

# The diversity of patient preparation and anesthesia for open abdominal surgery — a literature review

## Odrębności przygotowania i znieczulenia pacjentów do zabiegów rekonstrukcji brzusznej odcinka aorty — przegląd piśmiennictwa

Ewa Trejnowska<sup>1</sup>, Antonia Buchowiecka<sup>1</sup>, Jan Skóra<sup>2</sup>, Andrzej T. Dorobisz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Anesthesiology and Intensive Care, Province Medical Center, Opole, Poland (Oddział Anestezjologii i Intensywnej Terapii Wojewódzkiego Centrum Medycznego w Opolu)

<sup>2</sup>Department and Clinical Hospital for Vascular, General and Transplant Surgery of the Medical Academy in Wrocław, Poland (Katedra i Klinika Chirurgii Naczyniowej, Ogólnej i Transplantacyjnej Akademii Medycznej we Wrocławiu)

---

### Abstract

*Implantation of a vascular prosthesis is the therapy of choice in patients with abdominal aortic aneurysms and in patients with atheromatous lesions either occluding the lumen of the aorta and iliac arteries or substantially narrowing it. Epidemiologic studies show an increasing number of patients with aneurysms of the abdominal aorta below the renal arteries. This results from more profound diagnostic methods on one hand, and on the other — from the ageing of the population. Patients undergoing routine abdominal aortic surgery often present myocardial ischemic disease, past myocardial infarctions, arterial hypertension, impaired pulmonary gas exchange, diabetes and cerebral vessels insufficiency. Therefore, planned for the heaviest vascular surgery, they belong to the group at greatest operative risk. The aim of this thesis was to show the present state-of-the-art of clamping and releasing the clamp in the abdominal part of the aorta, the impact of the occlusion on life-sustaining organs and procedures aimed at minimization of haemodynamic changes occurring during the most overburdening phases of the surgery. The crucial role of proper preoperative procedures is stressed, including cardiologic diagnostics up to coronarography when reasonable, as well as optimization of the patient's condition before surgery. The authors present general principles of anaesthesia in this kind of surgery considering up to date knowledge about the benefits of combined general and epidural anaesthesia compared to sole general anaesthesia, appropriate pain control, adequate fluids dosing as well as monitoring during the postoperative period. The importance of cooperation within a multidisciplinary team, consisting of a surgeon, anaesthetist, cardiologist and, when necessary, nephrologist or neurologist, is stressed.*

**Key words:** abdominal aortic aneurysm (AAA), postoperative complication, preoperative estimation, anaesthesia for abdominal aortic surgery

### Streszczenie

*Zabieg wszczepienia protezy naczyniowej jest metodą z wyboru w leczeniu pacjentów z tętniakami aorty brzusznej i osób ze zmianami miażdżycowymi prowadzącymi do zamknięcia światła aorty i tętnic biodrowych lub ich hemodynamicznie istotnego zwężenia. W badaniach epidemiologicznych obserwuje się wzrost liczby chorych z tętniakami aorty brzusznej poniżej tętnic nerkowych. Wynika on z coraz bardziej wnikliwej diagnostyki, a jednocześnie niewątpliwie wiąże się ze starzeniem się populacji. Pacjenci poddawani planowym zabiegom chirurgicznym w brzusznej odcinka aorty często są obciążeni chorobą niedokrwienną mięśnia sercowego, przebyłym zawałem serca, nadciśnieniem tętniczym, zaburzeniami wymiany gazowej w płucach, cukrzycą i niewydolnością naczyń mózgowych. Należą więc do grupy o największym ryzyku operacyjnym,*

---

**Address for correspondence (Adres do korespondencji):**

Lek. Ewa Trejnowska, Wojewódzkie Centrum Medyczne

Al. Witosza 26, 48–418 Opole, Poland

tel: + 48 (77) 452 03 02, + 48 600 38 22 66, fax: + 48 (77) 452 03 03

e-mail: [glasgow@wp.pl](mailto:glasgow@wp.pl)

jednocześnie poddawanej największym zabiegom w chirurgii naczyniowej. Celem niniejszej pracy było przedstawienie aktualnego stanu wiedzy na temat patofizjologii założenia i zwolnienia zacisku w brzuszny odcinku aorty, wpływu zaciśnięcia na narządy ważne dla życia i postępowania mającego na celu zminimalizowanie zmian hemodynamicznych podczas najbardziej obciążających dla chorego części operacji. Podkreślono istotną rolę właściwego przygotowania pacjenta do zabiegu, obejmującego w uzasadnionych przypadkach przede wszystkim diagnostykę kardiologiczną łącznie z koronarografią oraz zabiegi, których celem jest optymalizacja stanu klinicznego pacjenta przed zabiegiem. Przedstawiono ogólne zasady znieczulenia, opisując aktualny stan wiedzy na temat korzyści wynikających ze znieczulenia ogólnego łączonego z epiduralnym w porównaniu z zastosowaniem znieczulenia ogólnego, właściwej kontroli bólu, adekwatnej płynoterapii i monitorowania w okresie pooperacyjnym. Podkreślono konieczność współpracy multidyscyplinarnego zespołu złożonego z chirurga, anestezjologa, kardiologa, a w razie potrzeby także nefrologa i neurologa w ocenie stanu chorego, ryzyka operacyjnego i wyboru najbezpieczniejszego sposobu leczenia.

**Słowa kluczowe:** tętniak aorty brzusznej, ocena przedoperacyjna, powikłania pooperacyjne, znieczulenie w chirurgii aorty brzusznej

## Introduction

Implantation of a vascular prosthesis is the therapy of choice in patients with abdominal aortic aneurysms and in patients with atheromatous lesions either occluding the lumen of the aorta and iliac arteries or substantially narrowing it [1].

Atheromatosis is a generalized condition of complex aetiology, related to many well known risk factors, such as smoking, arterial hypertension and dyslipidemia. Recent studies revealed some new risk factors of an infectious nature. A relationship had been found between chronic or recurrent *Chlamydia pneumoniae* infections and bronchial asthma, atheromatosis, coronary insufficiency, abdominal aortic aneurysms and increased risk of cerebral infarction [2].

Numerous epidemiologic studies show a constant increase in the number of patients with abdominal aortic aneurysms. It results from more profound diagnostic methods on one hand, and on the other — from the ageing of the population. The frequency of the aneurysms in this localization is 20–40 cases per 100,000 people each year. Men are more often affected, making 60–90% of the patients [3]. Recent population studies showed the occurrence of the abdominal aneurysm in 8.9% of men and 2.2% of women at the age of 25–84 years [4]. The size of the aneurysm is the most important single risk factor for its rupture. It is commonly accepted that a routine surgery is necessary when the diameter of the aneurysm exceeds 5 cm [3–5, 10]. Surgery of aneurysms located below the renal arteries has become routine now. Planned operations in patients without additional risk factors are relatively safe, with perioperative mortality in the range of 1.3–5% [3, 9]. The obstruction of the abdominal aorta is, in the pre-

## Wstęp

Operacja wszczępienia protezy naczyniowej jest metodą z wyboru w leczeniu zarówno chorych z tętniakiem aorty brzusznej, jak i osób z zaawansowanymi zmianami miażdżycowymi prowadzącymi do zamknięcia światła aorty i tętnic biodrowych lub ich hemodynamicznie istotnego zwężenia [1].

Miażdżycy ma charakter uogólniony i jest chorobą o złożonej etiologii, cechującą się wieloma dobrze poznanymi czynnikami ryzyka, do których należą m.in. palenie tytoniu, nadciśnienie i dyslipidemia. Oprócz tradycyjnych czynników ryzyka miażdżycy pojawiły się nowe — czynniki zakaźne. Wykazano związek między przewlekłym lub nawracającym zakażeniem *Chlamydia pneumoniae* a astmą oskrzelową, miażdżycą, chorobą wieńcową serca, tętniakiem aorty brzusznej i zwiększonym ryzykiem udaru mózgu [2].

W licznych badaniach epidemiologicznych obserwuje się stały wzrost liczby chorych z tętniakami aorty brzusznej. Wynika on prawdopodobnie z coraz bardziej wnikliwej diagnostyki umożliwiającej częstsze wykrywanie tętniaków, a jednocześnie niewątpliwie wiąże się z procesem starzenia się populacji. Tętniaki aorty brzusznej rozpoznaje się w 20–40 przypadkach na 100 000 osób rocznie. Częściej zapadają na tę chorobę mężczyźni, którzy stanowią 60–90% chorych [3]. W ostatnio przeprowadzonych badaniach populacji wykazano występowanie tętniaka aorty brzusznej u 8,9% mężczyzn i 2,2% kobiet w wieku 25–84 lat [4]. Rozmiar tętniaka jest najważniejszym pojedynczym czynnikiem ryzyka jego pęknięcia. Powszechnie przyjmuje się, że planowej interwencji chirurgicznej wymagają wszystkie przypadki, gdy średnica tętniaka jest większa niż 5 cm [3–5, 10]. Obecnie leczenie operacyjne chorych z podnerkowymi tętn-

vailing number of cases, due to obliterative atheromatosis [8]. The obliterative disease of the abdominal aorta (Leriche syndrome) or of the iliac arteries is a progressive process, which impairs the peripheral circulation in the limbs and manifests itself with symptoms of tissue hypoxia, such as intermittent claudication and trophic lesions in the lower limbs [7].

Anaesthesia for surgery of the abdominal aorta in case of an aneurysm or aortal-iliac obliterative disease is a complex and demanding procedure [7–9].

### **Pathophysiology of clamping and releasing the clamp of the abdominal aorta**

#### **Clamping**

Aortic clamping is necessary for technical reasons — it allows the prosthesis to be sewn in, which should replace its affected segment. At the same time it is the most difficult moment of the operation for the anaesthetist. In most of the operations the clamp is placed below the renal arteries. It is of great importance for the patient, because in the case of occlusion above the renal arteries the mortality rate can be as high as 30% [8]. Many factors contribute to the pathophysiology of clamping and releasing the aortic clamp [4–8, 11]. The aortic clamp provokes a rise of arterial pressure proximally to the clamp and its reduction in distal regions. This leads to increased after load due to increased peripheral vascular resistance, activates the sympathetic system, disturbs systolic function of the cardiac muscle and impairs the blood distribution as well as the cardiac oxygen supply [11, 12]. After clamping, the blood is transferred via central veins to the organs lying proximally to the clamp, i.e. in the upper part of the body, resulting in increased preload of the left ventricle [8]. In spite of the compensating mechanisms, which increase the heart's contractility, the stroke volume decreases, especially in patients with coexistent coronary arterial disease [11]. Increased oxygen demand of the heart, partially compensated by better perfusion, may contribute to its ischaemia. Plasma renin activity increases after clamping, which is probably one of the factors responsible for the observed arterial pressure rise [8, 11].

Haemodynamic stabilization after clamping of the aorta is achieved by decreasing the cardiac after load with vasodilating drugs and normalization of the preload by dilating the venous vessels. The dosing of vasodilating drugs requires extreme caution, because decrease of the blood flow and perfusion pressure in the collateral vessels may aggravate the already existing hypoperfusion of the intestines distally from the clamp.

niakami aorty brzusznej jest postępowaniem rutynowym. Planowe operacje u nieobciążonych pacjentów są względnie bezpieczne, a śmiertelność okołoperacyjna wynosi 1,3–5% [3, 9]. Niedrożność brzuszego odcinka aorty jest spowodowana w zdecydowanej większości przypadków miażdżycą zarostową [8]. Zarostowa choroba brzuszego odcinka aorty (zespół Leriche'a) i choroba zarostowa tętnic biodrowych są procesami postępującymi, upośledzającymi krążenie w częściach obwodowych kończyn, objawiającymi się niedotlenieniem tkanek (np. chromanie przestankowe, zmiany troficzne na kończynach dolnych) [7].

Znieczulenie pacjenta do zabiegów chirurgicznych w obrębie brzuszego odcinka aorty w przypadku tętniaka i choroby zarostowej aortalono-biodrowej jest kompleksowym i wielokierunkowym przedsięwzięciem [7–9].

### **Patofizjologia zaciśnięcia i zwolnienia zacisku z brzuszego odcinka aorty**

#### **Zaciśnięcie**

Zaciśnięcie aorty jest konieczne ze względów technicznych w celu wszycia protezy, która ma zastąpić jej zmieniony chorobowo odcinek. Jednocześnie jest to najbardziej obciążająca dla chorych część operacji, którą musi wykonać anestezjolog znieczulający pacjenta. Większość zabiegów w brzuszonym odcinku aorty przeprowadza się z założeniem zacisku poniżej odejścia tętnic nerkowych. Ma to istotne znaczenie dla chorego, bowiem śmiertelność w przypadku zakładania zacisku powyżej odejścia tętnic nerkowych może wynosić nawet 30% [8]. Patofizjologia zaciśnięcia i zwolnienia zacisku z aorty jest wieloczynnikowa [4–8, 11]. Zaciśnięcie aorty powoduje najczęściej wzrost ciśnienia tętniczego w proksymalnym od zaciśnięcia obszarze krążenia, a zmniejszenia tego ciśnienia — w dystalnym obszarze. Zwiększa to obciążenia następcze serca wskutek większego obwodowego oporu naczyniowego, aktywuje układ współczulny, upośledza czynność skurczową mięśnia sercowego oraz zaburza dystrybucję krwi i dostawę tlenu do mięśnia sercowego [11, 12]. Podczas zamknięcia aorty następuje przemieszczenie krwi przez centralne krążenie żyłne do narządów leżących proksymalnie w stosunku do zacisku na aorcie, czyli do górnej części ciała. Wskutek tego wzrasta również obciążenie wstępne lewej komory serca [8]. Rzut serca, mimo mechanizmów kompensacyjnych zwiększających jego kurczliwość, w opisanym przypadku maleje, szczególnie u pacjentów ze współistniejącą chorobą wieńcową [11]. Zwiększone zapotrzebowanie mięśnia sercowego na tlen, kompensowane do pewnego stopnia poprawą perfuzji miokardium wskutek wzrostu obciążeń (wstępnego i następczego), może wskazywać na jego niedokrwienie.

Nevertheless, higher blood pressure, beneficial for the perfusion of the vital organs, may be noxious for the heart muscle.

The aim of the anaesthetist is to protect the cardiac muscle during clamping of the aorta by decreasing the after load and normalizing the preload, maintaining the coronary blood flow as well as the adequate contractility of the myocardium [7].

## **The impact of clamping of the aorta upon the vital organs**

### **Kidneys**

Renal insufficiency occurs in 5.4% patients undergoing abdominal aortic reconstruction [13]. 0.6% of the treated patients require haemodialysis. Short-time renal insufficiency occurs more often after clamping above the renal arteries. A patient with pre-existing renal insufficiency and a heart disease, after renal ischaemia of more than 30 minutes, is highly endangered by postoperative renal insufficiency. Mortality of patients, who developed renal insufficiency after reconstruction of the abdominal aneurysm, is high. Tubular necrosis is usually the pathogenetic factor of renal insufficiency in these patients. Clamping leads to increased resistance of the renal vessels as well as to decreased perfusion of the renal cortex and decreased glomerular filtration [14]. Clamping below renal arteries can decrease the renal blood flow by up to 40%. These changes are sustained after releasing the clamp and they may be found for 6 months after surgery. Decreased renal blood flow is not necessarily related to changes of the cardiac output and mean arterial pressure. Furthermore, urine excretion does not correlate with glomerular filtration and oliguria does not univocally suggest the risk of postoperative renal insufficiency [15]. The renal reaction to clamping of the aorta seems to be controlled by the renin-angiotensin system and the sympathetic nervous system. Nevertheless, epidural anaesthesia, which lowers the sympathetic stimulation, does not avoid the renal perfusion impairment and renal dysfunction.

### **Spinal cord**

The ischaemia of the spinal cord is a rare but very severe complication of the clamping. Paraplegia occurs in less than 1% of patients after surgical reconstruction of an aortic aneurysm below the renal arteries [9, 14].

### **Intestines**

The frequency of gastro-intestinal complications after abdominal aortic reconstruction is a subject of con-

Aktywność reninowa osocza zwiększa się podczas zaciśnięcia aorty i prawdopodobnie jest jednym z elementów mechanizmu wzrostu ciśnienia tętniczego obserwowanego w tych warunkach [8, 11].

Postępowanie anestezyjologiczne mające na celu stabilizację zmian hemodynamicznych następujących po zaciśnięciu aorty obejmuje zmniejszenie obciążenia następczego przez leki rozszerzające naczynia tętnicze i normalizację obciążenia wstępnego poprzez rozszerzenie naczyń żylnych. Zaleca się ostrożność podczas stosowania leków rozszerzających naczynia, ponieważ spadek przepływu krwi i ciśnienia perfuzyjnego przez obecne krążenie oboczne może pogorszyć niedokrwienie jelit dystalnie do miejsca zamknięcia aorty. Jednocześnie wyższe ciśnienie krwi, które może być korzystne dla perfuzji ważnych dla życia narządów, może uszkadzać serce.

Celem prowadzącego znieczulenie jest ochrona mięśnia sercowego podczas zaciśnięcia aorty poprzez zmniejszenie obciążenia następczego i normalizację obciążenia wstępnego, utrzymanie przepływu przez naczynia wieńcowe i adekwatnej kurczliwości mięśnia sercowego [7].

## **Wpływ zaciśnięcia aorty na ważne dla życia narządy**

### **Nerki**

Incydenty niewydolności nerek występują u 5,4% pacjentów poddanych zabiegowi rekonstrukcji aorty brzusznej [13]. U 0,6% operowanych występuje niewydolność nerek wymagająca hemodializy. Krótkotrwała niewydolność nerek następuje częściej po zaciśnięciu aorty w odcinku powyżej odejścia tętnic nerkowych. U chorych z przedoperacyjną niewydolnością nerek, współistniejącą chorobą serca i niedokrwieniem nerek trwającym dłużej niż 30 min istnieje duże ryzyko rozwinięcia się pooperacyjnej niewydolności tych narządów. Śmiertelność pacjentów, u których rozwinęła się niewydolność nerek po chirurgicznej rekonstrukcji tętniaka aorty brzusznej, jest wysoka. Patomechanizm towarzyszący zamknięciu aorty niewydolności nerek obejmuje zwykle martwicę cewek nerkowych. Zaciśnięcie aorty powoduje zwiększenie oporu naczyń nerkowych i zmniejszenie przepływu krwi w korze nerki i zmniejszenie filtracji kłębuszkowej [14]. Zaciśnięcie aorty poniżej naczyń nerkowych może zmniejszyć przepływ krwi przez nerki do 40%. Te zmiany utrzymują się po zwolnieniu zacisku i zaburzenia w przepływie krwi przez nerki oraz filtracji kłębuszkowej można stwierdzić przez 6 miesięcy po zabiegu. Zmniejszenie przepływu przez nerki niekoniecznie wiąże się ze zmianami w rzucie serca i średnim ciśnieniem tętniczym. W dodatku wydzielenie moczu nie koreluje z wielkością filtracji kłębuszkowej, a wystąpienie oligurii nie wskazuje jedno-

troversy and, according to various authors, ranges from 0.9% to 16.2% and the sigmoid ischaemia supposedly occurs in 7–35% of patients [16]. Aortic clamping below the renal arteries evokes non-significant changes in the celiac circulation, while clamping above the renal arteries and the celiac trunk may substantially reduce perfusion in this area [7, 17].

### Releasing the clamp

The decrease of blood pressure is the first and clinically most important reaction to releasing the clamp and reperfusion [5, 7, 8]. It results from a sudden fall of the peripheral vessels resistance, central hypovolaemia due to distal redistribution of blood and high concentration of vasodilating metabolites which depress the cardiac muscle. In the period from clamping the aorta to releasing the clamp, a complex metabolic and humoral response develops including the renin-angiotensin system, sympathetic nervous system, acidosis, lactic acid metabolites, free oxygen radicals, prostaglandins, neutrophils, xanthines, hypoxanthine, inosine, adenosine, activated complement and other as yet unidentified factors depressing the cardiac muscle [5, 8]. After releasing the clamp these metabolites spread across the organism.

The degree and persistence of hypotension after releasing the clamp depend upon the location of the clamping and the period of ischaemia. The hypotension can be appeased by minimization of the ischemic period, fluids transfusion before releasing the clamp and its gradual release. The vasodilators should be stopped before releasing the clamp. Vasoconstrictive drugs, catecholamines, could be necessary to maintain adequate perfusion pressure in the brain and in the cardiac muscle but they are contraindicated, because their action is more pronounced in vessels above the clamp than in ischemic regions below the clamp, where acidosis develops. Reclamping of the aorta may be necessary in case of severe, persistent hypotension.

The haemodynamic response to clamping and de-clamping of the aorta is less pronounced in patients undergoing reconstruction because of obliterative atheromatosis compared to those treated for an aneurysm. Patients with obliterative disease develop chronic collateral circulation, which maintains the perfusion of the lower part of the body [7].

### Preoperative evaluation

Abdominal aortic aneurysm and/or aortic-iliac occlusion often coexist with ischemic heart disease. The frequency of their coexistence is estimated to be about

znacznie na ryzyko wystąpienia pooperacyjnej niewydolności nerek [15]. Reakcja nerek na zaciśnięcie aorty jest przypuszczalnie kontrolowana przez układ renina-angiotensyna i współczulny system nerwowy. Jednak znieczulenie epiduralne, które zmniejsza oddziaływanie układu współczulnego na nerki, nie zapobiega zaburzeniom przepływu krwi i dysfunkcji nerek.

### Rdzeń kręgowy

Niedokrwienie rdzenia kręgowego jest rzadkim, lecz niezwykle ciężkim powikłaniem zamknięcia aorty. Przypadki paraplegii występują rzadziej niż w 1% zabiegów chirurgicznej rekonstrukcji tętniaka aorty poniżej tętnic nerkowych [9, 14].

### Jelita

Różnie ocenia się częstość występowania powikłań żołądkowo-jelitowych po zabiegach chirurgicznych rekonstrukcji aorty brzusznej i według różnych autorów wynosi ona 0,9–16,2%, a niedokrwienie esicy ocenia się na 7–35% [16]. Zaciśnięcie aorty poniżej tętnic nerkowych powoduje niewielkie zmiany w krążeniu trzewnym, natomiast ten sam zabieg przeprowadzony ponadnerkowo i powyżej pnia trzewnego może znacząco zredukować przepływ w tym obszarze.

### Zwolnienie zacisku

Pierwszą i klinicznie najważniejszą reakcją na zwolnienie zacisku oraz przywrócenie krążenia jest zmniejszenie ciśnienia krwi [5, 7, 8]. Mechanizmy odpowiadające za tę reakcję obejmują nagły spadek obwodowego oporu naczyniowego, ośrodkową hipowolemię spowodowaną przez dystalną redystrybucję krwi do reperfundowanych tkanek i uwolnienie skumulowanych metabolitów o działaniu rozszerzającym naczynia działających depresyjnie na mięsień sercowy. W czasie od zaciśnięcia do uwolnienia zacisku na aorcie dochodzi do kompleksowej metabolicznej i humoralnej odpowiedzi, którą współtworzą: układ renina-angiotensyna, współczulny układ nerwowy, kwasica, produkty kwasu mlekowego, wolne rodniki tlenowe, prostaglandyny, neutrofile, ksantyna, hipoksantyna, inozyna, adenozyne, aktywowany komplement i być może jeszcze inne, niezidentyfikowane czynniki wpływające depresyjnie na mięsień sercowy [5, 8]. Po zdjęciu zacisku z aorty produkty te zostają rozprowadzone po całym organizmie.

Stopień i czas trwania hipotensji po zwolnieniu zacisku zależy od poziomu zaciśnięcia aorty i czasu niedokrwienia. Minimalizacja czasu niedokrwienia, przetoczenie płynów przed zwolnieniem zacisku i jego stopniowe zwalnianie z aorty łagodzi spadek ciśnienia po otwarciu aorty. Leki rozszerzające naczynia powinny być odłączone przed zwolnieniem zacisku. Leki naczynioskurczowe,

50%. It was proved that intra- and perioperative cardiologic complications are the main reason for morbidity and mortality after surgery for aortic aneurysm or aortic-iliac occlusion [18–20].

Preoperative evaluation of the advancement of ischemic heart disease and possible revascularization of the heart muscle before the reconstruction of the aorta can substantially decrease the mortality related to cardiac complications during and after surgery. The routine preoperative evaluation encompasses clinical examination, standard ECG, echocardiography as well as the stress test and in patients with positive stress test also coronarography. Many authors suggest that coronarography should be obligatory before operation in patients with suspected ischemic heart disease and an aneurysm of the abdominal aorta and/or aortic-iliac occlusion [5, 18, 19]. In Poland, these recommendations cannot be fully followed, mainly because of limited availability of the coronarography [19]. It was proved that the strategy regarding the staging of the ischemic disease as well as optimization of the patient's condition with pharmacological, invasive: percutaneous transluminal coronary angioplasty (PTCA) or surgical: coronary artery bypass grafting (CABG) methods before the operation [19, 21] can significantly lower the risk of severe perioperative complications and the mortality rate [3, 10, 19].

During the preoperative evaluation much attention should be paid to estimation of the risk factors predicting the cardiologic complications in the postoperative period. Nevertheless, determination of respiratory complications risk is also of great importance [1], regarding the fact that patients with atherosclerosis and abdominal aortic aneurysms are especially endangered by pulmonary complications, because of decreased activity of  $\alpha$ -1-antitripsine. It is especially important in patients with abdominal aneurysms because it is thought that aneurysmatic lesions of the aorta result from the same enzymatic processes that may affect the integrity of the pulmonary tissue [1]. This would explain the frequent coincidence of the chronic obstructive pulmonary disease in patients with abdominal aneurysms.

The preoperative preparation of the patients must take into account the symptoms of physical and mental exhaustion caused by chronic pain due to ischaemia of the lower limbs. The pain increases sympathetic tension and adrenergic activity which results in constriction of the arteries in the lower limbs and decreased perfusion, which enhances the rise of arterial pressure, cardiac arrhythmia and heart ischaemia [17].

A remarkable number of patients who qualify for vascular surgery show clinical and laboratory symptoms

katecholaminy, mogą być niezbędne do osiągnięcia adekwatnego ciśnienia perfuzji dla mózgu i mięśnia sercowego, jednak nie zaleca się ich z powodu większego kurczenia naczyń powyżej zacisku niż w niedokrwionych obszarach poniżej zacisku, w których powstaje kwasica. Ponowne zaciśnięcie aorty może być konieczne w przypadku ciężkiego, długotrwałego spadku ciśnienia.

Hemodynamiczna odpowiedź na zaciśnięcie i zwolnienie zacisku aorty jest słabsza u pacjentów poddanych zabiegowi rekonstrukcji aorty z powodu miażdżycy zarostowej w porównaniu z pacjentami operowanymi z powodu tętniaka. U pacjentów z chorobą zarostową naczyń wytwarza się przewlekłe krążenie oboczne, które może utrzymywać przepływ przez dolną część ciała podczas zaciśnięcia aorty [7].

### Ocena przedoperacyjna

Tętniak aorty brzusznej i/lub niedrożność aortalno-biodrowa często współistnieją z chorobą niedokrwiennej serca. Częstość występowania choroby niedokrwiennej serca u tych pacjentów określa się około 50%. Udowodniono, że śród- i okołoperacyjne powikłania kardiologiczne stanowią główną przyczynę zachorowalności i umieralności po operacjach tętniaka aorty brzusznej i niedrożności aortalno-biodrowej [18–20].

Przedoperacyjna ocena stopnia zaawansowania choroby niedokrwiennej serca i ewentualna rewaskularyzacja mięśnia sercowego przed zabiegiem naprawczym aorty brzusznej może istotnie zmniejszyć śmiertelność wskutek powikłań sercowych w czasie zabiegu i po operacji. Ocena przedoperacyjna rutynowo obejmuje badania kliniczne, standardowe EKG, badanie echokardiograficzne oraz próbę wysiłkową, a u chorych z dodatnim wynikiem próby wysiłkowej również koronarografię. Wielu autorów uważa, że u wszystkich pacjentów z tętniakiem aorty brzusznej i/lub niedrożnością aortalno-biodrową oraz u chorych z podejrzeniem choroby niedokrwiennej serca należy wykonać koronarografię przed planową operacją [5, 18, 19]. W Polsce wskazań tych nie można w pełni realizować, głównie ze względu na ograniczoną dostępność tego zabiegu [19]. Udowodniono, że strategia postępowania obejmująca rozpoznawanie zaawansowania choroby niedokrwiennej i optymalizację stanu chorego metodą farmakologiczną, inwazyjną, jak: przeszkońska angioplastyka wieńcowa (PTCA) lub operacyjną, jak: pomostowanie tętnic wieńcowych (CABG) przed planowaną operacją na aorcie brzusznej [19, 21] zmniejsza istotnie ryzyko groźnych powikłań okołoperacyjnych i śmiertelność [3, 10, 19].

W ocenie przedoperacyjnej tych pacjentów wiele uwagi przywiązuje się do określenia czynników ryzyka

of dehydration. When ignored, they potentiate the haemodynamic effects of perioperative stress. Thus, during preparations for a planned surgery, the intravascular fluid volume must be normalized, regarding the fact that rapid filling of the vascular bed can trigger circulatory decompensation [8].

## Preparation of the patient and introduction of the anaesthesia

### Pharmacological premedication

Oral administration is preferred. It is recommended that the patient take all his/her cardiologic medications except for diuretic drugs. Hypertonic crises accompanying laryngoscopy, intubation and awakening are supposed to be especially dangerous. They can be avoided by application of  $\beta$ -blockers. The  $\beta$ -blockers also inhibit the release of renin, which is intensified in response to decreased perfusion of the renal cortex after clamping of the aorta [7, 17].

### Preparation for surgery in the operating room

Before induction of anaesthesia:

- catheterization of the peripheral vein;
- administration of an antibiotic;
- continuous epidural analgesia with bupivacaine and FNT;
- insertion of a cannula into the radial artery after negative Allen's test; in case of any difficulties, the cannula can be placed in the cubital artery; this procedure should be performed before induction, because it allows constant monitoring of the arterial pressure.

After induction of anaesthesia:

- catheterization of the urinary bladder;
- insertion of the central vein catheter;
- placement of a Swan-Ganz catheter in patients with extremely impaired function of the left ventricle [17, 22].

### Induction

Hypnotics and muscle relaxants are administered in commonly accepted doses. The aim of this procedure is to allow a mild and haemodynamically stable laryngoscopy and intubation [7, 17].

### Intubation

A superficial analgesia of the tongue, pharynx, epiglottis and laryngeal entrance with 10% lignocaine is indicated before intubation.

### Anaesthesia

The choice of medications and methods applied for anaesthesia is similar in all types of abdominal sur-

wystąpienia powikłań kardiologicznych w okresie pooperacyjnym. Wydaje się jednak, że równie istotne jest określenie ryzyka wystąpienia powikłań oddechowych [1]. Szczególnie narażeni na powikłania płucne są chorzy z miażdżycą tętnic i tętniakiem aorty brzusznej, ponieważ występuje u nich spadek aktywności  $\alpha$ -1-antytrypsyny. Zmiany te dotyczą zwłaszcza chorych z tętniakiem aorty brzusznej, bowiem przypuszcza się, że te same procesy enzymatyczne wiążące się ze zmniejszeniem aktywności  $\alpha$ -1-antytrypsyny, które występują w ścianie aorty zmienionej tętniakowato, mogą także wpływać na integralność tkanki łącznej płuc [1]. Tłumaczy to częste współistnienie zaawansowanej przewlekłej obturacyjnej choroby płuc u osób z tętniakami aorty brzusznej.

W przygotowaniu chorych do operacji trzeba uwzględnić również fakt, że u wielu pacjentów występują objawy wyczerpania fizycznego i psychicznego spowodowanego przewlekłym bólem niedokrwiennych kończyn dolnych. Ból poprzez wzrost napięcia układu współczulnego i wzmożoną aktywność adrenergiczną wywołuje obkurczenie naczyń tętniczych kończyn dolnych ze zmniejszeniem w nich przepływu krwi, sprzyja wzrostowi ciśnienia tętniczego oraz zaburzeniom rytmu serca i jego niedokrwieniu [17].

Znaczna liczba pacjentów kwalifikowanych do operacji naczyniowych chorych wykazuje kliniczne i laboratoryjne wykładniki odwodnienia. Ignorowanie tego faktu nasila hemodynamiczne skutki stresu okołoooperacyjnego. W przygotowaniu do planowej operacji należy uwzględnić zatem konieczność normalizacji właściwej objętości śródnaczyniowej, pamiętając jednak o tym, że wysiłki zmierzające do szybkiego wypełnienia łożyska mogą przyspieszyć dekompensację układu krążenia [8].

## Przygotowanie pacjenta oraz wprowadzenie do znieczulenia i operacji

### Premedykacja farmakologiczna

Preferuje się doustną podaż leków stosowanych w premedykacji. Zaleca się przyjmowanie przez pacjentów wszystkich zażywanych przez nich leków kardiologicznych z wyjątkiem środków moczopędnych. Za szczególnie niebezpieczne uważa się przelomy nadciśnieniowe towarzyszące laryngoskopii, intubacji i wybudzeniu. Można im zapobiec, stosując przed operacją leki blokujące receptory  $\beta$ -adrenergiczne. Beta-blokery hamują również uwalnianie reniny, która nasila się w odpowiedzi na zmniejszenie przepływu krwi przez korę nerek po założeniu zacisku na aortę [7, 17].

gery [23, 24]. It should be remembered that patients operated for aortic aneurysm or obliterative aortic-iliac disease are often cachectic, old and show severe coexisting diseases, which affect many organs. Careful dosing of small amounts of medication is the most reasonable approach. Intravenous fluids or small doses of vasoconstrictive drugs can be administered to maintain the haemodynamic stabilization in the period between intubation and surgical incision [7]. The general anaesthesia encompasses mechanical ventilation in a semi-closed circuit, using O<sub>2</sub> and NO<sub>2</sub> in a ratio of 1:1 or 1:2 with a volume of 10–15 ml/kg and administrations of opioids and muscle relaxants. Alternatively, a shallow inhalatory anaesthesia combined with continuous epidural infusion can be applied. The epidural catheter allows minimizing of the amount of intravenously administered opioids and the patient can be extubated directly after the completion of the surgery.

There are constant controversies concerning the role of the local anaesthesia, mainly epidural, in reconstructive surgery of the abdominal aorta. The epidural anaesthesia as the only anaesthesia is applied during operations below the renal arteries with retroperitoneal access [25, 26]. Many clinicians use the epidural catheter for intraoperative anaesthesia and in the therapy of the postoperative pain in combination with shallow general anaesthesia, sufficient to achieve unconsciousness, retrograde amnesia and tolerance of the intubation pipe in the trachea.

The mentioned beneficial effects of regional anaesthesia include reduced frequency of deep venous and pulmonary embolism and of postoperative ileus, improved postoperative function of the lungs with possible reduction of infectious complications as well as potentially better pain control compared to intravenous opioids [27, 28]. When compared to general anaesthesia and intravenous opioids administration to control the pain, regional anaesthesia is, by some authors, regarded as efficient in reducing the response to the surgical stress [29, 30]. Nevertheless, other studies did not reveal reduction of the mediators' secretion after surgical intervention in patients with epidural anaesthesia [31, 32]. Among the beneficial effects of regional anaesthesia, a decrease of postoperative stress response and postoperative hypercoagulability should be mentioned as well as a possible increase in cardiac oxygen supply and its decreased utilization, which may reduce the risk of cardiologic complications after the surgery. However, many reports point to a lack of univocal advantage of combined general and epidural anaesthesia compared to

### **Przygotowanie pacjenta do zabiegu na sali operacyjnej**

Przygotowanie pacjenta do zabiegu na sali operacyjnej obejmuje działania przed wprowadzeniem znieczulenia i po jego zastosowaniu.

Przed wprowadzeniem do znieczulenia stosuje się:

- wprowadzenie kaniuli do żyły obwodowej;
- podanie antybiotyku;
- wykonanie ciągłej analgezji zewnątrzoponowej z użyciem bupiwakainy z FNT;
- wprowadzenie kaniuli do tętnicy promieniowej po ujemnym wyniku próby Allena; w przypadku trudności kaniulę należy umieścić w tętnicy łokciowej; jest to wskazane przed wprowadzeniem do znieczulenia, ponieważ umożliwia ciągłe monitorowanie zmian wartości.

Po wprowadzeniu do znieczulenia stosuje się:

- cewnikowanie pęcherza moczowego;
- wprowadzenie cewnika do żyły ośrodkowej;
- założenie cewnika Swana-Ganza u chorych ze skrajnie upośledzoną funkcją lewej komory [17, 22].

### **Indukcja**

Środki nasenne i zwiotczające mięśnie podaje się według ogólnie przyjętych dawek w celu łagodnej i hemodynamicznie stabilnej laryngoskopii oraz intubacji [7, 17].

### **Intubacja**

Zaleca się uprzednie powierzchwne znieczulenie języka, gardła, nagłośni i wejścia do krtani roztworem 10-procentowej lignokainy.

### **Znieczulenie**

Wybór środków i metod używanych w znieczuleniu nie różni się od typowego dla chirurgii w obrębie jamy brzusznej [23, 24]. Należy pamiętać, że organizmy pacjentów operowanych z powodu tętniaka aorty lub choroby zarostowej aortalno-biodrowej są często wyniszczone, chorzy przeważnie są w podeszłym wieku, z ciężkimi chorobami współistniejącymi, które dotyczą wielu narządów. Uważne miareczkowanie leków w małych dawkach jest najbardziej rozsądnym podejściem. Płyny dożylne lub małe dawki leków wazoaktywnych można podawać w celu uzyskania stabilizacji hemodynamicznej podczas okresu między intubacją a nacięciem chirurgicznym [7]. Kontynuacja znieczulenia ogólnego obejmuje wentylację zastępczą w układzie półzamkniętym z użyciem O<sub>2</sub> i NO<sub>2</sub> w stosunku 1:1 lub 1:2 objętością 10–15 ml/kg mc., podaż opioidów i środków zwiotczających. Alternatywnie używa się techniki złożonej z płytkiej wziewnej anestezji ogólnej i ciągłego wlewu epiduralnego. Cewnik epiduralny pozwala zminimalizować ilo-



sole general anaesthesia in relation to postoperative circulatory complications [33–38]. Nevertheless, recent meta-analyses suggest that regional techniques can reduce the frequency of the myocardial infarction and the mortality in the postoperative period [39, 40]. The positive results of those meta-analyses may reflect the fact that the pain control wasn't optimal in all patients. The improved therapeutic effects in patients after regional anaesthesia or combined regional and general anaesthesia can result from differences in pain control and not from the type of anaesthesia during surgery [41, 42].

Several recent studies analyzed the impact of the applied anaesthetic technique upon distant therapy results. Patients, in whom the epidural catheter was used, had better pain control, could be mobilized earlier and started oral nutrition sooner. They could also be discharged from the hospital earlier [43, 44].

Summarizing, it should be stated that no anaesthetic technique showed a substantial influence on the final therapeutic effect of the surgical treatment of the discussed disease. It seems that stabilization of the circulatory system (optimal organs perfusion and sufficient postoperative analgesia) are of greater importance than the applied type of anaesthesia.

Mannitol, furosemide and low doses of dopamine are administered to evoke diuresis, increase the renal perfusion and reduce renal lesions [7].

### **Mannitol**

Mannitol is most frequently used, while other drugs are preserved for cases of high clamping or for patients with pre-existing renal insufficiency. In common clinical practice, mannitol (12.5–25 g) is administered shortly before clamping of the aorta [7].

### **Furosemide**

The protective administration of furosemide during clamping remains controversial. Application of furosemide may increase the fluid requirement and evoke dys-electrolytemia, especially hypokaliemia and hypomagnesemia, in the postoperative period.

### **Dopamine**

Dopamine, in a small dose (1–3  $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{min}$ ), increases renal perfusion and glomerular filtration. However, there is no clinical evidence to show that a small dose of dopamine prevents acute renal insufficiency in patients undergoing abdominal aortic surgery [45–47]. Summarizing: Although the aforementioned drugs are used to protect the kidneys during aortic surgery, adequate vascular bed filling is the most substantial approach.

ści podawanych dożylnie opioidów i umożliwia ekstubację pacjenta bezpośrednio po zakończeniu zabiegu operacyjnego.

Istnieją ciągle kontrowersje wokół roli techniki regionalnej znieczulenia — głównie zewnątrzoponowego — w zabiegach rekonstrukcji aorty brzusznej. Znieczulenia zewnątrzoponowego używa się jedynie jako znieczulenia w operacjach poniżej tętnic nerkowych z dostępu tylnootrzewnowego [25, 26]. Wielu klinicystów używa cewnika zewnątrzoponowego do znieczulenia śródoperacyjnego i leczenia bólu pooperacyjnego. W połączeniu z płytkim ogólnym znieczuleniem wystarczającym do uzyskania nieprzytomności, niepamięci wstecznej i tolerancji rurki intubacyjnej w tchawicy.

Opisywane korzystne efekty regionalnej anestezji zawierają redukcję częstości występowania głębokiej zatorowości żyłnej i zatorowości płucnej, zmniejszenie pooperacyjnej niedrożności żołądkowo-jelitowej, poprawę pooperacyjnej funkcji płuc z prawdopodobną redukcją infekcji i potencjalnie lepszą kontrolę bólu pooperacyjnego w porównaniu z dożylnym podawaniem opioidów [27, 28]. Niektórzy uznają regionalną anestezję w porównaniu z ogólnym znieczuleniem i pooperacyjnym leczeniem bólu poprzez dożylnie podawanie opioidów za skuteczną w redukcji odpowiedzi na stres chirurgiczny [29, 30]. Natomiast w innych badaniach u pacjentów z analgezą zewnątrzoponową nie wykazano redukcji ilości mediatorów uwalnianych w odpowiedzi na uraz chirurgiczny [31, 32]. Pośród korzystnych efektów anestezji regionalnej wymienia się możliwe zmniejszenie pooperacyjnej odpowiedzi stresowej i nadkrzepliwości, a także potencjalne zwiększenie dostarczania tlenu do mięśnia sercowego i zmniejszenie jego zużycia, co może redukować ryzyko powikłań sercowych w okresie okołoperacyjnym. Wyniki wielu badań wskazują na brak jednoznacznej przewagi znieczulenia ogólnego łączonego z epiduralnym w stosunku do wyłącznie ogólnego w odniesieniu do pooperacyjnych powikłań krążeniowych [33–38]. W najnowszych metaanalizach sugeruje się jednak, że technika regionalna zmniejsza częstość występowania zawału serca i śmiertelność w okresie pooperacyjnym [39, 40]. Pozytywne rezultaty tych metaanaliz mogą odzwierciedlać fakt, że kontrola bólu nie była optymalna u wszystkich pacjentów. Poprawa efektów leczenia u pacjentów znieczulanych regionalnie lub w skojarzeniu znieczulenia regionalnego i ogólnego w porównaniu ze znieczuleniem ogólnym może być zatem wynikiem różnic w leczeniu bólu pooperacyjnego, a nie wynikać ze sposobu znieczulenia w czasie zabiegu [41, 42].

W przeprowadzonych ostatnio badaniach analizowano wpływ techniki anestezjologicznej na odległe skutki leczenia pacjentów, u których stosowano cewnik epiduralny. Zabezpieczenie przeciwbólowe w okresie

### Intraoperative monitoring

Intraoperative monitoring during abdominal aortic surgery requires:

- direct arterial blood pressure measurements;
- electrocardiogram with 5 leads;
- hourly diuresis measurements;
- central venous measurements
- pulse oxymetry;
- capnography;
- control of morphology, acid-base balance and coagulation after releasing the clamp and after operation as well as in every case of massive haemorrhage or destabilization of patient's condition;
- measurement of cardiac minute volume and wedging pressure in patients of high surgical risk according to classifications of SVS/AAVS (Society for Vascular Surgery/American Association for Heart Surgery) and ACC/AHA (American College of Cardiology/American Heart Association) [3, 17].

### Postoperative care

After vascular surgery a patient requires diligent postoperative care. He usually stays in the Intensive Care Unit (ICU). However, recently published studies on the frequency of myocardial infarctions after abdominal aortic reconstruction suggest a high risk of infarction during routine stay in the ICU. The analysis of changes of troponine I concentration (cTnI) in a large group of patients allowed the separation of two types of infarctions, which suggests two different pathophysiological mechanisms taking part in their development. Early infarction develops suddenly, directly after surgery, and is most often caused by rapid obstruction of the coronary vessel due to rupture of an atheromatous lamella, bleeding in the place of rupture and formation of a thrombus, which was found in post mortem pathologic examination. The prophylaxis of this type of infarction encompasses early diagnosis of lamella rupture and its metabolic stabilization (e.g. by statins therapy) or placement of a stent in the place of the instable lamella. The delayed myocardial infarction after abdominal aortic reconstruction is preceded by a 60 hour period of silent myocardial ischaemia that can be named the "golden period", when therapeutic intervention (e.g. intensive  $\beta$ -blocker therapy, adequate analgesia, anaemia correction) can prevent perioperative myocardial infarction. Increased concentrations of cTnI persisting for up to 192 hours, but not reaching infarction levels, are characteristic for high risk of infarction [48].

In patients from the discussed group, the evaluated frequency of silent ischaemia ranges from 15 to 90%.

pooperacyjnym było skuteczniejsze, chorzy szybciej byli uruchamiani, szybciej wprowadzano u nich też dietę doustną. Pacjenci z cewnikiem epiduralnym wcześniej osiągnęli kryteria umożliwiające wypisanie ze szpitala [43, 44].

W podsumowaniu należy stwierdzić, że brakuje przekonujących dowodów na to, aby jakkolwiek technika znieczulenia zasadniczo wpływała na końcowy efekt leczenia chirurgicznego omawianego schorzenia. Wiele wskazuje na to, że stabilizacja układu krążenia, uzyskanie optymalnej perfuzji narządowej i dobrej analgezji pooperacyjnej są ważniejsze niż technika znieczulenia w czasie zabiegu.

W celu uzyskania diurezy, wzrostu w przepływie przez nerki oraz minimalizacji uszkodzenia tych narządów używa się mannitolu, furosemidu i małych dawek dopaminy [7].

### Mannitol

Najczęściej wykorzystuje się mannitol, podczas gdy inne leki zwykle stosuje się w przypadkach znacznego zakłócenia czy u pacjentów z istniejącą wcześniej niewydolnością nerek. Wykazano, że mannitol osłabia spadek przepływu krwi przez nerki podczas zaciśnięcia aorty poniżej tętnic nerkowych. W powszechnej praktyce klinicznej praktykuje się podanie mannitolu (12,5–25 g) na krótko przed zamknięciem aorty [7].

### Furosemid

Użycie furosemidu w celu ochrony nerek podczas zamknięcia aorty budzi kontrowersje. Stosowanie furosemidu może zwiększyć zapotrzebowanie na płyny i zaburzenia elektrolitowe, szczególnie hipokaliemię i hipomagnezemię, której można się spodziewać w okresie okołoperacyjnym.

### Dopamina

Dopamina podawana w małej dawce (1–3  $\mu$ g/kg/min) zwiększa przepływ krwi przez nerki i wielkość filtracji kłębuszkowej. Jednak brakuje dowodów klinicznych, że mała dawka dopaminy zapobiega ostrej niewydolności nerek u pacjentów poddanych zabiegowi w brzusznej części aorty [45–47].

Podsumowując, chociaż wymienionych leków używa się w celu ochrony nerek w trakcie zabiegów operacyjnych w obrębie aorty, jednak najistotniejsze znaczenie ma utrzymywanie właściwego wypełnienia naczyń.

### Monitorowanie śródoperacyjne

Monitorowanie śródoperacyjne podczas zabiegów w obrębie aorty brzusznej składa się z bezpośredniego pomiaru ciśnienia tętniczego krwi oraz z następujących zabiegów:

- 5-odprowadzeniowego elektrokardiogramu;
- pomiaru diurezy godzinowej;

Among prognostic factors predicting the probability of silent ischaemia are:

- history of a myocardial infarction;
- electrocardiographic changes suggesting past infarction;
- unspecific ST-T changes in the ECG;
- arterial hypertension
- hypertrophy of the left ventricle of the heart;
- ejection fraction of the left ventricle below 40%.

In patients who had silent ischaemia in the postoperative period, the mortality rate was 10 times higher [8, 16, 48]. Additional factors predisposing for silent ischaemia in the postoperative period are:

- cardio-vascular instability;
- haemostatic and fibrinolytic disorders;
- acute anaemia;
- hypoxaemia;

Hypoxaemia, predisposing for silent ischaemia, is not a continuous occurrence — it is usually noticed in night hours from the first to the fifth day after surgery. It results from decreased functional residual volume, increased leak of non-oxygenated blood in the lungs and depression of the respiratory centre by opioids. Directly after surgery, hypoxemia can result from the activity of drugs used for general anaesthesia, later it is due to impaired function of the diaphragm, increased intra-abdominal pressure and pain-dependent immobilization of the thorax [8, 50]. The highest frequency of desaturation episodes is noticed during the third night after surgery [51]. This may be related to the fact that at this time in many hospitals the patient is transferred from the ICU to another ward and oxygen administration is abandoned [8, 50]. Independent studies have shown a chronological relation between desaturation and ST changes in the ECG of patients after abdominal aortic surgery [52]. Relation of desaturation and tachycardia has also been reported. It may result from increased tension of the sympathetic system due to hypoxaemia. Tachycardia may evoke myocardial ischaemia or lead to silent ischaemia [8, 15]. Mutual relations between desaturation and silent ischaemia are of great importance for the patient as persistent hypoxaemia can lead to myocardial ischaemia even in patients without a history of coronary heart disease. Recurrent episodes of silent ischaemia can cumulate, resulting in myocardial infarction [8, 53].

### Other postoperative complications

Respiratory insufficiency after abdominal aortic reconstruction, requiring mechanical ventilation for longer than 48 h occurs in 25% of patients [1, 7, 8]. The

- pomiaru ośrodkowego ciśnienia żylnego;
- pulsoksymetrii;
- kapnografii;
- kontroli parametrów morfotycznych krwi, równowagi kwasowo-zasadowej, układu krzepnięcia po zwolnieniu zacisku z aorty i po operacji oraz w każdym przypadku masywnego krwawienia i destabilizacji pacjenta;
- pomiar rzutu minutowego serca i ciśnienia zaklinowania u pacjentów z wysokim ryzykiem operacyjnym wg klasyfikacji SVS/AAVS i ACC/AHA [3, 17].

### Opieka pooperacyjna

Pacjent po zabiegu naczyniowym wymaga ścisłej opieki pooperacyjnej, zwykle na oddziale intensywnej terapii. Jednak w ostatnio opublikowanych badaniach częstości występowania zawału serca po zabiegach rekonstrukcji w brzuszonym odcinku aorty udokumentowano duże ryzyko występowania zawału po okresie rutynowego pobytu na tych oddziałach. Analiza zmian stężenia troponiny I (cTnI) w dużej grupie pacjentów pozwoliła wyodrębnić 2 typy zawałów, nasuwając przypuszczenie, że powstają one w 2 różnych mechanizmach patofizjologicznych. Wczesny zawał występuje nagle, w bezpośrednim okresie okołoperacyjnym i jest najczęściej spowodowany ostrym zamknięciem naczynia wieńcowego przez naderwanie blaszki miażdżycowej, krwawieniem w miejscu naderwania oraz tworzeniem się skrzepu, co stwierdzano w badaniach patomorfologicznych w przypadku śmierci pacjenta. Profilaktyka tego typu zawału obejmuje identyfikację obecności uszkodzonej blaszki i jej stabilizację metaboliczną (np. poprzez leczenie statynami) lub założenie stentu w miejscu niestabilnej blaszki miażdżycowej w koronarografii. Natomiast odroczonego zawału serca u pacjentów po zabiegach rekonstrukcji brzusznej aorty poprzedzony jest ponad 60-godzinnym okresem niemego niedokrwienia mięśnia sercowego, który można traktować jako „złoty okres”, a liczne interwencje (np. intensywna terapia  $\beta$ -blokerami, adekwatna analgezja, korekcja anemii) mogą potencjalnie zapobiec okołoperacyjnemu zawałowi serca. Charakterystyczne dla dużego ryzyka zawału jest utrzymywanie się podwyższonego stężenia cTnI (poniżej wartości charakterystycznych dla zawału serca) trwające do ok. 192 godzin po zabiegu [48].

Wśród chorych w omawianej populacji często występuje niedokrwienie nieme (15–90%). Wśród czynników prognostycznych pozwalających określić prawdopodobieństwo wystąpienia niemego niedokrwienia wyróżnia się [8, 49]:

- przebyty zawał serca;
- zmiany w elektrokardiogramie sugerujące przebyty zawał serca;
- niespecyficzne zmiany ST-T w elektrokardiogramie;
- nadciśnienie tętnicze;

mechanism of this complication is not clear. Some role may be played by prostanoids, especially thromboxanes [7, 8, 11]. Important factors decreasing the rate of pulmonary complications are: limited fluids administration, adequate pain control (including continuous epidural anaesthesia), early extubation and application of bronchorelaxants [54].

Intervention requiring haemorrhage results from surgical reasons or from substantial arterial hypertension in the postoperative period [7].

Arterial reconstruction is related to a great risk of thrombotic complications, which lead to secondary vessel obliteration. According to data gathered in nine Polish centres for vascular surgery, the rate of early thrombosis of the vascular prostheses was 2.3% and of peripheral thrombosis — 2%. Most of this data relates to reparations performed in the early period [16]. The occurrence of late thrombotic complications after implantation of a synthetic vascular prosthesis is related to the hypertrophy of the arterial intima in the place of anastomosis. The hypertrophy of the intima, described as neointimal hyperplasia, is the subject of many experimental studies [55].

The frequency of thromboembolic venous disease of the lower limbs after surgery of the abdominal aortic surgery is controversial and may reach up to 18% [16].

Early infection of the vascular graft occurs in 0.2–3.2% of the patients [56].

Ischemic lesions of the spinal cord with paraplegia are very severe but relatively rare complications that may occur in the postoperative period. Its frequency ranges from ca 1% for planned operations to 4.4% in surgery of ruptured aneurysms [16, 17, 57].

Gastro-intestinal complications are: paralytic ileus, present to various extents after every abdominal surgery and ischaemia of the colon [7]. The frequency of the intestinal necrosis is variously evaluated and methods of avoiding perfusion impairment in the left part of colon still remain controversial [16].

Incidents of acute renal insufficiency are reported with various frequency, but, besides cardiologic complications, they are one of the reasons of multiorgan insufficiency, which is the most common cause of death.

### Summary

Abdominal aortic surgery requires the cooperation of a multidiscipline team including a surgeon, anaesthetist, cardiologist and, if necessary, nephrologist and neurologist to evaluate the patient's condition, the operative risk and to choose the adequate algorithm of performance in preparation and perioperative care of the patient.

— przerost lewej komory serca;

— wielkość frakcji wyrzutowej lewej komory poniżej 40%.

U chorych, u których w okresie pooperacyjnym stwierdzano nieme niedokrwienie, występowała 10-krotnie większa śmiertelność [8, 16, 48]. Okres pooperacyjny wiąże się z możliwością występowania dodatkowych czynników sprzyjających pojawianiu się niemego niedokrwienia; należą do nich:

— niestabilność układu sercowo-naczyniowego;

— zaburzenia układu krzepnięcia i fibrynolizy;

— ostra niedokrwistość;

— hipoksemia.

Sprzyjająca niememu niedokrwieniu hipoksemia jest zjawiskiem niejednorodnym — występuje zwykle w godzinach nocnych w okresie od 1. do 5. doby pooperacyjnej. Hipoksemia ta jest powodowana zmniejszeniem czynnościowej pojemności zalegającej, zwiększeniem wielkości przecieku nieutlenowanej krwi w płucach oraz depresyjnym działaniem opioidów na ośrodek oddechowy. W początkowym okresie po operacji może być ona skutkiem działania środków znieczulenia ogólnego, później wiąże się z upośledzoną funkcją przepony, wzmożonym ciśnieniem śródbrzusznym i usztywnieniem klatki piersiowej spowodowanym przez ból [8, 50]. Największe nasilenie epizodów desaturacji występuje podczas 3. nocy pooperacyjnej [51]. Zbiega się to z faktem, że w wielu ośrodkach w tym okresie przenosi się pacjenta z oddziału intensywnej terapii na oddział o mniejszym nadzorze i często wówczas nie stosuje się już tlenoterapii [8, 50]. W niezależnych badaniach wykazano związek czasowy między desaturacją a zmianami odcinka ST w zapisie EKG u chorych poddanych rekonstrukcji brzusznej odcinka aorty [52]. Wykazano również związek epizodów desaturacji z tachykardią. Może to wynikać ze wzmożonego napięcia układu współczulnego powodowanego hipoksemią. Tachykardia jest czynnikiem mogącym wywołać niedokrwienie mięśnia sercowego, a być może jest również ogniwem pośrednim zjawisk prowadzących do niedokrwienia niemego [8, 15]. Wzajemne relacje między desaturacją a niedokrwieniem niemyim mają znaczenie dla chorego w okresie pooperacyjnym. Utrzymująca się hipoksemia może wiązać się z niedokrwieniem mięśnia sercowego także u pacjenta bez stwierdzonej choroby wieńcowej. Powtarzające się epizody niemego niedokrwienia mogą bowiem nakładać się na siebie, doprowadzając do zawału serca [8, 53].

### Inne powikłania w okresie pooperacyjnym

Niewydolność oddechowa po rekonstrukcji brzusznej odcinka aorty wymagająca sztucznej wentylacji powyżej 48 godz. występuje u ok. 25% chorych [1, 7, 8]. Mechanizm tego powikłania jest niejasny. Pewną rolę mogą odgrywać tu prostanoidy, a szczególnie tromboksany [7, 8, 11].

## References

- Oszkinis G, Synowiec T, Pukacki F et al (2003) Powikłania oddechowe u pacjentów poddanych operacji na aorcie brzusznej. *Chirurgia Polska*, 5: 165–171.
- Niedźwiadek J, Mazur E, Wolski A (2002) Serological markers of *Chlamydia pneumoniae* infection in patients with cardiovascular disease. *Acta Angiol*, 8: 55–64.
- Kuczmik W, Ziaja D (2003) Leczenie tętniaków podnerkowych aorty brzusznej w grupie chorych wysokiego ryzyka. *Chirurgia Polska*, 5: 71–82.
- Singh K, Bona KH, Jacobsen BK et al (2001) Prevalence and risk factors for abdominal aortic aneurysms in population-based study. The Tromso Study. *Am J Epidemiol*, 154: 236–244.
- Szyber P, Janczak D, Skóra J (2000) Czynniki wpływające na wyniki leczenia operacyjnego tętniaków aorty brzusznej. *Terapia*, 8: 3–5.
- Pasrenak R, Crigui M, Benjamin E et al (2004) Atherosclerotic vascular disease Conference. Writing Group I: Epidemiology. *AHA Conference Proceedings. Circulation*, 109: 2605–2612.
- Wozniak M, LaMuraglia G, Musch G (2005) Anesthesia for open abdominal aortic surgery. *Int Anesthesiol Clin*, 43: 61–78.
- Szulc R (2001) Przygotowanie chorego do operacyjnej rekonstrukcji brzusznej odcinka aorty brzusznej jako element prewencji powikłań okołoperacyjnych. *Folia Medica Cracoviensia*, XVII: 4.
- Zaniewski M, Urbanek T, Majewski E (2000) Tętniak aorty brzusznej — 10 lat później. *Polski Przegląd Chirurgiczny*, 72: 309–319.
- Rinckenbach S, Zassani O, Thaveau F (2004) Current outcome of open repair for infrarenal abdominal aortic aneurysm. *Ann Vasc Surg*, 18: 704–709.
- Gelman SG (1995) The pathophysiology of aortic cross-clamping and unclamping. *Anesthesiology*, 82: 1026–1060.
- Ryszka MS (1999) Znieczulenie do operacji brzusznej odcinka aorty. In: Szulc R (ed). *Znieczulenie i intensywna terapia w chirurgii naczyń*.  $\alpha$ -medica press, Bielsko-Biała.
- Johnson KW (1989) Multicenter prospective study of nonruptured abdominal aortic aneurysm. Part II. Variables predicting morbidity and mortality. *J Vasc Surg*, 9: 437–447.
- Gamulin Z, Forster A, Morel D et al (1984) Effects of infrarenal aortic cross clamping on renal hemodynamics in humans. *Anesthesiology*, 6: 394–399.
- Paul MD, Mazer CD, Byrick RJ et al (1986) Influence of mannitol and dopamine on renal function during elective infrarenal aortic clamping in man. *Am J Nephrol*, 6: 427–434.
- Wozniak W, Ciostek P, Kielar M, Waligóra J, Noszczyk W (2003) Wczesne powikłania naczyniowe po operacjach tętniaków aorty brzusznej. *Polski Przegląd Chirurgiczny*, 75: 1207–1217.
- Grabowska-Gawel A (1999) Optymalizacja postępowania okołoperacyjnego u chorych leczonych chirurgicznie z powodu zmian miażdżycowych w brzusznej odcinku aorty. *Anestezjologia Intensywna Terapia*, 31: 123–126.
- Goldman L (1995) Cardiac risk in noncardiac surgery: an update. *Anesth Analg*, 80: 810.

Ważnymi elementami zmniejszającymi odsetek powikłań płucnych w okresie śród- i pooperacyjnym są: ograniczenie objętości przetaczanych płynów infuzyjnych, prawidłowe leczenie bólu, w tym stosowanie ciągłego znieczulenia zewnątrzoponowego, wczesna ekstubacja oraz stosowanie leków rozszerzających oskrzela [54].

Krwotok wymagający reoperacji jest spowodowany przyczynami chirurgicznymi bądź znacznym nadciśnieniem występującym w okresie pooperacyjnym [7].

Zabiegi rekonstrukcyjne tętnic są obciążone dużym ryzykiem występowania powikłań zakrzepowych, które powodują wtórną niedrożność naczyń. Według danych zebranych w 9 polskich ośrodkach naczyniowych odsetek wczesnych zakrzepów protez naczyniowych wynosił 2,3%, a zatorowości obwodowej 2%. Większość tych danych podaje się w odniesieniu do wykonanych we wczesnym okresie reperacji [16]. Natomiast wystąpienie późnych powikłań zakrzepowych po zabiegach wszczepienia syntetycznej protezy naczyniowej należy wiązać z faktem przerostu błony wewnętrznej tętnicy w miejscu jej zespolenia z protezą. Przerost błony wewnętrznej tętnicy, określanej w publikacjach jako hiperplazja neointymy, jest tematem badawczym wielu prac doświadczalnych z chirurgii naczyniowej [55].

Częstość występowania żyłnej choroby zakrzepowo-zatorowej kończyn dolnych po operacji tętniaków aorty brzusznej ocenia się bardzo różnie i może ona wynosić nawet 18% [16].

Wczesne zakażenie przeszczepu naczyniowego występuje u 0,2–3,2% operowanych [56].

Niedokrwiennie uszkodzenie rdzenia kręgowego, objawiające się paraplegią po operacjach z powodu tętniaka aorty brzusznej, jest bardzo ciężkim, ale stosunkowo rzadkim powikłaniem, którego objawy mogą wystąpić w okresie pooperacyjnym. Częstość niedokrwienia to ok. 1% dla operacji planowych i do 4,4% dla operacji tętniaków pękniętych [16, 17, 57].

Na powikłania żołądkowo-jelitowe składają się: niedrożność porażenna, występująca w różnym stopniu po każdym dużym zabiegu brzusznej i niedokrwienie jelita grubego [7]. Częstość występowania martwicy jelita po operacjach tętniaków aorty brzusznej ocenia się różnie, a metody zapobiegania zaburzeniom ukrwienia lewej połowy jelita grubego ciągle budzą wątpliwości [16].

Różni autorzy podają odmienne dane na temat częstości incydentów ostrej niewydolności nerek, ale oprócz powikłań kardiogennych są jedną z przyczyn niewydolności wielonarządowej, która jest najczęstszym powodem zgonów.

19. Wrancic JK, Maciejewski M, Strzondała M (2000) Wartość 24-godzinne monitorowania holterowskiego i echokardiograficznego testu dobutaminowego u chorych z chorobą wieńcową kwalifikowanych do zabiegów operacyjnych na aorcie brzusznej. *Polski Przegląd Chirurgiczny*, 72: 224–236.
20. Skóra K, Szydłowski Z, Szyber P (1991) Ocena wpływu wybranych czynników na śmiertelność po operacjach tętniaków aorty brzusznej. *Polski Przegląd Chirurgiczny*, 63: 11–19.
21. Won A, Acosta JA, Browner D. Validation of selective cardiac evaluation prior to aortic aneurysm repair. *Arch Surg* 1998, 133: 833.
22. Ellis JE, Roizen MF, Mantha S et al (1997) Anesthesia for vascular surgery In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK (eds). *Clinical Anesthesia*. 3<sup>rd</sup> edition. Lippincott-Raven Publishers. Philadelphia, New York: 871–910.
23. Norris EJ, Frank SM (2000) Anesthesia for vascular surgery. In: Miller RD (eds). *Anesthesia* 5<sup>th</sup> edition. Churchill Livingstone, Philadelphia: 1849–1893.
24. Beattie C, Frank SM, Walker GV et al (1998) Anesthesia for major vascular surgery. In: Longnecker DE, Tinker JH, Morgan GE (eds). *Principles and Practice of Anesthesiology*. 2<sup>nd</sup> edition. St. Louis Mosby-Year Book: 1941–1880.
25. Rosebaum GJ, Arroyo PJ, Sivina M (1994) Retroperitoneal approach used exclusively with epidural anesthesia for infrarenal aortic disease. *Am J Surgery*, 168: 136–139.
26. McGregor WE, Koler AJ, Labat GC et al (1999) Awake aortic aneurysm repair in patients with severe pulmonary disease. *Am J Surg*, 178: 121–124.
27. Kehket H, General versus regional anesthesia. (1998) In: Longnecker DE, Tinker JH, Morgan GE (eds). *Principles and Practice of Anesthesiology*. 2<sup>nd</sup> edition. St. Louis Mosby-Year Book: 1317–1329.
28. Boylan JF, Katz J, Kavanagh BP et al (1998) Epidural bupivacaine-morphine analgesia versus patient-controlled analgesia following abdominal aortic surgery. *Anesthesiology*, 89: 585–593.
29. Breslow MJ, Jordan DA, Cristopherson R et al (1989) Epidural morphine decreases postoperative hypertension by attenuating sympathetic nervous system hyperactivity. *JAMA*, 261: 3577–3581.
30. Gold MS, DeCrosa D, Rizzuto C et al (1994) The effect of lumbar epidural and general anesthesia on plasma catecholamines and hemodynamics during abdominal aortic aneurysm repair. *Anesthesia Analgesia*, 78: 225–230.
31. Hjortso CN, Cristensen NJ, Andersen T et al (1985) Effects of the extradural administration of local anesthetic agents and morphine on the urinary excretion of cortisol, catecholamines, and nitrogen following abdominal surgery. *Br J Anaesth*, 57: 400–406.
32. Norman JG, Fink GW (1997) The effects of epidural anesthesia on the neuroendocrine response to major surgical stress: a randomized prospective trial. *Am J Surg*, 63: 75–80.
33. Baron J, Bernard M, Barre et al (1991) Combined epidural and general anesthesia versus general anesthesia for abdominal aortic surgery. *Anesthesiology*, 75: 611–618.
34. Christopherson R, Beattie C, Frank SM et al (1993) Perioperative morbidity in patients randomized to epidural

## Podsumowanie

Konieczna jest współpraca multidyscyplinarnego zespołu złożonego z chirurga, anestezjologa, kardiologa, a w razie potrzeby także nefrologa i neurologa, w ocenie stanu pacjenta, ryzyka operacyjnego i wyboru właściwego algorytmu postępowania w przygotowaniu i okołoperacyjnej opiece nad pacjentem poddanym operacjom na dużych naczyniach.

- 
- or general anesthesia for lower extremity vascular surgery. *Perioperative Ischemia Randomized Anesthesia Trial Study Group*. *Anesthesiology*, 79: 422–434.
  35. Davies MJ, Silbert BS, Monney PJ et al (1993) Combined epidural and general anesthesia versus general anesthesia for abdominal aortic surgery; a prospective randomized trial. *Anaesth Intensive Care*, 21: 790–794.
  36. Bois S, Couture P, Boudreault D et al (1997) Epidural analgesia and intravenous patient-controlled analgesia result in similar rates of postoperative myocardial ischemia after aortic surgery. *Anesthesia & Analgesia*, 85: 1233–1239.
  37. Dodds TM, Burns AK, DeRoo DB et al (1997) Effects of anesthetic technic on myocardial wall motion abnormalities during abdominal aortic surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth*, 11: 129–136.
  38. Norris EJ, Beattie C, Perler BA et al (2001) Double-masked combinations of intraoperative anesthesia and postoperative analgesia in abdominal aortic surgery. *Anesthesiology*, 95: 1054–1067.
  39. Rodgers A, Walker N, Schug S et al (2000) Reduction of postoperative mortality and morbidity with epidural or spinal anaesthesia: results from overview of randomized trials. *Br Med J*, 321: 1493–1497.
  40. Beattie WS, Badner NH, Choi P (2001) Epidural analgesia reduces postoperative myocardial infarction: a meta-analysis. *Anesthesia & Analgesia*, 93: 853–858.
  41. Her C, Kizelshteyn G, Walker V et al (1990) Combined epidural and general anesthesia for abdominal aortic surgery. *J Cardiothorac Anesth*, 4: 552–557.
  42. Tuman K, McCarthy R, March R et al (1991) Effects of epidural anesthesia and analgesia on coagulation and outcome after major vascular surgery. *Anesth Analg*, 73: 696–704.
  43. Carli F, Mayo N, Klubien K et al (2002) Epidural analgesia enhances functional exercise capacity and health-related quality of life after colonic surgery: results of a randomized trial. *Anesthesiology*, 97: 540–549.
  44. Wu CL, Raja SN (2002) Optimizing postoperative analgesia: the use of global outcome measures. *Anesthesiology*, 97: 533–534.
  45. Kellum JA, Decker JM (2001) Use of dopamine in acute renal failure: a meta-analysis. *Crit Care Med*, 29: 1526–1531.
  46. Braco D, Parlow JL (2002) Best evidence in anesthetic practice. Prevention: dopamine does not prevent death, acute renal failure, or need for dialysis. *Can J Anaesth*, 49: 417–419.

47. Woo EB, Tang AT, el-Gamel A et al (2002) Dopamine therapy for patients at risk of renal dysfunction following cardiac surgery: science or fiction? *Eur J Cardiothorac Surg*, 22: 106–111.
48. Le Manach Y, Perel A, Coriat P, Godet G, Bernard M, Riou B (2005) Early and delayed myocardial infarction after abdominal aortic surgery. *Anesthesiology*, 102: 885–891.
49. Muir AP, Reeder MK, Foex P et al (1991) Preoperative silent myocardial ischaemia: incidence and predictors in general surgical population. *Br J Anesth*, 67: 373–377.
50. Reeder MK, Goldman MD (1992) Postoperative hypoxaemia after major abdominal vascular surgery. *Br J Anesth*, 68: 23–26.
51. Reeder MK, Goldman MD et al (1992) Late postoperative nocturnal dips in oxygen saturation in patients undergoing major abdominal vascular surgery. *Anaesthesia*, 47: 110–115.
52. Shorten GD, Comunale ME et al (1998) Peri-operative dysrhythmias in patients undergoing major vascular surgery — a preliminary report. *Eur J Anesth*, 15: 16–20.
53. Rosenberg J, Rasmussen V et al (1990) Late postoperative episodic and constant hypoxemia and associated EKG abnormalities. *Br J Anesth*, 65: 684–691.
54. Eskandari MK, Rhee RY, Steed DL et al (1999) Oxygen-dependent chronic obstructive pulmonary disease does not prohibit aortic aneurysm repair. *Am J Surg*, 178: 125–128.
55. Skóra J, Barć P, Janczak D et al (2002) Zmiany przerostowe neointimy w zespoleniach naczyniowych. *Acta Angiol*, 2: 45–53.
56. Nasim A, Thompson MM, Naylor AR (2001) The impact of MRSA on vascular surgery. *Eur J Vasc Endovasc Surg*, 22: 211–214.
57. Ruciński A, Szyber P, Janczak D et al (1995) Niedokrwienne uszkodzenie rdzenia kręgowego jako powikłania operacji tętniaków aorty brzusznej. *Pol Przegl Chir*, 67: 1138–1144.