

Dopplerowska ocena zmian przepływu w tętnicy krezkowej górnej po przeszczepie aortalno-dwuudowym u chorych z zespołem Leriche’a

Ultrasound doppler assessment of the superior mesenteric artery flow changes in patients after aorto-bifemoral by-pass implantation due to Leriche syndrome

Tomasz Urbanek, Krzysztof Ziaja, Tomasz Ludyga, Maciej Zaniewski, Maciej Tochowicz

Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyni Śląskiej Akademii Medycznej w Katowicach (Department of General and Vascular Surgery Medical University of Silesia, Katowice, Poland)

Streszczenie

Wstęp: Powikłania niedokrwienne dotyczące jelita cienkiego obejmują 0,15–0,6% chorych poddawanych naczyniowej rekonstrukcji aortalno-biodrowej i nadal wiążą się z wysokim odsetkiem powikłań śmiertelnych. Spadek oporu obwodowego w dystalnym odcinku aorty po wszczepieniu protezy aortalno-dwuudowej i rewaskularyzacji kończyn może prowadzić do spadku przepływu w obrębie naczyni odchodzących bezpośrednio od aorty — w tym tętnic trzewnych. Celem pracy była ocena wpływu rewaskularyzacji kończyn dolnych na zaburzenia przepływu w tętnicy krezkowej górnej.

Materiał i metody: Badaniu poddano 29 chorych z zespołem Leriche’a zakwalifikowanych do rekonstrukcji aortalno-dwuudowej (wiek 37–67 lata, średnio — 54,7 roku). U wszystkich chorych przedoperacyjnie i w 3. oraz 30. dniu po operacji wykonano badanie *duplex Doppler* przy zastosowaniu dopplera pulsacyjnego w tętnicy krezkowej górnej i aorcie. Każdorazowo oceniano maksymalną prędkość skurczową (PSV), prędkość minimalną (Min Vel.), prędkość końcowo-rozkurczową (EDV) oraz prędkości średnie (Mn Vel., TAV) w tętnicy krezkowej górnej. Dodatkowo oceniano indeks pulsacji (PI) oraz przepływ całkowity. Wyniki porównano z wynikami uzyskiwanymi u chorych poddanych laparotomii.

Wyniki: Statystycznie istotny spadek przepływu w tętnicy krezkowej górnej po rekonstrukcji naczyniowej, powracający do wartości wyjściowych w ciągu 30 dni od zabiegu, stwierdzono u 5 chorych (17,24%). U 11 chorych (37,9%) obserwowano istotny statystycznie spadek wartości PI. U pozostałych chorych nie stwierdzono istotnych zaburzeń przepływu i zmian prędkości średniej wynikające ze stałego poziomu lub wzrostu prędkości rozkurczowych. Umiejscowienie niedrożności (podnerkowa lub w dystalnym odcinku aorty) lub współistniejąca niedrożność udowo-podkolanowa nie były czynnikami decydującymi o pooperacyjnych zaburzeniach przepływu.

Wnioski: Rekonstrukcja naczyniowa i odtworzenie przepływu w kończynach dolnych powoduje przejściowe istotne hemodynamiczne zaburzenia przepływu w tętnicy krezkowej górnej jedynie u niektórych chorych. Może to jednak w istotny sposób wpływać na rokowanie w grupie tak obciążonych pacjentów.

Słowa kluczowe: chirurgia aorty, niedokrwienie jelit, tętnica krezkowa górna, badanie dopplerowskie

Abstract

Background: The frequency of small bowel complications occurrence in patients undergoing aorto-iliac reconstructive surgery ranges from 0.15 to 0.6% with a still relatively high mortality rate. In patients with distal aortic occlusion, a sudden peripheral vessel resistance decrease after aorto-bifemoral by-pass implantation and lower extremity revascularization can also lead to a flow decrease within aortic branches including visceral arteries. In this paper, the influence of distal aortic revascularization on superior mesenteric artery flow was investigated.

Material and methods: 29 patients qualified for aorto-bifemoral by-pass due to Leriche syndrome were examined (mean age 54.7; 37–67). In all the patients US duplex doppler (PW, Pulsed Wave) examinations of the superior mesenteric artery (SMA) and abdominal aorta (Ao) were carried out (pre-operatively, 3 and 30 days after surgery). The peak systolic (PSV), minimal (Min Vel.), end-diastolic (EDV), mean velocity (Mn Vel.)

and time average velocity (TAV) in the SMA were measured. Additionally, the pulsatility index (PI) and flow volume were calculated. The results were compared with a control group (patients undergoing laparotomy).

Results: A statistically significant minute flow volume decrease in the SMA after vascular reconstruction was found in 5 patients (17.24%) (turning back to the pre-operative values during the first 30 postoperative days). In 11 patients (37.9%) a statistically important decrease in the PI was observed. In the rest of patients, non-significant flow volume and mean velocity changes were observed due to constant or increased diastolic velocities. The placement (infrarenal/distal aortic) of the atherosclerotic occlusion or concomitant femoro-popliteal occlusion were not decisive factors in the post-operative visceral flow changes.

Conclusions: Vascular reconstruction of the low extremity blood supply with aorto-bifemoral by-pass causes transitional but hemodynamically important changes concerning superior mesenteric artery flow, which can be clinically important, especially in such severely sick patients.

Key words: aortic surgery, mesenteric ischaemia, superior mesenteric artery, doppler

Wstęp

Wszczepienie rozwidlonej protezy aortalno-dwuudowej omijającej niedrożny odcinek aorty lub tętnic biodrowych pozwala odtworzyć ukrwienie kończyn, powodując ustąpienie dolegliwości bólowych lub chromania przestankowego. Istnieje wiele doniesień, w których ocenia się wpływ powyższego leczenia na ukrwienie kończyn dolnych w zakresie tętnicy udowej wspólnej lub głębokiej uda, oraz liczne publikacje omawiające często spotykane powikłania niedokrwienne ze strony jelita grubego (zwłaszcza esicy), gdzie różnego rodzaju postaci niedokrwienia jelita grubego dotyczą 2–24% chorych poddawanych zabiegom rekonstrukcyjnym w obrębie aorty brzusznej (przy częstotliwości najgroźniejszego powikłania, w postaci martwicy pełnościennej jelita ocenianej na 1,5–2% przypadków) [1–8]. Występowanie zespołu reperfuzji po odtworzeniu krążenia kończyn oraz niedokrwienia esicy w przypadku niewydolnego krążenia w zakresie tętnic kręzkowych lub tętnic biodrowych są dzisiaj powszechnie znane [5, 9, 10]. Odkrycie endotoksemii pochodzenia jelitowego jako jednej z istotnych przyczyn powikłań po zabiegach rekonstrukcyjnych dystalnego odcinka aorty zwraca uwagę na konieczność wnikliwej oceny hemodynamicznych skutków prowadzonego leczenia chirurgicznego [5, 11–14]. Wszczepienie protezy aortalno-dwuudowej i zwolnienie zacisku zamykającego napływ krwi do protezy wywołują gwałtowny spadek oporu obwodowego w dystalnym odcinku aorty, powodując jednocześnie w tętnicy głównej chwilowy spadek ciśnienia tętniczego. Uruchamiane mechanizmy regulacji (odruch z baroreceptorów szyjnych i łuku aorty, wzrost objętości wyrzutowej i częstości akcji serca oraz wzrost oporu obwodowego poprzez skurcz oporowych naczyń przedwłośniczkowych) powodują niemal natychmiastowe przywrócenie stanu równowagi i skrócenie okresu hipotonii [15–20]. Odruch z baroreceptorów jest natychmiastowy, obejmuje jednak stosunkowo krótki okres, ulegając szybkiej adaptacji. Kolejnym mechanizmem, o nieco późniejszym działaniu, jest przechodzenie płynu tkankowego do łożyska naczyniowego w wyniku przewagi reabsorpcji nad filtracją w naczyniach włosowatych. Równocześnie ze wzmożonym powrotem płynu do naczyń wzrasta wydzielanie reniny i aktywacja układu renina-angiotensyna-aldosteron, co zwiększa wchłanianie zwrotne sodu w kanalikach nerek oraz powoduje skurcz mięśni

Introduction

Implantation of the aorto-bifemoralis in patients with an occluded distal aortic segment or iliac arteries, permitted the restoration of the circulation in the limbs leading to pain or claudication relief. There are many reports concerning the influence of revascularization on the deep or common femoral artery circulation [1–3]. There are also some reports describing large bowel ischaemic complications occurrence (especially within sigmoid colon) in patients undergoing aortic reconstructive surgery (2–24%) with the incidence of the most dangerous complication, whole wall intestinal necrosis (from 1.5 to 2%) [4–8]. The presence of reperfusion syndrome after limb revascularization or the role of incompetent mesenteric or hypogastric artery circulation leading to sigmoid colon ischaemia are taken into consideration nowadays [5, 9, 10]. The presence of the endotoxemia of intestinal origin in patients qualified for distal aortic reconstructive surgery emphasized the necessity of the proper assessment of the hemodynamic results of the surgical revascularization [5, 11–14]. The implantation of the aorto-bifemoral by-pass, declamping of the aorta and the prosthesis, result in the sudden decrease of the peripheral resistance in the distal aortic segment. A decrease in aortic pressure activates regulatory mechanisms (carotid and aortic arch baroreceptor reflex, heart rate and ejection volume increase and growth of the peripheral resistance due to the precapillary sphincters constriction) allowed the maintenance of homeostasis and led to the shortening of the period of hypotonia [15–20]. The baroreceptor reflex begins very quickly. However, the time of its duration is limited and related to relatively fast adaptation. Another mechanism is the reabsorption of the extracellular liquid after precapillary sphincter activation into the capillary bed and activation of the renin-angiotensin-aldosterone axis with renin level elevation, an increase in kidney reabsorption and vessel constriction. Additionally, elevation of the vasopressin level can be noticed. Despite the presence of all these functional regulatory mechanisms, liquid supplementation or even pharmacological treatment is very often needed. The presented disturbances lead not only to the lower extremity or renal artery flow changes but they can concern other visceral vessels as well. A sudden peripheral

gładkich naczyń. Dochodzi także do znamienego podwyższenia stężenia wazopresyny. Obok wszystkich wymienionych mechanizmów regulacji za każdym razem istnieje możliwość, a zarazem konieczność śródoperacyjnego wyrównywania istniejących zaburzeń poprzez szybkie wypełnianie łożyska naczyniowego lub leczenie farmakologiczne. Istniejące zaburzenia hemodynamiczne powodują jednak zaburzenia przepływu nie tylko w zakresie tętnic kończyn czy też tętnic nerkowych. Zmiany te mogą dotyczyć także pozostałych naczyń krążenia trzewnego. Gwałtowny spadek oporu obwodowego w brzusznej odcinku aorty powoduje również początkowo spadek przepływu w odchodzących od niej bocznicach [11, 15, 16, 21, 22]. Czy jednak możliwości adaptacyjne ustroju są wystarczające dla utrzymania prawidłowego poziomu przepływów przez naczynia trzewne? Jeśli tak, jaki wpływ wywiera odtworzenie krążenia kończyn dolnych przy wykorzystaniu anatomicznej operacji odtwórczej w niedrożności aortalno-biodrowej, w okresie po zabiegu operacyjnym na przepływ w zakresie tętnicy kręzkowej górnej odchodzącej od aorty powyżej miejsca niedrożności? Autorzy niniejszej pracy podjęli próbę odpowiedzi na powyższe pytania.

Material i metody

Badania przeprowadzono w grupie 29 chorych (4 kobiety i 25 mężczyzn) z przewlekłym miażdżycowym niedokrwieniem kończyn dolnych w II i III stopniu niedokrwienia według Fountaine'a, kwalifikowanych do leczenia operacyjnego miażdżycowej niedrożności aortalno-biodrowej przy wykorzystaniu anatomicznej operacji odtwórczej — przeszczepu aortalno-dwuudowego. Średni wiek chorych wyniósł 54,7 roku (37–67 lat). Wśród omawianych pacjentów wyróżniono grupy: z wysoką podnerkową niedrożnością aorty (grupa A — 5 chorych), z niedrożnością dystalnego odcinka aorty (grupa B — 14 chorych) oraz ze współistniejącą miażdżycową niedrożnością udowo-podkolanową (grupa C — 10 chorych). U wszystkich pacjentów przed zabiegiem wykonywano badania dopplerowskie przepływu w tętnicy kręzkowej górnej i w aorcie brzusznej. Badanie powtarzano w 3–4. dobie (u chorych żywnych doustnie) oraz w 30. dobie po zabiegu operacyjnym. Badanie wykonywano za pomocą ultrasonografu PRISMA (Diasonic) z możliwością kolorowego obrazowania przepływu, używając głowicy 3,5 MHz oraz pulsacyjnej metody dopplerowskiej. Wszystkich chorych badano rano, na czczo w takich samych warunkach (po półgodzinnym odpoczynku w pozycji leżącej w klimatyzowanym pomieszczeniu o stałej temperaturze). Badanie przeprowadzano przy identycznych wartościach ciśnienia tętniczego oraz częstości tętna. U pacjentów przyjmujących leki hipotensyjne badanie wykonywano przed przyjęciem porannej dawki leków. Z obserwacji wyłączono chorych, u których doszło do zawału serca lub zaburzeń rytmu (migotanie przedsionków, częstoskurcz) oraz pacjentów ze zwichnięciami naczyń trzewnych, współistniejącymi schorzeniami narządów jamy brzusznej lub cukrzycą. Chorych badano w pozycji leżącej, wykonując u każdego z nich 3-krotne

vessel resistance decrease leads to a flow decrease within aortic branches including also other visceral arteries [11, 15, 16, 21, 22]. The question is: are the activated regulatory mechanisms sufficient enough to restore the proper flow in visceral arteries? If yes, what is the influence of distal aortic revascularization on the superior mesenteric artery flow? The authors have tried to answer these questions.

Material and methods

In this paper, 29 patients (4F, 25M) qualified for aorto-bifemoral by-pass due to Lerche syndrome were examined. The patients were at stage II and III according to Fountain's classification (mean age 54.7; 37–67). The patients were divided into three groups: group A — patients with high subrenal aortic occlusion — 5 pts, group B — distal aortic occlusion — 14 pts, group C — distal aortic and concomitant bilateral femoro-popliteal occlusions — 10 pts. Pre-operatively, in all the patients US duplex doppler examinations of the superior mesenteric and abdominal aorta were carried out. The examinations were repeated on the 3rd or 4th day after surgery and on the 30th postoperative day. A PRISMA (Diasonic) colour coded doppler with 3.5 MHz probe and a PW-duplex Doppler were employed. All the patients were investigated in the morning on an empty stomach, in the same conditions (after 30 minutes of rest in the supine position in an air-conditioned room and with the same value of heart rate and arterial pressure). In patients undergoing antihypertensive therapy, an examination was carried out before morning medicine administration. The patients with heart infarction intra- or postoperatively and the patients with hemodynamically important arrhythmia (atrial fibrillation, ventricular or supraventricular tachycardia), patients with visceral artery stenosis or occlusion and patients with diabetes or abdominal organ diseases were excluded from the study. The patients were examined in the lying position and the measurements were performed 3 times for each parameter. In all the cases, the superior mesenteric artery and the abdominal aorta (at the diaphragm level) were assessed [23–28].

The superior mesenteric artery (SMA) — the duplex doppler investigation was performed 2 cm below the artery origin, with a constant angle for each investigated patient (always lower than 60°; from 42 to 60°). The diameter of the Doppler gate was constant for each patient (2–4 mm) depending on the artery diameter. To avoid artifacts related to the artery wall movement or flow disturbances in the region contacting the arterial wall, the doppler gate was placed in the center of the artery lumen and frequency filter (HPF 0–100, constant parameters for each investigated patient) was used. The following values were analyzed: peak systolic velocity (PSV), minimal velocity (V min), peak diastolic velocity (PDV) and end diastolic velocity (EDV). Additionally, the time average velocity (TAV), mean Velocity (Mean Vel., from the planimetric assessment of the spectrum, mean of the maximal amplitude values), artery diameter (3 times

pomiary podczas każdego badania. Za każdym razem oceniano tętnicę kręzkową górną oraz przepływ przez aortę brzuszną (na wysokości przepony) [23–28].

Tętnica kręzkowa górną — pomiaru dokonywano w odcinku 2 cm od odejścia od tętnicy głównej, bramkę dopplerowską wstawiano w światło tętnicy pod stałym dla każdego chorego kątem — zawsze mniejszym niż 60° (w przedziale 42–60°). Szerokość bramki dobierano dla każdego pacjenta (2–4 mm) w zależności od szerokości tętnicy. W celu uniknięcia artefaktów wynikających z ruchów ściany naczynia oraz przyściennych zaburzeń przepływu, bramkę wstawiano w środek naczynia oraz zastosowano filtr częstotliwości HPF 0–100 (stałe powtarzalne wartości dla każdego chorego). Po uzyskaniu prawidłowego spektrum przepływu dzięki funkcjom pomiarowym aparatu analizowano następujące wartości: prędkość maksymalną skurczową (PSV, *peak systolic velocity*), prędkość minimalną ($V_{\min}$, *minimal velocity*), prędkość maksymalną rozkurczową (PDV, *peak diastolic velocity*) i prędkość końcowo-rozkurczową (EDV, *end diastolic velocity*). Dodatkowo oceniano: prędkość średnią (TAV, *time average velocity*), prędkość średnią z chwilowych maksymalnych (*mean velocity*) wyliczaną z planimetrycznej oceny spektrum pod obrysowanym wcześniej wykresem (średnia wartości maksymalnych amplitudy), współczynnik pulsacji (PI, *pulsatility index*), średnicę światła (na szczycie fali systolicznej — 3-krotnie podczas każdego pomiaru) oraz pomiar przepływu przez światło tętnicy, korzystając ze wzoru:

$$\text{Flow Volume} = \pi \cdot \text{TAV} \cdot \left(\frac{s}{2}\right)^2 \cdot \text{HR}$$

gdzie HR — częstość akcji serca, s — średnica.

Aorta brzuszna

Po wizualizacji aorty w nadbrzuszu w osi długiej mierzone jej średnicę wewnętrzną i umieszczano bramkę dopplerowską w jej świetle. Po uzyskaniu zapisu spektrum dopplerowskiego oceniano PSV oraz TAV. W następnej kolejności z wartości prędkości średniej oraz średnicy przekroju aorty obliczano przepływ (w ml/min) przez aortę na wysokości przepony.

Grupę kontrolną stanowiło 10 chorych, których poddano tradycyjnej planowej cholecystektomii (badanych wg tej samej metody).

Analiza statystyczna

Wyniki przedstawiono jako wartości średnie $\pm$ odchylenie standardowe. Porównano wyniki uzyskane w pomiarach 1, 2 i 3 w wyróżnionych grupach oraz różnice między pomiarami dla poszczególnych grup i grupy kontrolnej (ANOVA).

Wyniki

Na podstawie analizy statystycznej w grupie wszystkich 29 operowanych pacjentów nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między wartościami przepływu (*flow volume*) w tętnicy kręzkowej górnej przed zabiegiem operacyjnym i po nim (ryc. 1).

for each measurement) were assessed. The flow volume was calculated according to the formula:

$$\text{Flow Volume} = \pi \cdot \text{TAV} \cdot \left(\frac{s}{2}\right)^2 \cdot \text{HR}$$

where HR — heart rate, s — diameter.

Abdominal aorta

After visualization at the diaphragm hiatus, the internal diameter was measured and Doppler gate was placed into its lumen. PSV and TAV were measured and flow volume was calculated according to the above mentioned formula (ml/min).

The results were compared with the control group — 10 patients underwent laparotomy (cholecystectomy) investigated according to the same method.

Statistical analysis

All values were expressed as mean $\pm$ SD. The results of the measurements (1st, 2nd and 3rd) between the groups and differences between the measurements within the selected groups were compared (ANOVA).

Results

According to the statistical analysis in the group of 29 operated patients there were no statistically significant differences found between superior mesenteric artery flow (Flow Vol.) before and after the procedure (Fig. 1).

A slight statistically significant increase of the average velocity was noticed in the aorta at the diaphragm level, however, this did not result in the significant volume flow increase. After surgery, no changes concerning peak systolic velocity in the aorta with statistically significant decrease of the SMA peak systolic velocity and increase of minimal velocity were noticed (Fig. 2, 3).

The decrease of the PSV in the SMA was also present in the 3rd control measurement. Minimal velocity of the SMA increased 4 days after surgery, although it did not differ significantly as compared to the preoperative values (Fig. 3). EDV remained unchanged postoperatively with a statistically significant drop 30 days after intervention (Fig. 4).

No changes concerning peak diastolic velocity were reported (Fig. 5).

The pulsatility index of SMA flow was slightly reduced after vascular reconstruction and returned to the preoperative value 30 days after surgery, however, there was a statistically significant difference between the 2nd and 3rd measurement reported. In all the measurements the mean velocity of the SMA remained constant (Fig. 6).

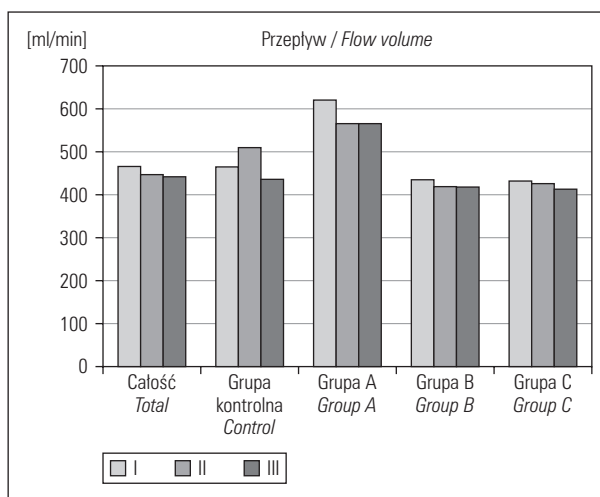
Postoperatively, a decrease followed by an increase in hemoglobine and hematocrit levels was noticed. Taking into consideration the level of the atherosclerotic occlusion there were no significant differences in each of the above mentioned groups in the aorta and SMA postoperatively. The biggest, although not statistically important, postoperative changes were reported in the group with subrenal aortic occlusion (the greatest decrease of

Podczas pomiaru 2 zanotowano nieznaczny wzrost TAV w aorcie na wysokości przepony, nie odzwierciedlający się jednak w zmianach ilościowych przepływu. Po zabiegu operacyjnym (pomiar 2) nie stwierdzono zmian w zakresie prędkości maksymalnych w aorcie brzusznej, zaobserwowano jednak istotny statystycznie spadek prędkości maksymalnej oraz wzrost prędkości minimalnej w obrębie tętnicy kręzkowej górnej (ryc. 2, 3).

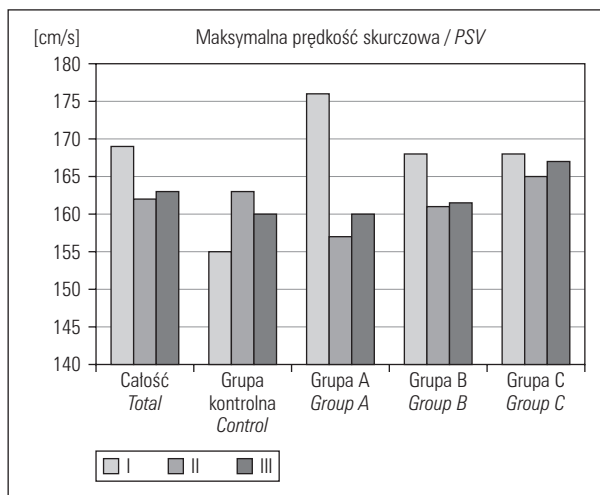
Istotny statystycznie spadek prędkości maksymalnej w tętnicy kręzkowej górnej utrzymywał się także podczas pomiaru 3. Wartość prędkości minimalnej w tętnicy kręzkowej górnej wzrosła w pomiarze 2, nie było to jednak istotne statystycznie w stosunku do wartości przedoperacyjnych. Prędkość końcowo-rozkurczowa (EDV) pozostała niezmieniona w pomiarze 2 w tętnicy kręzkowej górnej, istotnie spadła natomiast podczas 30-dniowej kontroli, przy czym nie zanotowano istotnych statystycznie zmian w zakresie maksymalnych prędkości rozkurczowych (ryc. 4, 5).

Wartość współczynnika pulsacji w tętnicy kręzkowej górnej uległa niewielkiemu zmniejszeniu bezpośrednio po operacji (pomiar 2) (ryc. 6). Nie był to jednak spadek istotny statystycznie, a wartość PI w pomiarze 3 odpowiadała wielkości stwierdzonej przed zabiegiem, wykazując jednak statystycznie istotny wzrost w stosunku do wartości pomiaru 2.

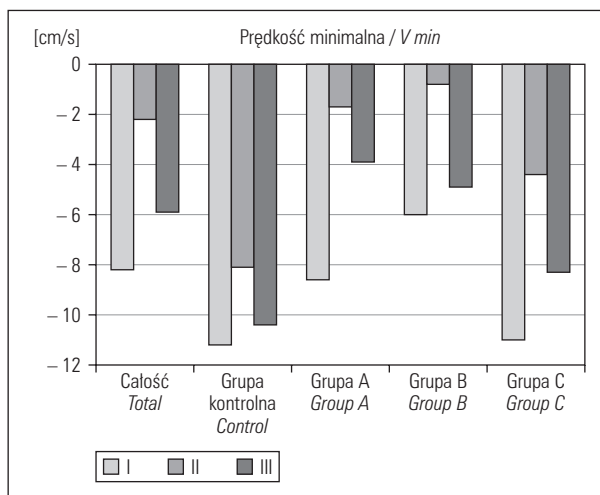
W zakresie tętnicy kręzkowej górnej wartości prędkości średnich utrzymały się na stałym poziomie we wszystkich pomiarach. W badanej grupie stwierdzono znamieny statystycznie spadek, a następnie wzrost stężenia hemoglobiny i hematokrytu w okresie po zabiegu operacyjnym (pomiar 2 i 3). Analizując grupy wyróżnione ze względu na rodzaj niedrożności, w żadnej z nich nie stwierdzono istotnych statystycznie różnic między wartościami uzyskiwanymi w pomiarach 1, 2, 3 dla tętnicy kręzkowej górnej oraz aorty. W grupie pierwszej obserwowano największe spadki przepływu całkowitego, PSV, PI oraz wzrost EDV przy zbliżonych wartościach TAV i Mn Vel. między pomiarami 1 i 2 w zakresie tętnicy kręzkowej górnej oraz niewielki wzrost przepływu w aorcie (nie były to jednak zmiany istotne statystycznie). W pozostałych grupach chorych stwierdzone zmiany były mniejsze i także bez istotnego znaczenia statystycznego. Porównując poszczególne grupy, wykazano, że w każdym z kolejnych pomiarów 1, 2, 3 u chorych z podnerkową niedrożnością aorty występowały znamienne statystycznie wyższe wyliczone średnie wartości spoczynkowego przepływu w tętnicy kręzkowej górnej (*flow volume*). Ich spadek nie był jednak istotny statystycznie. Dodatkowo w pomiarze 1, przed zabiegiem operacyjnym występowały istotnie statystycznie wyższe wartości PI w grupie A w tętnicy kręzkowej w stosunku do PI w grupie B — różnicy tej nie odnotowano jednak w kolejnych pomiarach (2 i 3) przeprowadzonych w tej grupie. Nie stwierdzono znamiennych statystycznie różnic w zakresie tętnicy kręzkowej górnej między grupami B i C w pomiarach 1, 2, 3. W pomiarze przed zabiegiem stwierdzono istotną statystycznie różnicę między wartościami TAV w aorcie brzusznej na korzyść grupy B, jednak nie znalazło to odzwierciedlenia w wyliczonych wartościach przepływu (pomiar na wyso-



Rycina 1. Przepływ w tętnicy kręzkowej górnej
Figure 1. Flow volume in superior mesenteric artery (SMA)



Rycina 2. Maksymalna prędkość skurczowa w tętnicy kręzkowej górnej
Figure 2. Peak systolic velocity — SMA

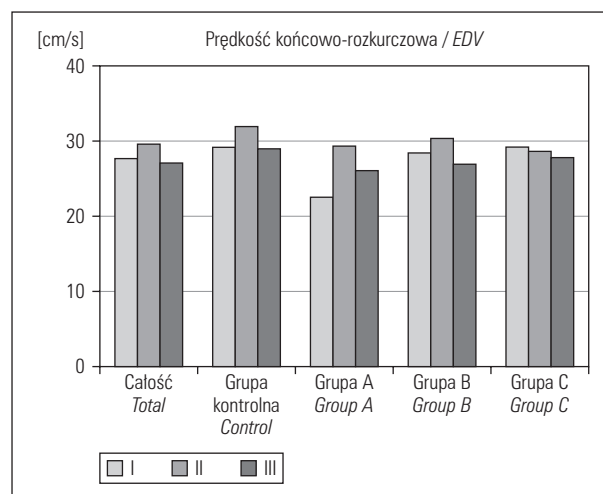


Rycina 3. Prędkość minimalna w tętnicy kręzkowej górnej
Figure 3. Minimal velocity — SMA

kości przepony). W pomiarach po operacji wartości TAV w aorcie nie różniły się zbytnio.

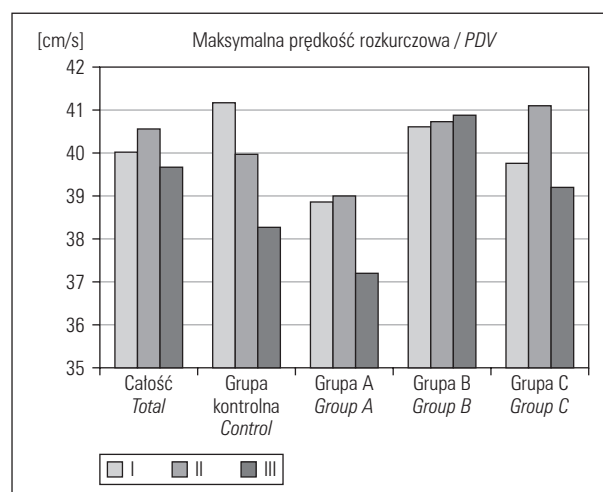
Analizując zmiany zachodzące u poszczególnych chorych, u 13 (44,8%) nie stwierdzono znamiennych różnic w zakresie *flow volume*, TAV, *mean velocity* i PI jako parametrów pozwalających bezpośrednio i pośrednio wnioskować o istotnym spadku bądź wzroście przepływu w badanych naczyniach (niezależnie od poziomu niedrożności). Uwagę zwróciło jednak 5 kolejnych chorych (17,2%), u których stwierdzono istotny statystycznie wzrost wartości współczynnika pulsacji w tętnicy kręzkowej górnej ($2,68 \pm 0,54$ vs. $3,31 \pm 0,53$) — u 4 z nich występował istotny statystycznie spadek przepływu w tętnicy kręzkowej górnej, wynikający ze zmniejszenia średnich prędkości ($536,6 \pm 149$ ml/min vs. $458,8 \pm 131,4$ ml/min; $p < 0,05$) — w pomiarze 3 stwierdzano powrót wszystkich wymienionych parametrów do wartości zbliżonych, obserwowanych przed zabiegiem. Oceniając zgodność wyników w zakresie korelacji zmian PI z przepływem w badanych naczyniach, wyodrębniono również kolejną grupę 11 (37,9%) chorych, w której pomimo statystycznie istotnego spadku wartości PI ($3,41 \pm 1,06$ vs. $2,71 \pm 0,74$) nie obserwowano istotnych zmian przepływu minutowego, co dowodzi istnienia mechanizmów regulacyjnych dążących do zachowania prawidłowego ukrwienia trzewnego. Pacjenci ci razem z grupą 13 chorych, u których nie obserwowano jakichkolwiek istotnych różnic w obrębie wymienionych parametrów stanowi aż 82,76% badanej populacji — 24 chorych. Z drugiej strony jednak u pozostałych 5 pacjentów (17,4%) spadek przepływu w tętnicy kręzkowej górnej w 3.–4. dobie po operacji okazał się znamienny statystycznie (613 ± 135 vs. 512 ± 107 ml/min; $p < 0,05$), a u 1 z nich obserwowano objawy przejściowego niedokrwienia jelit potwierdzone w badaniu kolonoskopowym.

Pragnąc ustalić przyczynę różnic w otrzymywanych wynikach u powyżej przedstawionych pacjentów w stosunku do grupy chorych, u których nie wykazano zmian, nie stwierdzono istotnych różnic między śródoperacyjną utratą krwi oraz stężeniem hemoglobiny i hematokrytu po zabiegu. Według podanej metodyki z badania wyłączono chorych, u których doszło do powikłań kardiologicznych — zawału serca lub istotnych zaburzeń rytmu czy zaostrzenie choroby niedokrwiennej serca. Z kolei w grupie pacjentów, u których doszło do istotnego statystycznie spadku przepływu w tętnicy kręzkowej górnej w okresie po operacji oraz wzrostu wartości PI, znajdowali się chorzy chorzy z zarówno podnerkową, jak i dystalną niedrożnością aorty, a także osoby ze współistniejącą niedrożnością udowo-podkolanową. Nie obserwowano także różnicy co do wieku, płci oraz czasu trwania zabiegu operacyjnego, zakleszczenia aorty i częstości schorzeń współistniejących (choroba wieńcowa, nadciśnienie tętnicze, rozedma płuc, przewlekłe zapalenie oskrzeli). Istotną różnicą był jedynie przebieg w okresie przedoperacyjnym zawał serca u 2 chorych z grupy, w której doszło do spadku przepływu trzewnego w pomiarze w 4. dobie po zabiegu. Jednocześnie jednak przebieg zawału serca rozpoznano u 1 chorego w grupie, w której nie obserwowano zaburzeń przepływu trzewnego.



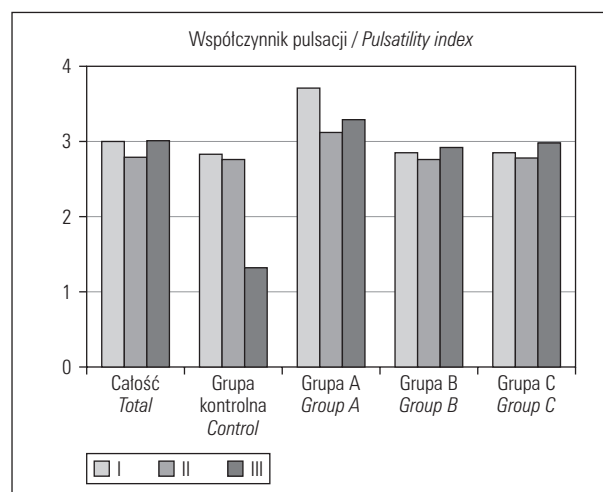
Rycina 4. Prędkość końcowo-rozkurczowa w tętnicy kręzkowej górnej

Figure 4. End diastolic velocity — SMA



Rycina 5. Maksymalna prędkość rozkurczowa w tętnicy kręzkowej górnej

Figure 5. Peak diastolic velocity — SMA



Rycina 6. Współczynnik pulsacji — tętnica kręzkowa górna

Figure 6. Pulsatility index — SMA

Dyskusja

Częstość powikłań niedokrwiennych ze strony jelita cienkiego, a więc obszaru unaczynienia tętnicy krezkowej górnej, u chorych poddawanych zabiegom rekonstrukcyjnym w odcinku aortalno-biodrowym obecnie ocenia się na 0,15–0,6% z towarzyszącym nadal bardzo dużym odsetkiem śmiertelności [5, 10, 29]. Wśród najczęstszych przyczyn niedokrwienia jelita cienkiego wymienia się: zwężenie lub niedrożność pnia trzewnego lub tętnicy krezkowej górnej, powikłania zatorowe wywołane zespołem mikrozatorowości cholesterolowej (MCES, *multiple cholesterol microembolization syndrome*) albo materiałem pochodzącym z istniejących w aorcie czy jamach serca skrzepin [6, 10, 30]. Osobny problem stanowi śródoperacyjny spadek ciśnienia tętniczego z powodu powikłań kardiologicznych oraz hipotonia powodowana zdjęciem zacisku z zakleszczonej aorty [5, 9, 12]. Obok wymienionych powikłań zatorowo-zakrzepowych uwagę zwraca opisywane coraz częściej tak zwane nieokluzyjne niedokrwienie jelit (NMI, *non-occlusive mesenteric ischaemia*), które stwierdza się w 4–28% przypadków chorych podejrzewanych o ostre niedokrwienie w zakresie tętnic krezkowych [31]. Śmiertelność w wypadku wystąpienia NMI szacuje się na 70–100% i jedynie szybkie rozpoznanie, natychmiastowa angiografia naczyń krezkowych z podaniem środka rozszerzającego naczynia trzewne i następową terapią antykoagulantami, pozwala obniżyć odsetek powikłań śmiertelnych (do ok. 53%) [30, 31]. Poszukując przyczyny NMI, rozważa się zarówno spadek ciśnienia w łożysku trzewnym na tle przewlekłej lub ostrej niewydolności krążenia, krwotoku, zabiegów aorty i dużych naczyń, jak również zmniejszenie perfuzji trzewnej w wyniku stosowania katecholamin, glikozydów czy rozwijającej się posocznicy lub wskutek zmian zachodzących w przebiegu poreperfuzyjnych zaburzeń krążenia [31].

Wykonane badanie ocenia stosunkowo odległe skutki przeprowadzonego leczenia operacyjnego na przepływy w krążeniu trzewnym (pierwsza kontrola dopiero w 3.–4. dobie po operacji u chorych żywionych doustnie), pomijając bezpośrednią ocenę stanu ukrwienia trzewi zaraz po wszyciu protezy naczyniowej (w badaniu nie stosowano śródoperacyjnej oceny dopplerowskiej), kiedy prawdopodobnie dochodzi do największych zaburzeń ukrwienia. Pooperacyjne wzdęcia, dolegliwości bólowe, duże ilości leków dożylnych oraz nie zawsze stabilny stan chorego po dużym urazie, jakim jest dla organizmu zabieg operacyjny, nie pozwalają na uzyskanie za każdym razem tych samych warunków badania w okresie bezpośrednio po zabiegu. Wobec tego za właściwy moment do wykonania pierwszego wiarygodnego badania kontrolnego u wszystkich chorych przyjęto 3.–4. dzień po operacji (z prawidłową perystaltyką i rozpoczętym żywieniem doustnym). Obserwowane zmiany podczas badania dopplerowskiego w 3.–4. i 30. dobie, dzięki mechanizmom homeostatycznym ustroju oraz prowadzonemu leczeniu (nawodnienie, wyrównanie wodno-elektrolitowe), w okresie po zabiegu operacyjnym są prawdopodobnie wtórne w stosunku do zmian zachodzących bezpośrednio po

the Flow Vol., PSV and PI value with concomitant increase of the EDV connected with similar TAV and Mn Vel. in SMA and a slight increase of the aortic flow postoperatively). Comparing these groups with each other, the flow volume was significantly higher in patients with subrenal aortic occlusion pre- and postoperatively, however, postoperative changes did not differ significantly. Additionally, a higher Pulsatility Index value was reported in group A than in the group B in SMA pre-operatively (this difference was not present postoperatively). Pre-operatively, there were no statistically significant differences found between group B and C found, besides an increase in TAV in the abdominal aorta — however, this was not related to the statistically significant increase of the calculated flow volume in this vessel. There were no other differences reported between both groups.

Looking at the group of patients with significant visceral flow disturbances we found a group of 13 patients (44.8%) with a lack of the Flow Vol., Mn Vel., PI and TAV changes as the principal parameters related to these disorders (independently of the level of the aortic occlusion). In the other 5 patients after surgery (17.2%), a significant increase of the PI in the mesenteric artery was found (2.68 ± 0.54 vs. 3.31 ± 0.53). In 4 of them a statistically significant decrease of the flow in the mesenteric artery (536.6 ± 149 ml/min vs. 458.8 ± 131.4 ml/min; $p < 0.05$) related to the average velocity decrease was recognized (30 days after the intervention the flow values approximated to the pre-operative ones). Taking into consideration the correlation between PI and the blood flow in the investigated vessels we also found a group of 11 patients (87.9%), in which despite PI value reduction (3.41 ± 1.06 vs. 2.71 ± 0.74) no significant flow changes in the SMA were reported, which could be related to the activity of the visceral flow regulatory mechanisms leading to visceral flow maintenance. As a whole, with the group of the previously mentioned 13 patients, in 82.76% of cases no significant mesenteric artery flow decrease was found (24 patients). On the other hand, in the remaining 5 patients (17.4%) a decrease in the SMA flow turned out to be statistically significant (613 ± 135 vs. 512 ± 107 ml/min, $p < 0.05$) and clinically in one of these patients the symptoms of the large bowel ischaemia confirmed by a colonoscopy was noticed.

Looking for the reason for these changes, we analyzed the clinical data concerning the patients with and without visceral flow changes. In both groups there were no differences concerning the intra-operative blood loss and postoperative hemoglobine or hematocrit levels. According to the exclusion criteria, the patients with intra- or postoperative cardiac complications including heart infarction, arrhythmias or acute heart ischaemia were excluded from the study. On the other hand, in the group with visceral flow changes there were patients with various levels of aortic occlusion and patients with or without femoropopliteal atherosclerotic occlusion. There were also important differences in sex and age between these groups — the same concerned the duration of the procedure, the duration of the aortic clamping and the frequency of con-

odtworzeniu krążenia. Istotne hemodynamiczne zaburzenia ukrwienia stwierdzono tylko u części chorych. Jest to jednak potwierdzeniem podkreślanego wielokrotnie w piśmiennictwie stwierdzenia, że zmiany niedokrwienne w zakresie jelita dotyczą tylko pewnej grupy operowanych [6, 10, 32].

W przeprowadzonych badaniach oceniano dotychczas głównie wpływ ukrwienia w obrębie łożyska tętnicy kręzkowej dolnej oraz tętnic biodrowych wewnętrznych na występowanie martwicy lub niedokrwienia jelita; tylko nieliczne prace analizują zmiany ukrwienia narządów górnego piętra jamy brzusznej w tym typie operacji rekonstrukcyjnej [4, 5, 6, 12, 29]. Podkreśla się wpływ, jaki na częstość powikłań niedokrwienych w zakresie jelita mają znieczulenie, stan ogólny chorego, przebieg operacji, śródoperacyjne zaburzenia ukrwienia oraz okołooperacyjne powikłania kardiologiczne [6, 5, 10]. Doświadczenie dowodzi jednak, że również w okresie po zabiegu operacyjnym i po wyrównaniu chorego, w stabilnym stanie kardiologicznym mogą występować istotne zmiany parametrów przepływu w tętnicy kręzkowej górnej. I chociaż zaburzenia te w większości przypadków utrzymują się jedynie przejściowo po operacji, dowodzą jednak powstania zmienionych warunków hemodynamicznych przepływu w zakresie ocenianych naczyń. W przeprowadzonym badaniu stwierdzono istotny statystycznie spadek przepływu w tętnicy kręzkowej górnej u 5 pacjentów (17,24%), powracający jednak u większości chorych do wartości zbliżonych lub nieco niższych od wyjściowych w okresie 30 dni po operacji. Aż u 11 chorych (37,9%) odnotowano znamienny statystycznie spadek PI w tętnicy kręzkowej górnej, wynikający z zachowania stałego poziomu lub wzrostu wartości prędkości średnich na skutek zmian diastolicznej fazy przepływu. U pozostałych chorych zarówno wartości PI, jak i prędkości średnich pozostały zbliżone do przedoperacyjnych. Analizując wpływ poziomu niedrożności naczyń na obserwowane zaburzenia, stwierdzono wyższe wartości przepływu w tętnicy kręzkowej górnej u chorych z podnerkową niedrożnością aorty, u których tętnica kręzkowa górna jest niewątpliwie jedną z ważnych dróg krążenia obocznego [1, 7, 8, 33]. Zmiany pooperacyjne tylko w niewielkim stopniu różniły się jednak od zmian występujących w pozostałych grupach. Także odtworzenie krążenia kończyn przez tętnice udowe głębokie przy współistniejącym bloku udowo-podkolanowym nie było czynnikiem decydującym o wartościach przepływu trzewnego, powodując głównie istotnie mniejsze przejściowe zmiany w zakresie średniej prędkości przepływu w aorcie w porównaniu z chorymi, u których uzyskano tętno na stopie. Oceniając wpływ hemodylucji na krążenie trzewne, nie stwierdzono jednoznacznej korelacji między wartościami stężenia hemoglobiny i hematokrytu a parametrami określającymi przepływ trzewny w 3.–4. i 30. dobie w poszczególnych grupach, zarówno wśród pacjentów u których przepływ pozostał niezmienny, jak i u tych, gdzie zanotowano jego istotne odchylenia. Opierając się jednak na piśmiennictwie dowodzącym protekcyjnego wpływu hemodylucji w wypadku zaburzeń oporu obwodowego w warunkach hipotonii, wstrząsu na zmiany w mikrokrażeniu oraz małych naczyniach, jest ona prawdopodobnie jednym z ważnych składników prawidłowej autoregulacji przepływu trzewne-

comitant diseases. The unique difference was the presence of a previous heart infarction in 2 patients from the group with visceral flow disturbances. Otherwise in the group where there were no visceral flow changes, an MI in the past was reported in one case.

Discussion

The frequency of small bowel complications occurrence (in the field of the superior mesenteric artery blood supply) in patients undergoing aorto-iliac reconstructive surgery ranges from 0.15 to 0.6% with a still relatively high mortality rate [5, 10, 29]. Among the causes leading to intestinal ischaemia, stenosis or the occlusion of the celiac trunk or mesenteric artery are mentioned [6, 30]. Another group of ischaemic events is related to embolic complications due to MCES (Multiple Cholesterol Embolisation Syndrome) or embolia of the aortic or cardiac origin [10, 30]. There also are some cases of visceral ischemic complications related to intra-operative pressure decrease because of cardiac failure or the consequences of clamp release from the aorta [5, 9, 12]. Besides the described thromboembolic complications, there are still more and more reports describing the cases of the non-occlusive mesenteric ischaemia (NOMI) suspected in 4–28% of patients with acute mesenteric ischaemia occurrence [31]. Mortality in the cases of NOMI still remains very high (70–100%) and the improvement of the treatment results can be achieved mostly due to the stabilization of the patient's general condition and a fast and proper diagnosis followed by angiography, vasodilating agent administration and heparin infusion. In some series, such treatment can decrease the mortality rate by up to 53% [30, 31]. There are various reasons for NOMI discussed: a decrease in the visceral flow related to haemorrhagic complications or circulatory insufficiency, aortic and big vessel reconstructive surgery, a decrease in visceral perfusion related to catecholamine or glycoside implementation, as well as sepsis or postoperative flow disturbances [31].

In the performed investigation, the relatively late period of those postoperative changes was assessed (3rd or 4th postoperative day in patients fed orally). Transcutaneous US Doppler assessment of the visceral arteries exclude the possibility of the visceral flow evaluation immediately after revascularization when the biggest flow disturbances are present. Postoperative intestine paresis, pain complaints, the administration of intravenous medicines and very often the patient's unstable condition after the operation made the optimization of the conditions of the ultrasound examination very difficult. Due to these problems, the first postoperative investigation could be performed on the 4th postoperative day (with proper bowel movement and enteral feeding). Due to the influence of the homeostasis maintenance mechanisms and medical treatment, the changes observed 4 and 30 days after surgery seem to be secondary to the principal intra-operative disturbances. The statistically significant changes in the superior mesenteric artery flow were found only in a part of the investigated patients. This confirmed the data from the lit-

go [34, 35]. Należy podkreślić również fakt ustępowania zmian w krążeniu trzewnym równocześnie z powrotem przedoperacyjnych wartości poziomu hematokrytu i hemoglobiny.

Zdjęcia arteriograficzne oraz nieinwazyjne badania dopplerowskie u chorych z zespołem Leriche'a potwierdzają istnienie bogato rozwiniętego krążenia obocznego, obejmującego wielokrotnie także naczynia krążenia trzewnego. Ułatwiony odpływ krwi do tożyska naczyniowego kończyn powoduje powstanie (jak dowiedziono — przynajmniej u niektórych pacjentów) nowych warunków hemodynamicznych przepływu również w zakresie krążenia obocznego; trudno jednak ustalić, jaka część tego krążenia ulega unieczynnieniu w okresie po zabiegu operacyjnym. Na podstawie piśmiennictwa wiadomo, że zdjęcie zacisku naczyniowego z aorty i odpływ krwi do naczyń obwodowych powoduje około 40-procentowy spadek przepływu krwi w tętnicy kręzkowej górnej bezpośrednio po zwolnieniu zacisku [15]. Z kolei udowodniono, że znaczna część naczyń spełniających powyższe funkcje jeszcze długo po operacji pozostaje czynna zwłaszcza w przypadku dużych zmian obwodowych oraz pod warunkiem prawidłowego wypełnienia tożyska naczyniowego (w przypadku operacji koarktacji aorty do krytycznego spadku wydolności wykształconego wcześniej krążenia obocznego dochodzi dopiero kilka miesięcy po odtworzeniu prawidłowego odpływu do dystalnego odcinka aorty) [36]. Podobnie wydaje się, że również w krążeniu przez naczynia trzewne obserwowane zmiany wynikają ze złożonych zaburzeń przepływu, wtórnych do rzeczywistego hemodynamicznego spadku ukrwienia narządów górnego piętra jamy brzusznej, jaka ma miejsce w chwili zdjęcia zacisku z aorty lub protezy. Przeprowadzone doświadczenie upoważnia jednak do stwierdzenia, że nawet po zabiegu (i wyrównaniu zaburzeń okołoperacyjnych) u części chorych poddanych anatomicznemu pomostowaniu aortalno-dwuudowemu dochodzi do przejściowych, jednak istotnych hemodynamicznych, zaburzeń ukrwienia w zakresie tętnicy kręzkowej górnej, mogących mieć poważne implikacje kliniczne, zwłaszcza u tak obciążonych chorych.

Piśmiennictwo (References)

1. Bell J.W. Surgical treatment of chronic occlusion of the terminal aorta. *Am. Surg.* 1972; 9: 481–485.
2. Kostyra J., Urbanek T., Żabski M. i wsp. Anatomiczne operacje odtwórcze w miażdżycowej niedorożności aortalno-biodrowej; przyczyny zgonów, ocena możliwości diagnostycznych czynników wpływających na śmiertelność okołoperacyjną. *Przegląd Flebologiczny* 1997; 5 (supl. 1): 36–42.
3. Ligush J., Criado E., Burnham S.J. i wsp. Management and outcome of chronic atherosclerotic infrarenal aortic occlusion. *J. Vasc. Surg.* 1996; 24: 394–405.
4. Houe T., Thorboll J.E., Sigild U. i wsp. Can colonoscopy diagnose transmural ischaemic colitis after abdominal aortic surgery? An evidence-based approach. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 2000; 19: 304–307.
5. Bjorck M., Bergqvist D., Troeng T. i wsp. Intestinal ischemia after abdominal aorta surgery. A dreaded complication surveyed by a combination of different methods. *Lakartidningen*. 1999; 96: 3659–3662.

erature stating that postoperative ischaemic complications concern only some patients undergoing the above-mentioned procedures [6, 10, 32].

The previously published papers focused mostly on the inferior mesenteric artery and hypogastric artery blood supply and its role in large bowel ischaemia but there were very few reports concerning the blood flow changes in the organs of the upper abdominal cavity in those cases [4, 5, 6, 12, 29]. The role of anaesthesia, the patient's unstable general condition, the course of the procedure and the intra- and postoperative cardiologic complications were discussed [6, 5, 10]. According to the performed investigation also in the relatively late postoperative period, in stable cardiologic conditions, some important changes in the superior mesenteric artery flow can occur. In the majority of cases such changes were only temporary, however, their presence confirms the fact of the new hemodynamic condition in this circulation. In the performed investigation, a decrease in the superior mesenteric flow was present in 5 patients (17.24%) returning to the preoperative values within the first postoperative month. In 11 (37.9%) patients a statistically significant decrease of the PI in SMA was observed due to the constant or increased mean velocity related to the diastolic phase changes. In the remaining patients, PI and the mean velocity values were constant and similar to the pre-operative ones. Taking into consideration the level of the aortic occlusion, higher flow values in the SMA were found in patients with high subrenal aortic occlusion, where according to the angiographic examinations, the SMA is one of the important ways of collateral circulation [1, 7, 8, 33]. Despite these differences, the postoperative changes were similar to those found in other groups of patients. Also the co-existence of a femoro-popliteal atherosclerotic occlusion was not a decisive factor in influencing the visceral flow changes and was mostly connected with the lower (than in the patients with pedal pulse presence) aortic average velocity changes. There was no correlation between the hemoglobin and hematocrit levels and the visceral flow changes on the 3rd and 30th postoperative days (also in the group of patients with hemodynamically important visceral flow disturbances). Taking into consideration the protective effect, already described in the literature, of hemodilution on the microcirculation in patients with hypovolemia, shock and also in patients with other peripheral vessel resistance disturbances, hemodilution seems to be one of the important cofactors of proper visceral flow regulation [34, 35]. On the other hand, the recurrence of visceral flow to the pre-operative values correlated with hematocrit and hemoglobine value recovery.

The angiographic investigations in patients with Leriche syndrome confirming the presence of highly developed collateral circulation very often concerned visceral circulation too. Better outflow of the blood into the lower extremity vascular bed results (at least in some patients) in new hemodynamic condition development and also in the collateral circulations. However, it is very difficult to predict which part of this circulation can become unpatent after reconstruction. According to the literature, the declamping of the aorta and outflow of the blood to the periphery can

6. Bjorck M., Bergqvist D., Troeng T. Incidence and clinical presentation of bowel ischaemia after aortoiliac surgery — 2930 operations from a population-based registry in Sweden. *Eur. J. Vasc. Endovasc. Surg.* 1996; 12 (2): 139–144.
7. Ernst C.B., Hagihara P.F., Daugherty M.E. i wsp. Ischaemic colitis incidence following abdominal aortic reconstruction; A prospective study. *Surgery* 1976; 80, 4: 417–424.
8. Englund R., Lalak N., Jacques T. i wsp. Sigmoid and gastric tonometry during infrarenal aortic aneurysm repair. *Aust. N. Z. J. Surg.* 1996; 66, 2: 88–90.
9. Scorza R., Ghilardi G., Kunkl E. Ischaemia-reperfusion of the colon following clamping of the abdominal aorta. *Minerva Cardioangiol.* 1999; 47: 127–133.
10. Brewster D.C., Franklin D.P., Cambria R.P. i wsp. Intestinal ischaemia complicating abdominal aortic surgery. *Surgery* 1991; 109 (4): 447–454.
11. Nakatsuka M. Assessment of gut mucosal perfusion and colonic tissue blood flow during abdominal aortic surgery with gastric tonometry and laser Doppler flowmetry. *Vasc. Endovascular Surg.* 2002; 36: 193–198.
12. Nobili P., Annolfi B., Codemo R. i wsp. Surgical treatment of abdominal aortic aneurysm. Factors affecting mortality and morbidity. *G. Chir.* 2001; 22: 177–180.
13. Wijnen M.H., Vader H.L., Roumen R.M. Multi-antioxidant supplementation does not prevent an increase in gut permeability after lower torso ischaemia and reperfusion in humans. *Eur. Surg. Res.* 2002; 34: 300–305.
14. Soong C.V., Blair P.H.B., Halliday M.I. i wsp. Bowel ischaemia and organ impairment in elective abdominal aortic aneurysm repair. *Br. J. Surg.* 1994; 91: 965–968.
15. Myers S.I., Turnage R.H., Hernandez R. i wsp. Autoregulation of renal and splanchnic blood flow following infra-renal aortic clamping is mediated by nitric oxide and vasodilator prostanooids. *J. Cardiovasc. Surg. Torino* 1996; 37: 97–103.
16. Gamulin Z., Forster A., Morel D. i wsp. Effects of infrarenal aortic cross clamping on renal hemodynamics in humans. *Anesthesiology* 1984; 61: 394–399.
17. Escourrou P., Raffestin B., Papelier Y. i wsp. Cardiopulmonary and carotid baroreflex control of splanchnic and forearm circulations. *Am. J. Physiol.* 1993; 264: 777–782.
18. Darlington D.N., Jones R.O., Marzella L. i wsp. Changes in regional vascular resistance and blood volume after hemorrhage in fed and fasted awake rats. *J. Appl. Physiol.* 1995; 78, 6: 2025–2032.
19. Dalton J.M., Gore D.C., Makhoul R.G. i wsp. Decreased splanchnic perfusion measured by duplex ultrasound in humans undergoing small volume hemorrhage. *Crit. Care Med.* 1995; 23: 491–497.
20. Parks D.A., Jacobson E.D. Physiology of the Splanchnic Circulation. *Arch. Intern. Med.* 1985; 7: 1278–1281.
21. Iliopoulos J.I., Pierce G.E., Hermerck A.S. i wsp. Hemodynamics of the inferior mesenteric arterial circulation. *J. Vasc. Surg.* 1990; 11: 120–124.
22. Gelman S., Patel K., Bishop S.O. i wsp. Renal and splanchnic circulation during infrarenal aortic cross-clamping. *Arch. Surg.* 1984; 119: 1394–1399.
23. Jager K., Bollinger A., Valli C. i wsp. Measurement of mesenteric blood flow by duplex scanning. *J. Vasc. Surg.* 1986; 3: 426–429.
24. Lilly M.P. Duplex ultrasound measurement of changes in mesenteric flow velocity with pharmacologic alteration of intestinal blood flow in man. *J. Vasc. Surg.* 1989; 9: 18–25.
25. Moneta G.L., Yeager R.A., Dalman R. i wsp. Duplex ultrasound criteria for diagnosis of splanchnic artery stenosis or occlusion. *J. Vasc. Surg.* 1991; 14: 511–520.
26. Perko M.L., Perko G., Just S. i wsp. Changes in superior mesenteric artery doppler waveform during reduction of cardiac stroke volume and hypotension. *Ultrasound Med. Biol.* 1996; 22: 11–18.
27. Qamar M.I., Read A.E., Skidmore R. i wsp. Pulsatility index of superior mesenteric artery blood velocity waveforms. *Ultrasound Med. Biol.* 1986; 12: 773–776.
28. Qamar M.I., Read A.E., Skidmore R. i wsp. Non invasive assessment of the superior mesenteric artery blood flow in man. *Gut.* 1984; 25: 546–547.
29. Bergqvist D., Bowald S., Eriksson I. i wsp. Small bowel necrosis after aorto-iliac reconstruction. *Br. J. Surg.* 1986; 73: 28–30.
30. Geelkerken R.H., van Bockel J.H. Mesenteric vascular disease: a review of diagnostic methods and therapies. *Cardiovasc. Surg.* 1995; 3: 247–260.
31. Howard T.J., Plakson L.A., Wiebke E.A. i wsp. Non-occlusive mesenteric ischaemia remains a diagnostic dilemma. *Am. J. Surg.* 1996; 171: 405–408.
32. Meibaum C., Langwieder C., Micklefield G. i wsp. Diarrhea after vascular reconstruction of an abdominal aortic aneurysm. *Dtsch. Med. Wochenschr.* 2003; 128: 1829–1832.
33. Fisher D.F.Jr., Fry W.Y. Collateral mesenteric circulation. *Surg. Gynecol. Obstet.* 1987; 164: 487–492.
34. Doss D.N., Estafanous F.G., Farrario C.M. i wsp. Mechanism of systemic vasodilatation during normovolemic hemodilution. *Anaesth. Analg.* 1995; 81: 30–34.
35. Daniel M.K., Bennett B., Dawson A.A. i wsp. Haemoglobin concentration and linear cardiac output, peripheral resistance, and oxygen transport. *J. Clin. Res.* 1986; 292: 923–926.
36. Tarkka M., Uhari M., Heikkila J. Persistence of collateral circulation after correction of aortic coarctation. *J. Cardiovasc. Surg. Torino* 1988; 29: 581–521.

Adres do korespondencji (Address for correspondence):

Dr med. Tomasz Urbanek
Katedra i Klinika Chirurgii Ogólnej i Naczyni Ślaskiej Akademii Medycznej
ul. Ziółowa 45/47
40–635 Katowice
e-mail: urbanek.tom@interia.pl