални катетри. За подобряване на визуализацията на съдовете под коляното, които могат да бъдат неоптимально визуализирани в легнало положение наклоняването на масата в позиция на Trendelenburg или повдигането на долния крайник от 15° до 20° може да оптимизира инфрагенулатното дистално запълване.

• **Катетър за доставка** – Тъй като е отрицателен контраст, доставянето чрез катетър работи най-добре за минимизиране на дисперсията на CO₂ при болусно приложение. Въпреки това може да се използва всеки лумен, било то игла, канюла, катетър, дезиле или дори минималното пространство между водача и катетъра. Операторът трябва да вземе предвид нужния обем на CO₂, обема на кръвта, която трябва да бъде изместена, и посоката и хода на отделящите се аортни клонове. Тези фактори определят необходимостта от въртене на тялото на пациента или масата, наклоняване на масата, позициониране на C-рамото и необходимостта от допълнителни маневри за подобряване на визуализацията.

artery and selective injection with special catheters can be undertaken. To improve visualization of vessels below the knee, which may be suboptimally visualized in the supine position, tilting the table to Trendelenburg or elevating the lower extremity 15° to 20° may optimize infrageniculate distal filling.

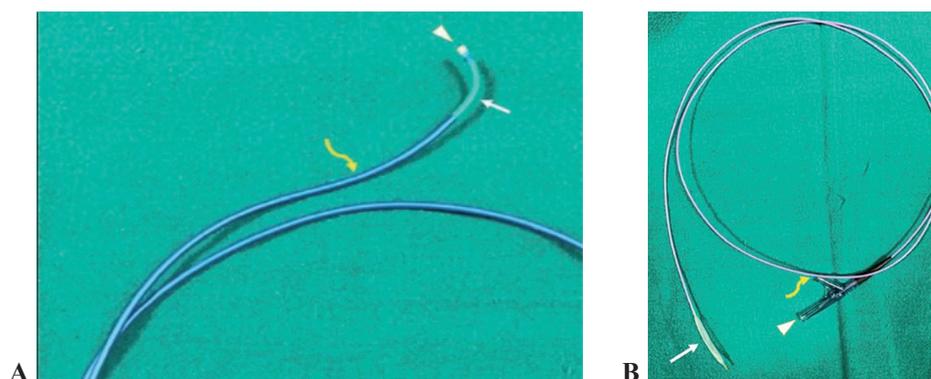
• **Delivery Catheter** – As a negative contrast, delivery via catheter works best to minimize dispersion of carbon dioxide during bolus administration. However, any lumen can be used, be it a needle, cannula, catheter, desile, or even the minimal space between the guidewire and the catheter. The operator must consider the volume of CO₂ required, the volume of blood to be displaced, and the direction and course of the aortic branches being delivered. These factors determine the need for rotation of the patient or table, tilting of the table, positioning of the C-arm, and the need for additional maneuvers to improve visualization.



Фиг. 1. А) Ангиограма с CO₂ с 4 Fr катетър, позициониран в лявата артерия profunda femoris, показва възстановяване на подколелната трифуркация чрез колатерали при наличие на пълна облитерация на подколелната артерия. Втората снимка показва неоптимально изобразяване на тибиялни артерии; **В)** Елевация на крака до 20° с помощта на две възглавници позволява отлично запълване на подколелните съдове, като по този начин демонстрира осъществимостта на дистална байпасна присадка за реваascularизация

Fig. 1. A) CO₂ angiogram with a 4 Fr catheter positioned in the left profunda femoris artery shows restoration of the popliteal trifurcation by collaterals in the presence of

complete popliteal artery obliteration. The second image shows suboptimal imaging of the tibial arteries; **B)** Elevation of the leg to 20° using two pillows allows excellent filling of the popliteal vessels, thus demonstrating the feasibility of a distal bypass graft for revascularization



Фиг. 2. Видове катетри, използвани в практиката на съвременния съдов хирург: **A)** Бъбречен водещ катетър с двойна извивка и незаострен връх (стрелка) с първични (бяла стрелка) и вторични извивки (жълта извита стрелка). **B)** Балонен катетър с водач. Притежава два лумена, страничен порт (жълта стрелка) за инфлатор на балона и вграден порт (стрелка) за водача. Бялата стрелка показва върха на катетъра с изпуснат балон

Fig. 2. Types of catheters used in the practice of the modern vascular surgeon: **A)** Renal guiding catheter with double bend and blunt tip (arrow) with primary (white arrow) and secondary bends (yellow curved arrow); **B)** Balloon catheter with guidewire. It has two lumens, a side port (yellow arrow) for balloon inflator and an integrated port (arrow) for guidewire. The white arrow shows the tip of the catheter with the balloon deflated

• **Апаратура и оборудване** – Операционните на отделение по съдова хирургия към МБАЛ „Сърце и мозък“, са оборудвани с **ангидроид** – компютризиран CO₂ инжектор от ново поколение, който е надежден, универсален и лесен за използване. Удобният за потребителя интерфейс на инжектора позволява на операторите да използват предварително зададени параметри, да запазват персонализираните настройки и да използват функцията за бързо автоматично презареждане за бързи, 30-секундни цикли на инжектиране. Устрой-

• **Equipment and facilities** – The operating rooms of the Vascular Surgery Department at the “Heart and Brain” Hospital are equipped with **Anhydroid** – a new generation computerized CO₂ injector that is reliable, versatile and easy to use. The injector’s user-friendly interface allows operators to use preset parameters, save personalized settings and use the fast automatic refill function for fast, 30-second injection cycles. The device calculates the amount of gas that needs to be injected into



Фиг. 3. CO₂ инжектор – ангидроид

Fig 3. CO₂ injector – Anhydroid

ството изчислява количеството газ, което трябва да се инжектира в съда и съответно извършва автоматична апликация, проверява чистотата на CO₂ и определя доставения обем и налягането на впръскване. Това високо ниво на автоматизация дава известна доза комфорт на нашите хирурзи, повишавайки общата ефективност при извършване на сложни и продължителни операции като EVAR и FEVAR.

Показания и предимства

Основното предимство на CO₂ като контрастен агент е липсата на бъбречна токсичност и анафилактичен отговор. Следователно той е предпочитаният алтернативен контрастен агент при пациенти с бъбречна недостатъчност и алергия към контраста. Тъй като CO₂ се елиминира от белите дробове с едно преминаване, могат да се използват неограничени количества.

Целият спектър от ендоваскуларни интервенции може да бъде извършен, включително балонна ангиопластика, стентирание, атеректомия и всеки друг вид интервенция, изискваща интраваскуларно луминално изобразяване.

Визуализация на колатерални пътища.

Важен компонент от ангиографската оценка при артериална и венозна оклузивна болест. Освен това сегменти, дистално от пълни оклузии, също могат да бъдат визуализирани, което позволява по-добра оценка на опциите за реваascularизация.

Венография. Свойствата на CO₂ с нисък вискозитет, несмесване и изместване на течности позволяват лесно и безопасно доставяне на голям неразреден болус, което позволява ясна визуализация на централните вени с голям капацитет, по начин, превъзхождащ йодосъдържащите вещества. При наличие на тотална централна венозна оклузия CO₂ лесно демонстрира двустранни колатерални пътища от точката на инжектиране и позволява визуализация на дисталните съдови сегменти отвъд оклузията. Периферната венография може лесно да се извърши чрез малка игла, поставена в периферна вена.

the vessel and accordingly performs automatic application, checks the purity of the CO₂ and determines the delivered volume and injection pressure. This high level of automation gives a certain amount of comfort to our surgeons, increasing the overall efficiency when performing complex and lengthy operations such as EVAR and FEVAR.

Indications and advantages

The main advantage of CO₂ as a contrast agent is the lack of renal toxicity and anaphylactic response. Therefore, it is the preferred alternative contrast agent in patients with renal failure and allergy to contrast. Since CO₂ is eliminated from the lungs in a single pass, unlimited quantities can be used.

The entire spectrum of endovascular interventions can be performed, including balloon angioplasty, stenting, atherectomy, and any other type of intervention requiring intravascular luminal imaging.

Visualization of collateral pathways. An important component of angiographic evaluation in arterial and venous occlusive disease. In addition, segments distal to complete occlusions can also be visualized, allowing better evaluation of revascularization options.

Venography. The low viscosity, non-mixing, and fluid-displacing properties of CO₂ allow for easy and safe delivery of a large undiluted bolus, allowing clear visualization of high-capacity central veins in a manner superior to ICM. In the presence of total central venous occlusion, CO₂ readily demonstrates bilateral collateral pathways from the injection site and allows visualization of distal vascular segments beyond the occlusion. Peripheral venography can be easily performed through a small needle inserted into a peripheral vein.

EVAR. Вече има достатъчно доказателства, че CO₂ може да се използва като основен контрастен агент по време на *EVAR*, което позволява > 80% намаление на използваното количество йод. Прилагането на CO₂ като основен образен метод по време на *EVAR* на руптурирала AAA също е докладвано. В допълнение към липсата на нефротоксичност, CO₂ предлага редица уникални предимства, включително отлично запълване на бъбречните и мезентериалните клонове, дори при пациенти с циркулаторен колапс. При хемодинамично нестабилна руптура на AAA, където е разгърнат проксимален оклузионен балон, газът може лесно да се приложи през страничното рамо на дезилето, за да направлява точното позициониране на ендопротезата.

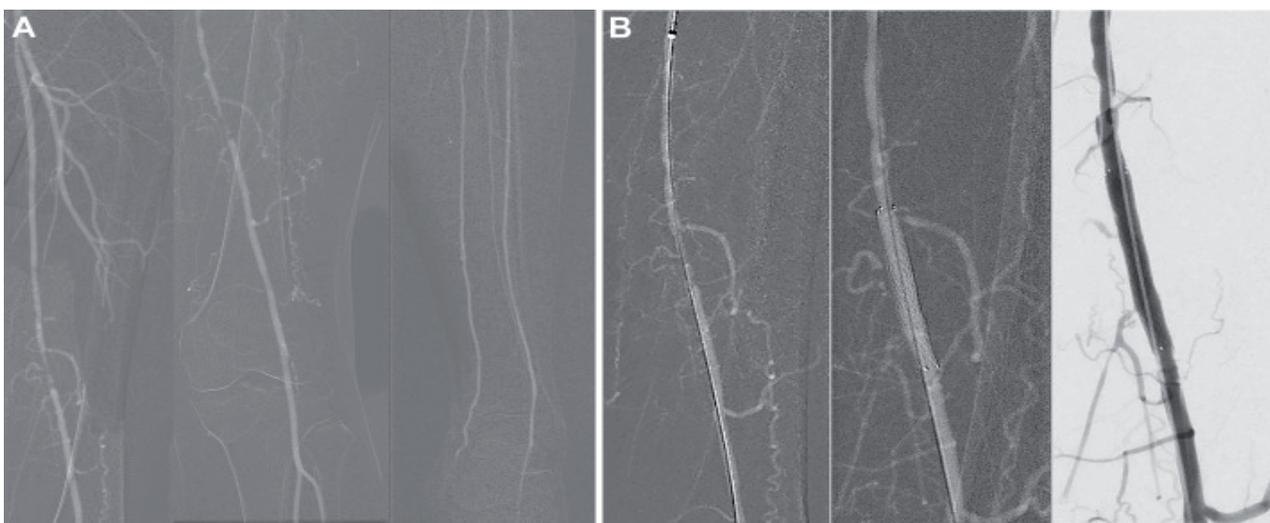
Контраиндикации

CO₂ не трябва да се използва като контрастен агент за изобразяване на гръдната аорта, коронарни артерии и мозъчното кръвообращение поради неговата потенциална нефротоксичност

EVAR. There is now ample evidence that CO₂ can be used as the primary contrast agent during *EVAR*, allowing for a > 80% reduction in the amount of ICM used. The use of CO₂ as the primary imaging modality during *EVAR* of ruptured AAA has also been reported. In addition to the lack of nephrotoxicity, CO₂ offers a number of unique advantages, including excellent filling of the renal and mesenteric branches, even in patients with circulatory collapse. In hemodynamically unstable ruptured AAA where a proximal occlusion balloon is deployed, gas can be easily administered through the lateral arm of the stent to guide precise positioning of the stent.

Contraindications

CO₂ should not be used as a contrast agent for imaging the thoracic aorta, coronary arteries, and cerebral circulation due to its potential neurotoxicity and gas embolism of the coronary



Фиг. 4. Селективна ангиограма с CO₂ на ляв долен крайник при пациент с хронично бъбречно заболяване (СКД) и единичен бъбрек с незарастваща рана на 5-и пръст на ляво стъпало: **А)** Забелязва се фокална оклузия на a. femoralis superficialis; **В)** Лезията се преминава и се поставя стент. Само 5 mL разрежена йодирана контрастна среда (ICM) са използвани за контролна ангиография. Отбелязва се по-добрата визуализация на елементите на стента при CO₂ ангиография поради по-ниската радиоплътност на CO₂

Fig. 4. Selective carbon dioxide (CO₂) angiogram of the left lower extremity in a patient with chronic kidney disease (CKD) and a solitary kidney with a left toe ulcer. **A)** Focal occlusion of the superficial femoral artery is noted; **B)** The lesion is transected and a stent is placed. Only 5 mL of diluted iodinated contrast medium (ICM) is used for control angiography. Better visualization of the stent elements is noted with CO₂ angiography due to the lower radiodensity of CO₂

и газова емболия на коронарните артерии, причиняваща миокардна исхемия. Клинично се срещат припадъци и загуба на съзнание, когато CO₂ попада в гръдната аорта и церебралната циркулация след инжектиране в брахиалната артерия.

Тъй като CO₂ е отрицателен контрастен агент, изобразен с помощта на техниката DSA, газовете в червата и перисталтиката, както и други движения влошават изображенията. Плаваемостта на CO₂ причинява непълно запълване на съдовете в зависимост от размера на съда и местоположението на зоната на интерес.

При изобразяване на диализна фистула и присадка, трябва да се инжектира във венозния край на присадката или фистулата ѝ, за да се предотврати обратен ток на газа в брахиалните и субклавиалните артерии. CO₂ не трябва да се инжектира в коремната аорта, когато главата на пациента е в повдигната позиция, тъй като газът може да тече в посока, обратна на кръвния поток, особено при хипопластична аорта при деца.

РЕЗУЛТАТИ

В проучването участват пациенти от 64 г. до 81 г. като двама от тях са жени и четирима – мъже. Всички пациенти са диагностицирани със значими съдови заболявания, включително и със съпътстващи заболявания, налагащи използването на CO₂ итраоперативна ангиография за извършване на ангиопластика или стентирание на периферни съдове и един от тях показан за EVAR. Всички процедури са извършени с местна упойка на мястото на пункционния достъп или спинална анестезия при по-комплексния EVAR. Клиничните характеристики на пациентите са представени на табл. 1. На табл. 2 е представено въздействието на процедурата върху лабораторните изследвания на пациента

Всички пациенти, участвали в изследването, са претърпели ендovasкуларно лечение с абсолютен успех и минимално повлияни ла-

arteries causing myocardial ischemia. Clinically, seizures and loss of consciousness have occurred when CO₂ enters the thoracic aorta and cerebral circulation after injection into the brachial artery.

Since CO₂ is a negative contrast agent imaged using the DSA technique, intestinal gas and peristalsis, as well as other movements, degrade CO₂ images. The buoyancy of CO₂ causes incomplete filling of vessels depending on the size of the vessel and the location of the area of interest.

Clinically, seizures and loss of consciousness have occurred when CO₂ enters the thoracic aorta and cerebral circulation after injection into the brachial artery. When imaging a dialysis fistula and graft, it should be injected into the venous limb of the graft or fistula and at the arterial anastomosis to prevent gas reflux into the brachial and subclavian arteries. CO₂ should not be injected into the abdominal aorta when the patient's head is in an elevated position, as the gas may flow in a direction opposite to the blood flow, especially in hypoplastic aorta in children.

RESULTS

The study included patients aged 64 to 81 years, 2 of whom were women and 4 were men. All patients were diagnosed with significant vascular disease, including comorbidities requiring the use of CO₂ intraoperative angiography for angioplasty or stenting of peripheral vessels, and one of whom was indicated for EVAR. All procedures were performed with local anaesthesia at the puncture site or spinal anaesthesia for the more complex EVAR. The clinical characteristics of the patients are presented in Table 1. Table 2 shows the impact of the procedure on the patient's laboratory tests.

All patients in the study underwent endovascular treatment with absolute success and minimally affected laboratory parameters. The

Таблица 1. Клинични характеристики на пациентите // **Table 1.** Clinical characteristics of the patients

Пол	Възраст (години)	Основна диагноза	Придружаващи заболявания	Спешност	Индикации за операция
Gender	Age (years)	Diagnose	Accompanying diseases	Emergency	Indications
Мъж	73	Стенозис АИЕ декс. и АИЕ син.	АХ, ИБС, исхемична КМП	Планов прием	Критично клаудикационно разстояние
Male		Stenosis AIE dex. et AIE sin	AH, CHD, ischemic CMP	Non-emergency	Critical claudication.
Мъж	63	Стенозис АИЕ син. тромбозис хроника АФС и АП син.	АХ, БН	Спешен прием	Болка в покой
Male		Stenosis AIE sin. Thrombosis chronica AFS et AP sin.	AH, CKD	Emergency	Pain in rest
Мъж	67	Тромбозис хроника АФС декс.; гангрена дигити V педис декс.	ИБС, НИЗЗД, АХ, ИМИ	Спешен прием	Загиване на тъкани вследствие нарушено кръвообращение
Male		Thrombosis chronica AFS sin.; gangrena digiti i V pedis dex.	CHD, NIDDM, AH, IS	Emergency	Tissue necrosis due to impaired blood circulation
Жена	81	Стенозис АП и АТП декс.; гангрена сикка дигити I педис декс.	АХ, ЗД, ИМИ	Спешен прием	Загиване на тъкани вследствие нарушено кръвообращение
Female		Stenosis AP et ATP dex.; gangrena sikka digiti I pedis dex.	AH, diabetes, IS	Emergency	Tissue necrosis due to impaired blood circulation
Мъж	72	ААА с руптура	Карцином на пикочен мехур, АХ, пълен ДББ	Спешен прием	Руптурирала ААА
Male		ААА with rupture	Bladder CA, AH, full DBB	Emergency	Ruptured AAA
Жена	81	Стенозис АП декс.	АХ, ЗД, ИМИ	Планов прием	Незарастващи рани
Female		Stenosis AP	AH, diabetes, IS	Non-emergency	Non-healing wounds

ААА – аневризма на абдоминална аорта; АП – артерия поплитеа; АИЕ – артерия илиака екстерна; АФС – артерия феморалис суперфициалис; АТП – артерия тибалис постериор; АХ – артериална хипертония; БН – бъбречна недостатъчност; ЗД – захарен диабет; ИМИ – исхемичен мозъчен инсулт; ИБС – исхемична болест на сърцето; ИКМП – исхемична кардиомиопатия; ДББ – десен бедрен блок; НИЗЗД – неинсулинозависим захарен диабет

AAA – abdominal aortic aneurysm; AP – popliteal artery; AIE – external iliac artery; AFS – superficial femoral artery; ATP – posterior tibial artery; AH – arterial hypertension; RF – renal failure; DM – diabetes mellitus; IS – ischemic stroke; IHD – ischemic heart disease; ICMP – ischemic cardiomyopathy; RBB – right bundle branch block; NIDD – Non-insulin-dependent diabetes mellitus; CHD – chronic heart disease

Таблица 2. Въздействие на процедурата върху лабораторните изследвания на пациента

Table 2. Presents the impact of the procedure on the patient's laboratory tests

	Пациент 1	Пациент 2	Пациент 3	Пациент 4	Пациент 5	Пациент 6
	Patient 1	Patient 2	Patient 3	Patient 4	Patient 5	Patient 6
Пол	Жена	Мъж	Мъж	Мъж	Мъж	Жена
Gender	Female	Male	Male	Male	Male	Female
Възраст (год.)	81	73	63	67	72	81
Age (years)						
Извършена операция	ПТА АП и АТА декс	ПТА АИЕ и АФС син.	ПТА АИЕ, АФС и АП син.	ПТА АФС син.	ЕВАР ААА	ПТА АП декс.
Done procedure	PTA AP et ATP dex.	PTA AIE et AFS sin.	PTA AIE, AFS et AP sin.	PTA AFS sin.	EVAR AAA	PTA AP dex.
Преоп. креатинин // Pre-operative creatinine $\mu\text{mol/l}$	383.0	250.0	190.0	264.0	133.0	357.0

	Пациент 1	Пациент 2	Пациент 3	Пациент 4	Пациент 5	Пациент 6
	Patient 1	Patient 2	Patient 3	Patient 4	Patient 5	Patient 6
Преоп. уреа // Pre-operative urea mmol/l	23.3	14.6	16.2	17.5	7.9	25.6
Преоп. eGFR // Pre-operative eGFR	9	21	32	21	46	10
Преоп. HGB // Pre-operative HGB g/l	75.0	112.0	142.0	148.0	98.0	85.0
Постоп. креатинин // Post-operative creatinine μ mol/l	367.0	216.0	237.0	252.0	117.0	332.0
Постоп. уреа // Post-operative urea mmol/l	22.8	12.0	18.8	15.5	7.0	24.3
Пост-оп. eGFR // Post-operative eGFR ml/min	9	21	24	18	53	10
Постоп. HGB // Post-operative HGB g/l	88.0	109.0	137.0	135.0	92.0	94.0

бораторни показатели. Операциите са извършени под локална инфилтрационна или спинална анестезия, без следоперативен ефект от обща венозна анестезия. Няма болков синдром и нужда от назначаване на антибиотична терапия. Поради минимално инвазивната техника следоперативния период при всички болни протече гладко, при респираторна и хемодинамична стабилност. Още на следващия ден пациентите са раздвижени без значителна помощ, под наблюдение на рехабилитатор.

ОБСЪЖДАНЕ

Когато CO₂ се използва като контрастен агент за дигитално изображение, кръвта в съда се измества от този газ. Йодираният контрастен материал, от друга страна, се смесва с кръвта. Не е известен риск от алергия или бъбречна токсичност от CO₂. Големи количества могат да бъдат инжектирани в болус до 60 ml. CO₂ се разтваря в кръвта почти 23 пъти по-бързо от кислорода при 35° C и се елиминира от белите дробове с едно преминаване. Тъй като газът е плаващ, изображенията могат да бъдат подобрени чрез преместване на съдове, които представляват интерес. Усложненията при интра-

operations were performed under local infiltrational or spinal anaesthesia, without post-operative effects of general venous anaesthesia. There were no pain syndrome and no need for antibiotic therapy. Due to the minimally invasive technique, the postoperative period in all patients proceeded smoothly, with respiratory and hemodynamic stability. The next day, the patients were put on feet without significant assistance, under the supervision of a rehabilitation therapist.

DISCUSSION

When CO₂ is used as a contrast agent for digital imaging, the blood in the vessel is displaced by this gas; iodinated contrast material, on the other hand, mixes with the blood. There is no known risk of allergy or renal toxicity from CO₂. Large amounts can be injected in a bolus of up to 60 ml. CO₂ dissolves in the blood almost 23 times faster than oxygen at 35° C and is eliminated from the lungs in a single pass. Since the gas is buoyant, images can be improved by moving vessels of interest. Complications with intravascular injection of

васкуларно инжектиране на CO₂ са редки при спазване на основните принципи на техниката.

Сравнението на нашите изследвания с данни, публикувани в утвърдени международни източници очертава ясно, че проучването ни не само е в съответствие с натрупания научен консенсус относно ролята на CO₂ ангиографията, но и допринася с уникална перспектива, извлечена от реални клинични условия в България. Това прави настоящата статия важна както от практическа, така и от научна гледна точка.

Много от ключовите публикации – като тези на Caridi et al. (2002), Cho et al. (2016), Criado et al. (2003) и систематичния преглед на McCullough et al. (2020) – се фокусират върху обобщаване на физикохимичните свойства на CO₂, неговите физиологични ефекти, методологията на приложение и риска от усложнения. Тези автори подчертават универсалните предимства на CO₂ като контрастна материя при пациенти с хронична бъбречна недостатъчност (ХБН) или с алергия към йодни контрастни средства. При всички тях се наблюдава консенсус относно безопасността и ефективността на CO₂ в интервенционалната съдова практика.

От тази гледна точка статията потвърждава досегашните данни, но и надгражда с нов, практически и локализиран принос:

1. Фокус върху високорискови пациенти.

Проучването представя серия от случаи с пациенти в IV стадий на ХБН и множество съпътстващи заболявания (диабет, исхемична болест на сърцето, периферна артериална болест), при които използването на CO₂ е не просто алтернатива, а **жизнено необходима стратегия**, избягваща допълнително бъбречно увреждане. Това съвпада с констатациите на McCullough et al., които показват, че използването на CO₂ води до значително по-нисък риск от контраст-индуцирана нефропатия (CIN).

2. **Подчертаване на образното качество и диагностична стойност.** Подобно на Criado et al., се отчита много добра визуализация на съдови структури, включително при пациенти със сложна анатомия. Посочват се кон-

CO₂ are rare when the basic principles of the technique are followed.

A comparison of the Bulgarian publication under review with established international sources clearly outlines that the article is not only in line with the accumulated scientific consensus on the role of CO₂ angiography, but also contributes a unique perspective drawn from real clinical settings in Bulgaria. This makes it important from both a practical and a scientific perspective.

Many of the key publications – such as those by Caridi et al. (2002), Cho et al. (2016), Criado et al. (2003) and the systematic review by McCullough et al. (2020) – focus on summarizing the physicochemical properties of CO₂, its physiological effects, the methodology of administration and the risk of complications. These authors emphasize the universal advantages of CO₂ as a contrast agent in patients with chronic renal failure (CKD) or with allergy to iodinated contrast agents. In all of them, there is a consensus on the safety and effectiveness of CO₂ in interventional vascular practice.

From this perspective, the article confirms the previous data, but also builds on it with new, practical and localized contributions:

1. **Focus on high-risk patients:** The study presents a case series with patients with stage IV CKD and multiple comorbidities (diabetes, ischemic heart disease, peripheral arterial disease), in whom the use of CO₂ is not just an alternative, **but a vital strategy** to avoid further renal damage. This coincides with the findings of McCullough et al., who showed that the use of CO₂ leads to a significantly lower risk of contrast-induced nephropathy (CIN).

2. **Emphasis on image quality and diagnostic value:** Like Criado et al., very good visualization of vascular structures is reported, including in patients with complex anatomy. Specific clinical interventions are indicated – such as EVAR,

кретни клинични интервенции – като EVAR, PTA и байпасна хирургия, при които CO₂ ангиографията е била от решаващо значение за оперативния успех. Това допринася към разрастването се доказателствено тяло относно чувствителността на CO₂ при диагностика на съдови патологии, особено при пациенти със съпътстващи рискове.

3. Без усложнения. При нито един от шестте случая не са наблюдавани усложнения, което кореспондира с резултатите от много по-големи проучвания и потвърждава безопасността на метода дори при ръчно приложение – при спазване на правилната техника и подбор на пациента.

4. Образователен и методологичен принос. Докладът е написан по начин, който служи не само като научен материал, но и като ръководство за въвеждане на CO₂ ангиография в нови центрове. Чрез описване на апаратура, технически стъпки и резултати, насърчава се мултидисциплинарен подход между ангиолози, съдови хирурзи, рентгенолози и нефролози.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

CO₂ може да се използва като контрастно вещество във всички артериални и венозни съдове, с изключение на гръдната аорта, коронарните артерии и церебралната циркулация. Тя може да предостави оптимална информация, необходима за диагностика и ендоваскуларна интервенция дори при минимална предоперативна подготовка. CO₂ е единственото известно безопасно контрастно средство при пациенти с контрастна алергия и бъбречна недостатъчност и може да предотврати индуцирана от контраста нефропатия. CO₂ е за предпочитане при много диагностични артериографски и ендоваскуларни интервенции, които често изискват големи количества контрастно вещество. Разбирането на свойствата на CO₂ и разработването на лесна катетеризация и техники за изобразяване са от съществено значение в практиката на CO₂ ангиография. Текущата на-

PTA and bypass surgery – in which CO₂ angiography was crucial for surgical success. This contributes to the growing body of evidence regarding the sensitivity of CO₂ in the diagnosis of vascular pathologies, especially in patients with concomitant risks.

3. No complications: No complications were observed in any of the six cases, which corresponds to the results of much larger studies and confirms the safety of the method even when applied manually – when observing the correct technique and patient selection.

4. Educational and methodological contribution: The report is written in a way that serves not only as a scientific material, but also as a guide for the introduction of CO₂ angiography in new centers. By describing the equipment, technical steps and results, a multidisciplinary approach between angiologists, vascular surgeons, radiologists and nephrologists is encouraged.

CONCLUSION

CO₂ angiography can be used as a contrast agent in all arterial and venous circulations except the thoracic aorta, coronary artery, and cerebral circulation. It can provide optimal information necessary for diagnosis and endovascular intervention even with minimal preoperative preparation. CO₂ is the only known safe contrast agent in patients with contrast allergy and renal insufficiency and can prevent contrast-induced nephropathy. CO₂ is the preferred agent for many diagnostic arteriographic and endovascular interventions that often require large amounts of contrast medium. Understanding the properties of CO₂ and developing easy catheterization and imaging techniques are es-

личност на лесни за използване, безопасни и преносими системи за доставяне на CO₂ вероятно ще разшири използването на тази модалност дори отвъд традиционните индикации за бъбречна недостатъчност и алергия към йодирани контрасти. Това проучване предоставя доказателства в подкрепа на използването на CO₂ ангиография при пациенти с ПАБ и придружаващи заболявания, изискващи конкретния подход. Като се имат предвид потенциалните ползи и минималните рискове от това допълнение в интраоперативната ангиография, ние предполагахме, че CO₂ ангиографията в момента не се използва достатъчно и трябва да се има предвид, че намалява риска от контраст-индуцирани остра бъбречна инсуфициенция и сърдечни усложнения в тази уязвима популация.

essential in the practice of CO₂ angiography. The current availability of easy-to-use, safe, and portable CO₂ delivery systems is likely to expand the use of this modality even beyond the traditional indications of renal failure and allergy to iodinated contrast agents. This study provides evidence to support the use of CO₂ angiography in patients with PAD and comorbidities requiring this approach. Given the potential benefits and minimal risks of this adjunct to intraoperative angiography, we suggest that CO₂ angiography is currently underutilized and should be considered to reduce the risk of contrast-induced acute renal failure and cardiac complications in this vulnerable population.

БИБЛИОГРАФИЯ/REFERENCES

1. Lucas S, Sievers M, Bernis K et al. CO₂ contrast-only thoracoabdominal aortic aneurysm repair with the unitary device. *Annals of Vascular Surgery – Brief Reports and Innovations*. 2023; 3(4):100229. <https://doi.org/10.1016/j.av surg.2023.100229>
2. Sharafuddin MJ, Marjan AE. Current status of carbon dioxide angiography. *J Vasc Surg*. 2017;66(2):618-637. doi: 10.1016/j.jvs.2017.03.446.
3. Lee SR, Ali S, Cardella J et al. Carbon dioxide angiography during peripheral vascular interventions is associated with decreased cardiac and renal complications in patients with chronic kidney disease. *J Vasc Surg*. 2023;78(1):201-208. doi: 10.1016/j.jvs.2023.03.029.
4. Cho KJ. Carbon Dioxide Angiography: Scientific Principles and Practice. *Vasc Specialist Int*. 2015;31(3):67-80. doi: 10.5758/vsi.2015.31.3.67.
5. Caridi JG, Hawkins IF Jr, Klioze SD, Leveen RF. Carbon dioxide digital subtraction angiography: the practical approach. *Tech Vasc Interv Radiol*. 2001;4(1):57-65. doi: 10.1053/tvir.2001.22006.
6. Vacirca A, Faggioli G, Mascoli C et al. CO₂ Automated Angiography in Endovascular Aortic Repair Preserves Renal Function to a Greater Extent Compared with Iodinated Contrast Medium. Analysis of Technical and Anatomical Details. *Ann Vasc Surg*. 2022 Apr;81:79-88. doi: 10.1016/j.avsg.2021.10.039.
7. Abdelbary MH, Mohamed AE, Abdel-Hamid A Accuracy and safety of CO₂ digital subtraction angiography during endovascular treatment of symptomatic peripheral artery occlusive disease. A prospective study on Egyptian patients Author links open overlay panel. *The Egyptian Journal of Radiology and Nuclear Medicine*. 2018;49(1): 76-84. <https://doi.org/10.1016/j.ejrn.2017.08.014>.
8. Spath P, Caputo S, Campana F et al. CO₂ Angiography in the Standard and Complex Endovascular Repair of the Abdominal Aorta-A Narrative Review of the Literature. *J Clin Med*. 2024;13(16):4634. doi: 10.3390/jcm13164634.
9. Young M, Mohan J. Carbon Dioxide Angiography. 2023 Jul 3. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. PMID: 30480977.

10. Gupta A, Dosekun AK, Kumar V. Carbon dioxide-angiography for patients with peripheral arterial disease at risk of contrast-induced nephropathy. *World J Cardiol.* 2020;12(2): 76-90. doi: 10.4330/wjc.v12.i2.76.
11. Diamantopoulos A, Patrone L, Santonocito S et al. Carbon dioxide angiography during peripheral angioplasty procedures significantly reduces the risk of contrast-induced nephropathy in patients with chronic kidney disease. *CVIR Endovasc.* 2020;3(1):9. doi: 10.1186/s42155-020-0103-z.
12. Spath P, Caputo S, Campana F et al. CO2 Angiography in the Standard and Complex Endovascular Repair of the Abdominal Aorta-A Narrative Review of the Literature. *J Clin Med.* 2024;13(16):4634. doi: 10.3390/jcm13164634.
13. McCullough PA, Wolyn R, Rocher LL, Levin RN, O'Neill WW. Acute renal failure after coronary intervention: incidence, risk factors, and relationship to mortality. *Am J Med.* 1997 Nov;103(5):368-75. doi: 10.1016/s0002-9343(97)00150-2.

✉ **Автор за кореспонденция:**
д-р Владица Динов
e-mail: dinovvladicamd@gmail.com

✉ **Author for correspondence:**
Vladitsa Dinov, MD
e-mail: dinovvladicamd@gmail.com

COVERED ENDOVASCULAR RECONSTRUCTION OF AORTIC BIFURCATION ПРОЦЕДУРИ В СЪДОВАТА ХИРУРГИЯ

*T. Самарджиев, Н. Колев, Ж. Александров, И. Милошовски, В. Динов,
В. Иванова, И. Костадинова*

МБАЛ „Сърце и Мозък“ – Плевен

Резюме. Covered endovascular reconstruction of aortic bifurcation (CERAB) е минимално инвазивна техника, предоставяща иновативен подход за лечение на оклузивни заболявания на аортната бифуркация. Методът включва използването на покрити стент-графтове за възстановяване на анатомичната структура и кръвния поток в засегнатата зона. CERAB се отличава с висока успеваемост, намален риск от усложнения и кратко време за възстановяване, което го прави подходящ избор за пациенти с хронична исхемия на долните крайници и висок хирургичен риск. В настоящата статия се представят технологията, предимствата и ограниченията на процедурата, както и анализ на клиничните резултати при група пациенти. CERAB се очертава като обещаващ метод, който може да се превърне в стандарт при лечение на сложни съдови заболявания, с потенциал за дългосрочно подобряване на качеството на живот.

Ключови думи: аортна бифуркация/лечение, минимално инвазивна техника, CERAB

COVERED ENDOVASCULAR RECONSTRUCTION OF AORTIC BIFURCATION PROCEDURES IN VASCULAR SURGERY

T. Samardzhiev, N. Kolev, Zh. Alexandrov, I. Miloshovski, V. Dinov, V. Ivanova, I. Kostadinova

MBAL "Heart and Brain" – Pleven

Abstract. The Covered Endovascular Reconstruction of Aortic Bifurcation (CERAB) is a minimally invasive technique that offers an innovative approach for the treatment of aortic bifurcation occlusive disease. The method involves the use of covered stent-grafts to restore the anatomical structure and blood flow in the affected area. CERAB is characterised by a high success rate, reduced risk of complications, and a short recovery time, making it a suitable choice for patients with chronic lower limb ischemia and high surgical risk. This article presents the technology, advantages, and limitations of the procedure, as well as an analysis of clinical outcomes in a group of patients. CERAB emerges as a promising method that could become the standard for treating complex vascular diseases, with the potential for long-term improvement in quality of life.

Key words: aortic bifurcation/treatment, minimally invasive technique, CERAB

ВЪВЕДЕНИЕ

Covered endovascular reconstruction of aortic bifurcation (CERAB) е минимално инвазивна техника, предоставяща иновативен подход за лечение на оклузивни заболявания на аортната бифуркация [1]. Съдовите заболявания, засягащи бифуркацията на коремната аорта, често са свър-

INTRODUCTION

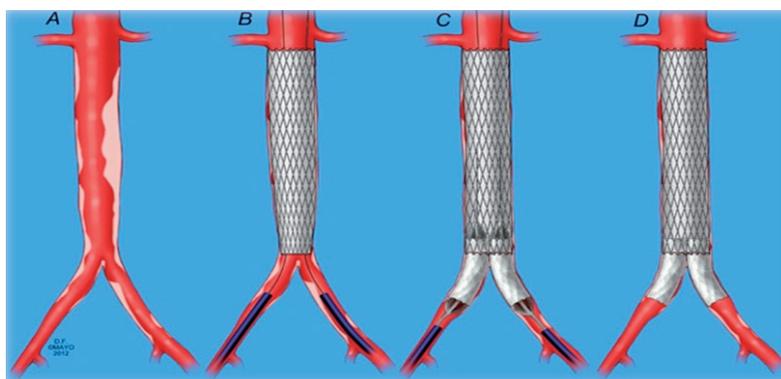
The Covered Endovascular Reconstruction of Aortic Bifurcation (CERAB) is a minimally invasive technique that offers an innovative approach for the treatment of aortic bifurcation occlusive disease [1]. Vascular diseases affecting the bifurcation of the abdominal aorta are often associat-

зани с тежка атеросклероза, водеща до оклузии или стенози [2]. Тези състояния водят до хронична исхемия на долните крайници, която значително ограничава качеството на живот и може да доведе до ампутация и дори до загуба на живота, ако не се лекува. Традиционната отворена хирургия, макар и ефективна, е свързана със значителен риск и дълъг период на възстановяване [3], особено при пациенти с придружаващи заболявания. Covered endovascular reconstruction of aortic bifurcation (CERAB), разработена като минимално инвазивна алтернатива, предлага иновативно решение за възстановяване на аортната бифуркация чрез използването на стент-графтове [4], които осигуряват стабилност, дълготрайност и физиологичен кръвен поток.

КАКВО ПРЕДСТАВЛЯВА CERAB?

CERAB е иновативна техника, която цели да възстанови нормалния кръвен поток в зоната на бифуркацията на аортата, използвайки покрити стент-графтове. Основната конфигурация на процедурата включва:

- Централен стент-графт, който се имплантира в основната аорта и служи за основа на реконструкцията.
- Два периферни стент-графта, които се поставят в лявата и в дясната илиачна артерия по техника наречена „kissing stents“, наподобявайки обърната Y-образна структура.



Фиг. 1. Етапи на процедурата CERAB, илюстриращи поставянето на централния и периферните стент-графтове. **A** – Патология на аортната бифуркация; **B** – Поставяне на централния стент-графт; **C** – Поставяне на периферните стент-графтове с техниката „целуващи се стентове“; **D** – Завършена реконструкция, имитираща обърната Y-образна структура. Източник: "Endovascular aorto-iliac bypass" using aortic stent graft components and covered stents in patients with TASC D lesions and narrow distal aortic [5]

Fig. 1. Stages of the CERAB procedure demonstrating the placement of the central and peripheral stent-grafts. **A** – Aortic bifurcation pathology; **B** – Placement of the central stent-graft; **C** – Placement of peripheral stent-grafts using the "kissing stents" technique; **D** – Completed reconstruction mimicking an inverted Y-shaped structure. Source: "Endovascular aorto-iliac bypass" using aortic stent graft components and covered stents in patients with TASC D lesions and narrow distal aortic [5]

Този метод осигурява стабилна реконструкция на съдовете, минимизира турбуленцията в кръвния поток и подобрява хемодинамичните характеристики в зоната на бифуркацията [6].

Етапи на процедурата:

1. Подготовка на пациента – процедурата изисква образна диагностика (например КТ ангиография) за оценка на анатомията на бифуркацията и планиране на интервенцията.
2. Достъп – обикновено достъпът се осигурява чрез пункция на двете бедрени артерии. В по-комплексни случаи може да се включи и достъп през ръка.
3. Имплантиране на стент-графтовете – централният стент се поставя първи, като се използва техниката "over-the-wire". След това се поставят двата периферни стента по техника "Kissing stents", които се припокриват с централния, за да се осигури херметичност и стабилност.
4. Завършване и проверка – след имплантирането на стентовете се извършва ангиографски контрол, за да се потвърди правилното позициониране и възстановяването на кръвния поток.

Индикации за процедурата

CERAB е подходяща за:

- Пациенти с оклузии или тежка стеноза на аортната бифуркация, които водят до хронична исхемия на долните крайници.
- Неуспех на предишни интервенции като ангиопластика или стентирание.
- Пациенти с висок риск от отворена хирургия, включително възрастни хора или такива със сърдечно-съдови заболявания, диабет и бъбречна недостатъчност.

Технологични предимства на CERAB

1. Реконструкция на бифуркацията – конфигурацията от три стент-графта позволява анатомично възстановяване на бифуркацията, което е ключово за дългосрочната функционалност [7].
2. По-добра хемодинамика – специалният дизайн на стентовете намалява турбуленцията и подобрява кръвния поток [8].

This method ensures stable vascular reconstruction, minimizes turbulence in blood flow, and improves the hemodynamic characteristics in the bifurcation area [6].

Stages of the Procedure:

1. Patient Preparation: The procedure requires imaging diagnostics (e.g., CT angiography) to evaluate the bifurcation anatomy and plan the intervention.
2. Access: Access is typically achieved through puncture of both femoral arteries. In more complex cases, access via the arm may also be included.
3. Stent-Graft Implantation: The central stent is placed first using the "over-the-wire" technique. This is followed by the placement of the two peripheral stents using the "kissing stents" technique, which overlaps with the central stent to ensure sealing and stability.
4. Completion and Verification: After stent implantation, angiographic control is performed to confirm proper positioning and the restoration of blood flow.

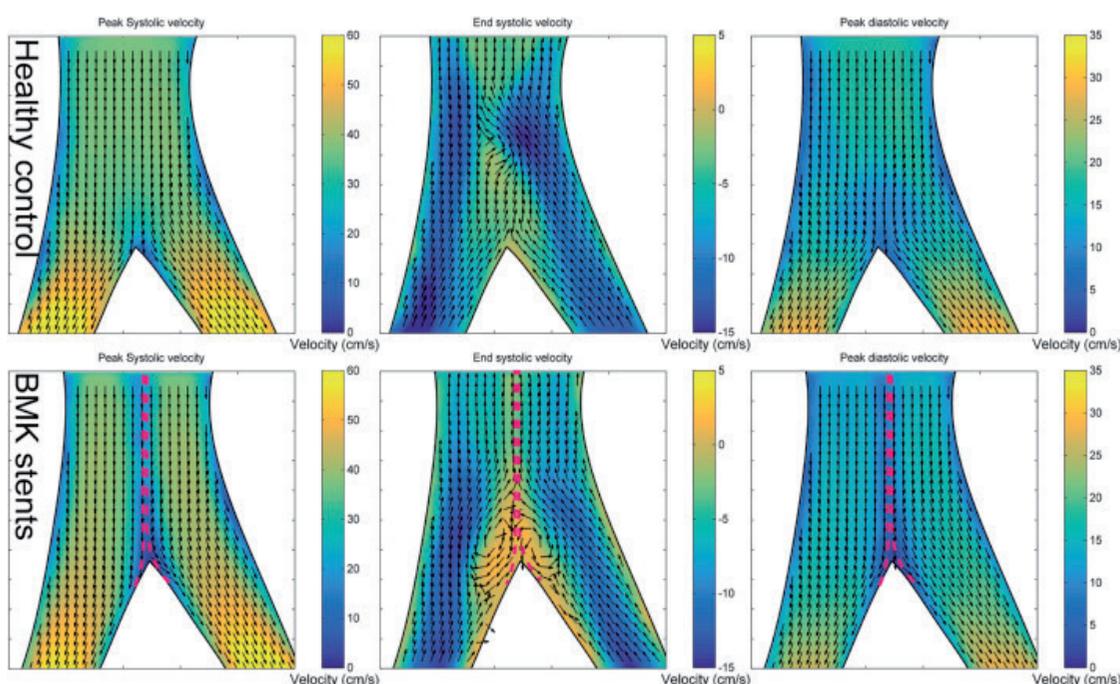
Indications for the Procedure

CERAB is suitable for:

- Patients with occlusions or severe stenosis of the aortic bifurcation leading to chronic lower limb ischemia.
- Failure of previous interventions, such as angioplasty or stenting.
- Patients at high risk for open surgery, including elderly individuals or those with cardiovascular disease, diabetes, and renal insufficiency.

Technological Advantages of CERAB

1. Bifurcation Reconstruction: The configuration of three stent-grafts enables the anatomical restoration of the bifurcation, which is essential for long-term functionality [7].
2. Improved Hemodynamics: The special design of the stents reduces turbulence and enhances blood flow [8].



Фиг. 2. Сравнение на моделите на скорост на кръвния поток между здрава контрола и BMK стентове при различни условия: пикова систолна скорост (вляво), крайна систолна скорост (в центъра) и пикова диастолна скорост (вдясно). Разпределението на скоростта е представено с цветови градиенти и вектори на потока (Източник: Jebbink EG, Mathai V, Boersen JT et al. Hemodynamic comparison of stent configurations used for aortoiliac occlusive disease. J Vasc Surg. 2017;66(1):251-260 [9])

Fig. 2. Comparison of flow velocity patterns between healthy control and BMK stents under different conditions: Peak systolic velocity (left), End systolic velocity (center), and Peak diastolic velocity (right). Velocity distribution is represented with color gradients and flow vectors (Source: Adapted from Erik Groot Jebbink, Varghese Mathai, Johannes T. Boersen, Chao Sun, Cornelis H. Slump, Peter C.J.M. Goverde, Michel Versluis, Michel M.P.J. Reijnen, Hemodynamic comparison of stent configurations used for aortoiliac occlusive disease, Journal of Vascular Surgery, Volume 66, Issue 1, 2017, Pages 251-260, e1, ISSN 0741-5214 [9])

3. Минимална травма – ендоваскуларният достъп намалява необходимостта от големи хирургични разрези, което минимизира болката и времето за възстановяване.

4. Намален риск от усложнения – по-малък риск от инфекции, кървене и образуване на cicatricis.

5. Универсалност – CERAB може да бъде адаптирана към различни анатомични особености, което я прави подходяща за широка група пациенти.

Предимства за пациента

1. По-кратък болничен престой – пациентите често се изписват в рамките на 1-2 дни.

2. По-бързо възстановяване – повечето пациенти се връщат към нормалните си дейности в рамките на седмица.

3. Minimal Trauma: Endovascular access reduces the need for large surgical incisions, minimizing pain and shortening recovery time.

4. Reduced Risk of Complications: Lower risk of infections, bleeding, and scar formation.

5. Versatility: CERAB can be adapted to various anatomical features, making it suitable for a wide range of patients.

Patient Benefits

1. Shorter Hospital Stay: Patients are often discharged within one to two days.

2. Faster Recovery: Most patients return to their normal activities within a week.

3. Намален риск от усложнения, като инфекции, кървене или дълбока венозна тромбоза.

Ограничения на процедурата

Въпреки многобройните си предимства, CERAB има някои ограничения:

- При пациенти с тежка калцификация на съдовете процедурата може да бъде технически предизвикателна [10].
- Разходите за специализираните стент-графтове и оборудване са високи [11], което може да ограничи приложението в определени здравни системи.
- Пациенти с хронична (ХБН) или остра бъбречна недостатъчност (ОБН) са високо рискови и са противопоказани, поради контрастното вещество и вредите, които то нанася върху бъбречният паренхим.

ЦЕЛ НА ПРОУЧВАНЕТО

Настоящото проучване цели да оцени ефективността, безопасността и краткосрочните клинични резултати от използването на CERAB процедурата при пациенти с тежка стеноза или оклузия на аортната бифуркация. Проучването включва петима пациенти с различна степен на артериална недостатъчност, диагностицирани и лекувани в Отделение по съдова хирургия на МБАЛ „Сърце и Мозък“ – Плевен.

Основните цели са:

- Да се анализират демографските и клиничните характеристики на пациентите.
- Да се оценят оперативните резултати, включително техническият успех на процедурата.
- Да се изследва степента на симптоматично подобрение и краткосрочната проходимост на стент-графтовете.
- Да се документират всички възникнали усложнения.

Демографски и клинични характеристики на пациентите

В проучването са включени 5-ма пациенти – четирима мъже и една жена, на възраст меж-

3. Reduced Risk of Complications: Lower incidence of infections, bleeding, or deep vein thrombosis

Procedure Limitations

Despite its numerous advantages, CERAB has certain limitations:

- In patients with severe vascular calcification, the procedure may be technically challenging [10].
- The cost of specialized stent-grafts and equipment is high, which may limit its use in certain healthcare systems [11].
- Patients with Chronic Kidney Disease (CKD) or Acute Kidney Injury (AKI) are high-risk candidates and may be contraindicated due to the contrast agent's nephrotoxic effects on renal parenchyma.

STUDY OBJECTIVE

The present study aims to evaluate the effectiveness, safety, and short-term clinical outcomes of the CERAB procedure in patients with severe stenosis or occlusion of the aortic bifurcation. The study includes five patients with varying degrees of arterial insufficiency, diagnosed and treated at the Vascular Surgery Department of MBAL “Heart and Brain” – Pleven.

The primary objectives are:

- To analyze the demographic and clinical characteristics of the patients;
- To assess the procedural outcomes, including the technical success of the procedure;
- To examine the degree of symptomatic improvement and short-term stent-graft patency;
- To document any complications that arise.

Demographic and Clinical Characteristics of the Patients

The study includes five patients – four men and one woman, aged between 59 and 65 years.

ду 59 и 65 години. Всички пациенти са диагностицирани със значими съдови патологии, включително стеноза или оклузия на аортната бифуркация, с прояви на хронична артериална недостатъчност.

Клиничните симптоми включват тежко ограничение в клаудикационното разстояние (от 5 до 150 m), наличие на незарастващи рани или гангрена на долните крайници. Всички пациенти имат съпътстващи заболявания като артериална хипертония, захарен диабет и в някои случаи – хронични сърдечно-съдови заболявания. Основните характеристики на пациентите са обобщени в табл. 1

All patients were diagnosed with significant vascular pathologies, including stenosis or occlusion of the aortic bifurcation, presenting with chronic arterial insufficiency symptoms.

Clinical symptoms include severe limitation in claudication distance (ranging from 5 to 150 meters), the presence of non-healing wounds, or gangrene in the lower limbs. All patients had comorbidities such as arterial hypertension, diabetes mellitus, and, in some cases, chronic cardiovascular diseases. The main characteristics of the patients are summarized in Table 1.

Таблица 1. Демографски и клинични характеристики на пациентите

Table 1. Demographic and Clinical Characteristics of Patients

Пациент	Пол	Възраст	Основна диагноза	Придружаващи заболявания	Симптоми
Patient	Sex	Age	Primary Diagnosis	Comorbidities	Symptoms
1	Мъж	62 г.	Стеноза на аортата и аа. илиаки комунис	Артериална хипертония, Захарен диабет	Клаудикационно разстояние 20–30 m
	Male	62 y	Stenosis of aorta and common iliac arteries	Arterial hypertension, Diabetes mellitus	Claudication distance 20–30 m
2	Мъж	63 г.	Оклузия на аортата и аа. илиаки комунис	Артериална хипертония, Улкус пилори	Клаудикационно разстояние 20 m; незарастваща рана (давност 1 месец)
	Male	63 y	Occlusion of aorta and common iliac arteries	Arterial hypertension, Pyloric ulcer	Claudication distance 20 m; non-healing wound (1 month)
3	Мъж	59 г.	Оклузия на аортата и аа. илиаки комунис	Артериална хипертония, Захарен диабет, Последници от ИМИ	Клаудикационно разстояние 15 m; влажна гангрена (давност 2 седмици)
	Male	59 y	Occlusion of aorta and common iliac arteries	Arterial hypertension, Diabetes mellitus, post-MI sequelae	Claudication distance 15 m; wet gangrene (2 weeks)
4	Мъж	63г.	Стеноза на аортата, оклузия на а. илиака син.	Артериална хипертония, Сърдечна аритмия	Клаудикационно разстояние 150 m (давност 2 години)
	Male	63 y	Stenosis of aorta, occlusion of left iliac artery	Arterial hypertension, Cardiac arrhythmia	Claudication distance 150 m (2 years)
5	Жена	65 г.	Оклузия на аортата и аа. илиаки комунис	Артериална хипертония	Клаудикационно разстояние 5-10 m (давност над 2 години)
	Female	65 y	Occlusion of aorta and common iliac arteries	Arterial hypertension	Claudication distance 5–10 m (over 2 years)

Оперативна техника и използвани консумативи

Всички пациенти са подложени на CERAB процедура с индивидуализиран подход, базиран на анатомичните особености на всеки случай. Достъпът до съдовете е осигурен чрез пункционни и/или отворени техники, главно през артерия феморалис и артерия брахиалис. Използваните стент-графтове са от различни видове и размери, подбрани според диаметъра на засегнатите съдове. На таблица 2 е представено обобщение на техническите детайли.

Краткосрочни резултати

Резултатите са оценени по три основни показателя:

1. **Технически успех** – всички процедури са изпълнени успешно, като постигнатата реконструкция на аортната бифуркация е оценена, като технически адекватна.

2. **Симптоматично подобрение** – при четирима от петимата пациенти се наблюдава значително подобрение в клаудикационното разстояние и симптомите. Един пациент съобщава частично подобрение поради ретромбоза в рамките на месец след процедурата.

3. **Проходимост на стентовете** – проходимостта на стент-графтовете е потвърдена при 4 от 5 пациенти след 1 месец.

На табл. 3 е представено обобщение на данните.

Surgical Technique and Materials Used

All patients underwent the CERAB procedure with an individualized approach based on the anatomical features of each case. Vascular access was achieved using percutaneous and/or open techniques, primarily through the femoral artery and the brachial artery. The stent-grafts used were of various types and sizes, selected according to the diameters of the affected vessels. Table 2 presents a summary of the technical details.

Short-Term Results

The results were evaluated based on three main criteria:

1. **Technical Success:** All procedures were successfully performed, and the achieved reconstruction of the aortic bifurcation was deemed technically adequate.

2. **Symptomatic Improvement:** Significant improvement in claudication distance and symptoms was observed in four out of five patients. One patient reported partial improvement due to re-thrombosis within one month after the procedure.

3. **Stent Patency:** Stent-graft patency was confirmed in four out of five patients after one month.

Table 3 provides a summary of the data.

Таблица 2. Оперативни данни и използвани консумативи // Table 2. Operative Data and Materials Used

Пациент	Достъпи	Използвани консумативи	Времетраене на процедурата
Patient	Access	Materials Used	Procedure Time
1	a. феморалис утр., а. брахиалис декс. a. femoralis sin., a. brachialis dex	BeGraft 16/58 mm, 2× BeGraft 9/57 mm, 2× ICover 8/57 mm	145 min
2	a. брахиалис декс., а. феморалис декс. a. brachialis sin., a. femoralis dex.	ICover 10/37 mm, ICover 7/57 mm, 2× BeGraft 8/57 mm	90 min
3	a. феморалис утр., а. брахиалис декс. a. femoralis sin., a. brachialis dex.	BeGraft 10/37 mm, 2× BeGraft 7/37 mm, Restorer 7/38 mm	110 min
4	Пункционни достъпи до а. феморалис утр. Puncture access to a. femoralis sin.	BeGraft 18/38 mm, 3× BeGraft 9/37 mm, Ivolution 7/80 mm	75 min
5	Пункционни достъпи до а. феморалис утр. Puncture access to a. femoralis sin	BeGraft 10/37 mm, 3× BeGraft 6/58 mm	80 min

Таблица 3. Клинични резултати и усложнения // Table 3. Clinical Outcomes and Complications

Пациент	Технически успех	Симптоматично подобрене	Проходимост (на 1 месец)	Усложнения
Patient	Technical Success	Symptomatic Improvement	Patency (at 1 month)	Complications
1	Да	Да	Да	Няма
	Yes	Yes	Yes	None
2	Да	Частично	Не	Ретромбоза (а. илиака екстерна син.)
	Yes	Partial	No	Re-thrombosis (left external iliac a.)
3	Да	Да	Да	Няма
	Yes	Yes	Yes	None
4	Да	Да	Да	Няма
	Yes	Yes	Yes	None
5	Да	Да	Да	Няма
	Yes	Yes	Yes	None

ОБСЪЖДАНЕ

Резултатите от проучването показват висок процент на технически успех и краткосрочно подобрене при пациенти с тежки съдови заболявания. Представените случаи са пет от най-комплексните и трудни случаи на клиниката по Съдова хирургия на МБАЛ „Сърце и Мозък“ – Плевен, за период от 01.01.2024 г. до 01.12.2024 г. Наблюдаваната ретромбоза при един пациент подчертава необходимостта от внимателно постоперативно проследяване и агресивна антитромботична терапия. Също така трябва да се отбележе, че човешкият фактор не може да бъде контролиран, а именно нередовният прием на медикаментозна терапия след дехоспитализация.

Въпреки малкия размер на извадката, изследването потвърждава потенциала на CERAB като ефективна минимално инвазивна техника за лечение на аортната бифуркация [12].

Подобни резултати са докладвани и от van den Berg и съвт. (2016), които при проследяване на 130 пациенти, лекувани с CERAB, установяват 87% първична проходимост след 1 година и 82% след 3 години, като подчертават също важността на внимателното наблюдение за ретромбоза и спазването на антитром-

DISCUSSION

The results of the study demonstrate a high rate of technical success and short-term improvement in patients with severe vascular diseases. The presented cases represent five of the most complex and challenging cases managed by the Vascular Surgery Department of MBAL “Heart and Brain” – Pleven, during the period from January 1, 2024, to December 1, 2024. The observed re-thrombosis in one patient highlights the need for careful postoperative monitoring and aggressive antithrombotic therapy. It should also be noted that the human factor cannot be fully controlled, specifically irregular medication adherence following hospital discharge.

Despite the small sample size, the study confirms the potential of CERAB as an effective minimally invasive technique for the treatment of aortic bifurcation diseases [12].

Similar outcomes have been reported by van den Berg et al. (2016), who, in a cohort of 130 patients treated with the CERAB technique, demonstrated a primary patency rate of 87% at 1-year follow-up and 82% at 3 years. The authors further highlighted the critical importance of meticulous postoperative surveillance to detect rethrombosis and strict adherence to antithrombotic therapy

ботичния режим [13]. Това съвпадение в резултатите допълнително утвърждава CERAB като надежден метод за лечение на лезии в аортната бифуркация.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

CERAB процедурата е показала отлични краткосрочни резултати с висок технически успех и симптоматично подобрение при повечето пациенти. Редовният прием на медикаментозна терапия и контролни прегледи са есенциални за добрите прогнози в дългосрочен план.

CERAB представлява иновативен и ефективен метод за лечение на заболявания на аортната бифуркация. Благодарение на минимално инвазивния си характер, тя предлага редица предимства за пациентите – по-кратко възстановяване, намален риск от усложнения и отлични хемодинамични резултати. Въпреки това, техниката изисква специализирано оборудване и високо обучен медицински персонал. С натрупването на повече клинични данни и развитието на технологиите CERAB има потенциала да се превърне в златен стандарт за лечение на оклузии и стенози на аортната бифуркация.

[13]. This concordance of results reinforces the role of CERAB as a reliable and minimally invasive approach for the management of aortoiliac bifurcation lesions.

CONCLUSION

The CERAB procedure has shown excellent short-term results, with high technical success and symptomatic improvement in most patients. Regular medication adherence and follow-up visits are essential for achieving favorable long-term outcomes.

CERAB represents an innovative and effective method for treating aortic bifurcation diseases. Due to its minimally invasive nature, it offers numerous advantages for patients, including shorter recovery times, reduced risk of complications, and excellent hemodynamic outcomes. However, the technique requires specialized equipment and highly trained medical personnel. With the accumulation of more clinical data and advancements in technology, CERAB has the potential to become the gold standard for the treatment of aortic bifurcation occlusions and stenoses.

БИБЛИОГРАФИЯ/REFERENCES

1. Goverde PC, et al. Covered Endovascular Reconstruction of Aortic Bifurcation (CERAB): Results of a multicenter prospective study. *J Vasc Surg.* 2017;66(6):1686-1694. DOI:10.1016/j.jvs.2016.09.004
2. Sörelius K, et al. The role of endovascular techniques in aortoiliac occlusive disease. *J Cardiovasc Surg (Torino).* 2014 Jun;55(3):353-364. PMID: 24927893
3. Lammer WL et al. Kissing stents and CERAB for aortoiliac bifurcation disease. *Endovasc Today.* 2015. PMID: 26597460
4. Jongkind V, et al. Endovascular treatment of aortoiliac occlusive disease using the CERAB technique. *J Vasc Surg.* 2018;67(1):145-153. DOI:10.1016/j.jvs.2017.05.017
5. Correa MP, Oderich GS, Mendes B. "Endovascular aorto-iliac bypass" using aortic stent graft components and covered stents in patients with TASC D lesions and narrow distal aortic. - <https://symposium.scvs.org/abstracts/2013/EP25.cgi>
6. Trimarchi S, et al. CERAB for the treatment of aortoiliac occlusive disease: a systematic review. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2022;63(1):26-36. PMID: 35538099
7. Goverde PC, et al. Midterm patency and clinical outcomes of CERAB. *J Vasc Surg.* 2017;66(6):1695-1702. DOI:10.1016/j.jvs.2016.09.004

8. Van Haren RM, et al. Hemodynamic analysis of CERAB vs kissing stents in aortoiliac occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2019;69(1):115-124. DOI:10.1016/j.jvs.2018.06.068
9. Jebbink EG, Mathai V, Boersen JT et al. Hemodynamic comparison of stent configurations used for aortoiliac occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2017;66(1):251-260.
10. Rimbau V et al. Endovascular interventions for aortoiliac occlusive disease. *Eur J Vasc Endovasc Surg.* 2017 Jan;53(1):29-42. doi:10.1016/j.ejvs.2016.10.001
11. De Vries JP et al. Cost-effectiveness of CERAB vs open surgery for aortoiliac occlusive disease. *Ann Vasc Surg.* 2018;49:138-147. doi:10.1016/j.avsg.2017.10.014
12. Dryjski M et al. Early results of CERAB in complex aortoiliac occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2021;73(2):572-580. doi:10.1016/j.jvs.2020.05.023
13. Taeymans K, Groot Jebbink E, Holewijn S et al. Three-year outcome of the covered endovascular reconstruction of the aortic bifurcation technique for aortoiliac occlusive disease. *J Vasc Surg.* 2018;67(5):1438-1447. doi: 10.1016/j.jvs.2017.09.015.

✉ **Адрес за кореспонденция:**
д-р Жоро Александров
e-mail: j.alexandrov@abv.bg

✉ **Address for correspondence:**
Zhorо Alexandrov, MD
e-mail: j.alexandrov@abv.bg

МИНИМАЛНО ИНВАЗИВЕН ПОДХОД КЪМ РУПТУРИРАЛА АБДОМИНАЛНА АОРТНА АНЕВРИЗМА

*Т. Самарджиев, Н. Колев, И. Костадинова, Ж. Александров, В. Иванова,
И. Милошовски, В. Динов*

Клиника по съдова хирургия, МБАЛ „Сърце и Мозък“ – Плевен

Резюме. Цел: Ендоваскуларното лечение на руптурирала абдоминални аортни аневризми посредством ендоваскуларна аортна реконструкция (endovascular aortic repair – EVAR) е революционно и значително редуцира процента смъртност сравнено с традиционната отворена оперативна интервенция. Целта на това проучване е да се разгледа едноцентров опит с EVAR и фенестрирана ендоваскуларна аортна реконструкция (fenestrated endovascular aortic repair – FEVAR) при лечение на руптурирала аортни аневризми. **Материал и методи:** Ретроспективно бе анализирана група от 11 пациенти, постъпили през последните две години с руптурирала аневризма на абдоминална аорта, при които е извършен EVAR или FEVAR. **Резултати:** Всички постъпили пациенти са мъже на възраст от 57 до 81 години. Първата процедура е извършена на 11.11.2022 г., а последната на 24.12.2024 г. Средният измерен диаметър на аневризмата на абдоминална аорта в най-широката част е 7.55 cm. Нито един от пациентите не е опериран в миналото по този повод. Постъпвайки в отделението, всички пациенти са съобщили за внезапно настъпила болка в корема от същия или предходния ден, като всички са оперирани в условия на спешност с хирургичен достъп до двете общи бедрени артерии. Регистрирани са два смъртни случая – един в ранния постоперативен период, а другият – в рамките на 30 дни след извършване на процедурата. В групата при един от пациентите е извършена реинтервенция поради наличие на ендолийк. Всички останали пациенти са дехоспитализирани с подобрение и са проследявани в рамките на две години. **Заключение:** EVAR и FEVAR се отличават с благоприятен изход при лечението на руптуриралите абдоминални аортни аневризми, дори в условия на хемодинамична нестабилност, техническият успех може да се постигне, като по-голям процент от пациентите могат да бъдат дехоспитализирани в дома.

Ключови думи: руптура, ендоваскуларна аортна реконструкция, аневризма

MINIMALLY INVASIVE APPROACH FOR RUPTURED ABDOMINAL AORTIC ANEURYSMS

T. Samardjiev, N. Kolev, I. Kostadinova, Zh. Alexandrov, V. Ivanova, I. Miloshevski, V. Dinov

Department of Vascular Surgery, MBAL “Heart and Brain” – Pleven

Abstract. Objective: Endovascular treatment for ruptured abdominal aortic aneurysms with endovascular aortic repair (EVAR) has revolutionized and remarkably reduced operative mortality compared with the traditional open surgical repair. The objective is to present a single-institution experience with EVAR and fenestrated endovascular aortic repair (FEVAR) for ruptured abdominal aortic aneurysms. **Material and methods:** A retrospective analysis found 11 patients who had been presented with ruptured abdominal aortic aneurysms (AAA) and underwent emergency EVAR or FEVAR in the past 2 years at our institution. **Results:** All of the patients are males. The age range was 57-81 years. First procedure was performed on 11.11.2022 and the last on 24.12.2024. The median measured AAA size in largest dimension was 7.55 cm. None of the patients had prior aortic repair. Presenting at our department, all of the patients had abdominal pain, which had acute start from the same day or the day before. The patients were all treated emergently. Bilateral common femoral artery access was used in all patients. Two patients died, one of them in the early postoperative period, the other one month after the intervention. One patient underwent second

intervention for endoleak treatment. All other patients were discharged home and were followed up during those two years. **Conclusion:** EVAR and FEVAR for ruptured abdominal aortic aneurysms have favorable outcomes, even with hemodynamic instability, technical success can be achieved with most patients able to be discharged home.

Key words: rupture; endovascular aortic repair; aneurysm

ВЪВЕДЕНИЕ

Аневризмата представлява разширяване на артерия, надвишаващо нормалния диаметър с поне 50%. „Истинската“ аневризма е резултат от прогресивно изтъняване и отслабване на структурните елементи на артериалната стена, което включва и трите слоя – интима, медиа и адвентиция. Абдоминалните аортни аневризми се разделят на три категории в зависимост от локализацията. Супрареналните аневризми обхващат висцерални артерии (ренални артерии, а. мезентерика супериор), докато юкстареналните достигат устията на реналните артерии. По-голямата част от абдоминалните аортни аневризми са инфраренални, т.е. се намират под двете ренални артерии [1].

Към настоящия момент инфрареналната абдоминална аортна аневризма (ААА) е най-често срещаният тип артериална аневризма с приблизително засягане от 5 до 16% на мъжкия пол над 65-годишна възраст. Заболяването е по-малко разпространено при жени – от 0,7 до 2,2% [2]. По-голям процент от неруптуралите абдоминални аортни аневризми са безсимптомни и се откриват при преглед по друг повод. В някои случаи пациентите може да усещат „пулсиране“ в коремната област или да палпират пулсираща маса [2]. Прогресивното нарастване на аневризмата може да доведе до руптура и масивен вътрешен кръвоизлив, което е фатално в 80% от случаите [3]. Петгодишният риск от руптура за аневризми по-малки от 5 cm е 1-2%, докато за такива, надвишаващи 5 cm – рискът е от 20 до 40% [4].

Руптурата на абдоминална аортна аневризма (rAAA) се характеризира с внезапно настъ-

INTRODUCTION

An aneurysm is defined as a focal dilatation of an artery that exceeds the normal diameter by at least 50%. A “true” aneurysm results from a progressive weakening of the structural elements of the arterial wall, and both radial and longitudinal lengthening involving all three mural layers (intima, media, and adventitia). Abdominal aortic aneurysms are categorized based on the location of the dilation. In suprarenal or para-visceral aneurysms, the dilation involves the visceral arteries, whereas if juxtarenal, it includes the origins of the renal arteries. The majority of abdominal aortic aneurysms are infrarenal, meaning they begin below the renal arteries [1].

By far, the infrarenal abdominal aortic aneurysm (AAA) is the most common type of arterial aneurysm, with an estimated prevalence of 5% to 16% in men older than 65 years. The disease in women is less common, with an estimated prevalence of 0.7% to 2.2%. [2] Most nonruptured AAAs are asymptomatic and discovered during abdominal imaging for an unrelated condition. Occasionally, patients may feel a “pulse” in their abdomen or palpate a pulsatile mass [2]. Progressive aneurysm enlargement can lead to rupture and massive internal bleeding, which is fatal in 80% of the cases unless timely repair can be achieved [3]. The 5-year risk of rupture for aneurysms less than 5cm is 1% to 2%, whereas it is 20% to 40% for aneurysms greater than 5cm in diameter [4].

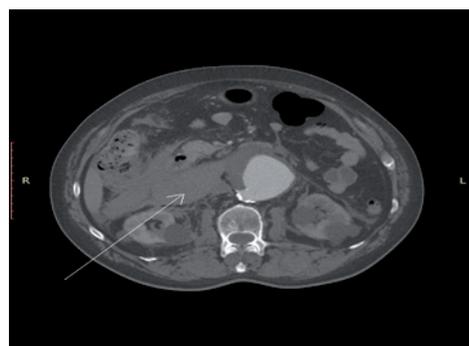
A ruptured abdominal aortic aneurysm (rAAA) presents with acute-onset abdominal

пила болка в корема и/или кръста, дължаща се на руптурата в ретроперитонеалното пространство, и по интензитет е много силна. При физикален преглед пациентът е блед, хипотоничен с наличие на пулсураща маса на широка основа параумбиликално. В някои случаи е възможен синкоп. Диференциалната диагноза включва ренална колика, дивертикулит, панкреатит, кървене в гастроинтестиналния тракт, долен инфаркт на миокарда и перфорирала язва.

При съмнение за руптура ехографията може да се използва за бързо определяне на аортния диаметър, но златният стандарт за поставяне на диагнозата и планиране на интервенцията е извършване на скенер (КТ) с контраст [5] (фиг. 1, 2, 3). КТ без контраст може да потвърди или отхвърли наличието на

and back-pain. Back pain is caused by rupture of the aneurysm into the retroperitoneal space and is severe. On examination the patient is usually pale, hypotensive with a tender, expansile abdominal mass. Syncope may be present. Differential diagnosis includes renal colic, diverticulitis, pancreatitis, gastrointestinal hemorrhage, inferior myocardial infarction and perforated ulcer.

When a rupture is suspected, an ultrasound can be used to rapidly evaluate aortic diameter, but the most accurate method for diagnosis of rAAA is CT scan with contrast (Fig. 1, 2, 3). A non-contrast enhanced CT scan can identify retroperitoneal hemorrhage associated with rAAA. In addition, alternative abdominal disease may be



Фиг. 1. Руптурирала аортна аневризма (с бяла стрелка е показан ретроперитонеалният хематом) (собствен архив)

Fig. 1. Ruptured abdominal aortic aneurysms (white arrow showing the retroperitoneal hemorrhage) (own archive)



Фиг. 2. рААА – със стрелка е обозначена екстравазация на контрастна материя (собствен архив)

Fig. 2. rAAA with arrow showing extravasation (own archive)



Фиг. 3. Руптура на аортен улкус (собствен архив)

Fig. 3. Ruptured aortic ulcer of the contrast material (own archive)

друго заболяване, или ретроперитонеален хематом, асоцииран с rAAA.

Към настоящия момент възможните варианти за оперативна интервенция при rAAA са два: класическа отворена операция и EVAR – ендоваскуларно протезиране. Класическата отворена оперативна интервенция представлява резекция на аневризмата и замяната на този участък със синтетична тръбова или бифуркационна протеза. EVAR изолира аневризмата от системната циркулация отвътре.

Имайки предвид предимствата на EVAR, които са минимална инвазивност (не се извършва лапаротомия, както при класическата отворена оперативна интервенция); по-кратко време за интервенцията; по-малка кръвозагуба; по-нисък процент усложнения; по-кратък престой болничен престой и такъв в реанимационно звено, както и ранно възстановяване, това е методът на избор при подходяща анатомия на пациента [6].

ЦЕЛ

Представяме серия клинични случаи на пациенти с руптурирала аневризма на абдоминална аорта, оперирани по метода EVAR и последващите резултати.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Група от 11 пациенти, постъпили през последните две години с руптурирала аневризма на абдоминална аорта, при които е извършено EVAR или FEVAR в условия на спешност, бе анализирана ретроспективно.

Процедурите – EVAR и FEVAR, се извършват под обща анестезия с малък вертикален достъп до двете общи бедрени артерии. Под рентгенов контрол се поставя първо основното тяло, като се позиционира така, че проксималният край (короната) да е точно под устието на по-нискостоящата ренална артерия (фиг. 4) Веднъж позиционирано се извършва контролна интра-

discovered should no AAA be identified. CT scanning with contrast enhancement is required for ideal planning of rAAA repair [5].

Currently, two treatment options for abdominal aortic aneurysms are available: conventional open surgical repair (OSR) and endovascular minimally invasive repair (EVAR). OSR is a major operation involving the excision of dilated area and placement of a sutured woven graft. EVAR is meant to seal the sac from the inside of the aneurysm, excluding it from the systematic circulation.

Considering the benefits of EVAR, including reduced invasiveness avoiding laparotomy, potential shorter procedural time, lower blood loss, lower complication rate, reduced intensive care unit and hospital stay, combined with early recovery and potentially improved long-term survival, this is the treatment of choice when the patient's anatomy is suitable [6].

AIM

Our goal is to present case series with ruptured abdominal aortic aneurysms, threatened with EVAR and FEVAR in our department and the outcomes.

MATERIAL AND METHODS

A retrospective analysis found 11 patients who had presented with ruptured abdominal aortic aneurysms and underwent emergency EVAR or FEVAR in the past 2 years at our institution. When asking how the procedures are performed, EVAR – under general anesthesia, we expose the common femoral arteries with two small vertical incisions in the groin area. Using fluoroscopic guidance, the main body is inserted first. The device is positioned so that

оперативна ангиография, за да се потвърди позицията и проходимостта на реналните артерии, след което се освобождава короната (фиг. 5).

След поставяне на основното тяло – стент-графт, двете му „крачета“ се удължават към двете общи/външни илиачни артерии (фиг. 6). След поставяне на ендопротезите се извършва финална ангиография с цел проверка на проходимостта и наличие на ендолейк (фиг. 7). Оперативните достъпи се затварят послойно, като кожата се затваря с интрадермален шев.

the proximal margin of the device is below the most caudal renal artery (Fig. 4). Once deployment has started, a check angiogram is undertaken to confirm the position and the patency of the renal arteries (Fig. 5). The main body is then released. Both stent-graft „limbs“ are extended into the common/external iliac arteries (Fig. 6). A final angiogram is performed to check for endoleak (Fig. 7). The skin incisions are closed with intradermal suture.



Фиг. 4. Поставяне на основното тяло (собствен архив)

Fig. 4. Insertion of main body
(own archive)



Фиг. 5. Контролна ангиография за потвърждаване на позицията на реналните артерии (собствен архив)

Fig. 5. Check angiogram to confirm
the position of the renal arteries (own archive)



Фиг. 6. Основно тяло с двете крачета (собствен архив)

Fig. 6. Main body with both limbs (own archive).



Фиг. 7. Финална ангиография (собствен архив)

Fig. 7. Final angiogram (own archive)

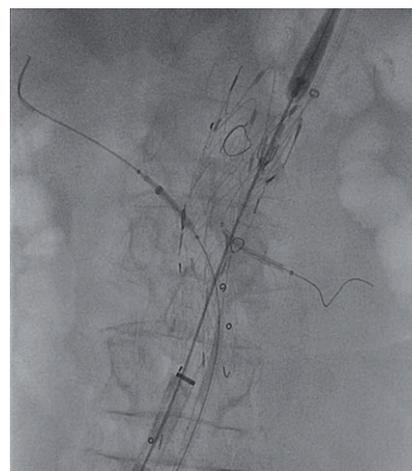
Разликата между гореописаната процедура FEVAR е следната: при FEVAR основното тяло се моделира от оператора, преди да бъде поставено. На базата на данните от КТ ангиография се изработват фенестри (отвори) за реналните артерии и а. мезентерика супериор. След позициониране на основното тяло, през отворите се пласират водачи, като по тези водачи се поставят стентове към реналните артерии (фиг. 8 и 9). За целта освен двата бедрени достъпа, се прави допълнителен перкутанен достъп през а. брахиалис. Следва освобождаване на основното тяло (фиг. 10а) и поставяне на двете крачета. Процедурата завършва с контролна ангиография (фиг. 10б).

The difference between EVAR and FEVAR is the following: the main body is modified by the physician before being inserted. Based on the CT scan, a fenestra (openings) are made for the renal and superior mesenteric artery. After main body placement, the openings for the renal arteries are being cannulated and balloon expandable stents being positioned (Fig. 8 and 9). A percutaneous access through the brachial artery was used in those cases in addition to the femoral accesses. The main body is then being released (Fig 10a) and the limbs are being released. A final angiogram is being performed (Fig. 10b).



Фиг. 8. Канюлиране на реналните артерии (собствен архив)

Fig. 8. Cannulation of both renal arteries (own archive)



Фиг. 9. Позициониране на балон-монтираните стентове (собствен архив)

Fig. 9. Positioning of the balloon expandable stents for the renal arteries (own archive)



a)



b)

Фиг. 10. FEVAR – позиционирано основно тяло с поствени крачета и финална ангиография (собствен архив)

Fig. 10. FEVAR – main body being positioned with both limbs extended and final angiogram. (own archive)

РЕЗУЛТАТИ

Групата включва 11 пациенти на средна възраст 69 г. (57-81 г.) Първата оперативна интервенция е извършена на 11.11.2022 г., а последната – на 24.12.2024 г. Всички пациенти са мъже. Средният напречен диаметър на абдоминалната аневризма е 7.55 cm, като нито един от пациентите не е опериран по този повод в миналото. Анамнестично всички пациенти съобщават за силна болка в корема, настъпила внезапно, която е започнала същия или предходния ден. Най-честото придружаващо заболяване е артериална хипертония (табл. 1).

При измерване на артериалното налягане всички пациенти са хипотонични, дефинирано като АН < 90/60 mmHg. Като се имат предвид напредналата възраст, хеморагичният шок, придружаващите заболявания и високият оперативен риск, метод на избор е EVAR. При нито един от случаите не бе преминало към отворена оперативна интервенция. Предоперативното планиране и оразмеряване за EVAR за извършени след провеждане на КТ ангиография. По отношение на типа ендоваскуларна процедура – при трима от пациентите е извършен фенестрирана такава (FEVAR)

RESULTS

The case series includes 11 patients with a median age 69 years. The age range was 57-81 years. First procedure performed on 11.11.2022 and the last on 24.12.2024. All of the patients are males. The median measured AAA size in largest dimension was 7.55 cm. None of the patients had prior aortic repair. Presenting at our department, all of the patients had abdominal pain, which wad acute start from the same day or the day before. The commonest comorbidity was hypertension (Table 1).

When measuring the blood pressure, all of the patients were hypotensive, defined as less than 90/60 mmHg. Considering the age, hemorrhagic chock, associated diseases and high operative risk, preferred treatment method was EVAR. No conversion to open repair was needed. The anatomical characteristics of the aneurysm, preoperative planning and sizing in EVAR were determined using computed tomography angiography (CTA) by thin – cut 1 mm axial and sagittal reconstructions.

Таблица 1. Придружаващи заболявания на групата пациенти // Table 1. Patient data and comorbidity

Пол	Възраст	AAA (mm)	Артериална хипертония	ИБС*	Захарен диабет	БН**	Тютюно-пушене	Онкологично заболяване
Patient gender	Age		Hypertension	CHD*	Diabetes	RI**	Tabaco use	Oncologic disease
М	66	76.4	+	-	-	+	+	-
М	72	72	+	-	-	+	-	-
М	74	97	+	+	-	+	+	-
М	72	77	+	-	-	-	-	+
М	65	80	+	-	-	-	-	-
М	57	68	+	-	-	-	+	-
М	60	64	+	-	-	+	-	-
М	81	10.10	+	-	-	+	-	-
М	68	94	-	-	-	-	+	-
М	78	73	+	-	-	+	+	-
М	81	80	-	-	-	+	+	-

*ИБС – исхемична болест на сърцето; **БН – бъбречна недостатъчност

*CHD – coronary heart disease; **RI – renal insufficiency

поради твърде къса или липсваща шийка на аневризмата, при всички останали – класически EVAR. При всички пациенти са използвани ендопротези Анкура, като за групата на фенестрираните, ендопротезите са моделирани от оператора с цел да паснат на индивидуалната анатомия на пациента (фиг. 11).

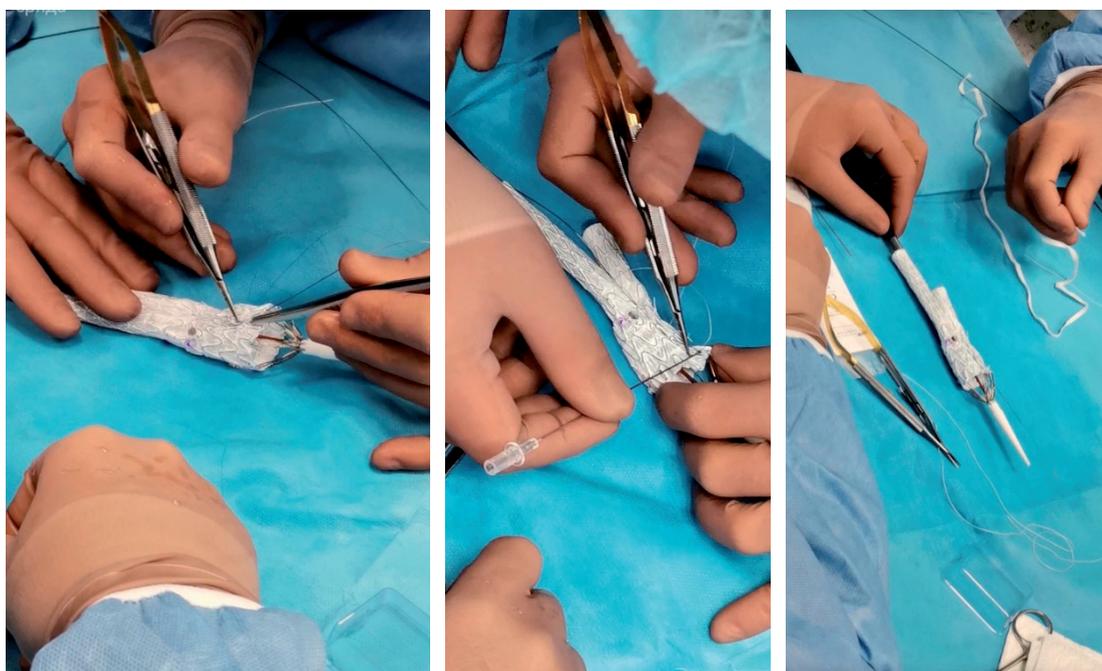
Всички процедури са извършени в хибридна операционна зала с най-кратко оперативно време 2 часа, а най-дълго – 9 часа и 20 минути. Средният болничен престой е 7 дни, което е двойно по-кратко, сравнено с престоя при отворена оперативна интервенция [7]. Заринс и сътр. са докладвали редуция на болничния престой с 63% при групата на EVAR, сравнено с отворена хирургия [8].

По отношение на резултатите: два смъртни случая – един на първи постоперативен ден, а вторият – в рамките на 30 дни след извършване на процедурата. При един от пациентите бе наложителна реинтервенция един месец след EVAR поради наличие на ендолейк тип Ic и клинични симптоми на болка в коремна област, която не се облекчава от прием на аналгетична и спазмолитична терапия.

Considering the type of EVAR – three patients underwent fenestrated EVAR (FEVAR) because of too short or absent neck of the aneurysm, all other patients – classic EVAR. The Ancura device was used for all patients and for the FEVAR, the devices were custom-made according to the individual patient anatomy (Fig. 11).

All procedures were performed in a hybrid operating room with shortest operating time two hours and longest – nine hours and 20 minutes. Median hospital stay for EVAR was 7 days, which is twice as short as compared to open surgery [7]. Zarins et al reported a 63% reduction in hospital stay for EVAR compared to OSR [8].

The outcome included two deaths, one of them on the first postoperative day, the other – within 30 days after the initial procedure. One of the patients underwent reintervention one month after initial procedure to treat an endoleak type Ic and clinical symptoms of abdominal pain, which was not relieved from medications.



Фиг. 11. Моделиране на ендопротезата от оператора (собствен архив)
Fig. 11. Physician-modified endovascular graft (own archive)

Протоколът за проследяване на пациентите включва два прегледа в амбулаторни условия в рамките на един месец след дехоспитализацията и КТ ангиография на 1-ви, 3-ти, 6-и и 12-и месец след оперативната интервенция. След 12-ия месец проследяването продължава с КТ ангиография веднъж годишно (табл. 2).

ОБСЪЖДАНЕ

През последните две десетилетия значително се е увеличил процентът на инфра-ренални и комплексни аортни аневризми, лекувани чрез EVAR и FEVAR. Първият EVAR, направен при руптурирала абдоминална аортна аневризма, е извършен на 29.10.1994 г. (фиг. 12), като от тогава се е превърнал в революционен подход и значително е намалил

Follow up protocol included a clinical examination for 1 month postoperatively and a CTA at 1st, 3rd, 6th and 12th months thereafter. After the 12th month, the follow up includes a CT scan each year (Table 2).

DISCUSSION

Treating infrarenal and complex abdominal aortic aneurysms with EVAR and FEVAR has increased in the past two decades. The first EVAR for ruptured abdominal aortic aneurysm was performed on 29.10.1994 (Fig. 12) and since then it has revolutionized and remarkably reduced operative mortality compared to open surgery.

Таблица 2. Проследяване на пациентите // Table 2. Patients follow-up

Пол Gender	EVAR	FEVAR	Ендолийк // Endoleak					Починал Patient died
			I месец month	III месец month	VI месец month	XII месец month	II година year	
М	+		+	+	+	+		
М	+		+	+	+	+		
М		+	-	-	-	-		
М	+		-	-	-	-		
М	+		-	-	-	-	-	
М	+		-	-	-	-		
М		+						+
М								+
М	+		-	-	-	-		
М		+	-					
М	+							

Case Reports > Lancet. 1994 Dec 10;

Emergency endovascular repair of leaking aortic aneurysm

S W Yusuf, S C Whitaker, T A Chuter, P W Wenham, B R Hopkinson
Department of Vascular Surgery, University Hospital, Nottingham NG7 2UH, UK

Фиг. 12. Първият EVAR за rAAA, извършен на 29.10.1994 г. // Fig. 12. First EVAR for rAAA 29.10.1994

процента смъртност сравнено с отворената оперативна интервенция.

Опитът показва, че пациенти с руптурирала аневризма на абдоминална аорта, които са преминали тези процедури имат по-кратък болничен престой и такъв в реанимация, сравнено с пациентите, оперирани по стандартен отворен метод.

Първият EVAR, извършен в България за лечение на руптурирала абдоминална аортна аневризма, е на 14.10.2022 г. в МБАЛ „Сърце и мозък“, като операторът е от Клиника по съдова хирургия – Плевен. Пациентът е 65-годишна жена, която е преминала успешно процедурата и е дехоспитализирана на 5-ия ден, на двойна антиагрегантна терапия.

По препоръка на насоките на Европейското дружество по съдова хирургия от 2019 г. EVAR и FEVAR са първа линия лечение [9]. Нашите резултати кореспондират с данните, сочещи, че EVAR в условия на спешност е свързан с по-нисък процент смъртност и по-голям шанс пациентът да бъде дехоспитализиран [10]. Проучвания, проведени за проследяване на кратко- и средносрочните резултати, са доказали, че методът е безопасен и ефективен.

Петгодишните резултати, докладвани от Одерич и сътр., подкрепят тези данни [11].

Техническият успех в групата пациенти е 90%, като при един от пациентите бе наложителна реинтервенция един месец след първата операция поради наличие на ендолийк тип Ic и прогресивно нарастване на аневризмата.

Ендолийкът е персистираща перфузия на аневризмалния сак, което води до нарастване на аневризмата и повишава риска от руптура. Според препоръките на Европейското дружество по съдова хирургия реинтервенция се препоръчва при наличие на ендолийк тип I и тип III – степен IB ниво на доказателственост (тип I е резултат от недобро уплътнение в проксималния или дисталния край на ендопротезата) и за тип II ендолийк, свързан с нарастване на диаметъра на аневризмата – степен 2C ниво на доказателственост (тип II ендолийк се получава при на-

Literature has shown that patients with an rAAA who undergo EVAR and FEVAR have shorter hospital and ICU stays.

First EVAR for ruptured abdominal aortic aneurysm in Bulgaria was performed on 14.10.2022 at MBAL Heart and Brain by physician from our department, Pleven. The patient was a 65-year old female, who underwent successful EVAR and was discharged home 5 days after the procedure on dual antiplatelet therapy.

The 2019 European Society for Vascular Surgery aortic guidelines have recommended EVAR and FEVAR as first line treatment [9]. Our study results are consistent with prior evidence that EVAR in emergency situations is associated with lower mortality, shorter hospital stays and a greater likelihood of being discharged home [10].

The short- and mid-term data have shown the method to be efficient and safe. A reported study of 5-year results by Oderich et al. supported this data [11].

Technical success in this group was 90% with one patient requiring reintervention one month after the first procedure to threat a type Ic endoleak and progressive aneurysm enlargement.

An endoleak is the leaking of blood outside a stent graft and within the aneurysm sac. In this case the aneurysm may expand and the risk of rupture increases. According to the Society for Vascular Surgery the treatment of endoleak is recommended for type I and III – grade IB evidence level (type I occur as a result of an inadequate seal at the site of the graft attachment) and for type II endoleaks associated with aneurysm expansion – grade 2C evidence level (type II endoleaks means retrograde flow through branch vessels continues

личие на ретрограден кръвоток в аневризмата през хранещ съд – напр. лумбална артерия или а. мезентерика инфериор) [12]. При наличие на ендолийк тип II, който не е свързан с нарастване на аневризмата се препоръчва наблюдение (степен IB ниво на доказателственост) [12].

В групата пациенти, изключвайки една реинтервенция и един пациент с тип IIa ендолийк, но без нарастване на аневризмалния сак една година след оперативната интервенция, при всички останали проследени пациенти, ендолийк не бе установен.

Изключвайки двата смъртни случая, всички останали пациенти от групата са дехоспитализирани на двойна антиагрегантна терапия и такава за придружаващите заболявания.

Дългосрочните резултати и преживяемост в групата предстои да бъдат проследени.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Руптуриралата абдоминална аортна аневризма е животозастрашаващо състояние, което е фатално в 80% от случаите. Към настоящия момент два са възможните варианти за лечение – класическа отворена операция и ендоваскуларно протезиране. Нашият опит показва, че EVAR и FEVAR за лечение на комплексни аортни аневризми са с благоприятен изход, ниска кръвозагуба, нисък процент усложнения, редуциран болничен престой и такъв в реанимация. Дългосрочните резултати предстои да бъдат проследени.

БИБЛИОГРАФИЯ/REFERENCES

1. Rutherford 's Vascular Surgery, 2-Volume set, 8th edition, ch 9, p. 116.
2. Rutherford 's Vascular Surgery, 2-Volume set, 8th edition, ch. 140, p 2003.
3. Bown MJ, Sutton AJ, Bell PR, et al. A meta-analysis of 50 years of ruptured abdominal aortic aneurysm repair. *Br J Surg.* 2002;89:714-730.
4. Badger S, Forster R, Blair PH et al. Endovascular treatment for ruptured abdominal aortic aneurysm. *Cochrane Database Syst Rev.* 2017;5(5):CD005261.
5. Avishay DM, Reimon JD. Abdominal Aortic Repair. [Updated 2024 Jan 25]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-.

to fill the aneurysm sac – for example lumbar artery or a. mesenterica inferior). [12]. Surveillance is recommended for type II endoleaks not associated with aneurysm expansion (grade 1B evidence level). [12]

In our study group excluding the patient who had second intervention, one patient had endoleak type IIa, but no aneurysm enlargement one year after the procedure. The other patients who were followed up, had no endoleak.

Excluding the two death cases, all other patients were discharged on double antiplatelet therapy and medications for the comorbidities.

The long-term survival of our group is about to be followed-up.

CONCLUSIONS

Ruptured abdominal aortic aneurysm is a life-threatening condition which is fatal in 80% of the cases. Currently two treatment options are available – open repair and endovascular aneurysm repair. Our experience shows that EVAR and FEVAR for complex aortic aneurysms has favorable outcome, lower blood loss, lower complication rate, reduced intensive care unit and hospital stay. Long term survival is about to be followed-up.

6. Böckler D, Holden A, Krievins D et al. Extend use of endovascular aneurysm sealing for ruptured abdominal aortic aneurysms. *Seminars in Vascular Surgery* 2016;29:106-113.
7. Medical Advisory Secretariat. Endovascular repair of abdominal aortic aneurysm: an evidence-based analysis. *Ont Health Technol Assess Ser.* 2002;2(1):1-46.
8. Zarins CK, Wolf YG, Lee WA et al. Will endovascular repair replace open surgery for abdominal aortic aneurysm repair? *Ann Surg.* 2000;232(4):501-507. doi: 10.1097/00000658-200010000-00005.
9. Chaikof EL, Dalman RL, Eskandari MK et al. The Society for Vascular Surgery practice guidelines on the care of patients with an abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg.* 2018;67(1):2-77.e2. doi: 10.1016/j.jvs.2017.10.044.
10. Dias A, Genovese E, Veeraswamy R et al Ruptured complex aortic aneurysms treated with fenestrated endovascular aortic repairs using physician modified endografts. *Journal of Vascular Surgery,* 2021;4(3):e100.
11. Oderich GS, Farber MA, Schneider D et al.; Zenith Fenestrated Study Investigators. Final 5-year results of the United States Zenith Fenestrated prospective multicenter study for juxtarenal abdominal aortic aneurysms. *J Vasc Surg.* 2021;73(4):1128-1138.e2. doi: 10.1016/j.jvs.2020.08.128.
12. Chaikof EL, Dalman RL, Eskandari MK et al. The Society for Vascular Surgery practice guidelines on the care of patients with an abdominal aortic aneurysm. *J Vasc Surg.* 2018;67(1):2-77.e2. doi: 10.1016/j.jvs.2017.10.044.

✉ **Адрес за кореспонденция:**
д-р Ива Костадинова
e-mail: ivakostadinova330@gmail.com

✉ **Address for correspondence:**
Iva Kostadinova MD
e-mail: ivakostadinova330@gmail.com

ПРОДЪЛЖИТЕЛНОСТ НА QRS-КОМПЛЕКСА ПРИ СЕПТАЛЕН И АПИКАЛЕН ДЕСНОКАМЕРЕН ПЕЙСИНГ

Ст. Димов, М. Миразчийски, Е. Анастасов, Д. Симонов, Д. Хазърбасанов, П. Илиев,
И. Тончев, М. Протич

МБАЛ „Сърце и мозък“ – Бургас, Български кардиологичен институт

Резюме. Въведение: Деснокамерното пейсиране е основен метод за лечение на брадиаритмии. Хроничното пейсиране на дясната камера се асоциира със систолна и диастолна дисфункция при определени пациенти. Продължителността на QRS-комплекса и съпътстващата го дисинхрония се смятат за основни предиктори за развитие на пейсмейкър-индуцирана кардиомиопатия (PICM). **Цел:** Целта на това проучване е да се сравни разликата между продължителността на нативния препроцедурен и пейсирания постпроцедурен QRS (QRSd) при апикално и септално позициониране на електрода. **Материал и методи:** В това ретроспективно проучване са сравнени десет последователни пациенти с деснокамерен апикален пейсинг и десет последователни пациента с деснокамерен септален пейсинг. Посредством пре- и постпроцедурен запис на 12-канална ЕКГ се анализира продължителността на най-широкия QRS-комплекс от всички отвеждания на всеки пациент. QRS-комплексът, регистриран предпроцедурно (QRSb), служеше за референция, и пейсираните QRS-комплекси (QRSp) бяха сравнявани с него, като всеки пациент беше контрола на самият себе си. QRSd се изчисли чрез $QRSb - QRSp$. **Резултати:** Септалният деснокамерен пейсинг се асоциира със статистически значима по-кратка продължителност на пейсираният QRS-комплекс спрямо деснокамерния апикален пейсинг ($145,8 \pm 10,1$ срещу $155,9 \pm 9$; $p < 0.05$). При сравнение на QRSd се регистрира значително по-сигнификантно удължаване на QRS-комплекса в групата с деснокамерна апикална стимулация (67.1 ± 11.1 ms и $37,3 \pm 22,8$ ms; $p < 0.05$), в сравнение с групата със септално стимулиране. **Заключение:** Деснокамерният септален пейсинг се асоциира със значително по-кратка продължителност на пейсираният QRS-комплекс.

Ключови думи: септален пейсинг, апикален пейсинг, продължителност на QRS-комплекс, пейсмейкър индуцирана кардиомиопатия

DURATION OF THE QRS COMPLEX IN SEPTAL AND APICAL RIGHT VENTRICULAR PACING

S. Dimov, M. Mirazchyiski, E. Anastasov, D. Hasarbasanov, D. Simonov, P. Iliev,
I. Tonchev, M. Protich

MBAL Hearth and Brain – Burgas, Bulgarian Cardiology Institute

Abstract. Introduction: Right ventricular pacing is a primary method for treating bradyarrhythmias. Chronic pacing of the right ventricle is associated with systolic and diastolic dysfunction in certain patients. The duration of the QRS complex and the accompanying dyssynchrony are considered key predictors for the development of pacemaker-induced cardiomyopathy (PICM). **Objectives:** The aim of this study is to compare QRSd (the difference between the duration of the native pre-procedural and paced post-procedural QRS) in apical and septal lead positioning. **Material and Methods:** In this retrospective study, ten consecutive patients with right ventricular apical pacing and ten consecutive patients with right ventricular septal pacing were compared. Using pre- and post-procedural recordings from a 12-lead ECG, the duration of the widest QRS complex from all leads was analyzed for each patient. The QRS complex recorded pre-procedurally (QRSb) served as a reference, and the paced QRS complexes (QRSp) were compared against it, with each patient acting as their own control. QRSd was calculated as $QRSb - QRSp$. **Results:** Septal right ventricular pacing is associated with a statistically significant shorter duration of the paced QRS complex

compared to right ventricular apical pacing (145.8 ± 10.1 ms vs. 155.9 ± 9 ms, $p < 0.05$). When comparing QRSd, a significantly greater prolongation of the QRS complex was observed in the group with right ventricular apical stimulation (67.1 ± 11.1 ms vs. 37.3 ± 22.8 ms, $p < 0.05$) compared to the septal stimulation group. **Conclusion:** Right ventricular septal pacing is associated with a significantly shorter duration of the paced QRS complex.

Keywords: septal pacing, apical pacing, QRS complex duration, pacemaker-induced cardiomyopathy

ВЪВЕДЕНИЕ

Деснокамерният апикален пейсинг (RVAP), постигнат с имплантация на трансвенозни ендокардни електроди с пасивна или активна фиксация се е утвърдил като основен метод на лечение на множество състояния, асоциирани със симптомна брадиаритмия. Техниката за апикален пейсинг е достъпна и възпроизводима, като предлага стабилни и дълготрайни резултати [1]. Клиничните данни показват удължаване на продължителността и качеството на живот сред тази пациентска популация [2]. Възможните неблагоприятни ефекти от хроничното апикално деснокамерно пейсиране са добре познати и включват: пейсмейкър индуцирана кардиомиопатия (PICM), предсърдно мъждене и повишена честота на хоспитализациите за обострена сърдечна недостатъчност [3, 4].

Пейсмейкър индуцираната кардиомиопатия се дефинира като спад на фракцията на изтласкване (EF) с 10% спрямо изходната при стойности на EF над 50% преди имплантацията, или редукция на EF с 5-10% при пациенти с EF под 50% при липса на друга явна причина [3]. Продължителността на QRS-комплекса и честотата на камерно пейсиране са основни предиктори за развитие на PICM [5]. Продължителността на QRS-комплекса над 150 ms, особено при зависими от камерна стимулация пациенти, се асоциира с висок риск от развитие на PICM, като рискът нараства с повишаване на продължителността на QRS-комплекса в сравнение с предпроцедурната продължителност на QRS [3, 5].

Деполаризационната вълна при RVAP заобикаля Хис-Пуркиние системата, като акти-

INTRODUCTION

Right ventricular apical pacing (RVAP), achieved by the implantation of transvenous endocardial electrodes with passive or active fixation, has established itself as a primary method for treating various conditions associated with symptomatic bradyarrhythmias. The technique for apical pacing is accessible and reproducible, offering stable and long-lasting results [1]. Clinical data show an extension in both life expectancy and quality of life among this patient population [2]. The potential adverse effects of chronic apical right ventricular pacing are well known and include: Pacemaker-induced cardiomyopathy (PICM), atrial fibrillation, and increased hospitalization rates for exacerbated heart failure [3, 4].

Pacemaker-induced cardiomyopathy is defined as a reduction in ejection fraction (EF) by 10% relative to baseline for patients with EF values above 50% prior to implantation or a reduction in EF by 5-10% for patients with EF below 50%, in the absence of any other apparent cause [3]. The duration of the QRS complex and the frequency of ventricular pacing are key predictors for the development of PICM [5]. A QRS complex duration exceeding 150 ms, particularly in patients dependent on ventricular stimulation, is associated with a high risk of PICM, with the risk increasing as QRS duration prolongs compared to the pre-procedural duration [3, 5].

вацията на миокарда се осъществява основно през работния миокард с първоначално активиране антеро-апикалните сегменти на ДК, следвани последователно от интравентрикуларния септум, като активацията се разпространява и завършва към базо-латералните сегменти на лява камера (LV) [6]. Интра- и интервентрикуларната диссинхрония водят до увеличаване на крайният систолен обем, систолна дисфункция и нарушена релаксацията на миокарда [8]. Забавената деполяризация на папиларните мускули резултира в папиларна дисфункция и вторична митрална инсуфициенция [8]. При хронична асинхронна активация се потенцира ремоделирането на лявата камера, като се увеличава риска от PICM и предсърдно мъждене [7-9].

Това води до търсенето на други деснокамерни местоположения с цел постигане на по-физиологична активация на миокарда и намаляване на риска от бъдеща левокамерна дисфункция. Септалният пейсинг (RVSP) е алтернативен метод, асоцииращ се с по-кратка продължителност на QRS-комплекса в сравнение с RVAP и пейсиране в изходящия тракт на дясната камера (RVOT) [10].

В наличната литература се срещат противоречиви данни за клиничната значимост на септалната кардиостимулация. От една страна, някои проучвания показват несигнификантни разлики между RVSP и RVAP [17, 18] но последните големи мета-анализи по темата показват по-добри резултати при RVSP спрямо RVAP и по-малка QRSd, предполагащи по-добра хемодинамика и по-малък риск от развитие на PICM [1, 11].

ЦЕЛИ

1. Да се измери пре- и постпроцедурната продължителност на QRS-комплекса в двете предефинирани групи пациенти.
2. Да се установи коя от двете деснокамерни локации се асоциира с по-тесен QRS-комплекс.

In RVAP, the depolarization wave bypasses the His-Purkinje system, activating the myocardium primarily through the working myocardium. This begins with the antero-apical segments of the right ventricle (RV), followed by the interventricular septum, and spreads towards the basal-lateral segments of the left ventricle (LV) [6]. Intra- and inter-ventricular dyssynchrony result in increased end-systolic volume, systolic dysfunction, and impaired myocardial relaxation [8]. Delayed depolarization of the papillary muscles leads to papillary dysfunction and secondary mitral regurgitation [8]. Chronic asynchronous activation promotes left ventricular remodeling, increasing the risk of PICM and atrial fibrillation [7-9].

This has led to the exploration of alternative right ventricular pacing sites to achieve more physiological myocardial activation and reduce the risk of future left ventricular dysfunction. Septal pacing (RVSP) is an alternative method associated with shorter QRS duration compared to RVAP and pacing in the right ventricular outflow tract (RVOT) [10].

Existing literature presents conflicting data on the clinical significance of septal pacing. While some studies report insignificant differences between RVSP and RVAP [17, 18], recent large meta-analyses on the topic demonstrate better outcomes for RVSP compared to RVAP, with a smaller QRSd, suggesting improved hemodynamics and a lower risk of developing PICM [1, 11].

OBJECTIVES

1. To measure the pre- and post-procedural duration of the QRS complex in the two predefined groups of patients.
2. To determine which of the two right ventricular locations is associated with a narrower QRS complex.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Дизайн проучвана популация

Това е ретроспективно проучване, проведено в един център, включващо 20 пациенти с индикация клас I А според настоящите препоръки на Европейското кардиологично дружество [12]. Изучаваната популация се състои от 10 последователни процедури с апикално пейсиране и 10 последователно имплантирани септални електрода. Всички включващи и изключващи критерии са систематизирани в табл. 1.

Таблица 1. Включващи и изключващи критерии

Включващи критерии	Изключващи критерии
Клас I за имплантация на ПЕКС [12]	Възраст под 18 години
Клас IIa за имплантация на ПЕКС [12]	Фракция на изтласкване на лява камера < 50%
Първична имплантация	Хипертрофична обструктивна кардиомиопатия
Фракция на изтласкване на лява камера >5 0%	Вторична имплантация
	Нужда от ресинхронизираща терапия
	Нужда от имплантируем кардиовертердефибрилатор
	Заместителен ритъм с инфранодален фокус
	Вродени сърдечни малформации

Имплантиране на постоянен електрокардиостимулатор (ПЕКС)

Всички пациенти бяха подложени на първична имплантация на ПЕКС, като бяха използвани трансвенозни ендокардни електрода с активна фиксация (CapSure Fix 5076, Medtronic, Minneapolis; Tendril STS, St Jude Medical и Solia S 60, Biotrnik). Използваха се стандартни веннозни достъпи. Под флуороскопски контрол електрод с активна фиксация беше имплантиран с помощта на стандартен стилет в деснокамерен апекс (RVA) и 3D стилет по Mond [13] в среден деснокамерен септум (RVS).

За постигане на RVS пейсинг, след преминаване през трикуспидална клапа, електрода се пласира в truncus pulmonalis посредством с мануално оформен стилет. След ремоделиране на стилета с оформяне на първична и вто-

MATERIAL AND METHODS

Study Population Design

This is a retrospective study conducted at a single center, including 20 patients with a class I A indication according to the current guidelines of the European Society of Cardiology [12]. The study population consists of 10 consecutive procedures with apical pacing and 10 consecutively implanted septal electrodes. All inclusion and exclusion criteria are summarized in Table 1.

Table 1. Inclusion and exclusion criteria

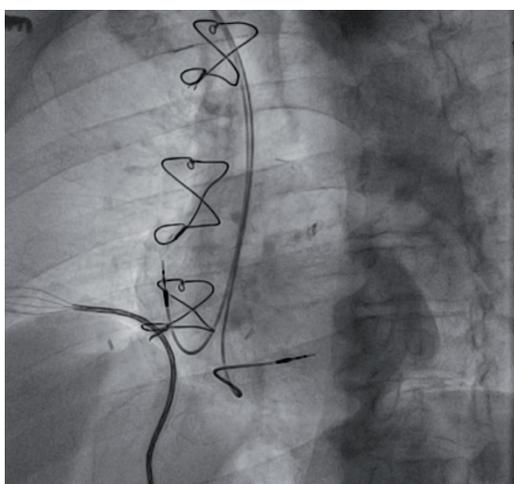
Inclusion criteria	Exclusion criteria
Class I for pacemaker implantation [12]	Age under 18 years
Class IIa for pacemaker implantation [12]	Ejection fraction under 50%
Primary implantation	Hypertrophic cardiomyopathy
Ejection fraction above 50%	Secondary implantation
	Need for resynchronization therapy
	Need for ICD.
	Infranodal rhythm before implantation
	Congenital heart disease

Implantation of a Permanent Pacemaker (PPM)

All patients underwent primary implantation of a PPM, using transvenous endocardial electrodes with active fixation (CapSure Fix 5076, Medtronic, Minneapolis; Tendril STS, St Jude Medical; and Solia S 60, Biotrnik). Standard venous accesses were used. Under fluoroscopic control, an electrode with active fixation was implanted using a standard stylet in the right ventricular apex (RVA) and a 3D stylet according to Mond [13] in the mid-right ventricular septum (RVS).

To achieve RVS pacing, after passing through the tricuspid valve, the electrode was positioned in the pulmonary trunk with a manually shaped stylet. After remodeling the stylet to create a

рична кривина, наподобяващ пре-оформения стилет на Mond, електрода се изтегля през деснокамерния изходящ тракт и със завъртане, обратно на часовниковата стрелка, се позиционира в областта на среден септум. Позицията се верифицира в LAO – 30-40° и RAO – 30-40° проекции (фиг. 1 и фиг. 2).



Фиг. 1. Флуороскопия при RVSP в LAO 30 проекция

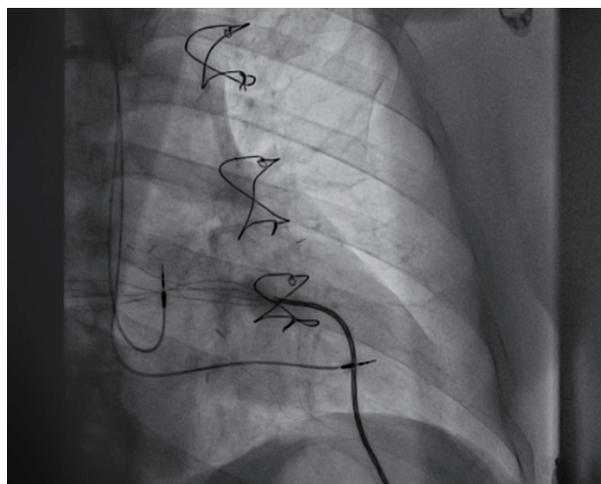
Fig. 1. Fluoroscopy in LAO 30 degree during RVSP

Анализ на QRS

Дванадесетканален (3 x 4 x 1) ЕКГ запис, репрезентиращ морфологията и продължителността на QRS-комплекса, бе анализиран при амплитуда 10 mm/mV и скорост 25 mm/s. За регистриране на напълно пейсиран QRS се използва VVI пейсинг с честота по-голяма от подлежащата при независими от ПЕКС пациенти с цел изключване на възможни слети комплекси.

Продължителността на QRS се измерваше от двама независими изследователи (Ст. Д. и Е.А.), които бяха „заслепени“ на пациент от коя група принадлежи електрокардиограмата. Регистрираше се комплексът с най-голяма продължителност от всички отвеждания. QRS-комплексът регистриран предпроцедурно (QRSb) служеше за референция, и пейсираните QRS (QRSp) комплекси бяха сравнявани с него, като всеки пациент беше контрола на самият себе си. QRSD се изчисли чрез QRSp – QRSD. На

primary and secondary curvature, resembling Mond's pre-shaped stylet, the electrode was advanced through the right ventricular outflow tract and, by rotating counterclockwise, positioned in the mid-septum area. The position was verified in the LAO 30-40° and RAO 30-40° projections (Fig. 1 and Fig. 2).



Фиг. 2. Флуороскопия при RVSP в RAO 30 проекция

Fig. 2. Fluoroscopy in RAO 30 degree during RVSP

QRS Analysis

A twelve-lead (3 x 4 x 1) ECG recording representing the morphology and duration of the QRS complex was analyzed with an amplitude of 10 mm/mV and a speed of 25 mm/s. To register a fully paced QRS, VVI pacing was used with a frequency higher than the underlying rate in patients independent of the pacemaker, to exclude any potential fused complexes.

The duration of the QRS was measured by two independent researchers (St. D. and E.A.), who were “blinded” to which group the patient's ECG belonged. The complex with the longest duration of all leads was recorded. The pre-procedural QRS complex (QRSb) served as the reference, and the paced QRS (QRSp) complexes were compared with it, with each patient acting as their own control. QRSD was calculated as QRSp-QRSD. ECGs

фиг. 3 и съответно фиг. 4 са представени ЕКГ със септален и апикален пейсинг.

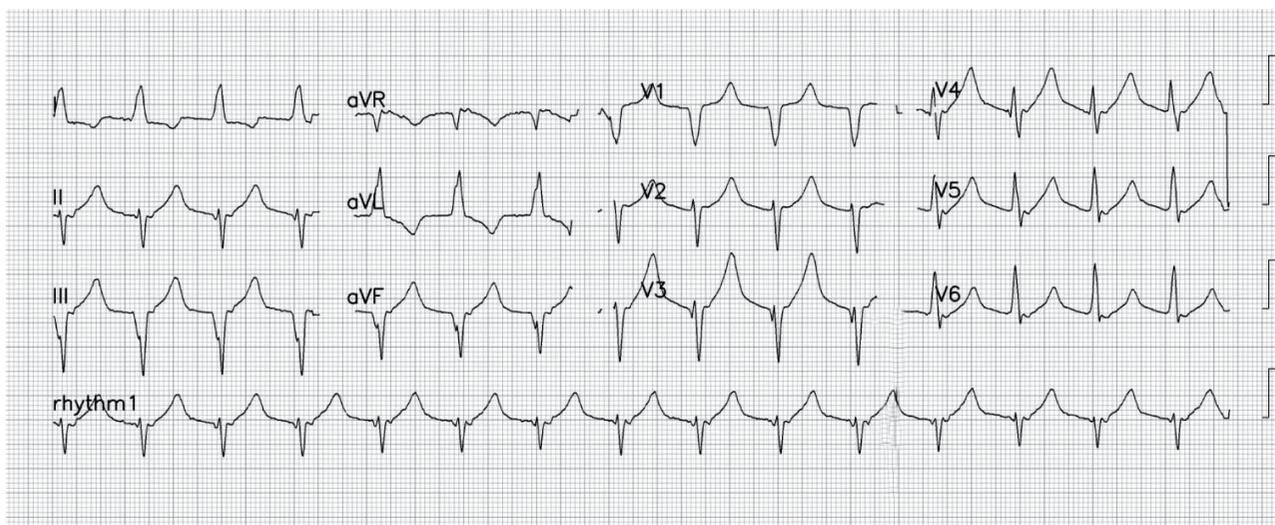
Статистически анализ

Базисните характеристики и демографската информация на пациентите бяха анализирани чрез средни стойности и стандартно отклонение. Сравнението между отделните групи се извърши чрез Pearson's chi-square и Student's T-test. В случай на абнормна дистрибуция, се използва Mann-Whitney U-тест. Нивото на достигнатата статистическа сигнификантност се прие при $p\text{-value} < 0.05$ за всеки отделен анализ.

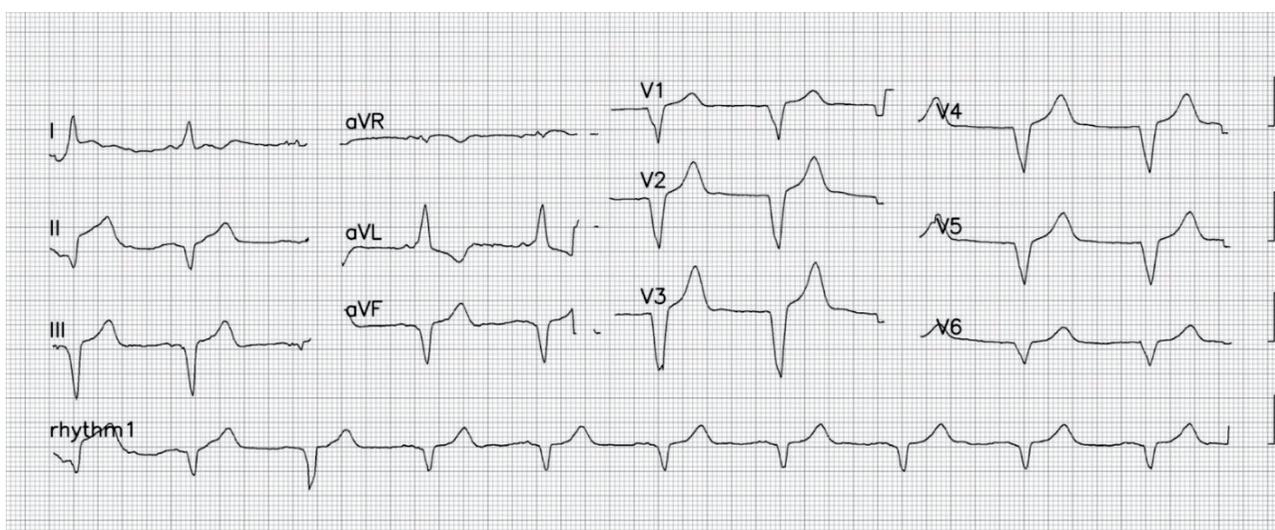
with septal and apical pacing are shown in Figure 3 and Figure 4, respectively.

Statistical Analysis

The baseline characteristics and demographic information were analyzed using "mean values and standard deviation." The comparison between the groups was performed using Pearson's chi-square test and Student's t-test. In case of abnormal distribution, the Mann-Whitney U test was used. The level of statistical significance was set at a $p\text{-value} < 0.05$ for each individual analysis.



Фиг. 3. ЕКГ от RVSP // Fig. 3: ECG in RVSP



Фиг. 4. ЕКГ от RVAP // Fig. 4: ECG in RVAP

РЕЗУЛТАТИ

Средната възраст на изследваната популация е 73 години, като половината от пациентите бяха от женски пол (50%), а най-честото съпътстващо заболяване беше артериална хипертония (100%). Средната левокамерна фракция на изтласкване бе 63,3%; без значима биатриална дилатация – средни стойности за ЛП – 23.7 cm², и ДП – 18 cm². Демографските и базисни характеристика на изследваната популация са описани в табл. 2.

Таблица 2. Базова характеристика на пациентите

	Апикален	Септален
Базова характеристика		
Мъже	5	5
Жени	5	5
Средна възраст	65,1	75,5
Придружаващи заболявания		
Хипертонична болест	10	10
Захарен диабет	4	1
Дислипидемия	9	8
Предсърдно мъждене	2	3
Индикации		
AV блок II степен	4	0
AV блок III степен	2	2
Синдром на болния син. възел	4	7
Трифасцикуларен блок	0	1
ЕКГ		
Средна СЧ	58,7	52,9
Средна продължителност на PR	213.2	152,5
ЛПФБ	0	2
ЛЗФБ	0	0
ПДББ	0	1
ПЛББ	0	1
Ехокардиографски характеристики		
Средна ФИ на лява камера	65,1	61,4
Дебелина на МП	12,5	11,5
Дебелина на ЗСЛК	12,1	10,6
Ляво предсърдие (площ)	23,1	24,4
Дясно предсърдие (площ)	17,1	18,8

Всички 20 пациенти преминаха успешна имплантация на ПЕКС. При 16 от тях бе

RESULTS

The average age of the study population was 73 years, with half of the patients being female (50%), and the most common comorbid condition was arterial hypertension (100%). The mean left ventricular ejection fraction was 63.3%; there was no significant bi-atrial dilation – average values for LA: 23.7 cm² and RA: 18 cm². The demographic and baseline characteristics of the study population are described in Table 2.

Table 2. Basic patient characteristics

	Apical	Septal
Basic Characteristics		
Men	5	5
Women	5	5
Average age	65,1	75,5
Comorbidities		
Hypertension	10	10
Diabetes	4	1
Dyslipidemia	9	8
Atrial Fibrillation	2	3
Indication		
AV block II degree	4	0
AV block III degree	2	2
Sick Sinus Syndrome	4	7
Trifascicular block.	0	1
ECG		
Average heart rate	58,7	52,9
Average PR interval	213.2	152,5
Left anterior hemiblock	0	2
Left posterior hemiblock	0	0
Right Bundle Branch Block	0	1
Left Bundle Branch Block	0	1
Echocardiographic characteristics		
Average EF	65,1	61,4
Thickness of interventricular septum (mm)	12,5	11,5
Thickness of LV posterior wall (mm)	12,1	10,6
Area of the left atrium	23,1	24,4
Area of the right atrium	17,1	18,8

All 20 patients underwent successful pacemaker implantation. In 16 of the patients, ac-

използван достъп през v. axillaris sinistra, а при останалите четирима – през v. cephalica sinistra. Средният праг на стимулация бе $0,7 \pm 0,3$ V на $0,5$ ms, със сенсирана R-вълна от $14,2 \pm 4,8$ mV и импеданс на електрода 752 ± 150 ома. Разпределението на позицията на камерният електрод бе 50:50 между апикална и септална позиция. Апикалните и септалните имплантации се извършваха от двама отделни оператори със сравнително еднакъв опит и обем процедури в съответният подход. При двата използвани подхода нямаше значима разлика в процедурното време в двете групи ($74,1 \pm 24,3$ min срещу $76 \pm 28,6$ min в групата с апикален пейсинг, $p = 0,87$) и в рентгеновото време ($8,1 \pm 5,8$ min срещу $8,3 \pm 5,4$ min в групата с апикален пейсинг, $p = 0,94$)

Преобладаващият препроцедурен ритъм беше синусов (80%), като останалите 20% бяха с перманентно предсърдно мъждене. Средната сърдечна честота бе $55 \pm$ уд./ min. Двама от пациентите имаха ЛПХБ на предпроцедурната ЕКГ, както и по един пациент с пЛББ и пДББ. Средната дължина на PR-интервала бе $185,2 \pm 52,6$ ms, а QRS-продължителността – $98,7 \pm 19,3$ ms. Средната продължителност на пейсираният QRS бе $150,1 \pm 10,6$ ms. Разликата (QRSd) между пред- и постпроцедурния изцяло стимулиран камерен комплекс бе $52,2 \pm 23,2$ ms.

При сравнение на апикалната и септалната стимулация се регистрира статистически значима разлика в продължителността както на предпроцедурния, така и на стимулираният QRS-комплекс. Средната продължителност на базисния QRS при пациентите със септална имплантация бе значително по-дълъг от този на лицата с апикално позициониран електрод – $108,5 \pm 21,5$ ms срещу $88,8 \pm 10,5$ ms ($p < 0,05$). Обратната зависимост се наблюдава при замерване на стимулирания QRS-комплекс – значително по-къс при септална стимулация $145,8 \pm 10,1$ срещу $155,9 \pm 9$ при апикална ($p < 0,05$). При сравнение на QRSd се регистрира значително по-сигнификантно удължаване на QRS-комплекса при апикална стимулация –

cess was gained through the left axillary vein, while the remaining four had access via the left cephalic vein. The mean pacing threshold was 0.7 ± 0.3 V at 0.5 ms, with a sensed R-wave amplitude of 14.2 ± 4.8 mV and an electrode impedance of 752 ± 150 ohms. The distribution of the electrode position was 50:50 between the apical and septal positions. Apical and septal implantations were performed by two different operators with relatively equal experience and volume of procedures in each approach. There was no significant difference in procedural time between the two groups (74.1 ± 24.3 min vs. 76 ± 28.6 min in the apical pacing group, $p = 0.87$) and in fluoroscopic time (8.1 ± 5.8 min vs. 8.3 ± 5.4 min in the apical pacing group, $p = 0.94$).

The predominant pre-procedural rhythm was sinus rhythm (80%), while the remaining patients (20%) had permanent atrial fibrillation. The mean heart rate was $55 \pm$ beats/min. Two patients had left bundle branch block (LBBB) on the pre-procedural ECG, and one patient had a right bundle branch block (RBBB) and a left anterior fascicular block (LAFB). The mean PR interval length was 185.2 ± 52.6 ms, and the QRS duration was 98.7 ± 19.3 ms. The mean duration of the paced QRS was 150.1 ± 10.6 ms. The difference (QRSd) between the pre- and post-procedural fully paced ventricular complex was 52.2 ± 23.2 ms.

When comparing apical and septal stimulation, a statistically significant difference was recorded in both the pre-procedural and the paced QRS complex duration. The mean duration of the baseline QRS in patients with septal implantation was significantly longer than in patients with apically positioned electrodes – 108.5 ± 21.5 ms vs. 88.8 ± 10.5 ms ($p < 0.05$). The opposite relationship was observed when measuring the paced QRS complex – it was significantly shorter with septal pacing (145.8 ± 10.1 ms) compared to apical pacing (155.9 ± 9 ms, $p < 0.05$). When comparing QRSd, there was a significantly greater prolongation of the QRS complex with apical stimulation – $67.1 \pm$

67.1 ± 11.1 ms и 37,3 ± 22,8 ms)P < 0.05) в сравнение със септално стимулиране (фиг. 5).

Не се установи статистически сигнификантна разлика на продължителността на QRS-комплекса между двата пола в групата със септален пейсинг (150.0 ± 3.54 ms срещу 141.6 ± 13.1 при жените, p = 0.205).

Разликата в продължителността на процедурите в двете групи също беше статистически незначима – апикален пейсинг – 74.1 min и респективно 76 min за групата със септален пейсинг (фиг. 6).

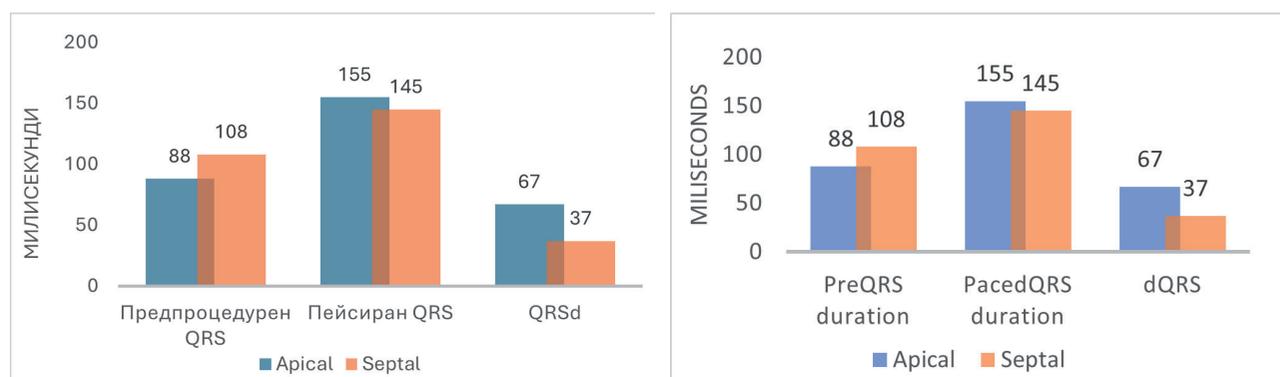
Всички пациенти бяха успешно дехоспитализирани на 12/24-и следоперативен час. В описаната кохорта пациенти не се регистрираха пери- или интрапроцедурни усложнение. Всички пациенти (100%) бяха проследени на 1-ви и 3-ти месец след процедурата и при замерване на ПЕКС се демонстрираха задоволителни и стабилни показатели.

11.1 ms vs. 37.3 ± 22.8 ms (p < 0.05), compared to septal pacing (Fig. 5).

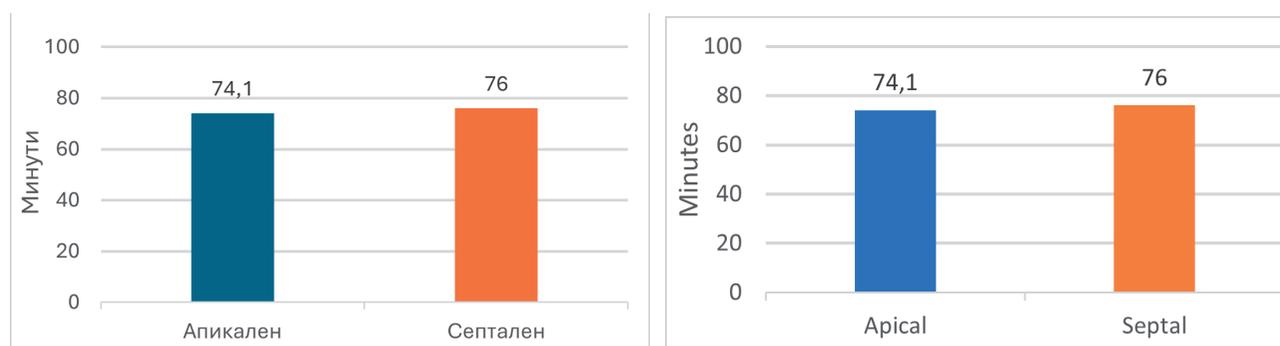
No statistically significant difference in the QRS complex duration was found between the two genders in the septal pacing group (150.0 ± 3.54 ms vs. 141.6 ± 13.1 ms in females, p = 0.205).

The difference in procedure duration between the two groups was also statistically insignificant – 74.1 minutes for apical pacing and 76 minutes for the septal pacing group, respectively (Fig. 6).

All patients were successfully discharged at 12-24 hours post-procedure. No peri- or intra-procedural complications were recorded in the described cohort of patients. All patients (100%) were followed up at 1 and 3 months after the procedure, and satisfactory and stable pacemaker parameters were demonstrated upon measurement.



Фиг. 5. Резултати // Fig. 5. Results



Фиг. 6. Процедурно време // Fig. 6. Procedure duration

ОБСЪЖДАНЕ

Данни от множество проучвания при ресинхронизиращата терапия доказват, че продължителността на QRS-комплекса е най-важният маркер за диссинхрония [14]. В резултат на асинхронната миокардна активация, хроничния деснокамерен пейсинг се свързва с повишен риск от PICM, левокамерно ремоделиране и повишен брой хоспитализации поради обострена сърдечна недостатъчност [3, 4]. По-кратката продължителност на QRS-комплекса при пейсирани пациенти се асоциира с по-нисък риск от левокамерна дилатация и това води до търсене на методики, постигащи кратък QRS-комплекс и запазване на нормалната физиологична миокардна активация [16].

В настоящото проучване доказваме, че RVSP води до сигнификантно по-кратка продължителност на пейсирания QRS-комплекс спрямо при апикален пейсинг. Трябва да се отбележи, че групата пациенти с имплантиран септално електрод бе с по-голяма продължителност на базовия (препроцедурния) QRS-комплекс. Въпреки по-сложната техника за позициониране на електрода при RVSP нямаше значима разлика в процедурното време и използването рентгеново време. Не се откри и значима разлика в параметрите на електродите по време на имплантация, като и в двете групи не се наблюдаваха пери- и постпроцедурни усложнения, вкл. и при проследяване на пациентите на 1-ви и 3-ти месец.

При RVSP камерната деполяризация започва в междукламерния септум и достига до възбудно-проводната система, което в резултат генерира QRS-комплекс с по-кратка продължителност, докато при RVAP възбудния импулс пропагира основно през работния миокард [15, 19]. Това води до по-дълъг QRS-комплекс и по-изразена диссинхрония [15].

Въпреки множеството доказателства постигане на по-физиологична активация при RVSP, все още липсват категорични данни за сигнификантно превъзходство на RVSP спря-

DISCUSSION

Data from numerous studies on resynchronization therapy show that the duration of the QRS complex is the most important marker of dyssynchrony [14]. As a result of asynchronous myocardial activation, chronic right ventricular pacing is associated with an increased risk of PICM, left ventricular remodeling, and a higher number of hospitalizations due to worsening heart failure [3, 4]. A shorter QRS duration in paced patients is associated with a lower risk of left ventricular deterioration, which leads to the pursuit of methods that achieve a short QRS complex while preserving normal physiological myocardial activation [16].

In this study, we demonstrate that right ventricular septal pacing (RVSP) leads to a significantly shorter paced QRS duration compared to apical pacing. It should be noted that the group of patients with a septal electrode implant had a longer baseline (pre-procedural) QRS duration. Despite the more complex technique for electrode positioning with RVSP, there was no significant difference in procedural and fluoroscopic time. There was also no significant difference in electrode parameters during implantation, and no peri- or post-procedural complications were observed in either group, including during follow-up at 1 and 3 months.

In RVSP, ventricular depolarization starts at the interventricular septum and spreads to the conduction system, resulting in a QRS complex with a shorter duration, whereas in RVAP, the excitation impulse mainly propagates through the working myocardium [15, 19]. This leads to a longer QRS complex and more pronounced dyssynchrony [15].

Despite the extensive evidence supporting the more physiological activation achieved with RVSP, there is still no definitive data demonstrating the significant superiority of RVSP over RVAP in de-

мо RVAP при зависими пациенти, при дългосрочно проследяване [15, 18, 19].

pendent patients with long-term follow-up [15, 18, 19].

ОГРАНИЧЕНИЯ НА ПРОУЧВАНЕТО

Лимитиращи фактори на проучването са малкият брой включени пациенти, липсата на рандомизиране и на продължително проследяване.

LIMITATIONS

The limiting factors of the study are the small number of included patients, the lack of randomization, and the absence of long-term follow-up.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Септалният деснокамерен пейсинг води до сигнификантно по-кратка продължителност на пейсирания QRS-комплекс спрямо RVAP. Въпреки по-сложната техника при RVSP, в изучаваната популация не се установи значителна разлика в процедурните времена.

CONCLUSION

Right ventricular septal pacing leads to a significantly shorter paced QRS duration compared to RVAP. Despite the more complex technique in RVSP, no significant difference in procedural time was found in the studied population.

БИБЛИОГРАФИЯ/REFERENCES

1. De Cock CC, Giudici MC, Twisk JW. Comparison of the haemodynamic effects of right ventricular outflow-tract pacing with right ventricular apex pacing: a quantitative review. *Europace*. 2003;5(3):275-278. doi: 10.1016/s1099-5129(03)00031-x.
2. Occhetta E, Quirino G, Baduena L et al. Right ventricular septal pacing: Safety and efficacy in a long-term follow-up. *World Journal of Cardiology*, 2015;7(6):490-498.
3. Khurshid S, Epstein AE, Verdino RJ et al. Incidence and predictors of right ventricular pacing-induced cardiomyopathy. *Heart Rhythm*, 2014;11(9):1619-1625. <https://doi.org/10.1016/j.hrthm.2014.05.040>
4. Wilkoff BL, Cook JR, Epstein AE et al. Dual-chamber pacing or ventricular backup pacing in patients with an implantable defibrillator: The Dual Chamber and VVI Implantable Defibrillator (DAVID) Trial. *JAMA*, 2002;288(24), 3115-3123. <https://doi.org/10.1001/jama.288.24.3115>
5. Khurshid S, Liang JJ, Owens A et al. Longer paced QRS duration is associated with increased prevalence of right ventricular pacing-induced cardiomyopathy. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2016;27(10):1174-1179. <https://doi.org/10.1111/jce.13045>.
6. Wyndham CR, Smith T, Meeran MK et al. Epicardial activation in patients with left bundle branch block. *Circulation*. 1980;61(4):696-703. doi: 10.1161/01.cir.61.4.696.
7. Varma N. Left ventricular conduction delays induced by right ventricular apical pacing: effect of left ventricular dysfunction and bundle branch block. *J Cardiovasc Electrophysiol*. 2008;19(2):114-22. doi: 10.1111/j.1540-8167.2007.00995.x.
8. Liu W-H, Chen M-C, Chen Y-L et al. Right ventricular apical pacing acutely impairs left ventricular function and induces mechanical dyssynchrony in patients with sick sinus syndrome: A real-time three-dimensional echocardiographic study. *Indian Heart Journal*, 2018;70(5), 713-720. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2018.01.023>
9. Zile MR, Blaustein AS, Shimizu G, Gaasch WH. Right ventricular pacing reduces the rate of left ventricular relaxation and filling. *J Am Coll Cardiol*. 1987;10(3):702-9. doi: 10.1016/s0735-1097(87)80215-2.

10. Schwaab B, Frohlig G, Alexander C et al. Influence of right ventricular stimulation site on left ventricular function in atrial synchronous ventricular pacing. *J Am Coll Cardiol.* 1999;33:317-323.
11. Shimony A, Eisenberg MJ, Filion KB, Amit G. Beneficial effects of right ventricular non-apical vs. apical pacing: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Europace.* 2012;14(1):81-91. doi: 10.1093/europace/eur240.
12. Glikson M, Nielsen JC, Kronborg MB et al. & the ESC Scientific Document Group. 2021 ESC Guidelines on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy: Developed by the Task Force on cardiac pacing and cardiac resynchronization therapy of the European Society of Cardiology (ESC) with the special contribution of the European Heart Rhythm Association (EHRA). *Eur Heart J.* 2021;42(35), 3427-3520.
13. Das A, Kahali D. Ventricular septal pacing: Optimum method to position the lead. *Indian Heart Journal,* 2018;70(5):713-720. <https://doi.org/10.1016/j.ihj.2018.01.023>
14. Ruschitzka F, Abraham WT, Singh JPK et al. Cardiac-resynchronization therapy in heart failure with a narrow QRS complex. *New Engl J Med.* 2013;369(14):1395-1405.
15. Albakri A. Right ventricular septal or apical? Which is the optimal positioning in pacemaker implantation: A systematic review and meta-analysis. *Integrative Molecular Medicine,* 2020;7:10.15761/IMM.1000411.
16. Spath NB, Wang K, Venkatasumbramanian S et al. Complications and prognosis of patients undergoing apical or septal right ventricular pacing. *Open Heart,* 2019;6:e000962. <https://doi.org/10.1136/openhrt-2018-000962>.
17. Lewicka-Nowak E, Dabrowska-Kugacka A, Tybura S et al. Right ventricular apex versus right ventricular outflow tract pacing: Prospective, randomized, long-term clinical and echocardiographic evaluation. *Kardiologia Polska,* 2006;64(10):1082-1091.
18. Mera F, DeLurgio DB, Patterson RE et al. A comparison of ventricular function during high right ventricular septal and apical pacing after His-bundle ablation for refractory atrial fibrillation. *Pacing and Clinical Electrophysiology,* 1999;22(8):1234-1239. <https://doi.org/10.1111/j.1540-8159.199.tb00606.x>.
19. Zou C, Song J, Li H et al. Right ventricular outflow tract septal pacing is superior to right ventricular apical pacing. *J Am Heart Assoc.* 2015;4(4):e001777. <https://doi.org/10.1161/JAHA.115.001777>.

☰ **Адрес за кореспонденция:**
д-р Ст. Димов
e-mail: s.dimov.bs@heartandbrain.bg

☰ **Address for correspondence:**
S. Dimov, MD
e-mail: s.dimov.bs@heartandbrain.bg

РЕТРОГРАДЕН ПУНКЦИОНЕН ДОСТЪП ПРИ ЛЕЧЕНИЕТО НА ПЕРИФЕРНА АРТЕРИАЛНА БОЛЕСТ НА ДОЛНИ КРАЙНИЦИ

Т. Самарджиев, Н. Колев, И. Милошовски, Ж. Александров, И. Костадинова, В. Иванова, В. Динов

МБАЛ „Сърце и Мозък“ – Плевен

Резюме. Ретроградният пункционен достъп през тибиалните артерии представлява осъществим метод за ендоваскуларна реваскуларизация, когато антероградните методи не успеят. В тази статия предлагаме обширен преглед на ретроградния достъп, подчертавайки техниката и споделяме част от нашия опит при използването ѝ.

Ключови думи: ендоваскуларни процедури, исхемия, периферна артериална болест, съдови достъпни устройства, съдова оклузия, атеросклероза

RETROGRADE TIBIAL ACCESS IN TREATMENT OF PERIPHERAL ARTERY DISEASE

T. Samardjiev, N. Kolev, I. Miloshevski, Z. Aleksandrov, I. Kostadinova, V. Ivanova, V. Dinov

MBAL „Heart and Brain“ – Pleven

Abstract. Retrograde puncture access via the tibial arteries is an achievable method for endovascular revascularization when antegrade methods fail. In this article, we provide a comprehensive review of the retrograde approach, highlighting the technique and sharing some of our experience using it.

Key words: endovascular procedures, ischaemia, peripheral artery disease vascular access devices, vascular occlusion, atherosclerosis

ВЪВЕДЕНИЕ

Периферната артериална болест (ПАБ) обикновено се отнася до атеросклеротична артериална оклузивна болест на долните крайници, която ще бъде фокусът в даденото проучване. Съобщава се, че ПАБ засяга 202 млн. души по света през 2010 г. В административна база данни от > 9 млн. пациенти в Съединените щати разпространението на симптомна ПАБ е било 10,7%, а на критична исхемия на крайниците (КИК) – 1,3% [1]. В резултат на нарастващия дял на по-възрастните пациенти, разпространението на ПАБ се увеличава: между 2000 и 2010 г. броят на случаите на ПАБ е нараснал с 13% в страните с високи доходи и с 29% в страните с ниски и средни доходи [1]. Симптомната

INTRODUCTION

Peripheral arterial disease (PAD) usually refers to atherosclerotic arterial occlusive disease of the lower extremities, which will be the focus of this study. PAD was reported to affect 202 million people worldwide in 2010. In an administrative database of > 9 million patients in the United States, the prevalence of symptomatic PAD was 10.7% and of critical limb ischemia (CLI) was 1.3% [1]. As a result of the increasing proportion of older patients, the prevalence of PAD is increasing: between 2000 and 2010 The incidence of PAD has increased by 13% in high-income countries and by 29% in low- and middle-income countries [1]. Symptomatic PAD can present as atypical, exercise-limiting limb symptoms, inter-

ПАБ може да се прояви като атипични, ограничаващи физическото натоварване симптоми на крайниците, клаудикацио интермитенс (болка, предизвикана от ходене и облекчена от почивка) или хронична КИК (исхемична болка в покой или улцерация за > 14 дни) [1].

Атеросклерозата се развива главно чрез непрекъснатия процес на увреждане на артериалната стена, дължащи се на задържане на липиди чрез улавяне в интимата от матрица, като протеогликани, което води до модификация, която от своя страна влошава хроничното възпаление на уязвими места в артериите и играе важна роля във всички фази на атерогенната прогресия. Този процес започва от зараждащите се мастни ивици в артериалната интима, които еволюират във фиброзни плаки и се превръщат в сложни атеросклеротични плаки, които са податливи на руптура. Също така, стенозата от разширяването на атерома навътре може да доведе до запушване на съдовете. ПАБ може да бъде асимптомна при добре развито колатерално кръвообращение.) [2].

Лечението на периферна артериална болест (ПАБ) на долните крайници е предимно хирургично. В зависимост от обема на лезията, степента и тежестта на калцинозата на артериалната стена, на пациента може да се предложи отворена, ендоваскуларна интервенция, както и хибриден подход. През последните години все повече се предпочита ендоваскуларната реваскуларизация, особено когато отворената хирургия не е възможна. Броят на ендоваскуларните интервенции при лечение на оклузии във феморално-илиачен и тибиаден сегмент се увеличи.

Обикновено за такива интервенции се използва или антеграден достъп през общата феморална артерия, или ретрограден контралатерален достъп. Тези достъпи за реканализация не винаги са технически възможни, тъй като проксималната част на оклузията може да е изключително твърда за реканализация. Субинтималната реканализация може да не

mittent claudication (pain induced by walking and relieved by rest), or chronic CI (critical ischaemia, ischemic rest pain or ulceration for > 14 days) [1].

Atherosclerosis develops primarily through a continuous process of damage to the arterial wall, due to the retention of lipids by intimal entrapment by matrix such as proteoglycans, leading to modification that in turn exacerbates chronic inflammation at vulnerable arterial sites and plays an important role in all phases of atherogenic progression. This process begins with nascent fatty streaks in the arterial intima, which evolve into fibrotic plaques and become complex atherosclerotic plaques that are susceptible to rupture. Also, stenosis from inward expansion of atheroma can lead to vessel occlusion. PAH may be asymptomatic with well-developed collateral circulation.) [2].

The treatment of critical lower extremity ischemia is primarily surgical. Depending on the volume and extent of the lesion and the severity of arterial wall calcinosis the patient can be offered both open and endovascular intervention, as well as a hybrid approach. In recent years, vascular surgeons increasingly prefer endovascular revascularization, especially when open surgery is not possible. The number of endovascular surgeries for occlusions in the femoral-iliac and tibial segments increased significantly. Usually, either antegrade ipsilateral access through the common femoral artery (CFA) or retrograde contralateral access through the CFA is used for such interventions. These recanalization accesses are not always technically possible, since the proximal portion of the occlusion may be too stiff for recanalization. The absence of a superficial femoral artery (SFA) stump can prevent the correct guidewire direction. Sub-

достигне истинския лумен. В такива ситуации изборът е ретроградният подход.

Индикациите включват: невъзможност за антеградна реканализация; остеоална оклузия на повърхностната бедрена артерия-артерия феморалис суперфициалис (АФС); анатомични вариации на илиачните артерии които правят невъзможно преминаването на интервенционалния набор; тежко затлъстяване и риск от локални пункционни усложнения и субинтимална антеградна реканализация, неуспешни опити за излизане към истинския лумен [3].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

Група от десет пациенти, лекувани в Отделението по съдова хирургия на МБАЛ „Сърце и мозък“ – Плевен, бе анализирана ретроспективно. В табл. 1 са представени данни за групата пациенти, а в табл. 2 критериите за извършване на ретроградна реканализация.

Таблица 1. Подробни характеристики за пациентите

Особености за пациентите	
Брой пациенти	10
Средна възраст на пациентите	70 г ± 10
Пол	Мъже - 7 (70%) Жени - 3 (30%)
Атеросклероза	10 (100%)
Оклузии на артерия феморалис суперфициалис	4 (40%)
Оклузии на артерия поплитеа	2 (20%)
Оклузии на артерия феморалис суперфициалис и артерия поплитеа	4 (40%)
TASC класификация	
TASC C	7 (70%)
TASC D	3 (30%)
Артериална хипертония	6 (60%)
Захарен диабет	8 (80%)
Исхемична болест на сърцето (ИБС)	2 (20%)

Таблица 2. Включващи критерии за ретроградна реканализация

Включващи критерии	
Остеална оклузия на АФС	5 (50%)
Неуспешен антеграден опит	2 (20%)
Субинтимална реканализация	1 (10%)
Изразен обезитет	2 (20%)

intimal recanalization can fail the reach of the true lumen. In such situations, transpedal approach might become a “lifeline.”

The indications for transpedal approach include: inability of superficial femoral artery (SFA) antegrade recanalization, SFA occlusion from the ostium; tortuous iliac arteries make it impossible to pass; severe obesity and risk of local puncture complications; and subintimal antegrade recanalization, unsuccessful attempts to exit to the true lumen [3].

MATERIAL AND METHODS

A group of ten patients treated in the Vascular Surgery Department of MBAL “Heart and Brain” – Pleven, was retrospectively analyzed. Table 1 presents data for the patient group, and Table 2 presents the criteria for performing retrograde recanalization

Table 1. Presents detailed patient characteristics.

Patient characteristics	
Number of patients	10
Average age	70 yrs. ± 10
Patient’s gender	Male 7 (70%) Female 3 (30%)
Atherosclerosis	10 (100%)
SFA lesion	4 (40%)
PA lesion	2 (20%)
SFA et PA lesion	4 (40%)
TASC classification	
TASC C	7 (70%)
TASC D	3 (30%)
Essential Hypertension	6 (60%)
Diabetes mellitus	8 (80%)
Ischemic heart disease	2 (20%)

Table 2. Inclusion criteria for retrograde recanalization

Indications for transpedal approach	
Ostium occlusion of SFA	5(50%)
Unsuccessful antegrade recanalization	2(20%)
Subintimal recanalization	1(10%)
Obesity	2(20%)

При оклузии на феморо-поплитеалния сегмент обикновено се използват 2 достъпа: проксимален и дистален. За проксималния достъп се използват брахиалната, общата феморална контралатерална и ипсилатерална артерия. Ако пациентът има тежко затлъстяване или остеоална оклузия, се пункцират артериите на горните крайници. При многобройни неуспешни опити за реканализация на артерията, голяма част от хирурзите предпочитат да завършат операцията и етикетират пациента като „неоперабилен“. Всъщност ретроградната пункция на тибиялните артерии под ехографски контрол е последната възможност.

Техники при планиране и подготовка на пациентите при ретроградния подход

Предоперативно при всички пациенти е извършена компютърна томография (КТ) с контрастно вещество с цел определяне на точната топология, обем и естество на лезията, за прогнозиране на трудностите и обема на хирургическата интервенция. Непосредствено преди операцията се извършва ултразвуков доплер (УЗД) на артериите на долните крайници, за да се оцени дисталният поток при възможна пункция на тибиялните артерии. Ретроградният подход се осъществява чрез задната тибиялна артерия (АТП) или предната тибиялна артерия (АТА) [4]. За въвеждане в тибиялните артерии са използвани интродюсери 4 Fr и 5 Fr и рядко 6 Fr. За да се предотврати ангиоспазм, през интродюсера се инжектира болус 0,1% разтвор на нитроглицерин. Ретроградната реканализация бе извършена с 0,018"/0,035" хидрофилни водачи. След това беше проведена транслюменна балонна ангиопластика с медикамент-излъчващи балони. Ако при последващата ангиография не се визуализира екстравазация, остатъчни стенози или признаци на дисекация, процедурата е завършена; в случай на дисекация или остатъчни стенози се преминава към имплантиране на стент. След това се отстранява интервенционалният набор и се извършва ръчна хемостаза в рамките на 10 до 15 min. На мястото на пункцията се прилага компресивна

For occlusions of the SFA from the ostium, 2 accesses are usually used: proximal and distal. For the proximal access, the radial, brachial, femoral contralateral, and ipsilateral arteries are used. If the patient has severe obesity or tortuosity of the iliac arteries, the arteries of the upper limbs are punctured. Next, antegrade recanalization of the SFA is attempted. With multiple unsuccessful attempts to recanalize the artery and exit to the true lumen, many surgeons prefer to finish the surgery and label the patient as a "no option" patient. In fact, retrograde puncture of the tibial arteries under ultrasound guidance is the last option.

Techniques for planning and preparing patients for the retrograde approach

Before surgery, all patients underwent contrast-enhanced CT angiography to determine the exact topology, volume and nature of the lesion, to predict the difficulties and volume of the surgical intervention. Immediately before surgery, an ultrasound of the lower limb arteries was performed to assess distal flow in case of possible puncture of the tibial arteries. The retrograde approach is performed through the posterior tibial artery (PTA) or the anterior tibial artery (ATA) [4]. Introducers 4 Fr and 5 Fr and rarely 6 Fr were used for introduction into the tibial arteries. To prevent angiospasm, a bolus of 0.1% nitro-glycerine solution was injected through the introducer. Retrograde recanalization was performed with 0.018"/0.035" hydrophilic guidewires. Transluminal balloon angioplasty with drug-eluting balloons was performed. If follow-up angiography showed no extravasation, residual stenosis, or signs of dissection, the procedure was completed; in the case of dissections or residual stenosis, stent implantation was performed. The inter-

превръзка. Постоперативно се контролира стъпално-брахиалният индекс. Всички пациенти с ангиопластика/стент са получили двойна антиагрегантна терапия: ацетилсалицилова киселина 100 mg през целия живот плюс клопидогрел 75 mg за 3 месеца, след което монотерапия [1]. Ако пациентът е имал предсърдно мъждене като придружаващо заболяване – ацетилсалицилова киселина 100 mg плюс директен орален антикоагулант (ДОАК) в терапевтични дози [1].

РЕЗУЛТАТИ

За демонстрация на техниката при ретроградния подход, описваме следния клиничен случай.

Пациент А, мъж на 68 години, постъпва планово в Отделението по съдова хирургия с клаудикационна болка при изминаване на 10 метра по-изразена вляво и атонична рана по дорзална повърхност на лявото ходило. Оплакванията са с давност около година. Анамнезата за хронични заболявания включва артериална хипертония (АХ), степен 3 затлъстяване (индекс на телесна маса 43, тежко абдоминално затлъстяване) и инсулинозависим захарен диабет тип 2. От локалния статус се установи рана по дорзална повърхност на лявото ходило с приблизителни размери 2 x 2 cm, зарастваща суб-крусам, без секреция. Има пулсации на общата феморална артерия (АФК) и липсват дистално, двустранно; тактило нормотемперирани ходила и пръсти, със запазени активни движения и сетивност.

Извърши се КТ ангиография на долните крайници. Констатира се двустранна оклузия на АФС и оклузия на артерия поплитеа (АПо) вляво.

Окончателната диагноза беше атеросклероза на артериите на долните крайници, двустранна оклузия на АФС и критична исхемия на левия долен крайник степен 4. Взе се решение за антеградна ендоваскуларна реканализация с евентуален ретрограден подход. Предоперативно се извърши УЗД на подбедрените артерии, като АТП беше проходима до

ventional set was then removed, and manual hemostasis was performed for 10 to 15 minutes. All angioplasty/stent patients received dual antiplatelet therapy: acetylsalicylic acid 100 mg lifelong plus clopidogrel 75 mg for 3 months, then monotherapy continues [1]. If the patient had atrial fibrillation as a comorbidity, acetylsalicylic acid 100 mg plus DOAC in therapeutic doses [1].

RESULTS

To demonstrate the technique of the retrograde approach, we describe the following clinical case.

Patient A, a 68-year-old man, was admitted to the clinic of vascular surgery with claudication interemittens of 10 meters, and an atonic wound on the dorsal surface of the left foot. The complaints were about a year old. The history of chronic diseases includes essential hypertension, grade 3 obesity (body mass index 43, severe abdominal obesity) and insulin-dependent type 2 diabetes mellitus. The local status revealed a wound on the dorsal surface of the left foot with approximate diameter of 2 x 2 cm, healing sub-crustam. With no secretion. Pulsations of the CFA and absent distally bilaterally. Tactile normothermic feet and toes, with active movements and sensitivity.

CT angiography of the lower extremities with contrast was performed. Bilateral occlusion of the SFA and occlusion of the popliteal artery (PA) on the left were detected.

The final diagnosis was atherosclerosis of the arteries of the lower extremities, bilateral occlusion of the APS and critical ischemia of the left lower limb grade 4. A decision was made for antegrade endovascular recanalization with a possible retrograde approach. Preoperatively, an ultrasound of the tibial arteries was performed, as the

дистално ниво, а АТА до нивото на метатарзалните кости.

Процедурата се проведе в хибридна операционна зала, под локална анестезия. С антеграден пункционен достъп до общата феморална артерия вляво бе направена селективна ангиография, при която се визуализира оклузия на артерия феморалис суперфициалис и артерия поплитеа (фиг. 1 и 2).

След неуспешни опити за реканализация при наличие на екстравазат (фиг. 3) и А-В фистула (фиг. 4) се взе решение за ретрограден пункционен достъп чрез АТП.

Същата се визуализира ангиографски (фиг. 5) и се пласира хидрофилен водач (фиг. 6 и 7).

Оклузиите на АФС и АП се преодоляха с водача, в следващия етап на процедурата, както е представено на фиг. 8 и 9. Ретроградно поставеният водач е пласиран в антеградно поставения диагностичен катетър (фиг. 10).

АТП was passable to the distal, and the ATA to the level of the metatarsal bones.

The procedure was performed in a hybrid operating room, under local anaesthesia. With antegrade puncture access to the common femoral artery on the left, selective angiography was performed, which visualized occlusion of the superficial femoral artery and popliteal artery (Fig. 1 and 2).

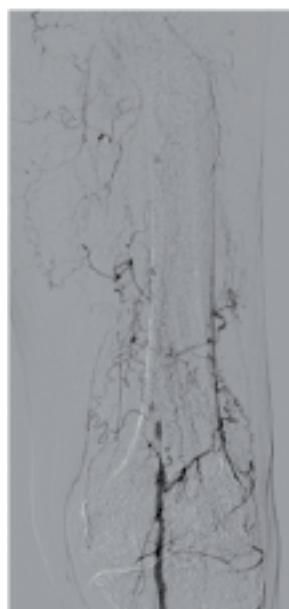
After unsuccessful attempts at recanalization in the presence of extravasation (Fig. 3) and A-V fistulae (Fig. 4), a decision was made to retrograde puncture access via ATP.

The artery is visualized angiographically (Fig. 5) and a hydrophilic guidewire is placed (Fig. 6 and 7).

SFA and PA occlusions were passed with the guidewire in the next step of the procedure as shown in Fig. 8 and 9. The retrograde guidewire was placed into the antegrade diagnostic catheter (Fig. 10).



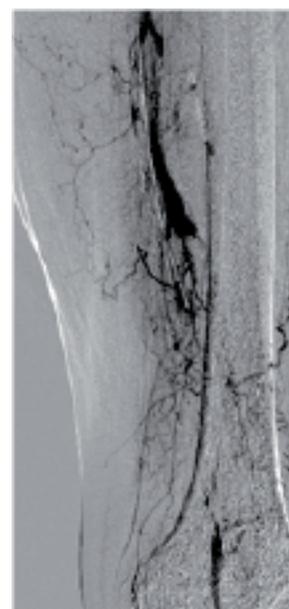
Фиг. 1. Селективна ангиография която верифицира оклузия на съда
Fig. 1. Selective angiography verifying vessel occlusion



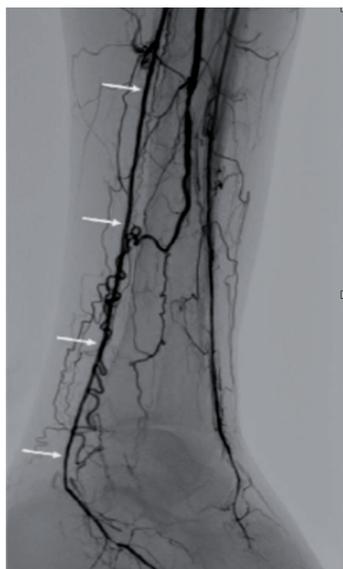
Фиг. 2. Селективна ангиография която верифицира т.нар. таргетен съд за реканализацията
Fig. 2. Selective angiography which verifies the target vessel for recanalization



Фиг. 3. Неуспешен опит за антеградна реканализация и наличие на екстравазат
Fig. 3. Unsuccessful attempt at antegrade recanalization and presence of extravasation



Фиг. 4. Селективна ангиография която верифицира патологична А-В фистула между АФС и ВФ
Fig. 4. Selective angiography that verifies a pathological A-V fistula between the AFS and the VF



Фиг. 5. Ангиографска визуализация на АТП, която става таргетен съд за пункционния достъп

Fig. 5. Angiographic visualization of the ATP, which becomes the target vessel for the puncture access



Фиг. 6. Ретрограден пункционен достъп до АТП и въвеждане на интервенционален набор

Fig. 6. Retrograde puncture access to the ATP and introduction of guidewire



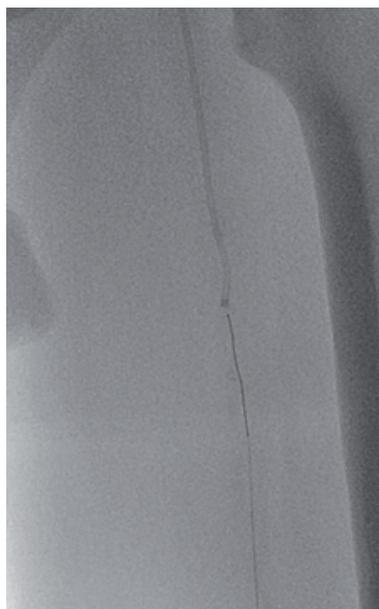
Фиг. 7. Рентгеноскопия с цел визуализация на поставения водач в артерията

Fig. 7. X-ray imaging to visualize the guidewire placed in the artery



Фиг. 8. Ретроградна реканализация на лезиите

Fig. 8. Retrograde recanalization of lesions



Фиг. 9. Ретроградно въвеждане водач достига до антеградно поставения диагностичен катетър над нивото на лезията

Fig. 9. The retrogradely inserted guidewire reaches the antegrade inserted diagnostic catheter above the lesion



Фиг. 10. Водачът се пласира през диагностичния катетър

Fig. 10. The guidewire is placed through the diagnostic catheter

Извършена бе поетапна ангиопластика с медикамент-излъчващ балон (МИБ) Луминор 4 x 200 mm и МИБ Луминор 5 x 200 mm (фиг. 11 и 12). Процедурата завърши с контролна ангиография, която верифицира пълна реканализация на оклузиите (фиг. 13 и 14).

Пациентът бе дехоспитализиран на втория следоперативен ден с двойна антиагрегантна терапия (ДААТ).

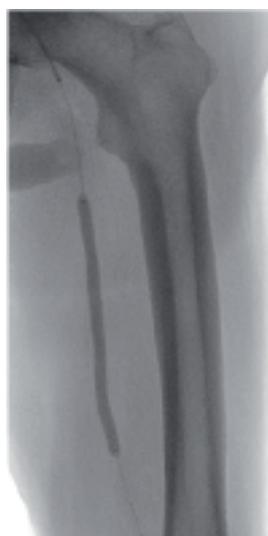
A staged angioplasty with a drug-eluting balloon (DEB) Luminor 4 x 200 mm and DEB Luminor 5 x 200 mm was performed (Fig. 11 and 12). The procedure was completed with a control angiography, which verified complete recanalization of the occlusions. (Fig. 13 and 14).

The patient was discharged on the second postoperative day with dual antiplatelet therapy (DAPT).



Фиг. 11. По водача се плазира МИБ с цел последваща ангиопластика

Fig. 11. A DEB is placed over the guidewire



Фиг. 12. Ангиопластика на AFS

Fig. 12. Angioplasty of AFS



Фиг. 13. Контролна ангиография в проксимален сегмент на лезията след ангиопластика, визуализираща пълна реканализация

Fig. 13. Control angiography in the proximal segment of the lesion after angioplasty, showing complete recanalization



Фиг. 14. Контролна ангиография в дистален сегмент на лезията след ангиопластика, визуализираща пълна реканализация

Fig. 14. Control angiography in the distal segment of the lesion after angioplasty, visualizing complete recanalization

Общи резултати

При всички пациенти, включени в проучването, пункцията е извършена под ехографски контрол. АТП е използван за пункция в 6 случая (60%), а АТА в 4 случая (40%). Реканализацията беше технически успешна при всички интервенции (100%). Мястото на пункция беше проходимо при всички пациенти. Не са отбелязани системни усложнения. Локалните усложнения в ранния следоперативен период включват един (10%) пациент с ненапрегнат, непулси-

Overall Results

In all patients enrolled in the study, the puncture was performed under ultrasound control. ATP was used for puncture in 6 cases (60%), and ATA in 4 cases (40%). Recanalization was technically successful in all interventions (100%). The puncture site was patent in all patients. No systemic complications were noted. Local complications in the early postoperative period included 1 (10%) patient with a non-tensioned, non-pulsating hematoma in the

рац хематом в зоната на пункция без комуникация с пунктираната артерия. След една година крайникът е запазен при 9 пациенти (90%). Болничният престой е средно 3 дни (2-7 дни), като се удължава при пациенти с постоперативни усложнения като напрегнат хематом, ранна ретромбоза и нестабилна хемодинамика. Времетраенето на процедурата варира в зависимост от субективните характеристики на пациента. Средната продължителност на една процедура е 60 ± 15 min. В таблица 3 са представени данни за използваните консумативи.

puncture area without communication with the punctured artery. After 1 year, the limb was preserved in 9 patients (90%). The average hospital stay is 3 days (2-7 days), being prolonged in patients with postoperative complications such as pseudoaneurismae, early rethrombosis and unstable hemodynamics. The duration of the procedure varies depending on the subjective characteristics of the patient. The average duration of a procedure is 60 ± 15 minutes.

Table 3 presents data on the consumables used.

Таблица 3 // Table 3

	Използван консуматив	Контрастно в-во	Пункционен достъп	Таргет
	Consumables used	Contras	Puncture access	Target
Пациент 1	МИБ Луминор 4 x 200 mm и 5 x 200 mm	Йодиксанол	АТП син	АФС ет АПо син
Patient 1	DEB Luminor 4 x 200 mm et 5 x 200 mm	Iodixanol	ATP sin	SFA et PA sin
Пациент 2	МИБ Мозек 5 x 120 mm и 3 x 120 mm	Йодиксанол	АТА декс	АТА ет АФС декс
Patient 2	DEB Mozec 5 x 120 mm et 3 x 120 mm	Iodixanol	ATA dex	ATA et SFA dex
Пациент 3	МИБ Мозек 3x120 mm и стенти Супера 5,5 x 80 mm	Въглероден диоксид	АТА син	АТА ет АПо син
Patient 3	DEB Mozec 3 x120 mm et stenti Supera 5,5 x 80 mm	CO ₂	ATA sin	ATA et PA sin
Пациент 4	МИБ Мозек 5 x 120 mm и стенти Супера 7,5 x 100 mm	Йодиксанол	АТП син	АФС син
Patient 4	DEB Mozec 5 x 120 mm et stenti Supera 7,5 x 100 mm	Iodixanol	ATP sin	SFA sin
Пациент 5	МИБ Мозек 3 x 120 mm и Елутакс 6 x20 mm и Луминор 3 x 40 mm	Въглероден диоксид	АТА син	АФС ет АПо син
Patient 5	DEB Mozec 3 x120 mm et Elutax 6 x 20 mm et Luminor 3 x 40mm	CO ₂	ATA sin	SFA et PA sin
Пациент 6	МИБ Мозек 4 x150 mm и Елутакс 5 x 100 mm	Йодиксанол	АТП декс	АПо декс
Patient 6	DEB Mozec 4 x150 mm et Elutax 5 x 100 mm	Iodixanol	ATP dex	PA dex
Пациент 7	МИБ Маджик тъч 5 x 150 mm и Луминор 6 x 100 mm; стенти Супера 6,5 x 100 mm	Йодиксанол	АТП декс	АФС ет АПо декс
Patient 7	DEB Magic Touch 5 x 150 mm et Luminor 6 x 100 mm; stenti Supera 6,5 x 100 mm	Iodixanol	ATP dex	SFA et PA dex

Таблица 3. Продължение // Table 3. Continuation

	Използван консуматив	Контрастно в-во	Пункционен достъп	Таргет
	Consumables used	Contras	Puncture access	Target
Пациент 8	МИБ Луминор 6 x 80 mm и 6 x 100 mm	Йодиксанол	АТА син	АФС син
Patient 8	DEB Luminor 6 x 80mm et 6 x 100 mm	Iodixanol	ATA sin	SFA sin
Пациент 9	МИБ Мозек 6 x150 mm и Луминор 5 x100 mm	Въглероден Диоксид	АТП син	АФС et АПо син
Patient 9	DEB Mozec 6 x 150 mm et Luminor 5 x 100 mm	CO ₂	ATP sin	SFA et PA sin
Пациент 10	МИБ Луминор 5x150 mm и 6 x 200 mm; стенти Супера 6,5 x 200 mm	Йодиксанол	АТП декс	АФС декс
Patient 10	DEB Luminr 5x150 mm et 6 x 200 mm; stenti Supera 6,5 x 200 mm	Iodixanol	ATP dex	SFA dex

ОБСЪЖДАНЕ

Критичната исхемия на долните крайници е придружена от висок риск от ампутация. Единственият вариант за спасяване на крайника е хирургическа интервенция. Фундаменталният въпрос е дали да се извърши отворена операция с феморално-илиачни или феморално-тибиални шънтове, да се използват ендоваскуларни методи за възстановяване на кръвотока в засегнатия крайник или да се предпочетат хибридни технологии. Според актуалните препоръки критичната исхемия на долни крайници може да се лекува чрез байпас-хирургия с автовенозен байпас (клас I препоръка, ниво А на доказателственост) или чрез ендоваскуларна реваскуларизация (клас IIa, ниво В) [6]. Критичната исхемия е ясно дефинирана като абсолютна индикация за реваскуларизация на долните крайници [7]. Въпреки това желаната вена не винаги е подходяща за байпас (поради варикоза или състояние след тромбофлебит) [8]. В допълнение, трофичните нарушения в долния крайник увеличават риска от инфекция на оперативната област. Ето защо при такива пациенти на преден план излиза ендоваскуларната интервенция.

Проучването *Байпас срещу ангиопластика при тежка исхемия на долни крайници (BASIL)* показва еквивалентни резултати от

DISCUSSION

Critical lower limb ischemia is accompanied by a high risk of amputation. The only option to save the limb is a surgical intervention. The fundamental question is whether to perform open surgery using femoral-iliac or femoral-tibial shunts, use endovascular methods to restore blood flow in the affected limb, or to prefer hybrid technologies. In the recommendations, critical lower limb ischemia can be treated by bypass surgery using an autogenous vein (class I recommendation, level A of evidence) or by endovascular revascularization (class IIa, level B) [6]. Critical ischemia is clearly postulated to be an absolute indication for lower limb revascularization [7].

However, the intended vein is not always suitable for bypass (because of the great saphenous vein system varices, condition after thrombophlebitis, or venous angiodysplasia) [8]. In addition, the trophic disorders in the lower limb increase the risk of surgical area infection. Therefore, in such patients, an endovascular intervention comes to the fore.

The Bypass vs. Angioplasty in Severe Ischemia of the Leg (BASIL) trial showed equivalent

хирургичен байпас и ендоваскуларни интервенции за реканализация на артериалната лезия под ингвиналната гънка. В метаанализ на Romiti и сътр. 2-годишният процент на спасяване на крайниците след байпас и ангиопластика е съответно 85% и 82%. Soderstrom и съавт. показват подобни резултати при сравняване на ангиопластика и байпас за лезии на задколянната артерия. И двете групи постигат сходни резултати: 5-годишна преживяемост на крайниците (75,3% срещу 76%), степен на преживяемост (47,5% срещу 43,3%) и преживяемост без ампутация (37,7% срещу 37,3%) [9].

Антеградната реканализация не е технически приложима във всички случаи, особено ако е била предшествана от отворена хирургична интервенция. При повечето пациенти проксималната оклузия е по-ригидна и по-трудна за реканализация. При антеградна реканализация може да е по-трудно да се премине към истинския лумен на артерията. В такива случаи ретроградната пункция чрез тибиялни съдове може да спаси пациента.

Изводи

Нашето проучване показва, че ретроградният тибиялен подход е безопасен и ефективен за реканализация на оклузии на феморално-поплитеалния и тибиялния сегмент при пациенти със сложни лезии. Тази техника е последна опция само при група пациенти, когато антеградната реканализация е неуспешна [10]. Повишавайки ефективността на операцията запазва засегнатия крайник, като по този начин подобрява качество и продължителност на живота на пациента.

Успеваемостта при разгледаната група пациенти в това проучване е 100%, което е оптимален резултат. При по-големи групи пациенти същата варира между 80-90% [11] което на практика са завидни резултати и доказва ефективността на метода.

results of surgical bypass and endovascular interventions for recanalization of the arterial lesion below the inguinal fold. In a meta-analysis by Romiti et al, the 2-year limb salvage rates after bypass and angioplasty were 85% and 82%, respectively. Soderstrom et al showed similar results when comparing angioplasty and bypass for popliteal artery lesions. Both groups achieved similar results: The 5-year limb survival (75.3% vs. 76%), survival rate (47.5% vs. 43.3%), and amputation-free survival (37.7% vs. 37.3%) [9].

Antegrade recanalization is not technically feasible in all cases, especially if it has been preceded by open surgery. In most patients, the proximal occlusion is more rigid and more difficult for recanalization. With antegrade recanalization, it may be more difficult to cross to the true lumen of the artery. In such cases, retrograde puncture through the tibial vessels may save the patient.

CONCLUSIONS

Our study showed that the retrograde tibial approach is safe and effective for recanalization of occlusions of the femoral-popliteal and tibial segments in patients with complex lesions. This technique is a last option only in a group of patients when antegrade recanalization is unsuccessful [10]. Increasing the efficiency of the operation preserves the affected limb, this improves the quality and duration of life of the patient.

The success rate in the examined group of patients in this study was 100%, which is an optimal result. In larger groups of patients, the same varies between 80-90% [11] which are practically enviable results and prove the effectiveness of the method.

БИБЛИОГРАФИЯ/REFERENCES

1. Hess CN, Norgren L, Ansel GM et al. A Structured Review of Antithrombotic Therapy in Peripheral Artery Disease With a Focus on Revascularization: A TASC (InterSociety Consensus for the Management of Peripheral Artery Disease) Initiative. *Circulation*. 2017;135(25):2534-2555. doi: 10.1161/CIRCULATIONAHA.117.024469. Erratum in: *Circulation*. 2017;136(19):e347. doi: 10.1161/CIR.0000000000000545.
2. Lechner K, von Schacky C, McKenzie AL et al. Lifestyle factors and high-risk atherosclerosis: Pathways and mechanisms beyond traditional risk factors. *Eur J Prev Cardiol*. 2020;27(4):394-406. doi: 10.1177/2047487319869400.
3. El-Sayed H, Bennett ME, Loh TM, Davies MG. Retrograde Pedal Access and Endovascular Revascularization: A Safe and Effective Technique for High-Risk Patients with Complex Tibial Vessel Disease. *Ann Vasc Surg*. 2016;31:91-8. doi: 10.1016/j.avsg.2015.09.015.
4. Herzallah AM, Shalaby TH, Mersal AAE et al. Retrograde Angioplasty: A Simple Bailout Technique for Failed Antegrade Crossing of Femoropopliteal and Tibial Lesions. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*. 2025;98:789-795.
5. Capodanno D, Huber K, Mehran R et al. Management of Antithrombotic Therapy in Atrial Fibrillation Patients Undergoing PCI: JACC State-of-the-Art Review. *J Am Coll Cardiol*. 2019;74(1):83-99. doi: 10.1016/j.jacc.2019.05.016.
6. Gerhard-Herman MD, Gornik HL, Barrett C et al. 2016 AHA/ACC Guideline on the Management of Patients With Lower Extremity Peripheral Artery Disease: A Report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Clinical Practice Guidelines. *Circulation*. 2017;135(12):e726-e779. doi: 10.1161/CIR.0000000000000471. Erratum in: *Circulation*. 2017;135(12):e791-e792. doi: 10.1161/CIR.0000000000000502.
7. Kinlay S. Management of Critical Limb Ischemia. *Circ Cardiovasc Interv*. 2016;9(2):e001946. doi: 10.1161/CIRCINTERVENTIONS.115.001946.
8. Raja SG, Haider Z, Ahmad M, Zaman H. Saphenous vein grafts: to use or not to use? *Heart Lung Circ*. 2004 Dec;13(4):403-9. doi: 10.1016/j.hlc.2004.04.004.
9. Zilinyi RS, Alsaloum M, Snyder DJ et al. Surgical and Endovascular Therapies for Below-the-Knee Peripheral Arterial Disease: A Contemporary Review. *J Soc Cardiovasc Angiogr Interv*. 2024;3(3Part A):101268. doi: 10.1016/j.jscai.2023.101268.
10. Reitz KM, Chaer R. Retrograde Tibiopedal Access for Crossing Complex Lesions <https://evtoday.com/articles/2023-sept/retrograde-tibiopedal-access-for-crossing-complex-lesions>
11. Gündoğmuş CA, Atalay HÖ, Samadli V, Oğuzkurt L. Factors effecting the success of retrograde tibiopedal access and recanalization in infrapopliteal artery occlusions. *Diagn Interv Radiol*. 2025;31(5):482-488. doi: 10.4274/dir.2024.242833.

✉ **Адрес за кореспонденция:**
д-р Иля Милошовски
e-mail: drmiloshevski@gmail.com

✉ **Address for correspondence:**
Ilya Miloshevski, MD
e-mail: drmiloshevski@gmail.com

ИНСТРУКЦИИ КЪМ АВТОРИТЕ

Приемат се за публикуване: оригинални статии, обзори, клинични случаи, реферати, рецензии, кратки научни съобщения (писма до редактора и др). Първите три жанра са обект на рецензиране (със стандартизирани формуляри), а останалите подлежат на експертна преценка от страна на редколегията.

Кореспондиращият автор посочва свои данни за контакт (електронен адрес, по желание – пощенски адрес и телефон) и декларира, че материалът не е публикуван досега, освен като резюме на съобщение, изнесено на научна проява, и не е предложен за публикация другаде. Авторите носят отговорност за съдържанието на публикациите. Представените материали и описанията в тях изследвания следва да съответстват на утвърдените етични стандарти относно провеждането на клинични и/или експериментални проучвания с хора (декларацията от Хелзинки) и опитни животни. Не трябва да се споменават пациенти с техните имена, инициали или да се предоставя снимков материал, на който те могат да бъдат разпознати. Съблюдава се стриктното спазване на авторското право – текстове с над 10% дословно повторение на чужда публикация се връщат за преработка.

Обем (приблизителен) на предлаганите публикации:

Вид публикация	Брой думи в основния текст	Брой думи в резюмето	Брой референции
Оригинална статия	2500-5000	200-300	30
Обзор	3000-6000	100-200	50
Клиничен случай	1000-3000	100-200	20
Кратко научно съобщение, реферат, рецензия	500-1000	-	10

Приемат се файлове на програма MS Word. Няма специфични изисквания за размер и вид на шрифта, разстояние между редовете, полета и друго оформление.

Всяка статия започва със заглавие (без съкращения), имена на авторите (без посочване на академични и други титли), тяхната месторабота, обозначена с цифров индекс, резюме в посочения обем, ключови думи. Статията се подава и преведена на английски език, като английският превод е след българския текст в един общ файл. В резюмето на всяка оригинална статия се посочват: цел и обект на изследването, основни данни за методиката, резултати и изводи. Резюмеът към другите видове статии включват кратка информация без обособена структура. Ключовите думи за всеки вид публикация са между 3 и 8 на брой, като могат да бъдат единични думи или кратки словосъчетания, общоприети в конкретната област на познание.

Цитиранията на библиографските източници в текста се обозначават с цифри в квадратни скоби по реда на появата им. Библиографията се подрежда по реда на поява на източниците в текста. Изписването на всеки източник е на нов ред с арабска номерация. Данните се оформят по следния начин (Ванкувър стил):

– *Статии*: Автор(и). Заглавие на статията. Заглавие на списанието (съкратено по Index Medicus), година, том (volumen), номер на книжката (брой) в скоби, страници (от-до). *Пример: Yakub YN, Freedman RB, Pabico RC. Renal transplantation in systemic lupus erythematosus. Nephron, 2019, 27(1):197-201.*

– *Публикации от сборник*: Автор(и). Заглавие. В: (за латиница In:) Заглавие на сборника. Поредност на изданието, редактори. Местоиздаване (град), издателство, година на издаването, страници (от-до). *Пример: Wilkinson AH. Evaluation of the transplant recipient. In: Handbook of Kidney Transplantation. 6th ed. G. M. Danovitch (Ed.). Boston, Little, Brown and Co., 2019, 109-122.*

– *Книги*: Автор(и). Заглавие. Местоиздаване (град), издателство, година на издаването, страници (от-до). *Пример: Шейтанов Й. Системни васкулити. С., Мед. и физк., 2019, 8-11.*

Ако авторите са до трима, се изписват фамилиите, последвани от инициалите им (без точки). Когато авторите са повече от трима, след името на третия се пише „и др.“ (за латиница – „et al.“). Настоятелно се препоръчва цитирането (познаването) и на български източници.

Материалите се изпращат през сайта: <https://cardiojournal.eu/index.php/journal>

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The following genre types are accepted for publishing: original articles, re-views, clinical case reports, reference papers, book reviews, short communication papers (letters to the editor, etc.). The first three genres are subject to peer review (with standardized forms), and the rest are submitted to expert evaluation on behalf of the editorship.

Corresponding author shows contact data (e-mail, optionally – postal address and telephone) and declares that the material has not been published previously, except in the form of an abstract for a scientific event, and has not been submitted to other journal. Authors assume the responsibility for the contents of their publications. Presented papers and the studies described in them should comply with the established ethical standards on performance of the clinical and/or experimental studies on human subjects (the Helsinki Declaration) and experimental animals. Patients must not be referred by names and initials, and images on which they can be identified must not be presented. Authors must warrant that they submit for publication their own studies and in case different author's data and/or text are used, these are specified by citations. Strict adherence to copyright issues is maintained – texts including more than 10% of literal replication of different publication are returned for reprocessing.

Volume (approximately) of submitted papers:

Type of publication	Word count in the main text	Word count in the abstract	Number of references
Original article	2500-5000	200-300	30
Review	3000-6000	100-200	50
Clinical case report	1000-3000	100-200	20
Short communication, reference paper, review	500-1000	-	10

MS Word files are acceptable. No specific requirements on the font size and type, spacing, margins and other formatting are defined.

An article starts with the title (without abbreviations), the names of authors (without academic or other titles), their workplaces designated by numeric indices, abstract, key words. Title of a scientific paper, irrespective of its genre determination, should attract the attention, be understandable, short, and exact – it represents the study object. A subtitle can be prepared for extended informativeness. The article also must be submitted translated into English, as the English translation is after the Bulgarian text (in a common file). Abstract contains the specific features of the study in a concise manner – aim/subject matter, methods used, main results and findings. It is distributed also through secondary informational titles (data bases), i.e. it should include the main elements of the scientific contribution. It should not contain either citation or illustrative material, or abbreviations, which can be precluded. Key words are used for topical categorization of a paper in data bases (and other secondary titles) and related search in inquiries. The objective of the author is to propose the most significant concepts of his work in a synthetic manner. Key words to any kind of publication range between 3 and 8; they can be single words or short word-groups, which are commonly accepted in the specific area of knowledge.

The list of literature references at the end of the work has to embrace only the publications virtually used and required to delineate the basis, on which the study is designed. Avoid presenting abundant references at the account of their up-to-dateness. Minimize self-citation. Citing (familiarity with) Bulgarian sources is strongly recommended, too.

Citation of bibliographic references within the text is designated by numbers in square brackets following the order of appearance. Bibliography is arranged following the order of appearance of the sources within the text. Each source is written in a new line, with an Arabic number. Sources are structured in the following manner:

– *Articles*: Author(s). The article title. Journal title (abbreviated under the Index Medicus), year, volume, number (issue) in round brackets, papers (from-to). *Example: Yakub YN, Freedman RB, Pabico RC. Renal transplantation in systemic lupus erythematosus. Nephron, 2019, 27(1):197-201.*

– *Papers from an edited book*: Author(s). Title. In: The edited book title. Edition number, editors. Place of publication (city), publishing house, year of publication, pages (from-to). *Example: Wilkinson AH. Evaluation of the*