

Otrzymano:
03.01.2018
Zaakceptowano:
26.04.2018
Opublikowano:
29.06.2018

Znaczenie objętości przepływu w tętnicach dogłowych dla postępowania klinicznego – wpływ rozwoju krążenia obocznego

The importance of blood flow volume in the brain-supplying arteries for the clinical management – the impact of collateral circulation

Michał Elwertowski¹, Jerzy Leszczyński¹, Piotr Kaszczewski¹,
Krzysztof Lamparski², Stella Sin Yee Ho³, Zbigniew Gałązka¹

¹ *Klinika Chirurgii Ogólnej i Endokrynologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska*

² *Zakład Radiologii, Warszawski Uniwersytet Medyczny, Warszawa, Polska*

³ *Department of Imaging and Interventional Radiology, The Chinese University of Hong Kong, Shatin, SRA Hongkong, Chiny*

Adres do korespondencji: Michał Elwertowski, Klinika Chirurgii Ogólnej i Endokrynologicznej, Warszawski Uniwersytet Medyczny, ul. Banacha 1A, 02-097 Warszawa, e-mail: elwertowski.michal@gmail.com

DOI: 10.15557/JoU.2018.0016

Słowa kluczowe

zwężenia tętnic
szyjnych,
pomiar objętości
przepływu mózgowego,
kompensacja zwężeń
tętnic szyjnych

Keywords

carotid artery
stenosis,
cerebral flow
volumetry,
carotid stenosis
compensation

Abstract

Aim: An assessment of increased compensatory blood flow in the brain-supplying arteries in patients with significant carotid artery stenosis. **Materials and methods:** Doppler ultrasound was performed in 218 patients over 60 years of age to evaluate both the degree of brain-supplying artery stenosis as well as the blood flow volume balance in all vessels supplying the brain: the internal carotid artery, the external carotid artery and the vertebral artery. The control group included 94 patients with no stenosis in the extracranial segments and no neurological manifestations, in whom blood flow values were calculated (the internal carotid artery – 290 mL/min, the external carotid artery – 125 mL/min, the vertebral artery – 80 mL/min); the total mean blood flow in the brain-supplying arteries was 985 mL/min. A 33% increase in blood flow was considered compensatory. In addition to the control group, 30 patients with asymptomatic stenosis of less than 50% and 12 patients after endarterectomy with mean blood flow of 920 mL/min and 960 mL/min, as well as two groups of particular interest to us, i.e. 38 patients with no compensatory blood flow increase despite significant stenosis (>50%) with mean blood flow of 844 mL/min and 44 patients with similar stenosis and with compensatory blood flow increase up to 1174 mL/min were included in the analysis. **Results:** Comparison of the two groups showed several significant differences: increased blood flow (118% vs. 86% of the norm) in patients with compensated stenosis, an increased number of asymptomatic patients (70% vs. 37%) and a threefold increase in the number of patients with occlusions (15 : 5) in the group of patients with increased blood supply to the brain. **Conclusions:** All potential blood-supplying vessels, including the external carotid artery, are involved in brain tissue perfusion in some of the patients with significant stenosis. Determining the degree of compensation may have an important impact on the indications for surgical treatment, which will make a valuable contribution to the current criteria (asymptomatic/symptomatic patients).

Wprowadzenie

Zwężenia tętnic dogłowych stanowią istotny problem kliniczny zarówno dla neurologów sprawujących opiekę nad pacjentami, jak i chirurgów naczyniowych oraz radiologów zabiegowych zaangażowanych w leczenie zmian. Udary niedokrwienne stanowią około 80% wszystkich incydentów neurologicznych. Około 30% z nich jest spowodowanych zwężeniami naczyń dogłowych w odcinkach pozwalających na zabiegi korekcyjne^(1,2). W ciągu ostatnich 27 lat (od opublikowania wstępnych wyników badania NASCET w 1991 roku) można obserwować zmiany w podejściu do postępowania z pacjentem, kwalifikacji do zabiegu operacyjnego oraz stentowania zwężonych naczyń. W zakresie diagnostyki obrazowej można zaobserwować odejście od czysto mechanicznego kwalifikowania do zabiegu wszystkich zwężeń przekraczających 70% oraz wprowadzenie różnicowania wskazań u mężczyzn (70%) i u kobiet (80%)⁽³⁾. Zaczęto brać pod uwagę również inne czynniki wpływające na postępowanie z chorym – przede wszystkim echogeniczność blaszki: równomierna/nierównomierna powierzchnia, obecność i kształt ubytków w jej obrębie, a także wiek i stan kliniczny pacjenta. Określone zostały parametry niestabilnej blaszki miażdżycowej – hipoechogeniczna blaszka lub z niewielkim echogenicznym komponentem, o nierównej powierzchni z ubytkami, rdzeniem lipidowym, z obecnością skrzeplin. Znane jest ryzyko, jakie niesie dla pacjenta poszczególne elementy obrazu USG oraz zaburzenia hemodynamiczne związane ze zwężeniami naczyń. Opisano procesy patofizjologiczne zachodzące w naczyniach szyjnych u chorych ze zmianami miażdżycowymi oraz w samej blaszce miażdżycowej⁽⁴⁾. Można obecnie obserwować zmiany zachodzące w naczyniach pod wpływem stosowanych leków (statyny). Pojawił się podział kliniczny na grupy chorych objawowych i bezobjawowych z istotnymi zwężeniami naczyń, u których w ostatnich latach utrwała się zróżnicowane postępowanie terapeutyczne, z ograniczeniem wskazań do leczenia zabiegowego u pacjentów bez dolegliwości klinicznych.

Badanie USG jest najczęściej stosowaną metodą obrazowania tętnic szyjnych i kręgowych. Dzięki nieinwazyjności, dostępności i niskiemu kosztowi oraz brakowi ryzyka, jakie wiąże się z obrazową diagnostyką radiologiczną, stanowi podstawowy sposób oceny zwężeń naczyń. Jej wady to stosunkowo niska powtarzalność oraz rozbieżności interpretacyjne w ocenie obrazów przez różnych lekarzy wykonujących badania⁽⁵⁾. W przypadku istniejących wątpliwości – trudności technicznych w obrazowaniu naczyń i uzyskaniu sygnału dopplerowskiego, spowodowanych uwapnionymi długimi blaszkami miażdżycowymi lub niekorzystnymi warunkami anatomicznymi – badaniem z wyboru jest angio-TK.

W naszej pracy przedstawiliśmy inny sposób oceny wpływu zwężeń tętnic szyjnych na hemodynamikę krążenia mózgowego, pozwalający na całościową ocenę napływu krwi do mózgu i interakcje pomiędzy naczyniami, uwarunkowane obecnością ich fizjologicznych połączeń i stopniem

rozwoju krążenia obocznego w przypadkach upośledzenia przepływu w jednym (lub więcej) z nich.

Materiał i metoda

Przedmiotem analizy jest grupa 218 pacjentów w wieku powyżej 60 lat, u których wykonano szczegółowe badanie przepływów w tętnicach dogłowych, obejmujące morfologiczną ocenę zmian miażdżycowych, pomiary dopplerowskie zmian prędkości przepływu w naczyniach pod kątem stopnia zwężenia naczyń oraz obliczenia objętości przepływającej w ich obrębie krwi określające partycypację poszczególnych tętnic w krążeniu mózgowym. W warunkach fizjologicznych przepływ mózgowy wynosi około 750–850 ml/min, stanowiąc około 14% frakcji wyrzutowej serca. Trzeba jednak pamiętać, że objętość przepływającej przez mózg krwi spada z wiekiem, w sposób niekiedy trudny do przewidzenia⁽⁶⁾.

Badani zostali skierowani na USG z opcją dopplera z powodu zmian w badaniu neurologicznym, sugerującym zwężenia w obrębie naczyń przedczaszkowych jako jedną z możliwych przyczyn dolegliwości. Grupę kontrolną stanowili pacjenci bez istotnych dolegliwości sugerujących patologię krążenia mózgowego, w wieku porównywalnym z grupą badaną.

W badaniach wykorzystywano dwa aparaty: Aloka F75 i Toshiba Aplio 500, z użyciem sond naczyniowych oraz zastosowaniem półautomatycznych programów dostępnych w obu aparatach, pozwalających na obliczanie objętości przepływu.

Kluczowe znaczenie ma miejsce wykonywania pomiarów dopplerowskich. Tętnice szyjne wewnętrzne (*internal carotid artery*, ICA) mierzone były w górnym odcinku – 3–4 cm powyżej opuszki ICA, w celu uniknięcia zafałszowań związanych ze zmianami prędkości w sąsiedztwie blaszek miażdżycowych, obecnych zwykle w początkowych odcinkach naczyń, w prostych odcinkach – w których przepływ uzyskiwał fizjologiczny, paraboliczny charakter. Tętnice szyjne zewnętrzne podlegały ocenie w środkowym odcinku – powyżej odejścia tętnicy tarczowej górnej, w celu uniknięcia zafałszowań związanych z patologiami gruczołu tarczowego. Tętnice kręgowe badano w możliwie prostym odcinku z rejestracją sygnału w obrębie V2 (niekiedy, przy krętym przebiegu i trudnościach technicznych, w odcinku V1). Pomiary średnicy naczyń przy dobrym jakościowo obrazie kolorowym były wykonywane bezpośrednio na ekranie z zapisem prędkości przepływu. By uniknąć zafałszowań, zapis prędkości koloru ustawiano wysoko – powyżej 30–40 cm/s. W przypadku wątpliwości średnica naczyń była mierzona przed zapisem prędkości, a uzyskane wartości wykorzystywane były przy obliczaniu objętości z obrazu triplex z zapisami średniej prędkości przepływu w naczyniach. Tego typu sytuacja szczególnie często występowała przy obliczaniu objętości przepływu w węższych tętnicach kręgowych z niewielką ilością przepływającej krwi, która nie pozwala na uzyskanie wiarygodnego obrazu kolorowego.

	Liczba	Średni wiek
Grupa kontrolna	94	63,9
Chorzy bezobjawowi – zwężenia do 40%	30	69,5
Pacjenci po endarterektomii	12	68,5
Zwężenia bez kompensacji	38	70,7
Zwężenia z kompensacją przepływu	44	66,1

Tab. 1. Podział badanych pacjentów

Przedmiotem dalszej analizy byli pacjenci, u których udało się wykonać pomiary objętości przepływu we wszystkich głównych naczyniach potencjalnie dostarczających krew do mózgu, tj. tętnicach szyjnych wewnętrznych, kręgowych oraz szyjnych zewnętrznych⁽⁷⁾. Podział pacjentów na poszczególne grupy przedstawia Tab. 1.

Prawidłowe wartości przepływu krwi w naczyniach domózgowych u pacjentów po 60. roku życia ustalono na podstawie badań wykonanych w grupie kontrolnej, liczącej 94 osoby. Średnie wartości przepływu wynosiły w niej: ICA – 290 ml/min, ECA – 125 ml/min, VA – 80 ml/min (*external carotid artery*, ECA – tętnica szyjna zewnętrzna; *vertebral arteries*, VA – tętnica kręgowa). Za kompensacyjne zwiększenie przepływu uznawano wzrost objętości płynącej do mózgu krwi o ponad 33% w stosunku do podanej powyżej normy lub o ponad 25% w przypadku jednoczesnego podwyższenia pomiarów objętości w więcej niż jednym naczyniu.

Wyniki

Uzyskane wyniki pomiarów zaprezentowano w Tab. 2. Grupę kontrolną stanowiło 94 pacjentów, którzy nie wykazywali istotnych objawów klinicznych (kierowani na badanie z powodu: nadciśnienia tętniczego, bólów i zawrotów głowy, złego samopoczucia, choroby wieńcowej, patologii aorty i tętnic kończyn dolnych) i u których w badaniu dopplerowskim nie stwierdzono zwężają-

cych światło zmian miażdżycowych, a przepływy w naczyniach dogłowych ICA, ECA i VA wynosiły średnio 985 ml/min. W kolejnej grupie, u 30 badanych, wykazano obecność miernie nasilonych blaszek miażdżycowych, powodujących niewielkie zwężenia – do 40%, ze wzrostem PSV >100 cm/s w 12 przypadkach, EDV >25 cm/s w 17 przypadkach (*peak systolic velocity*, PSV – szczytowa prędkość skurczowa; *end-diastolic velocity*, EDV – prędkość końcowo-rozkurczowa) oraz turbulencjami w 23 przypadkach. U żadnego z pacjentów EDV nie przekraczało 40 cm/s.

Przedmiotem szczególnego zainteresowania były dwie ostatnie grupy – chorzy z istotnymi zwężeniami tętnic szyjnych wewnętrznych bez kompensacyjnego wzrostu przepływu w pozostałych naczyniach oraz z funkcjonującym krążeniem obocznym zapewniającym perfuzję mózgu. W obu grupach występowały zbliżone procentowo maksymalne zwężenia naczyń, wynoszące średnio 67% w grupie bez kompensacji oraz 73,3% u pacjentów ze zwiększeniem przepływów domózgowych. W grupie bez kompensacji (38) istotne zwężenia ICA >50% były obecne u 23 chorych po stronie prawej (2 niedrożności) oraz u 15 chorych po stronie lewej (3 niedrożności), u 6 chorych zwężenia były obecne w obu naczyniach. W przypadkach kompensacyjnego wzrostu przepływu (44) lokalizacja zwężeń była podobna: 25 zmian – strona prawa ICA, 19 zmian – lewa. Trzykrotnie częściej (15) rozpoznawana była niedrożność naczyń (prawa strona – 9 przypadków, lewa – 6), u 9 pacjentów zaś występowały obustronne zwężenia przekraczające 50%. Wyraźny wzrost objętości dopływającej do mózgu krwi, przekraczający normę o ponad 20%, stwierdzano u 35 spośród 44 badanych. Średnia objętość krwi dopływającej do mózgu u chorych bez kompensacji wynosiła 844 ml/min, tj. 86% normy wyznaczonej na podstawie pomiarów w grupie kontrolnej, podczas gdy przy rozwiniętym krążeniu obocznym – 1174 ml/min, 119% normy.

Przepływ	Kontrola n = 94	Bezobjawowi n = 30	Po operacji EA n = 12	Zwężenie bez kompensacji n = 38	Zwężenie z kompensacją n = 44
R ICA ml/min	285	234	319	222	239
R ECA ml/min	127	132	97	115	179
R VA ml/min	71	68	83	98	137
L ICA ml/min	295	270	231	208	333
L ECA ml/min	122	126	134	115	156
L VA ml/min	92	98	107	95	141
R ICA prędkość cm/s	73/24	103/28	115/35	159/42	126/42
L ICA prędkość cm/s	70/24	84/24	162/44	132/37	144/44
R ICA zwężenie %	0	28	18	51	55
L ICA zwężenie %	0	22	44	48	45
Całkowity przepływ ml/min	985	920	960	844	1174

EA – endarterektomia; P – prawa; L – lewa

Tab. 2. Objętości przepływów, średnie prędkości, średnie procentowe zwężenia oraz całkowity przepływ w naczyniach dogłowych w poszczególnych grupach chorych

Wzrost przepływu w pojedynczej grupie naczyń był obecny u 19 chorych: ICA – 9, VA/2VA – 6, ECA/2ECA – 4. Częściej (25/44) pojawiał się wielonaczyniowy wzrost krążenia, obejmujący pozostałe drogi napływu (u 4 pacjentów obejmujący ICA, 2ECA i 2VA). Ogółem wzrost przepływu w ICA występował u 23 chorych, ECA – u 24, VA – u 21, jednak efektywny ilościowo wzrost najwyraźniej widoczny był w tętnicach szyjnych wewnętrznych.

W 14 przypadkach niedrożności ICA u 3 pacjentów nie występował wzrost przepływu w ICA po stronie przeciwnej (dodatkowo u jednego chorego występowała obustronna niedrożność ICA), w jednym przypadku ICA po stronie przeciwnej była jedynym naczyniem wykazującym wzrost przepływu. U pozostałych chorych wzrost przepływu dotyczył większości drożnych naczyń (w jednym przypadku wszystkich pięciu). W czterech przypadkach udarów związanych z zamknięciem światła ICA w badaniach kontrolnych występował stopniowy wzrost ilości krwi przepływającej przez pozostałe naczynia.

Dyskusja

Ultrasonograficzna ocena stopnia zwężenia naczyń dogłowych zmienia się wraz z rozwojem możliwości technicznych aparatury oraz wiedzy na temat patofizjologicznych zmian zachodzących w zwężających się naczyniach dogłowych. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na sposób leczenia jest odejście od bezrefleksyjnego podejścia do pacjentów z wyraźnymi zwężeniami – coraz częściej zaznacza się kliniczny podział chorych na objawowych i bezobjawowych, z przewagą wskazań do leczenia zachowawczego w drugiej grupie.

Ocena morfologiczna stopnia zwężenia na podstawie obrazu B jest często niemiarodajna (poza niewielkimi i krytycznymi zwężeniami dającymi jednoznaczne obrazy) ze względu na mechanizm poszerzenia się tętnic szyjnych, w których obrębie rozwijają się zmiany miażdżycowe⁽¹⁾. Powoduje to niekiedy nawet 30-procentowy wzrost średnicy naczyń, natomiast widoczne w ścianach wyraźne blaszki, osiągające kilka milimetrów grubości, mogą nie powodować istotnego zwężenia światła, wymagającego działań interwencyjnych. Z uwagi na różnice osobnicze w zakresie mechanizmów obronnych stanowi to dodatkowy czynnik uniemożliwiający ocenę stopnia zwężenia na podstawie porównania średnicy drożnego światła naczynia z jego całkowitą szerokością (a tym bardziej pomiarów pól powierzchni). Z kolei porównywanie średnicy drożnego naczynia w miejscu zwężenia z odcinkiem powyżej może być obarczone błędem niedoszacowania w przypadku istotnych zwężeń przekraczających 70–80%^(2,8). W takich przypadkach występuje (zgodnie z krzywą Spencera) spadek objętości przepływającej przez naczynie krwi, a co za tym idzie – spadek ciśnienia oraz będący ich konsekwencją spadek średnicy naczynia.

Ocena dopplerowska stopnia zwężenia oparta na zmianach prędkości przepływu w miejscach największych zmian również podlegała ewolucyjnym zmianom z rosna-

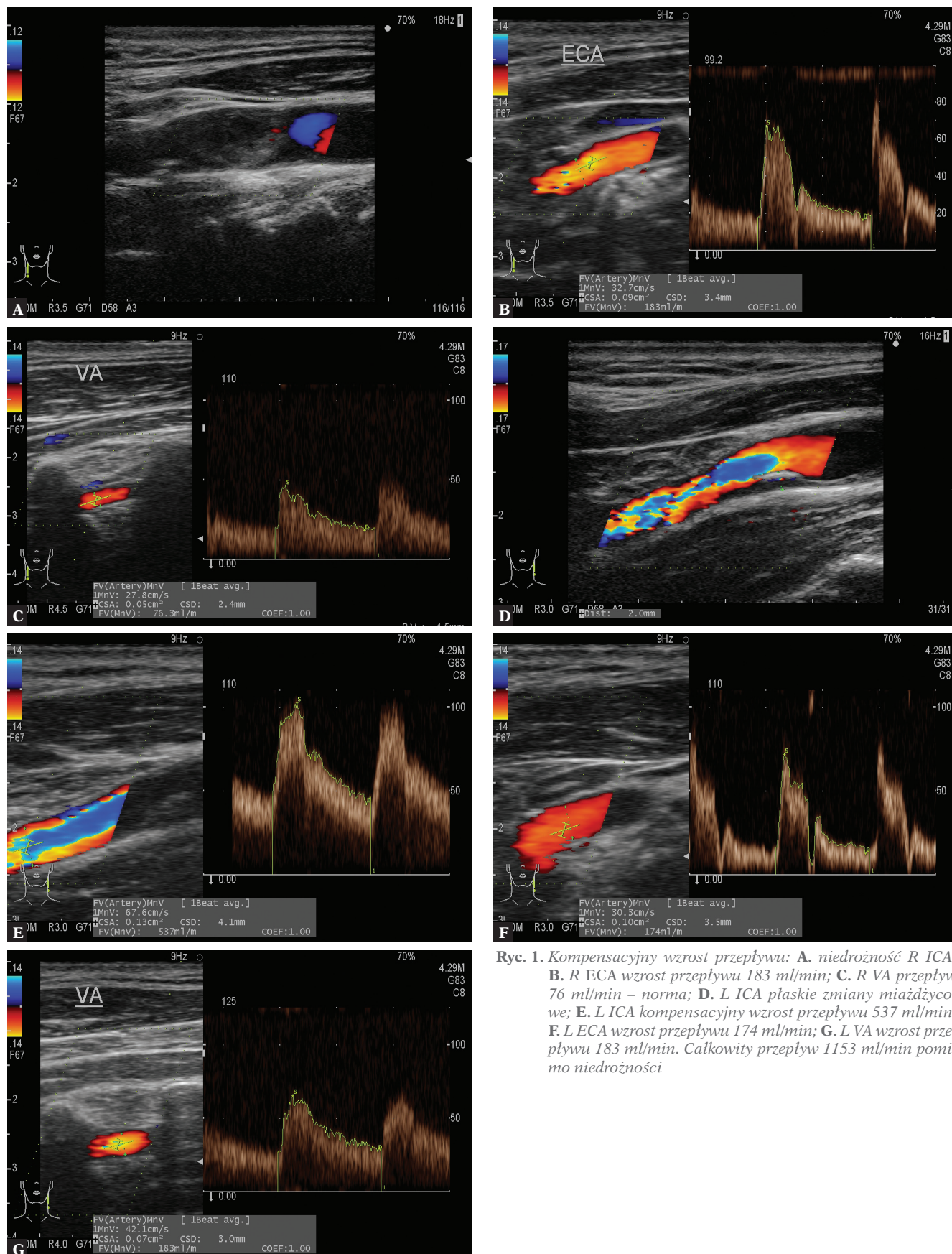
cymi stopniowo wartościami, na których podstawie określa się istotne zwężenia przekraczające 50% oraz 70–80%, jako mogące wymagać interwencji chirurgicznej. Obecnie jako graniczne wartości pozwalające na rozpoznawanie zwężenia >50% przyjmuje się pomiar EDV przekraczający 40–50 cm/s. Dla zwężeń >70% graniczne wartości pomiarów PSV/EDV wynoszą 230–250/100 cm/s^(2,5,9–12). Czynnikiem wpływającym na wiarygodność pomiarów jest morfologia blaszki miażdżycowej – uwapnione zmiany o nierównej powierzchni mogą powodować zarówno trudności techniczne, jak i nieadekwatne do stopnia zwężenia zaburzenia hemodynamiczne. Cenną wskazówkę stanowi ocena przepływu w górnych odcinkach naczyń – 3–4 cm powyżej zwężenia, kiedy zanikają już turbulencje związane ze zmianami średnicy światła naczynia. Co najmniej pięciokrotny spadek prędkości PSV świadczy o zwężeniu >70%. Równie ważnym czynnikiem pomiarowym w tych wypadkach jest wydłużenie czasu akceleracji powyżej 0,2 s, pojawiające się przy zwężeniach <80%⁽²⁾.

Cała dotychczasowa diagnostyka zwężeń naczyń dogłowych skupiona jest na ocenie prędkości przepływów w zwężonych naczyniach domózgowych, ignoruje natomiast fakt, że przepływ krwi w mózgu jest zapewniany przez wiele naczyń, łączących się ze sobą w krąg naczyń podstawnych mózgu – koło Willisa, do którego krew może dopływać zarówno przez fizjologiczne naczynia – tętnice szyjne wewnętrzne i kręgowie, jak i poprzez naczynia krążenia obocznego – głównie odgałęzienia tętnic szyjnych zewnętrznych^(13–16). Dopiero zrozumienie mechanizmów kompensacji przepływu pozwala na wyjaśnienie zróżnicowanego spektrum objawów klinicznych występujących w przypadkach podobnych zwężeń naczyń.

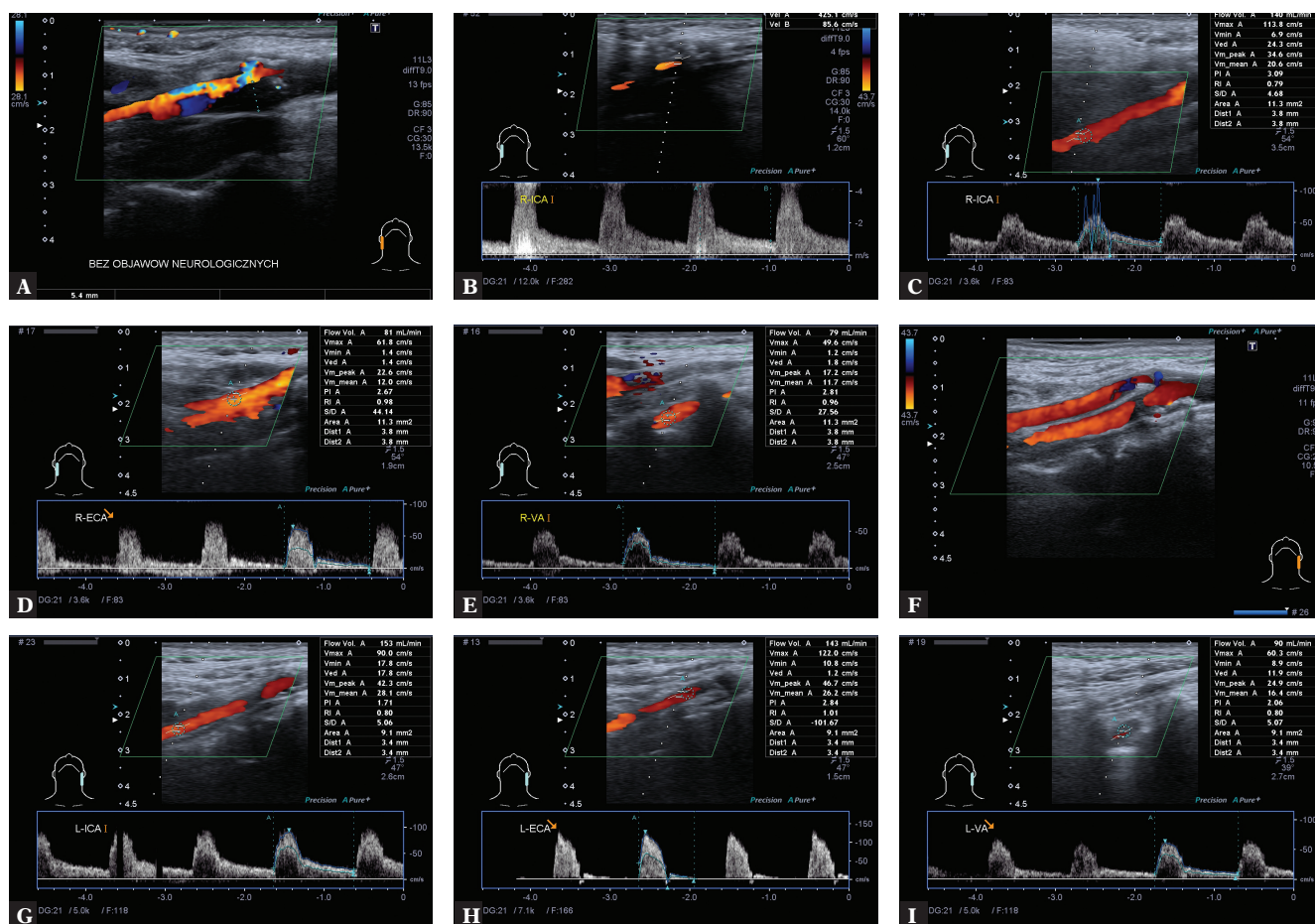
W naszej pracy proponujemy pójście inną drogą, ponieważ to nie wygląd naczyń decyduje o przepływie domózgowym. Prędkości przepływu również nie dostarczają pełnej informacji – pozwalają ocenić stopień zwężenia światła naczynia oraz dzięki ocenie przepływu w górnym odcinku naczynia – spadkowi prędkości oraz towarzyszącemu zmniejszeniu ilości przepływającej krwi – dostarczają pośrednio informacji o obniżeniu ciśnienia wewnątrznacyniowego. Nie można jednak na tej podstawie oceniać perfuzji tkanki mózgowej.

Przedmiotem oceny była grupa 218 pacjentów powyżej 60. roku życia kierowanych na badanie przepływu w naczyniach przedczaszkowych z powodu podejrzenia zwężeń w ich obrębie. Szczegółowej analizie poddano dwie grupy chorych z istotnymi zwężeniami naczyń dogłowych, przekraczającymi 50% (38/44 badanych), różniące się występowaniem bądź brakiem zwiększonego przepływu w pozostałych naczyniach. W grupie z kompensacyjnym wzrostem przepływu zaobserwowano następujące zmiany:

- wzrost przepływu w naczyniach domózgowych w porównaniu z grupą bez kompensacji (119/86% normy);
- większa liczba pacjentów bezobjawowych 31/44 – 70% (14/38 – 37% w grupie bez kompensacji);
- większa liczba chorych z niedrożnościami ICA – 15/5.



Ryc. 1. Kompensacyjny wzrost przepływu: **A.** niedrożność R ICA; **B.** R ECA wzrost przepływu 183 ml/min; **C.** R VA przepływ 76 ml/min – norma; **D.** L ICA płaskie zmiany miażdżycowe; **E.** L ICA kompensacyjny wzrost przepływu 537 ml/min; **F.** L ECA wzrost przepływu 174 ml/min; **G.** L VA wzrost przepływu 183 ml/min. Całkowity przepływ 1153 ml/min pomimo niedrożności



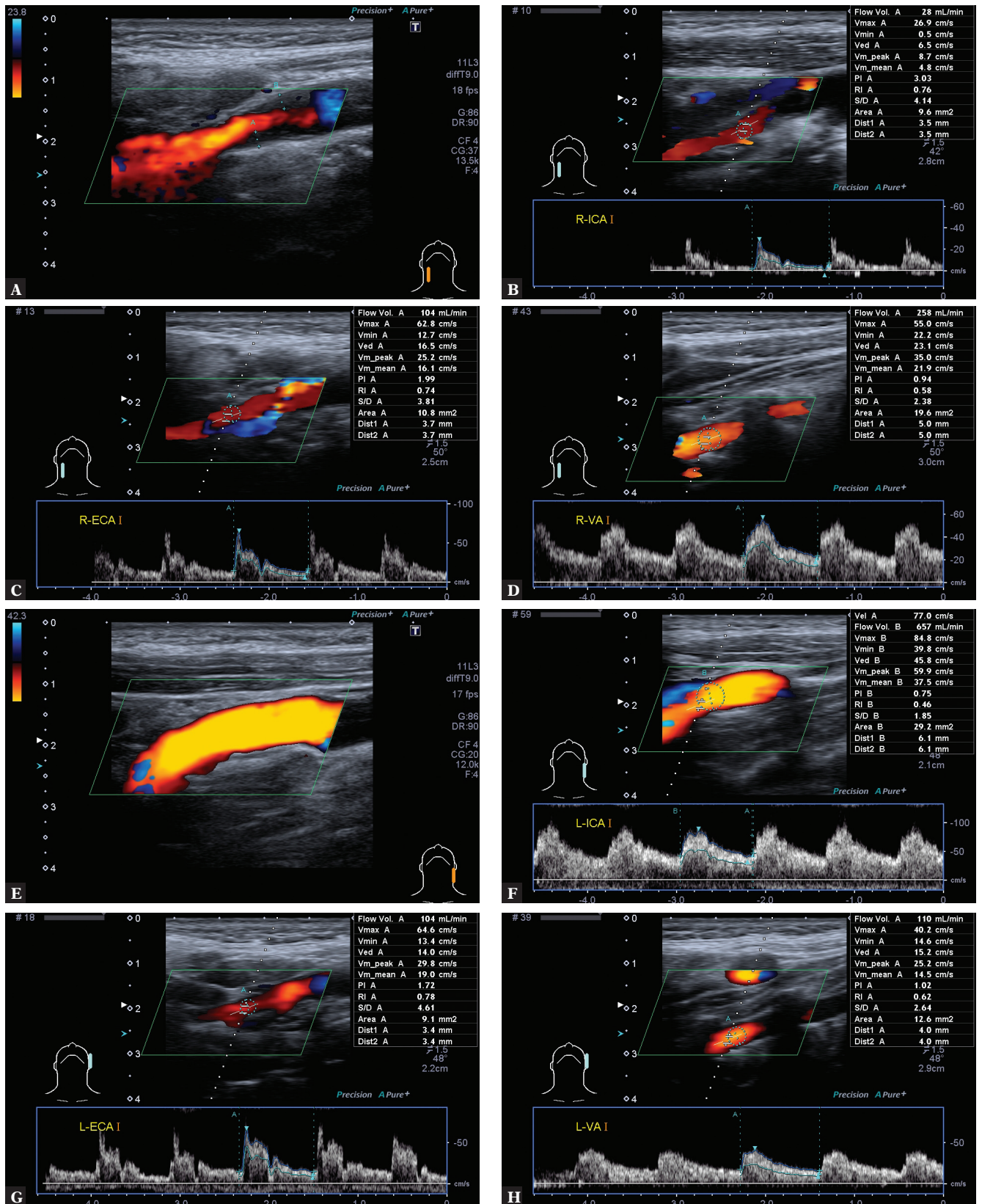
Ryc. 2. Bezobjawowe zwężenie R ICA bez kompensacji: **A.** obraz morfologiczny; **B.** zapis spektralny PSV 425 cm/s, EDV 85 cm/s; **C.** R ICA zmniejszenie przepływu 140 ml/min; **D.** R ECA przepływ 81 ml/min – norma; **E.** R VA przepływ 79 ml/min – norma; **F.** L ICA płaskie zmiany miażdżycowe; **G.** L ICA niewielki przepływ 153 ml/min; **H.** L ECA przepływ 143 ml/min – górny zakres normy; **I.** L VA przepływ 90 ml/min – norma. Całkowity przepływ 686 ml/min, wyraźnie zmniejszony – pacjent jest kandydatem do leczenia zabiegowego

Zwężenie którejkolwiek z dróg napływu krwi do mózgu (również naczyń kręgowych) uruchamia na drodze nieznanych jeszcze mechanizmów wzrost przepływu we wszystkich dostępnych naczyniach mogących dostarczyć krew do mózgu. Wzrost ten, funkcjonujący w systemie „wszystko albo nic”, powoduje wzrost perfuzji mózgu o blisko 20% przy jednoczesnym wyraźnym zmniejszeniu napływu przez istotnie zwężoną ICA. Tętnice szyjne zewnętrzne poprzez połączenia w obrębie tętnic szczękowych są również ważną drogą napływu krwi do mózgu jak tętnice kręgowe. Mechanizm ten jest zależny od indywidualnie dostępnych połączeń naczyniowych specyficznych dla każdego pacjenta. Powoduje on również zróżnicowane zachowanie chorych po przebytych udarach ze stopniowym zmniejszaniem/znikaniem zmian u pacjentów z rozwijającym się przepływem w naczyniach krążenia obocznego. Dzięki temu w większości przypadków (70%) u chorych nie występują objawy kliniczne wskazujące na niedokrwienie mózgu. Najsilniejszym argumentem przekonującym o znaczeniu mechanizmów kompensacji jest trzykrotnie większa liczba chorych z niedrożnościami ICA w grupie pacjentów ze zwiększonymi przepływami domózgowymi.

Wnioski

Przedstawione dane powinny w radykalny sposób wpłynąć na postępowanie u chorych ze zwężeniami przekraczającymi 70/80% i wprowadzenie zasadniczej modyfikacji w dotychczasowym podziale na pacjentów objawowych i bezobjawowych. Stwierdzenie rozwiniętego krążenia obocznego u bezobjawowego chorego z istotnym zwężeniem ICA jest argumentem za postępowaniem zachowawczym. Z kolei bezobjawowi pacjenci z dużymi zwężeniami bez wzrostu przepływu w pozostałych naczyniach powinni być kierowani na zabiegi udrożniające, ze względu na fakt, że pierwszym objawem klinicznym zwężenia w ich przypadku będzie duży udar lub zgon.

Włączenie stopnia rozwoju krążenia obocznego do protokołu oceny perfuzji mózgu u chorych z istotnymi zwężeniami ICA może w istotny sposób modyfikować dotychczasowe schematy postępowania – u pacjentów objawowych i bezobjawowych – i wytworzyć płaszczyznę porozumienia pomiędzy neurologami preferującymi leczenie zachowawcze a chirurgami naczyniowymi/radiologami naczyniowymi wykonującymi zabiegi interwencyjne, co pozwoli na wybór optymalnej dla każdego pacjenta metody leczenia (Ryc. 1–3).



Ryc. 3. Bezobjawowe zwężenie R ICA z kompensacją: **A.** morfologiczny obraz zwężenia ok. 90–95%; **B.** R ICA zmniejszenie przepływu 28 ml/min; **C.** R ECA przepływ 104 ml/min – norma; **D.** RVA kompensacyjny wzrost przepływu 258 ml/min; **E.** L ICA bez zmian miażdżycowych; **F.** L ICA kompensacyjny wzrost przepływu 657 ml/min; **G.** L ECA przepływ 104 ml/min – norma; **H.** L VA przepływ 110 ml/min – norma. Całkowity przepływ 1261 ml/min – pacjent nie wymaga interwencji, kandydat do leczenia zachowawczego

Konflikt interesów

Autorzy nie zgłaszają żadnych finansowych ani osobistych powiązań z innymi osobami lub organizacjami, które mogłyby negatywnie wpłynąć na treść publikacji oraz rościć sobie do niej prawo.

Piśmiennictwo

1. Rutheford R (ed.): *Vascular Surgery*, 6th ed. Elsevier Saunders, Philadelphia 2005.
2. Pellerito JS, Polak JF: *Introduction to Vascular Ultrasound*. Elsevier Saunders, Philadelphia 2012.
3. Cronenwett JL, Johnston KW (eds.): *Rutheford's Vascular Surgery*, 7th ed. Elsevier Saunders, Philadelphia 2010.
4. Cronenwett JL, Johnston KW (eds.): *Rutheford's Vascular Surgery*, 8th ed. Elsevier Saunders, Philadelphia 2014.
5. Elwertowski M, Małek G: Standards of the Polish Ultrasound Society – update. Examination of extracranial carotid and vertebral arteries. *J Ultrason* 2014; 14: 179–191.
6. Grant EG, Benson CB, Moneta GL, Alexandrov AV, Baker JD, Bluth EI *et al.*: Carotid artery stenosis: grayscale and Doppler ultrasound diagnosis – Society of Radiologists in Ultrasound Consensus Conference. *Ultrasound Q* 2003;19: 190–198.
7. Zarrinkoob L, Ambarki K, Wåhlin A, Brigander R, Eklund A, Malm J: Blood flow distribution in cerebral arteries. *J Cereb Blood Flow Metab* 2015; 35: 648–654.
8. Ho SS: Current status of carotid ultrasound in atherosclerosis. *Quant Imaging Med Surg* 2016; 6: 285–296.
9. Yazici B, Erdoğan B, Tugay A: Cerebral blood flow measurements of the extracranial carotid and vertebral arteries with Doppler ultrasonography in healthy adults. *Diagn Interv Radiol* 2005; 11: 195–198.
10. AbuRahma AF, Srivastava M, Stone PA, Mousa AY, Jain A, Dean LS *et al.*: Critical appraisal of the Carotid Duplex Consensus criteria in the diagnosis of carotid artery stenosis. *J Vasc Surg* 2011; 53: 53–59.
11. Bianco P: Volumetric blood flow measurement using Doppler ultrasound: concerns about the technique. *J Ultrasound* 2015; 18: 201–204.
12. Scheel P, Ruge C, Petrucci UR, Schöning M: Color duplex measurements of cerebral blood flow volume in healthy adults. *Stroke* 2000; 31: 147–150.
13. Papanchev V, Hristov S, Todorova D, Naydenov E, Paloff A, Nikolov D *et al.*: Some variations of the circle of Willis, important for cerebral protection in aortic surgery – a study in Eastern Europeans. *Eur J Cardiothorac Surg* 2007; 31: 982–989.
14. de Nie AJ, Blankensteijn JD, Visser GH, van der Grond J, Eikelboom BC: Cerebral blood flow in relation to contralateral carotid disease, an MRA and TCD study. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 2001; 21: 220–226.
15. Liebeskind DS: Collateral circulation. *Stroke* 2003; 34: 2279–2284.
16. Welch HJ, Murphy MC, Raftery KB, Jewell ER: Carotid duplex with contralateral disease: The influence of vertebral artery blood flow. *Ann Vasc Surg* 2000; 14: 82–88.