

Śródoperacyjna ocena pomostów wieńcowych w rewaskularyzacji wieńcowej z zastosowaniem metody *transit-time*

Intraoperative assessment of grafts in coronary revascularization using the transit-time flowmetry method (TTF)



Piotr Żelazny¹, Grzegorz Szapiel¹, Anna Witt-Majchrzak¹, Leszek Buzun¹, Andrzej Dmyterko¹, Maciej Kukliński¹, Lew Morozow²

¹Oddział Kardiochirurgii Wojewódzkiego Szpitala Specjalistycznego w Olsztynie

²Wydział Nauk Technicznych Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie

Kardiochirurgia i Torakochirurgia Polska 2010; 7 (1): 12–17

Streszczenie

Wstęp: Badanie parametrów przepływu z zastosowaniem metody *transit-time* jest stosunkowo nową techniką, która pozwala na śródoperacyjną ocenę pomostów wieńcowych.

Cel: Zbadanie możliwości użycia pomiarów *transit-time* do zlokalizowania błędów technicznych podczas wykonywania pomostów wieńcowych i wpływu tego postępowania na wczesne wyniki pooperacyjne.

Materiał i metody: Od 17 października 2006 r. do 30 lipca 2009 r. przeprowadzono badanie prospektywne z randomizacją, dotyczące pacjentów operowanych w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym w Olsztynie z powodu izolowanej choroby wieńcowej. Wszyscy chorzy byli włączani do jednej z dwóch grup. Grupa A, w której wykonywano badania z wykorzystaniem metody *transit-time* (TTF), ostatecznie objęta 305 pacjentów, grupa B, w której nie wykonywano tych pomiarów – 583. Większość osób z obu grup zoperowano w trybie *off pump*, stosując całkowitą rewaskularyzację tętniczą w konfiguracji T i Y (odpowiednio grupa A 99,3%; 91,8% vs grupa B 98,6%; 86,9%). Pomosty wieńcowe oceniano na podstawie krzywej przepływu, przepływu średniego (Q_{sr}), indeksu pulsacyjnego (PI) oraz procentowego wskaźnika przepływu rozkurczowego (DF), stosując przepływomierz VeriQ (Medi Stim AS, Oslo, Norway).

Wyniki: W grupie A w 29 pomostach u 28 (9,2%) pacjentów stwierdzono złe parametry przepływu. Po korekcji tych zespołów badane parametry osiągnęły wartości określone jako prawidłowe, uzyskując istotność statystyczną (Q_{sr} $p < 0,0001$; PI $p < 0,001$; DF $p < 0,0001$). Obie grupy były podobne pod względem wczesnych powikłań pooperacyjnych (śmiertelność $p > 0,05$; zawał okotooperacyjny $p > 0,05$; wspomaganie IABP $p > 0,05$; hemodiafiltracja $p > 0,05$).

Wnioski: Zastosowanie pomiarów z wykorzystaniem metody *transit-time* pozwala na śródoperacyjną weryfikację i korekcję zespołów. Jednak z porównania tak dużych grup pacjentów,

Abstract

Background: Transit-time flowmetry is a relatively new method and enables intraoperative assessment of flow parameters in coronary artery bypass grafts.

Aim: We studied the use of transit-time flow measurements to determine the ability of the method to detect technical errors in grafting and its influence on early outcomes.

Material and methods: From October 17, 2006, to July 30, 2009, we carried out a prospective randomized study relating to patients undergoing isolated CABG in our institution. All patients were stratified into two groups: group A consisted of 305 pts in whom we performed TTF measurements and group B of 583 pts without TTFM. Almost all cases in both groups underwent off-pump CABG and total arterial revascularization in Y and T configuration (group A 99.3%; 91.8% vs. group B 98.6%; 86.9% respectively). Graft patency was assessed using flow curves, mean flow (Q_m), pulsatility index (PI) and diastolic filling percentage (DF).

Results: In group A, 29 anastomoses in 28 (9.2%) patients flow measurement showed unacceptable results of checked parameters. After the revision of the anastomoses in these 28 pts measurements obtained were acceptable and differences were statistically significant (Q_m $p < 0.0001$; PI $p < 0.001$; DF $p < 0.0001$). Both groups were similar in early outcome results (mortality $p > 0.05$; perioperative MI $p > 0.05$; IABP support $p > 0.05$; haemofiltration $p > 0.05$).

Conclusions: Transit-time flow measurement enables functional problems to be diagnosed, allowing intraoperative verification and correction of the grafts. However, comparing these two large groups, with or without TTFM, the majority of postoperative early complications did not reach statistical significance, if the p value was set at $p \leq 0.05$.

Key words: coronary artery disease, coronary revascularization, transit-time flow measurement, early graft failure.

Adres do korespondencji: dr n. med. Piotr Żelazny, Oddział Kardiochirurgii, Wojewódzki Szpital Specjalistyczny, ul. Żołnierska 18, 10-561 Olsztyn, tel. +48 89 538 63 34, faks +48 89 538 62 40, e-mail: pzelazny@mp.pl

u których wykonano i nie wykonano badań TTF, wynika, iż większość podstawowych wczesnych powikłań pooperacyjnych nie osiągnęło poziomu istotności statystycznej przy wartości p określonej na $\leq 0,05$.

Słowa kluczowe: choroba wieńcowa, rewaskularyzacja wieńcowa, pomiary przepływów, metoda *transit-time*, wczesna niewydolność pomostów wieńcowych.

Wstęp

Najważniejszym elementem operacji wieńcowych jest jakość wykonywanych zespolzeń, która wpływa zarówno na wczesne, jak i długoterminowe wyniki rewaskularyzacji [1–3]. Powikłania po tego rodzaju zabiegach, związane z niedrożnością okołoperacyjną pomostów, rozwijają się często bardzo dynamicznie, a ich częstość występowania oceniana jest na 5–11% [4–7]. Wraz z rozwojem nowych technik operacyjnych, jak OPCAB (ang. *off pump coronary artery bypass*) i MIDCAB (ang. *minimal invasive direct coronary artery bypass*), oraz całkowitej rewaskularyzacji tętniczej, metody szybkiej śródoperacyjnej oceny pomostów i zespolzeń nabierają szczególnego znaczenia. Pomimo bardzo dobrej oceny drożności pomostów tętniczych sięgającej 94–98% w długoterminowych obserwacjach, zdecydowana większość niepowodzeń w rewaskularyzacji tętniczej występuje we wczesnym okresie pooperacyjnym. Może to sugerować ich techniczne, a nie degeneracyjne uwarunkowania [8–10]. Dlatego udokumentowanie prawidłowego działania pomostu już na sali operacyjnej może mieć wpływ na wczesne i odległe wyniki leczenia operacyjnego.

W ostatniej dekadzie wprowadzono szereg metod śródoperacyjnej weryfikacji wykonanych zespolzeń. Należą do nich zarówno metody obrazujące pomost, miejsce anastomozy lub odcinkową kurczliwość mięśnia sercowego w jej okolicy, jak i określające dynamiczną charakterystykę pomostu wieńcowego. Do pierwszej grupy zaliczyć można przede wszystkim całe spektrum obrazowania echograficznego, od najczęściej wykonywanego śródoperacyjnie badania przepływowego aż do 2D lub 3D wysokiej częstotliwości echografii epikardialnej, termiczną koronarangiografię oraz ostatnio wprowadzaną technikę koronarografii fluorescencyjnej wykorzystującą właściwości zieleni indocjanowej [11–13]. Drugą grupę stanowią badania funkcjonalne pomostów wieńcowych oparte na pomiarach przepływu. Obecnie najczęściej stosowaną metodą takiej oceny są przepływomierze wykorzystujące metodę *transit-time* (TTF), czyli różnicę czasu przejścia fali ultradźwiękowej pomiędzy kierunkiem zgodnym i przeciwnym do przepływu krwi. Interpretacja wyników tych badań opiera się na analizie kilku parametrów, których punkty odcięcia opracowane są na zasadzie empirycznej i różnią się nieznacznie w pracach różnych autorów [14–17]. Niemniej istnieje korelacja badań funkcjonalnych z obrazowaniem koronarograficznym i stwierdzanymi pooperacyjnymi powikłaniami [18, 19]. Oczywiście złotym standardem pozostaje koronarografia, jednak w wariacie śródoperacyjnym ma ona wiele znanych ograniczeń i wykonywana jest w przypadkach, kiedy istnieją stwierdzone w badaniach hemo-

dynamicznych oraz elektrokardiograficznych przestanki nieprawidłowego działania wykonanego zespolenia. Stanowi to zdecydowaną różnicę w porównaniu z badaniami przepływowymi, które są wykonywane i interpretowane jeszcze przed wystąpieniem tych niekorzystnych zdarzeń.

Cel pracy

Celem pracy było zbadanie możliwości użycia pomiarów *transit-time* do zlokalizowania błędów technicznych podczas wykonywania pomostów wieńcowych i wpływu tego postępowania na wczesne wyniki pooperacyjne.

Materiał i metody

Od 17 października 2006 r. do końca lipca 2009 r. przeprowadzono w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym w Olsztynie badanie prospektywne obejmujące pacjentów operowanych z powodu choroby wieńcowej. Pacjentów zakwalifikowanych do izolowanej operacji pomostowania wieńcowego przydzielono losowo do grupy A albo grupy B. Grupa A obejmowała chorych, u których wykonywano z użyciem metody TTF śródoperacyjne badanie przepływów. Grupę B – kontroli pozytywnej objętej leczeniem standardowym – stanowili pacjenci niepoddani tej procedurze. Założeniem randomizacji była alokacja chorych oparta na wskazaniu przydziału losowego do jednej z dwóch grup na podstawie makra stworzonego w programie Excel 2007. Włączenie do badania było równoznaczne z rutynową kwalifikacją do zabiegu wieńcowego w ściśle ustalonym czasie. Uzyskane śródoperacyjne wyniki pomiarów TTF miały należeć do analizy przejściowej, natomiast podstawowymi wynikami końcowymi miały być: śmiertelność szpitalna, rewizja zespolzeń, zawał okołoperacyjny, zaburzenia rytmu, niewydolność lewokomorowa i okołoperacyjna niewydolność nerek, które pod względem liczbowym i istotności statystycznej miały być porównane w tych dwóch grupach. Ze względu na specyfikę badania stosowaliśmy randomizację jawną, w której zarówno zespół operacyjny, jak i pacjent znali taktykę postępowania przypisaną w drodze randomizacji. Kontynuując nasz dotychczasowy sposób rewaskularyzacji, stosowaliśmy przede wszystkim całkowitą rewaskularyzację tętniczą w konfiguracji T i Y, opartą na wykorzystaniu tętnic piersiowych wewnętrznych i tętnicy promieniowej. Dokładny opis taktyki chirurgicznej przedstawiono w poprzednich publikacjach [20]. Ograniczeniami w zastosowaniu tej techniki na korzyść bardziej tradycyjnej były: wolny wypływ z tętnicy piersiowej wewnętrznej lewej lub ewentualnie prawej < 40 ml/min, mały rozmiar tętni-

cy piersiowej wewnętrznej (< 1 mm), widoczne i wyczuwalne zmiany miażdżycowe w tętnicy promieniowej (RA) lub wykonanie koronarografii przez lewą RA z widocznym krwakiem w tej okolicy, dodatni test Allena potwierdzony zmniejszeniem saturacji na pulsoksymetrze.

Szczegółowe dane demograficzne i charakterystykę przedoperacyjną chorych w obu grupach przedstawiono w tab. I. W grupie A wykonano 652 zespolenia obwodowe; średnia liczba pomostów na jednego pacjenta wyniosła 2,1 ± 0,79. Wszystkie operacje (99,3%), oprócz dwóch, przeprowadzono bez użycia krążenia pozaustrojowego. Dodatkowo zrobiono również 205 zespolen typu Y i T, czyli łącznie skontrolowano z użyciem metody TTF 857 zespolen. U 25 (8,2%) pacjentów pomosty tętnicze uzupełniono tradycyjnymi pomostami żylnymi. Całkowitą rewaskularyzację tętniczą przeprowadzono u 91,8% chorych z grupy A. W grupie B wykonano 1242 zespolenia obwodowe, średnia liczba pomostów przypadających na jednego pacjenta wyniosła również 2,1 ± 0,81. U 74 (12,7%) chorych rewaskularyzację

z użyciem tętnic piersiowych lub tętnicy promieniowej uzupełniono pomostami żylnymi. Ogólnie w grupie B u 86,9% chorych wykonano całkowitą rewaskularyzację tętniczą. Osiem operacji wykonano z użyciem krążenia pozaustrojowego, w tym w 5 przypadkach była to śródoperacyjna konwersja do CBP z powodu niestabilności hemodynamicznej chorego. W sumie w grupie B przeprowadzono 575 (98,6%) operacji bez użycia krążenia pozaustrojowego. Zarówno w grupie A, jak i B operacje *off pump* wykonywano z użyciem stabilizatora tkankowego i koniuszkowego typu Octopus III. Dokładne rodzaje pomostów oraz ich liczbę i konfigurację przedstawiono w tab. II. Badania przepływów wykonywano metodą *transit-time* przy użyciu aparatu VeriQ Medi Stim AS™ (Oslo, Norway) oraz sond pomiarowych typu Medi-Stim Quick Fit™ w rozmiarach od 1,5 do 4 mm w zależności od średnicy wszczepionych naczyń. Pomiar wykonywano bezpośrednio po wykonaniu zespolenia oraz uzyskaniu stabilizacji hemodynamicznej chorego, przy *double product* (ciśnienie skurczowe × czynność serca/100) > 100.

Tab. I. Dane demograficzne i charakterystyka przedoperacyjna pacjentów

	Grupa A (n = 305)	Grupa B (n = 583)	p
liczba kobiet	65 (21,3%)	141 (24,2%)	< 0,5
liczba mężczyzn	240 (78,7%)	442 (75,8%)	< 1
wiek	> 26–83 < śr. 62 ±SD 10,2	> 37–87 < śr. 63,9 ±SD 9,5	0,01–0,05
EuroSCORE	> 0–15 < śr. 3,4 ±SD 2,7	> 0–15 < śr. 3,7 ±SD 2,6	< 0,1
EF%	>25–80 < śr. 52 ±SD 10,7	> 20–80 < śr. 50,2 ±SD 11,7	0,02–0,05
nadciśnienie	214 (70,2%)	432 (74,1%)	< 0,1
cukrzyca	95 (31,1%)	170 (29,1%)	< 0,8
POChP	5 (1,6%)	29 (5%)	< 0,005
niewydolność nerek	7 (2,3%)	19 (3,2%)	< 0,5
miażdżycza obwodowa	34 (11,1%)	68 (11,7%)	< 0,5
incydenty mózgowie	13 (4,3%)	17 (2,9%)	< 1
przebyte operacje kardiochirurgiczne	4 (1,3%)	7 (1,2%)	< 1

EF – lewokomorowa frakcja wyrzutowa, POChP – przewlekła obturacyjna choroba płuc, śr. – średnia, >...< – zakres zmiennych, ±SD – odchylenie standardowe.

Tab. II. Rodzaje pomostów, ich liczba i konfiguracja w grupie A i B

Rodzaje pomostów	Liczba pomostów		p
	grupa A (n = 305)	grupa B (n = 583)	
LIMA	77 (25,2%)	181 (31%)	< 0,05
LIMA sek.	8 (2,7%)	3 (0,5%)	< 0,0001
Y (LIMA, RA)	109 (35,7%)	226 (38,8%)	< 0,5
Y (LIMA, f. RIMA)	8 (2,7%)	8 (1,4%)	< 0,05
Y (LIMA, RA)+RIMA	28 (9,2%)	39 (6,7%)	< 0,05
T (LIMA, RA)	55 (18,1%)	102 (17,5%)	< 0,5
T (LIMA, f. RIMA)	3 (0,9%)	1 (0,2%)	< 0,0005
T (LIMA, RA) + RIMA	2 (0,6%)	5 (0,8%)	< 0,5
LIMA; RIMA bil.	13 (4,3%)	18 (3,1%)	< 0,5
RA	2 (0,6%)	0	
SVG	25 (8,2%)	74 (12,7%)	< 0,05

LIMA sek. – uszypułowana t. piersiowa wewnętrzna lewa w konfiguracji sekwencyjnej, Y – konfiguracja Y-graftu, T – konfiguracja T-graftu, f. RIMA – wolny odcinek t. piersiowej wewnętrznej prawej, (,) – tętnice tworzące T- lub Y-graft, LIMA; RIMA bil. – wszczępienie uszypułowanych tt. piersiowych wewnętrznych, + RIMA – dodatkowe wszczępienie uszypułowanej t. piersiowej wewnętrznej, RA – pomost aortalno-wieńcowy z t. promieniowej, SVG – pojedyncze pomosty żyłne aortalno-wieńcowe.

Jakość przepływu przez zespolenia i pomosty oceniano na podstawie trzech parametrów: Q_{sr} – średniego przepływu, PI – indeksu pulsacyjnego będącego współczynnikiem wyrażonym liczbą absolutną obliczaną wg wzoru $(Q_{max} - Q_{min})/Q_{mean}$, oraz DF% – współczynnika wyrażonego w procentach, określającego przepływ w pomoście wieńcowym w fazie rozkurczu w stosunku do całego przepływu, w czasie jednego cyklu serca. W każdym przypadku wykonywano również testy funkcjonalne z wykorzystaniem turniketów zakładanych powyżej i poniżej zespolenia, które standardowo są używane przy operacjach bez użycia krążenia pozaustrojowego. Postępowanie to pozwalało na oddzielną ocenę drożności zespolenia w kierunku dystalnym i proksymalnym oraz wyeliminowanie własnego przepływu w naczyniach wieńcowych, który mógłby mieć wpływ poprzez swoją kompetycyjność na wyniki pomiarów i ocenę pomostu. Pomost uważano za wymagający rewizji, jeżeli nie było w nim przepływu, a testy funkcjonalne wykluczały jako przyczynę powstania tej sytuacji istnienie napływu kompetycyjnego z naczyń natywnych chorego. Opierając się na dotychczasowych doniesieniach oraz częściowo własnych doświadczeniach, w przypadkach, w których stwierdzano większy lub mniejszy przepływ w pomoście, czynnikiem wpływającym na podjęcie decyzji o rewizji zespolenia był PI > 5 oraz dodatkowo wygląd krzywej przepływu [15–17, 21]. Kiedy w wykresie przepływu zdecydowanie przeważał komponent systoliczny DF < 50%, a PI przekraczało 5, powtórnie wykonywano anastomozę. Sama wielkość przepływu odgrywała drugoplanową rolę, ponieważ zawsze malała ona i tak do poziomu poniżej opracowanych dla tej zmiennej wartości punktów odcięcia przy PI > 5 [16, 17]. W każdym przypadku rejestracji złych parametrów TTF stosowano zewnątrznie roztwór papaweryny, eliminując w ten sposób skurcz naczynia jako jego przyczynę. U wszystkich pacjentów, u których przeszczepiano zespolenia, sprawdzano jednocześnie wolny wypływ z pomostu, weryfikując tą drogą zmiany w samym pomoście wieńcowym, mogące również powodować opisane powyżej nieprawidłowości w badaniach przepływu. Pomiary przepływu powtarzano po podaniu siarczanu protaminy przed zamknięciem klatki piersiowej.

Wyniki

Spośród 305 pacjentów, u których stosowano metodę TTF, zakwalifikowano śródoperacyjnie do rewizji 29 wykonanych zespolień u 28 chorych. Z tego wynika, że u 9,2% pacjentów z grupy A już na sali operacyjnej stwierdzono nieprawidłowe funkcjonowanie jednej lub dwóch anastomoz wieńcowych. Przyczynami tych nieprawidłowości były:

sprecyzowane błędy techniczne podczas wykonywania zespolień, polegające na ich znacznym zwężeniu lub całkowitej obturacji (22 zespolenia – 75,9%), niesprecyzowane błędy techniczne, w których nie ustalono konkretnej przyczyny, natomiast samo przeszycie zespolenia spowodowało znaczną poprawę parametrów TTF (3 anastomozy – 10,3%), rozwarstwienie pomostu wieńcowego i widoczny z zewnątrz krwiak śródścienny zwężający światło naczynia (2 pomosty – 6,9%), odwarstwienie odcinka błony wewnętrznej pomostu tętniczego niewidoczne z zewnątrz, natomiast powodujące całkowitą jego obturację (2 pomosty – 6,9%). Należy zaznaczyć, że ostatnie dwa powikłania dotyczyły tylko tętnicy piersiowej wewnętrznej, natomiast nigdy tętnicy promieniowej ani odcinka żylnego. Wśród zakwalifikowanych do rewizji 29 zespolień zdecydowanie dominowało zespolenie do LAD – 19 przypadków (65,6%), w 3 (10,3%) zespolenie do Dg, w 3 (10,3%) do RCA, w 2 (6,9%) do OM i również u 2 chorych (6,9%) przeszczepiano zespolenie Y pomiędzy tętnicą piersiową wewnętrzną i RA. W wykonanych dodatkowo w grupie A u 25 pacjentów pojedynczych pomostach żylnych w żadnym przypadku nie stwierdzono nieprawidłowych wyników badań przepływu. Dokładną charakterystykę parametrów TTF przed chirurgiczną korekcją i po niej przedstawiono w tab. III. W parametrach przepływu przed korekcją chirurgiczną i po niej uzyskano istotne statystycznie różnice pomiędzy wartościami badanych zmiennych. Po przeszyciu anastomoz zarówno Q_{sr} , PI, jak i DF mieściły się w granicach określanych jako wartości charakteryzujące dobrze funkcjonujący pomost [15–17, 21]. W 9 (32,1%) przypadkach złe parametry przepływu potwierdzono, wykonując koronarografię śródoperacyjną przed korekcją oraz po niej, uzyskując pełną korelację między tymi dwoma badaniami. Bezpośrednie wyniki okołooperacyjne w obu grupach chorych, przedstawione w tab. IV, nie są jednoznaczne. Na ich podstawie można stwierdzić, że wartości procentowe wskazują na pewną poprawę wyników w grupie A pod względem śmiertelności, częstości zawałów okołooperacyjnych, zastosowania wspomaganie balonowego oraz ultradiafiltracji, natomiast wymienione zmienne w tak dużych liczebnie grupach nie są istotne statystycznie przy poziomie istotności statystycznej określonym dla $p \leq 0,05$. Natomiast zastosowanie katecholamin, częstość występowania zaburzeń rytmu oraz liczba stwierdzonych śródoperacyjnie źle funkcjonujących pomostów wykazuje istotność statystyczną. Dwa przypadki zgonów w grupie badanej z użyciem metody TTF wystąpiły pomimo dobrych śródoperacyjnych pomiarów przepływu w wykonanych po-

Tab. III. Parametry metody *transit-time* (TTF) przed chirurgiczną korekcją i po jej wykonaniu u 28 chorych

Parametry	Przed korekcją			Po korekcji			p
	>zakres<	śr.	SD	>zakres<	śr.	SD	
Q_m	> -6–14<	2,9	±4,5	> 7–35<	19,9	±7,4	< 0,0001
PI	> 2,5–97,7<	17,6	±21,3	> 1,1–4,9<	2,4	±0,8	< 0,001
DF	> 14–74<	39,3	±16,7	> 50–82<	71,4	±8,8	< 0,0001

Q_m – średni przepływ, PI – indeks pulsacyjny, DF – procentowy przepływ diastoliczny.

Tab. IV. Porównanie bezpośrednich powikłań pooperacyjnych w grupie A i B

Rodzaj powikłań	Liczba pacjentów		p
	grupa A	grupa B	
Śmiertelność szpitalna	2 (0,6%)	9 (1,5%)	> 0,05
Rewizja zespolenia	28 (9,2%)	2 (0,3%)	< 0,05
Zawał okołoperacyjny	6 (2%)	19 (3,2%)	> 0,05
Zaburzenia rytmu	47 (15,4%)	112 (19,2%)	< 0,05
Niewydolność lewokomorowa wymagająca stosowania			
- IABP	6 (2%)	15 (2,6%)	> 0,05
- katecholamin	44 (14,4%)	152 (26%)	< 0,05
Okołoperacyjna niewydolność nerek			
- ultradializacja	4 (1,3%)	13 (2,2%)	> 0,05

mostach. Ich przyczyną była śródoperacyjna niewydolność lewokomorowa związana ze znacznie obniżoną przedoperacyjnie frakcją wyrzutową, powiększeniem lewej komory oraz niepełną rewaskularyzacją ze względu na rozsięte zmiany miażdżycowe.

Analiza statystyczna

Dane liczbowe zostały przedstawione jako wartości procentowe, zakresy średnich, średnie odchylenia standardowe oraz wyniki badań istotności. W celu wyznaczenia istotności różnicy średnich zmiennych wyników śród- i pooperacyjnych obu grup wykorzystano test *t* Studenta oraz test do sprawdzenia hipotezy o częstościach względnych zdarzeń. Poziom istotności ustalono dla wartości $p \leq 0,05$. Niezbędne obliczenia zostały przeprowadzone za pomocą pakietów Statistica 7.1 i Excel 2007.

Dyskusja

Śródoperacyjne i występujące we wczesnym okresie pooperacyjnym ostre zespoły niedokrwienne stanowią – istotne i obciążone trudnościami w diagnostyce oraz postępowaniu terapeutycznym – zagadnienie w chirurgii naczyń wieńcowych. Prowadzą one do zawałów okołoperacyjnych, zwiększenia śmiertelności i konieczności wykonywania pilnych interwencji przezskórnych lub reoperacji wieńcowych. Wartość procentową pilnych koronarografii wykonywanych z tego powodu, po operacjach pomostowania wieńcowego, określa się, w zależności od źródła doniesień, na 1,4–6,4%. Znaczna część tych powikłań, ok. 40–60%, spowodowana jest zwężeniem lub zupełną okluzją w miejscu anastomoz bądź na poziomie pomostów [4–6]. Oczywiście zupełnie nie wiadomo, jaka część wykonanych i źle funkcjonujących od samego początku zespolień i pomostów, które potem kwalifikowane są jako zmiany degeneracyjne, ma w bezpośrednim okresie pooperacyjnym lub średnioterminowym przebieg bezobjawowy. Wydaje się, że ma to szczególne znaczenie w operacjach *off pump*, których inwazyjność zasadniczo jest znacznie mniejsza niż operacji tradycyjnych.

Śródoperacyjne badanie przepływów wypełnia istniejącą lukę diagnostyczną pomiędzy wykonaniem pomostów wieńcowych a wystąpieniem objawów niedokrwienych i ewentualną koniecznością przeprowadzenia pilnej pooperacyjnej angiografii. Na podstawie doświadczeń autorów pracy, dotyczących prezentowanych 305 pacjentów i dalszego, obecnie już rutynowego, stosowania tej metody w Wojewódzkim Szpitalu Specjalistycznym w Olsztynie oraz dostępnych doniesień z literatury należy przypuszczać, że w każdej grupie pacjentów operowanych z powodu choroby wieńcowej można, stosując badania przepływów, stwierdzić już na sali operacyjnej pewną, większą lub mniejszą, liczbę niepowodzeń, wykonując funkcjonalną ocenę wykonanych pomostów. W materiale opisywanym w pracy dotyczyło to 9,2% chorych z grupy A, u których skorygowano jedno lub dwa zespolenia. W doniesieniach innych autorów ta wartość procentowa waha się od 4 do 9,9% [15, 22–25]. Przyczynami takich powikłań nie zawsze są błędy techniczne w czasie wykonywania zespolień; czasami zależą one od jakości tkanek użytego pomostu lub naczyń wieńcowych oraz od innych czynników. Należy zaznaczyć, że wszystkie korekcje w przedstawionej przez nas grupie pacjentów następowały przed wystąpieniem jakichkolwiek objawów klinicznych czy zmian elektrokardiograficznych. Bardzo dużą zaletą metody TTF jest właśnie to, że rutynowe jej stosowanie wyprzedza i częściowo eliminuje pojawienie się objawów niedokrwienych, a w konsekwencji wielu innych związanych z tym powikłań.

Ograniczenia metody

Pewnym ograniczeniem samego badania jest nierówność obu grup. Różnica w liczbie pacjentów wynika z tego, że autorzy pracy dysponują na oddziale jednym zestawem sond pomiarowych do badania przepływu, co ogranicza liczbę badań do jednego dziennie. Dodatkowo limitowana do 50 razy możliwość stosowania jednej sondy była powodem przerwania na okres 2 mies. pomiarów przepływu w oczekiwaniu na nowy zestaw sond pomiarowych zakupionych z programu Polkard. W tym czasie wszyscy kolejni pacjenci automatycznie trafiali do kontrolnej grupy B. Jest to z pewnością „zdarzenie niepomyślne” w opisywanym badaniu. Ograniczeniem metody wydaje się jednak konieczność indywidualnej oceny wyników badań TTF w przypadkach granicznych, tzn. takich, w których nie ma całkowitej obturacji lub krytycznego zwężenia w miejscu anastomoz, ponieważ wyraźne różnice zarówno w morfologii krzywej przepływu, jak i ilościowe w wielkości przepływu powodują zmiany dopiero powyżej 75%. Drugim ważnym ograniczeniem metody jest interpretacja przepływu i wartości PI. W wielu doniesieniach podawane są różne punkty odcięcia dla obu tych zmiennych, czasami oddzielnie dla dorzecza lewej i prawej tętnicy wieńcowej, zawierające się w granicach dla PI od 3 do 5,1; dla Q_{sr} < 15, 10 lub nawet 3 ml/min [15, 16, 26, 27]. Jednak zarówno na wartości przepływu, jak i PI bardzo duży wpływ ma przepływ kompetycyjny w natywnych naczyniach pacjenta, związany ze stopniem zwężenia naczyń wieńcowych oraz z wytworzeniem krążenia

obocznego. Dlatego generalnie rzecz biorąc, interpretacja uzyskanych pomiarów zależy w pewnej mierze od doświadczenia chirurga w postępowaniu się tą metodą.

Wnioski

Metoda *transit-time* jest dobrym śródoperacyjnym narzędziem do weryfikacji wykonanych pomostów. Jest stosunkowo prosta, nieinwazyjna, powtarzalna oraz pozwala na szybką funkcjonalną ocenę pomostu i wykonanej anastomozy.

Bardzo dobrze lokalizuje błędy techniczne i inne niekorzystne techniczne powikłania w czasie wykonywania operacji wieńcowych, umożliwiając ich bardzo szybką korekcję w czasie tego samego zabiegu operacyjnego.

W opisywanym badaniu w czasie rutynowego jej zastosowania w dużej grupie pacjentów nie miała jednak jednoznacznego wpływu na polepszenie wczesnych wyników pooperacyjnych z punktu widzenia istotności statystycznej.

Wyniki odległe, szczególnie stwierdzenie, czy pomosty wieńcowe skontrolowane metodą TTF mają globalnie lepszy współczynnik drożności od nieskontrolowanych i czy mniejsza ich liczba ulega w przyszłości degradacji morfologicznej i funkcjonalnej, wymagają dalszych badań.

Piśmiennictwo

1. Yusuf S, Zucker D, Peduzzi P, Fisher LD, Takaro T, Kennedy JW, Davis K, Killip T, Passamani E, Norris R. Effect of coronary artery bypass graft surgery on survival: overview of 10-years results from randomized trials by Coronary Artery Bypass Graft Surgery Trialist Collaboration. *Lancet* 1994; 344: 563-570.
2. Fitzgibbon GM, Kafka HP, Leach AJ. Coronary bypass graft fate and patient outcome: angiographic follow-up of 5,065 grafts related to survival and reoperation in 1,388 patients during 25 years. *J Am Coll Cardiol* 1996; 28: 616-626.
3. Abu-Omar Y, Taggart DP. The present status of off-pump coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardio Thorac Surg* 2009; 36: 312-321.
4. Rasmussen C, Thiis JJ, Clemmensen P, Efsen F, Arendrup HC, Saunamäki K, Madsen JK, Pettersson G. Significance and management of early graft failure after coronary artery bypass grafting: feasibility and results of acute angiography and re-re-vascularization. *Eur J Cardiothorac Surg* 1997; 12: 847-852.
5. Kowalik V, Wasilewski J, Hudzik B, Szafron B, Zembala M. Emergency invasive intervention in the diagnosis and treatment of perioperative ischaemia in patients undergoing coronary surgery. *Kardio Torakochir Pol* 2009; 6: 233-237.
6. Fabricius AM, Gerber W, Hanke M, Garbade J, Autschbach R, Mohr FW. Early angiographic control of perioperative ischemia after coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg* 2001; 19: 853-858.
7. Thygesen K, Alpert JS, White HD. Joint ESC/ACCF/AHA/WHF Task force for the redefinition of myocardial infarction. *Universal definition of myocardial infarction. Eur Heart J* 2007; 28: 2525-2538.
8. Diegler A, Falk V, Martin M, Battellini R, Wather T, Autschbach R, Mohr FW. Minimally invasive coronary artery bypass grafting without cardiopulmonary bypass: early experience and follow-up. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 1022-1025.
9. Calafiore AM, Teodori G, Di Gianmarco G, Vitolla G, Maddestra N, Paloscia L, Zimarino M, Mazzei V. Multiple arterial conduits without cardiopulmonary bypass: early angiographic results. *Ann Thorac Surg* 1999; 67: 450-456.
10. Mack MJ, Magovern JA, Acuff TA, Landreneau RJ, Tennison DM, Tinnerman EJ, Osborne JA. Results of graft patency by immediate angiography in minimally invasive coronary artery surgery. *Ann Thorac Surg* 1999; 68: 383-390.
11. Desai NM, Miwa S, Kodama D, Koyama T, Cohen G, Pelletier MP, Cohen EA, Christakis GT, Goldman BS, Fremes SE. A randomized comparison of intraoperative indocyanine green angiography and transit-time flow measurement to detect technical errors in coronary bypass grafts. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 132: 585-594.
12. Siebert J, Rogowski J, Anisimowicz L, Kaczmarek M, Brzeziński M, Narkiewicz M. Intraoperative Thermal Angiography. Flow evaluation in the internal mammary artery during coronary artery grafting procedures. *Kardiol Pol* 1999; 50: 322-330.
13. Lovstakken L, Ibrahim KS, Vitale N, Henriksen ST, Kirkeby-Garstad I, Trop H, Haaverstad R. Blood flow imaging: a new two-dimensional ultrasound modality for enhanced intraoperative visualization of blood flow patterns in coronary anastomoses. *J Am Soc Echocardiogr* 2008; 21: 969-975.
14. D'Ancona G, Karamanoukian HL, Ricci M, Salerno TA, Bergsland J. Transit time flow measurement in off-pump coronary surgery bypass grafting: the Buffalo experience. W: D'Ancona G, Karamanoukian HL, Ricci M, Salerno TA, Bergsland J (red.). *Intraoperative Graft patency verification in Cardiac and Vascular Surgery*. Futura Publishing Co. Armonk, NY 2001: 97-120.
15. D'Ancona G, Karamanoukian HL, Ricci M, Schmid S, Bergsland J, Salerno TA. Graft revision after transit time flow measurement in off-pump coronary artery bypass grafting. *Eur J Cardiothorac Surg* 2000; 17: 287-293.
16. Gianmarco G, Pano M, Cirmeni S, Pelini P, Vitolla G, Mauro M. Predictive value of intraoperative transit-time flow measurement for short-term graft patency in coronary surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2006; 74: 468-474.
17. Tokuda Y, Song MH, Ueda Y, Usui A, Akita T. Predicting early coronary artery bypass graft failure by intraoperative Transit-Time flow measurement. *Ann Thorac Surg* 2007; 84: 1928-1934.
18. Takami Y, Ina H. Relation of intraoperative flow measurement with postoperative quantitative angiographic assessment of coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 1270-1274.
19. Shin H, Yozu R, Mitsumaru A, Iino Y, Hashizume K, Matayoshi T, Kawada S. Intraoperative assessment of coronary artery bypass graft: Transit-Time flowmetry versus angiography. *Ann Thorac Surg* 2001; 72: 1562-1565.
20. Żelazny P, Religa G, Kaszczyński T, Religa Z. Całkowita rewaskularyzacja tętnicza przy użyciu pomostów typu Y i T z zastosowaniem wyszkieletowanej lewej i prawej tętnicy piersiowej wewnętrznej oraz tętnicy promieniowej. *Pol Przegl Chir* 2005; 77: 275-289.
21. Herman Ch, Sullivan JA, Buth K, Legare JF. Intraoperative graft flow measurements during coronary artery bypass surgery predict in-hospital outcomes. *Interact Cardio Vasc Thorac Surg* 2008; 7: 582-585.
22. Walpoth BH, Bosshard A, Genyk I, Kipfer B, Bertad PA, Hess OM, Althaus U, Carrel TP. Transit-time flow measurement for detection of early graft failure during myocardial revascularization. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 1097-1100.
23. Maruszewski M, Borowicz M, Kubacki K, Zembala M. Ocena przydatności badania przepływu w pomostach aortalno-wieńcowych. Wpływ na strategię postępowania. *Kardio Torakochir Pol* 2006; 3: 367-371.
24. Groom R, Tryzelaar J, Forest R, Niimi K, Cecere G, Donegan D, Katz S, Weldner R, Braxton J, Blank S, Kramer R, Morton J. Intra-operative quality assessment of coronary artery bypass grafts. *Perfusion* 2001; 16: 511-518.
25. Leong DKH, Ashok V, Nishkantha A, Shan YH, Sim EK. Transit-Time flow measurement is essential in coronary artery bypass grafting. *Ann Thorac Surg* 2005; 79: 854-858.
26. Jaber SF, Koenig SC, Bhasker Rao B, van Himbergen D, Cerrito PB, Ewert DJ, Gray LA Jr, Spence PA. Role of graft measurement technique in anastomotic quality assessment in minimally invasive CABG. *Ann Thorac Surg* 1998; 66: 1087-1092.
27. Kim KB, Kang CH, Lim C. Prediction of graft flow impairment by intraoperative transit time flow measurement in off-pump coronary artery bypass using arterial grafts. *Ann Thorac Surg* 2005; 80: 594-599.