

Obrazowanie metodą optycznej koherentnej tomografii u pacjentów z ostrym zawałem serca

Optical coherence tomography in patients with acute myocardial infarction

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono serię czterech przypadków pacjentów z ostrym zawałem serca, u których pierwotną angioplastykę wieńcową wykonano pod kontrolą optycznej koherentnej tomografii (OCT), która, poprzedzona trombektomią aspiracyjną, wykonana w natywnym naczyniu pozwala dokładnie ocenić patologię ściany naczynia i jego światła leżące u podłoża zawału. Na podstawie wyniku badania OCT dobrano szerokość i długość stentu, co nie zawsze odpowiadało ocenie angiograficznej. Ponadto wizualizacja za pomocą OCT pozwala ocenić efekt zabiegu, dostarczając informacji na temat mechanizmu ewentualnych powikłań. Dotychczasowe doświadczenie autorów pracy wskazuje, że obrazowanie OCT w ostrym zawałe serca jest wykonalne i na jego podstawie można uzyskać cenne dodatkowe informacje, które pomagają w optymalizacji procedury, niemniej wiąże się ono z wydłużeniem czasu trwania zabiegu i zwiększeniem ilości podanego kontrastu, co w przypadku pacjentów niestabilnych może być pewnym ograniczeniem.

Słowa kluczowe: optyczna koherentna tomografia, ostry zawał serca

Kardiol. Inwazyjna 2019, 14 (1), 13–21

ABSTRACT

The aim of this paper is to present four cases of patients with acute myocardial infarction (MI). The primary percutaneous coronary intervention (PCI) was guided with optical coherence tomography (OCT). The OCT inspection preceded by aspiration thrombectomy done in a native vessel allowed to assess the pathology of its wall and lumen which play a part in myocardial infarction. Based on baseline OCT, the diameter and length of the stent was chosen, which did not always correlate with angiographic assessment. Moreover, using the OCT, one can accurately assess the final effect of the procedure, providing information on the mechanism of possible complications. The current experience of the authors indicates that OCT imaging in acute myocardial infarction is feasible and helpful in optimization of the primary PCI. Nevertheless, prolonged time of PCI and increased volume of the contrast agent needed for OCT imaging might be some limitation in unstable MI patients.

Key words: optical coherence tomography, acute myocardial infarction

Kardiol. Inwazyjna 2019, 14 (1), 13–21

Wstęp

W większości zawałów przebiegających z uniesieniem odcinka ST (STEMI, *ST-segment elevation myocardial infarction*) pęknięcie blaszki miażdżycowej lub jej erozja, związane z ekspozycją kolagenu i czynnika tkankowego aktywują płytki krwi i generację trombiny, która odpowiada za powstanie fibryny. Przyrost objętości zakrzepu i jego stabilizacja wiążą się z wychwytem erytrocytów [1]. Z dotychczasowych badań, w tym badań własnych autorów wynika, że zakrzep wewnątrzwieńcowy (ICT, *intracoronary thrombus*) jest zbudowany głównie z fibryny, erytrocytów i w mniejszej ilości z płytek krwi [2, 3].

Radosław Rychlak¹, Grażyna Nowak²,
Jarosław Zalewski¹

¹Klinika Choroby Wieńcowej i Niewydolności Serca,
Uniwersytet Jagielloński *Collegium Medicum*

²Klinika Kardiologii Inwazyjnej, Uniwersytet
Jagielloński *Collegium Medicum*

Włókna fibryny dominują na powierzchni zakrzepu, a erytrocyty w jego wnętrzu [2, 3], gdzie upakowane mogą przyjmować kształt polihedralny [4].

Obecnie najdokładniejszym badaniem do wizualizacji *in vivo* wnętrza tętnicy wieńcowej, w tym blaszki miażdżycowej jest optyczna koherentna tomografia (OCT, *optical coherence tomography*) [5]. Histologicznie niestabilne blaszki odpowiedzialne za ostre zespoły wieńcowe to takie, które łatwo ulegają pęknięciu, są bogate w makrofagi i mają cienką czapczkę włóknistą (TCFA, *thin-cap fibroatheroma*), która jako substrat niestabilności blaszki może prowadzić do jej pęknięcia, owrzodzenia lub erozji. Najczęściej towarzyszy jej powstanie ICT. W badaniach autopsyjnych TCFA były związane z pękniętymi blaszkami [6]. Pacjenci z zawałem częściej w OCT mają stwierdzane TCFA (85 v. 13%), pęknięcie blaszki (77 v. 7%), ICT (100 v. 0%) i cieńszą TCFA (57 v. 180 μm) w porównaniu z pacjentami ze stabilną dławicą. Ponadto TCFA częściej uwidacziano u chorych ze STEMI niż NSTEMI (78 v. 49%). W przypadkach pęknięcia blaszki miażdżycowej w miejscu naczynia odpowiedzialnym za wystąpienie incydentu wieńcowego, istnieje większe prawdopodobieństwo znalezienia innej pękniętej blaszki w miejscu nie związanym z danym incydemem (35 v. 5%) [7] i ci pacjenci mają większe ryzyko wystąpienia kolejnego incydentu wieńcowego [5]. Warto zauważyć, że blaszki miażdżycowe ulegają dynamicznym zmianom. U pacjentów ze STEMI, 25% blaszek niezwiązanych z zawałem po 13 miesiącach wygoiło się, ale 40% uległo transformacji do TCFA [8].

Z kolei zakrzep w badaniu OCT jest widoczny jako masa związana z wewnętrzną powierzchnią naczynia lub unosząca się w jego świetle. Na podstawie OCT rozróżnia się dwa typy zakrzepów: zakrzep czerwony bogaty w erytrocyty, który silnie rozprasza promieniowanie wsteczne i znacznie go osłabia, oraz zakrzep biały bogaty w płytki krwi, które charakteryzuje mniejsze rozpraszanie wsteczne i osłabienie [5, 6].

W prezentowanej pracy autorzy przedstawiają serię czterech przypadków pacjentów z zawałem STEMI, u których wykonano badanie OCT, rejestrując natywny obraz naczynia dozawałowego i obraz po zakończeniu procedury. Poddają też dyskusji korzyści i ograniczenia związane z wykonaniem OCT w ostrej fazie zawału.

Przypadek 1

Mężczyzna lat 54, nieleczący się do tej pory kardiologicznie, z nadwagą, nieprawidłową glikemią na czczo, długotrwale palący, został przyjęty z powodu zawału ściany dolnej z towarzyszącym blokiem AV III stopnia. Przy przyjęciu był w stanie ogólnym ciężkim, z hipotensją i bradykardią 30/min. W wykonanym przyłożkowo badaniu echokardiograficznym uwi-

doczniono obniżoną kurczliwość obu komór, bez istotnych wad zastawkowych ani mechanicznych powikłań zawału serca. Chory wymagał czasowej stymulacji elektrodą endokawitarną.

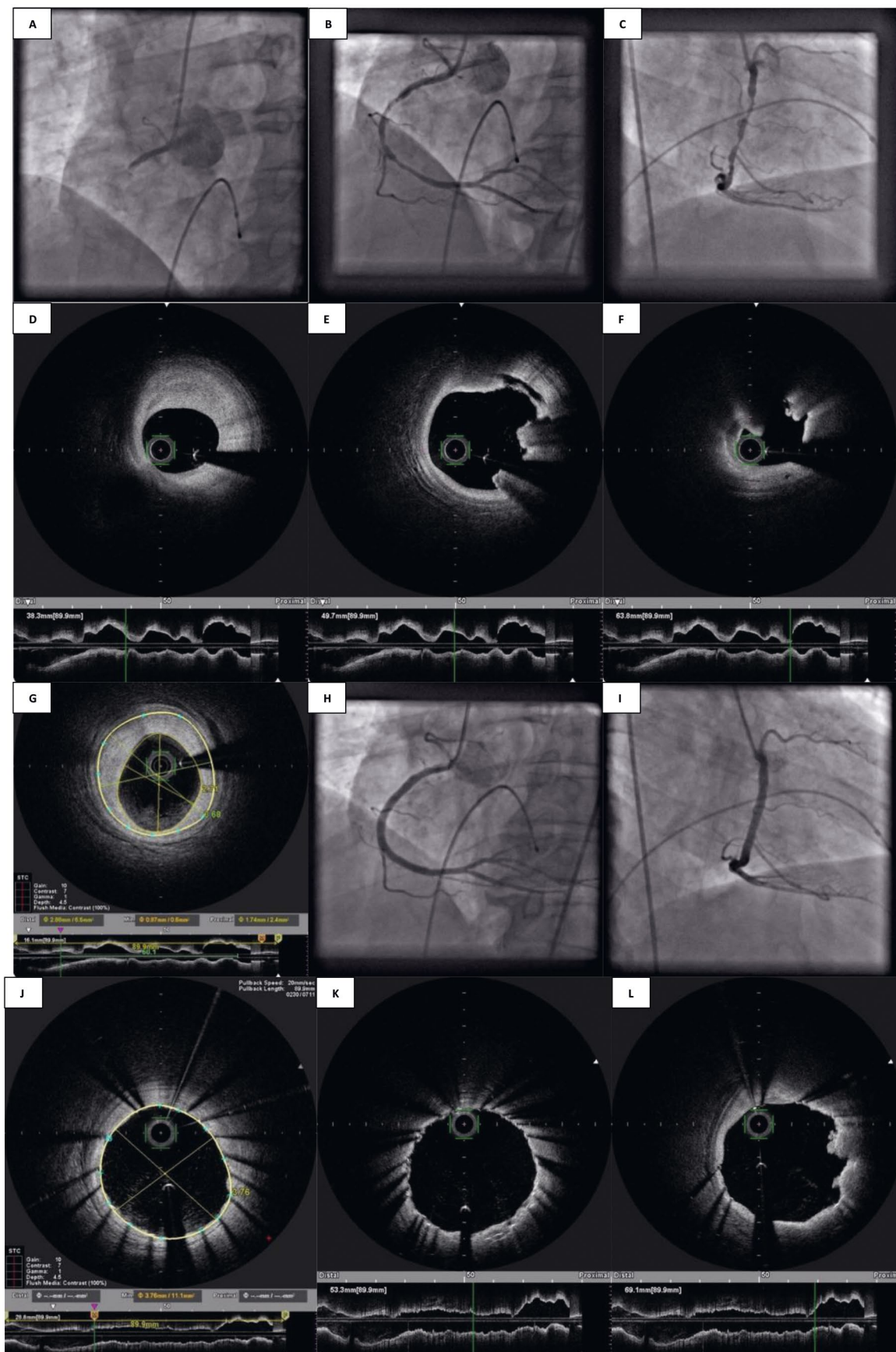
W koronarografii wykonanej z dostępu udowego, uwidoczniono niedrożną proksymalnie prawą tętnicę wieńcową (ryc. 1A). Po udrożnieniu naczynia i odesaniu materiału zakrzepowego (ryc. 1B, C) wykonano badanie OCT, w którym uwidoczniono długą blaszkę miażdżycową, tandemowo istotnie zwężającą światło naczynia. W części dystalnej blaszka była stabilna, z przewagą komponenty włóknistej (ryc. 1D), proksymalnie z dużym ładunkiem czerwonego zakrzepu (ryc. 1E). Pomędzy proksymalną i dystalną częścią zmiany, prawie na całej jej długości, widoczne było pęknięcie błony wewnętrznej z przyściennym zakrzepem (ryc. 1F). Na podstawie obrazowania OCT oceniono dystalny wymiar referencyjny oraz długość zmiany i na tej podstawie dobrano wymiar stentów (ryc. 1G). Dla pokrycia całej zmiany implantowano dwa stenty uwalniające cytostatyki (Resolute Integrity 4.0/38 mm oraz Resolute Integrity 4.0/22 mm), które dopięto na całej długości niepodatnym cewnikiem balonowym 4.5/20 mm (ryc. 1H, I). Obrazowanie OCT po wykonaniu angioplastyki uwidocznio pełne pokrycie zmiany, dobre przyleganie przęseł stentów do ściany naczynia, brak dyssekcji brzeżnej i niewielką protruzję blaszki miażdżycowej oraz rezydualnego zakrzepu (ryc. 1J–L).

W kontrolnych badaniach laboratoryjnych obserwowano typową ewolucję enzymatyczną zawału z maksymalnymi wartościami hsTn 4,0 ng/ml (norma < 0,014 ng/ml), CK 1757 U/l (norma 180 U/l) i CK-MB 280 U/l (norma < 25 U/l). W siódmej dobie wykonano badanie echokardiograficzne, w którym uwidoczniono hipokinezę segmentu środkowego ściany dolnej z frakcją wyrzutową lewej komory (EF, *ejection fraction*) 60%.

Przypadek 2

Chora lat 71, z nadciśnieniem tętniczym i hipercholesterolemią, została przyjęta z powodu zawału serca STEMI ściany przednio-bocznej. W wywiadzie zastabnięcie i typowy ból dławicowy trwający od około godziny. W chwili przyjęcia chora z resztkowymi dolegliwościami bólowymi w klatce piersiowej.

W koronarografii wykonanej z dostępu promieniowego uwidoczniono drożną gałąź międzykomorową przednią z dwoma krytycznymi zwężeniami w odcinku proksymalnym oraz w odcinku środkowym na rozwidleniu z gałęzią przekątną, bez istotnych angiograficznie przewężeń w pozostałych naczyniach nasierdziowych (ryc. 2A, B). Badanie OCT uwidocznio obecność zmian o mieszanym charakterze, z dużą objętością ładunku lipidowego i z ogniskami zwapnień, powodujących krytyczne przewężenia



Rycina 1. Obraz angiograficzny i obrazowanie metodą optycznej koherentnej tomografii pacjenta numer 1. Szczegółowe objaśnienia rycin w tekście pracy

w dwóch miejscach z dyssekcją jak również niewielkim materiałem zakrzepowym w miejscu dystalnego zwężenia oraz mikropęknięciem w miejscu zmiany proksymalnej (ryc. 2C–F). Po predylatacji obu zwężeń,

na podstawie pomiarów w OCT, wszczepiono dwa stenty pokryte cytostatykiem — dystalnie Ultimaster 3.0/24 mm i proksymalnie Ultimaster 3.5/18 mm, które doprężono niepodatnym cewnikiem balonowym

3.5/15 mm. Po doprężeniu zmiany proksymalnej wystąpiło przejściowe pogorszenie przepływu do TIMI-1, które spontanicznie ustąpiło (ryc. 2G). W kontrolnym obrazowaniu OCT potwierdzono prawidłowe przyleganie przęseł stentów do ściany naczynia na całej długości (ryc. 2H) z protruzją miękkiej blaszki lipidowej przez oka stentów w miejscu zmiany proksymalnej (ryc. 2I).

W badaniach laboratoryjnych obserwowano typową ewolucję enzymatyczną zawału z maksymalnymi wartościami hsTn 4.45 ng/ml, CK 1615 U/l i CK-MB 119 U/l. Kontrolne badanie echokardiograficzne wykonane w czwartej dobie uwidocznilo akinezę koniuszka, przykoniuszkowego segmentu ściany przedniej i przegrody międzykomorowej przy umiarkowanie zmniejszonej kurczliwości lewej komory z EF 40%.

Przypadek 3

Mężczyzna, lat 68 z chorobą niedokrwienną serca, po angioplastykach gałęzi międzykomorowej przedniej (LAD, *left anterior descending*) i prawej tętnicy wieńcowej (RCA, *right coronary artery*), z nadciśnieniem tętniczym, hipercholesterolemią, przewlekłą chorobą nerek w stadium 4, został przyjęty z powodu zawału serca STEMI ściany przedniej.

Koronarografia wykonana z dostępu promieniowego uwidocznila obraz choroby wielonaczyniowej z zajęciem pnia lewej tętnicy wieńcowej (LM, *left main*) (ryc. 3A–C). Biorąc pod uwagę obraz kliniczny (zawał STEMI) i brak dogodnego do pomostowania obwodu LAD zdecydowano o jednoczasowym zabiegu angioplastyki rozwidlenia LM. Interwencję wykonano pod kontrolą OCT. Obrazowanie OCT natywnego LAD i LM pozwoliło uwidoczniać rozsiane włóknisto-wapienne zmiany w odcinku dystalnym (ryc. 3D), w środkowym odcinku w uprzednio wszczepionym stencie metalowym warstwę neointymy powodującą nawrót zwężenia do 50% (ryc. 3E), proksymalnie do stentu stabilne zwężenie włóknisto-lipidowe zwężające światło naczynia 50% (ryc. 3F) oraz krytyczne zwężenie ostium LAD przechodzące na dystalny odcinek LM z zakrzepem w ostium LAD (ryc. 3H) i dużym rezydualnym zakrzepem dystalnie do zwężenia (ryc. 3G) oraz stabilną ekscentryczną zmianę w LM (ryc. 3I). Aspiracja zakrzepu systemem do trombektomii okazała się nieskuteczna. Po predylatacji zmian w LAD wszczepiono od odcinka dystalnego stent Resolute 3.5/22 mm, pokrywając poprzedni stent i proksymalnie na zakładkę stent Resolute 4.0/26 do ostium LM wykonując POT w LM. Ponieważ proksymalny odcinek gałęzi okalającej (LCx) był objęty istotnym, długim zwężeniem, techniką TAP (*T-and protrusion*) implantowano stent Resolute 3.5/18 mm w początkowym odcinku LCx, kończąc procedurę techniką kissing i rePOT (ryc. 3J, K). Wynik zabiegu sprawdzono w OCT, uwidaczniając

prawidłowe przyleganie stentów na całej długości LAD, szczególnie w zakresie LM, szerokie otwarcie oka stentu do LCx, 1 mm TAP w dystalnym LM oraz niewielkie protruzje materiału zakrzepowego przez oka stentów (ryc. 3L–R).

Po zabiegu obserwowano w badaniu echokardiograficznym zmniejszoną kurczliwość lewej komory z EF 32–35% z akinezą koniuszka, segmentów przykoniuszkowych wszystkich ścian oraz akinezą ściany przednio-przegrodowej. Po stabilizacji układu krążenia i normalizacji enzymatycznej wykonano drugi etap rewaskularyzacji, skutecznie poszerzając prawą tętnicę wieńcową z wszczepieniem stentu uwalniającego cytostatyki.

Przypadek 4

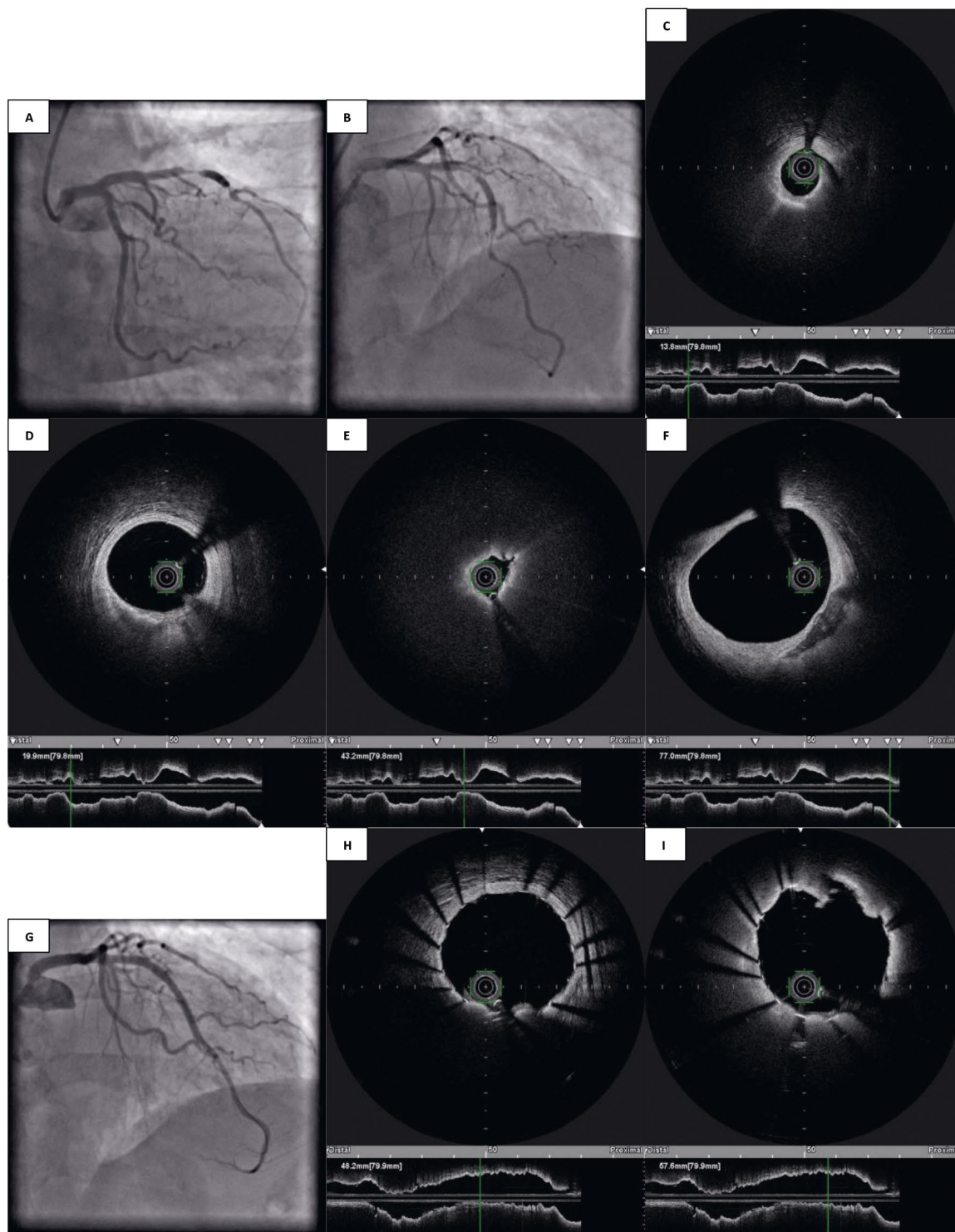
Mężczyzna lat 74, lecący się z powodu nadciśnienia tętniczego i hipercholesterolemii, został przyjęty w trybie pilnym z powodu ostrego zawału serca ściany przedniej.

Koronarografia uwidocznila niedrożność gałęzi międzykomorowej przedniej w VII segmencie, bez istotnych angiograficznie zmian w pozostałych naczyniach nasierdziowych (ryc. 4A, B). Po aspiracji dużej ilości materiału zakrzepowego (ryc. 4C) wykonano obrazowanie OCT, w którym uwidoczniono dystalnie do miejsca okluzji zmiany lipidowo-wapienne (ryc. 4D), w miejscu okluzji krytyczne zwężenie z dysekcją i przyściennym rezydualnym materiałem zakrzepowym (ryc. 4E–G), poprzedzone stabilną uwapnioną zmianą tuż za miejscem odejścia gałęzi przekątnej (ryc. 4H). Na podstawie pomiarów z OCT dobrano rozmiar stentu 3.0/24 mm, który następnie doprężono niepodatnym cewnikiem balonowym 3.5/15 mm (ryc. 4I). Kontrolne obrazowanie OCT pokazało pełne pokrycie zmiany, dobre przyleganie do ściany naczynia przęseł stentu, brak dyssekcji brzeżnej i niewielką protruzję blaszki przez oka stentu (ryc. 4J–L).

W kolejnych dobach hospitalizacji pacjent nie zgłaszał nawrotu stenokardii, w badaniach laboratoryjnych obserwowano typową ewolucję enzymatyczną zawału z maksymalnymi wartościami hsTn 2.03 ng/ml, CK 552 U/l, CK-MB 82 U/l. Wynik badania echokardiograficznego wykazał dyskinezę koniuszka, akinezę segmentu przykoniuszkowego i hipokinezę segmentu środkowego przegrody międzykomorowej z umiarkowanie obniżoną frakcją wyrzutową lewej komory z EF 43%.

Dyskusja

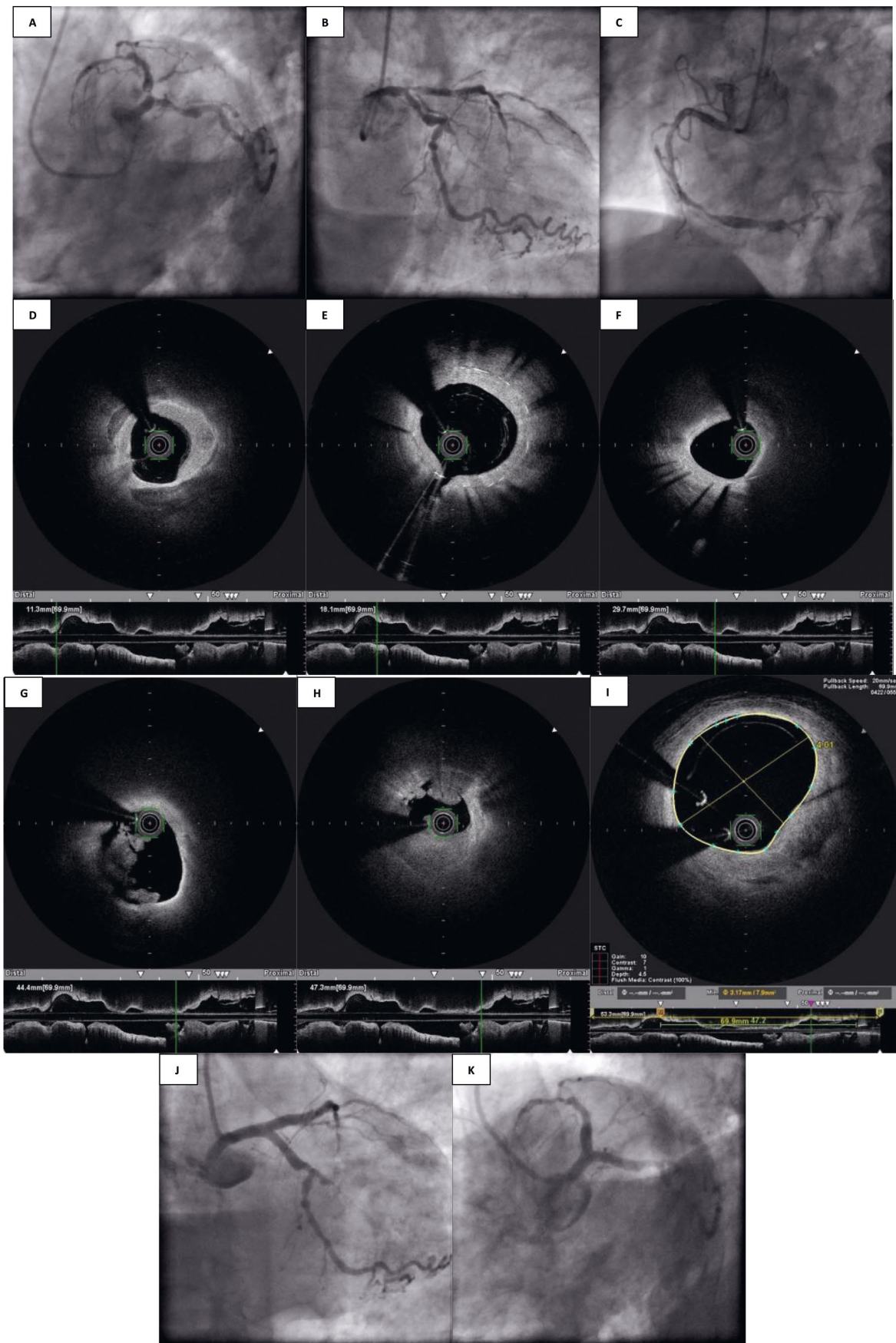
W przedstawionej pracy autorzy podzielili się własnymi doświadczeniami z wykonywania pierwotnej angioplastyki wieńcowej w ostrym zawałe serca przebiegającym z uniesieniem odcinka ST pod kontrolą optycznej koherentnej tomografii. Zasadnicze pytanie brzmi: czy tego typu obrazowanie u pacjenta



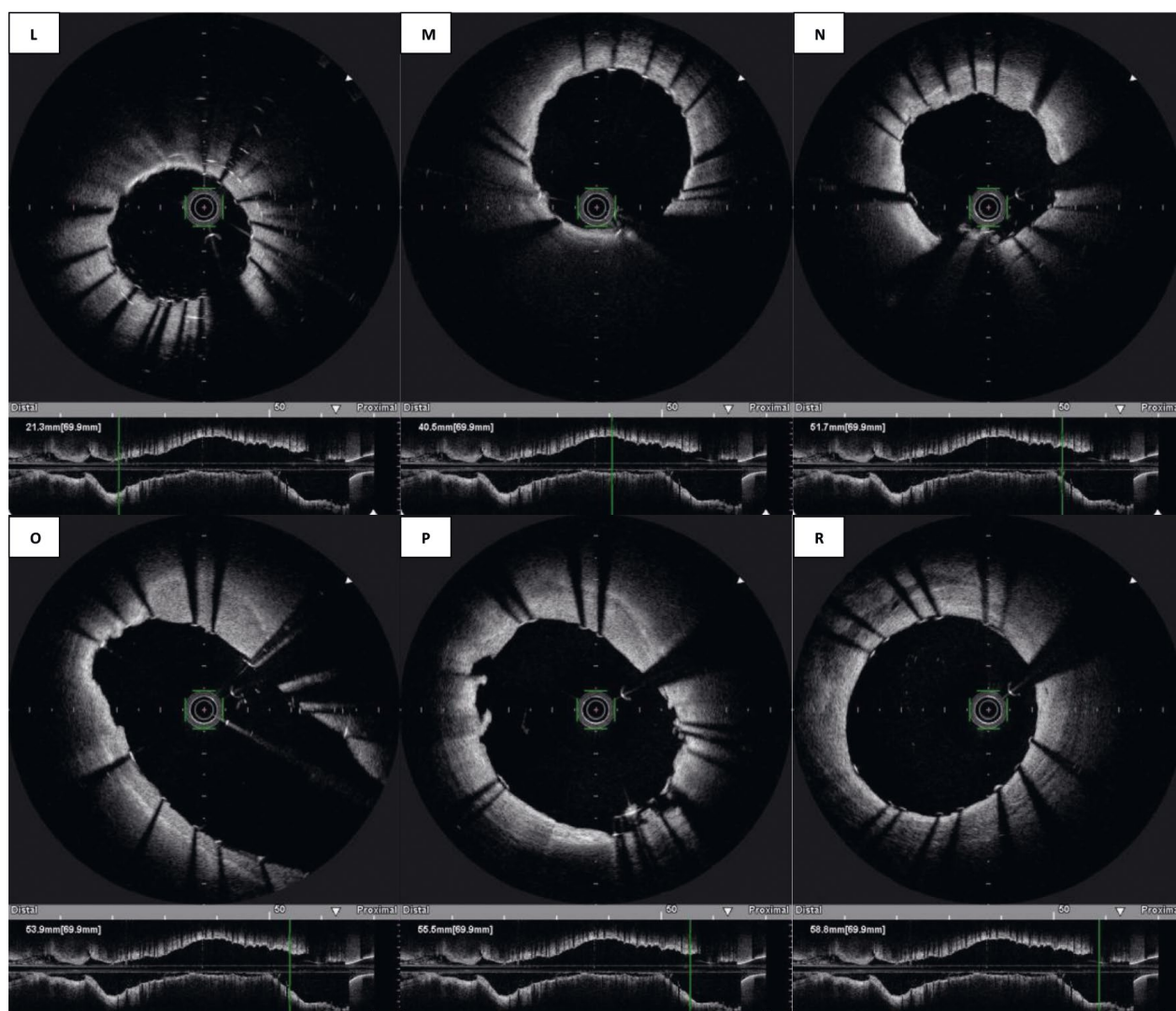
Rycina 2. Obraz angiograficzny i obrazowanie metodą optycznej koherentnej tomografii pacjenta numer 2. Szczegółowe objaśnienia rycin w tekście pracy

z zawałem serca przynosi dodatkowe korzyści? Z technicznego punktu widzenia, OCT wiąże się z dodatkowym podaniem kontrastu, niemniej w kontekście oszczędnie wykonanej całej interwencji jest to dodatkowo objętość maksymalnie 40 ml, co nie powinno być przyczyną nefropatii pokontrastowej. Jeśli zamiarem jest uwidocznienie natywnego naczynia, to ten etap procedury wymaga od operatora cierpliwości. Autorzy pracy przygotowują naczynie dozawałowe do OCT za pomocą trombektomii aspiracyjnej lub inflacji niewielkim cewnikiem balonowym (maksymalnie 2.0 mm), tak aby z jednej strony

jak najmniej naruszyć wyjściową strukturę tętnicy a z drugiej umożliwić efektywny napływ kontrastu przez zmianę odpowiedzialną za zawał do obwodu naczynia co jest niezbędne do uruchomienia sondy do OCT. Sama sonda do OCT bardzo sprawnie pokonuje nawet mocno uwapnione zwężenia. W grupie badanej przez autorów, na 40 przypadków obrazowania OCT u pacjentów z zawałem tylko u jednego nie udało się wprowadzić sondy do natywnego naczynia. Nie należy zapominać, że pacjent w momencie udrażniania tętnicy jest często mocno objawowy, co nie ułatwia procedury OCT. Precyzyjnie



Rycina 3. Obraz angiograficzny i obrazowanie metodą optycznej koherentnej tomografii pacjenta numer 3. Szczegółowe objaśnienia rycin w tekście pracy



Rycina 3 (cd.). Obraz angiograficzny i obrazowanie metodą optycznej koherentnej tomografii pacjenta numer 3. Szczegółowe objaśnienia rycin w tekście pracy

wykonane obrazowanie OCT natywnego naczynia wynagradza jednak trud, który był z nim związany. Pozwala bowiem dokładnie ocenić patologię ściany naczynia i jego światła, leżące u podłoża zawału. Na podstawie zakresu patologii ocenionej w OCT można precyzyjnie dobrać szerokość i długość stentu, które nie zawsze korelują z oceną angiograficzną.

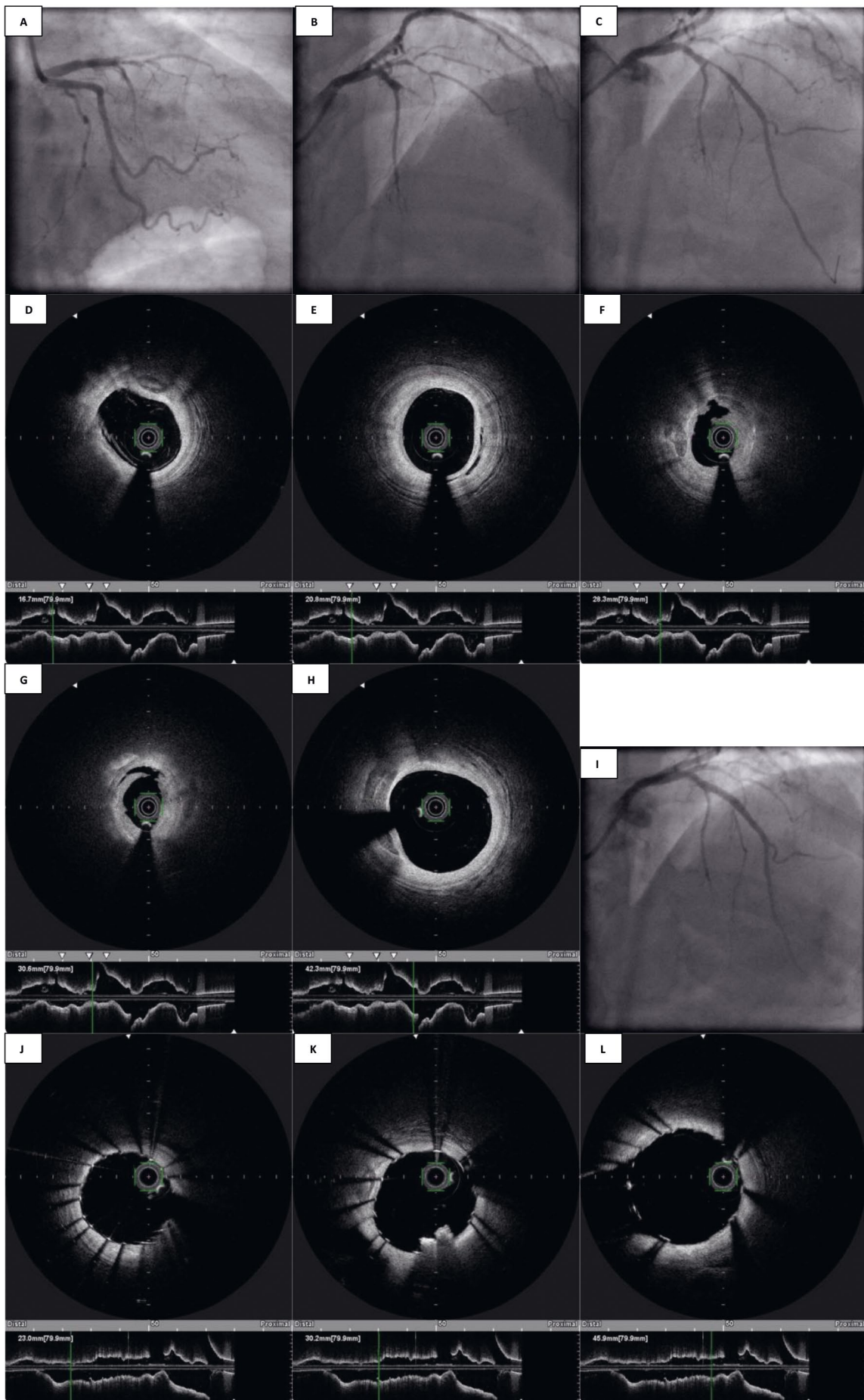
Z kolei wykonanie ponownego obrazowania OCT po zakończeniu interwencji doskonale sprawdza się w ocenie efektu zabiegu: pozycji stentu, przyleganiu jego przęseł do ściany naczynia, uwidocznieniu dyssekcji brzożnej, czy identyfikacji obecności protruzji fragmentów blaszki miażdżycowej lub elementów zakrzepowych przez oka stentu. Ta ostatnia patologia może odpowiadać za pojawienie się zjawiska zwolnionego przepływu w nasierdziowym odcinku tętnicy wieńcowej, najczęściej po wszczepieniu stentu. nierozwiązaną kwestią pozostaje wielkość rezydualnej malapozycji stentu jak również rezydualnej protruzji przez oka w stencie, które można u pacjenta z zawa-

łem serca pozostawić bez klinicznych konsekwencji. Literatura wskazuje, że OCT wykonywane w zawałe jest użyteczne do oceny objętości zakrzepu [9, 10]. Ponadto, ostatnio wykazano, że OCT może umożliwić monitorowanie regresji zakrzepu u wybranych chorych z ostrym zespołem wieńcowym [11].

Dotychczasowe doświadczenie autorów pracy wskazuje, że obrazowanie OCT u pacjenta z ostrym zawałem serca jest wykonalne i dostarcza cennych dodatkowych informacji pomagających w optymalizacji procedury, niemniej wiąże się ono z wydłużeniem czasu procedury i ilości podanego kontrastu, co w przypadku pacjentów niestabilnych może być pewnym ograniczeniem.

Finansowanie

Praca została przygotowana dzięki środkom pochodzącym z grantu Narodowego Centrum Nauki o numerze 2016/21/B/NZ5/01378 dla J.Z.



Rycina 4. Obraz angiograficzny i obrazowanie metodą optycznej koherentnej tomografii pacjenta numer 4. Szczegółowe objaśnienia rycin w tekście pracy

Piśmiennictwo:

1. Furie B, Furie BC. Mechanisms of thrombus formation. *N Engl J Med*. 2008; 359(9): 938–949, doi: [10.1056/NEJMra0801082](https://doi.org/10.1056/NEJMra0801082), indexed in Pubmed: 18753650.
2. Zalewski J, Bogaert J, Sadowski M, et al. Plasma fibrin clot phenotype independently affects intracoronary thrombus ultrastructure in patients with acute myocardial infarction. *Thromb Haemost*. 2015; 113(6): 1258–1269, doi: [10.1160/TH14-09-0801](https://doi.org/10.1160/TH14-09-0801), indexed in Pubmed: 25739375.
3. Silvain J, Collet JP, Guedeney P, et al. Composition of coronary thrombus in acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol*. 2011; 57(12): 1359–1367, doi: [10.1016/j.jacc.2010.09.077](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2010.09.077), indexed in Pubmed: 21414532.
4. Cines DB, Lebedeva T, Nagaswami C, et al. Clot contraction: compression of erythrocytes into tightly packed polyhedra and redistribution of platelets and fibrin. *Blood*. 2014; 123(10): 1596–1603, doi: [10.1182/blood-2013-08-523860](https://doi.org/10.1182/blood-2013-08-523860), indexed in Pubmed: 24335500.
5. Tearney GJ, Regar E, Akasaka T, et al. International Working Group for Intravascular Optical Coherence Tomography (IWG-IVOCT). Consensus standards for acquisition, measurement, and reporting of intravascular optical coherence tomography studies: a report from the International Working Group for Intravascular Optical Coherence Tomography Standardization and Validation. *J Am Coll Cardiol*. 2012; 59(12): 1058–1072, doi: [10.1016/j.jacc.2011.09.079](https://doi.org/10.1016/j.jacc.2011.09.079), indexed in Pubmed: 22421299.
6. Sinclair H, Bourantas C, Bagnall A, et al. OCT for the identification of vulnerable plaque in acute coronary syndrome. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2015; 8(2): 198–209, doi: [10.1016/j.jcmg.2014.12.005](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2014.12.005), indexed in Pubmed: 25677892.
7. Vergallo R, Ren X, Yonetsu T, et al. Pancoronary plaque vulnerability in patients with acute coronary syndrome and ruptured culprit plaque: a 3-vessel optical coherence tomography study. *Am Heart J*. 2014; 167(1): 59–67, doi: [10.1016/j.ahj.2013.10.011](https://doi.org/10.1016/j.ahj.2013.10.011), indexed in Pubmed: 24332143.
8. Zhao Z, Witzensbichler B, Mintz GS, et al. Dynamic nature of nonculprit coronary artery lesion morphology in STEMI: a serial IVUS analysis from the HORIZONS-AMI trial. *JACC Cardiovasc Imaging*. 2013; 6(1): 86–95, doi: [10.1016/j.jcmg.2012.08.010](https://doi.org/10.1016/j.jcmg.2012.08.010), indexed in Pubmed: 23328566.
9. Prati F, Capodanno D, Pawlowski T, et al. Local delivery versus intracoronary infusion of abciximab in patients with acute coronary syndromes. *JACC Cardiovasc Interv*. 2010; 3(9): 928–934, doi: [10.1016/j.jcin.2010.05.017](https://doi.org/10.1016/j.jcin.2010.05.017), indexed in Pubmed: 20850091.
10. Magro M, Regar E, Gutiérrez-Chico JL, et al. Residual atherothrombotic material after stenting in acute myocardial infarction--an optical coherence tomographic evaluation. *Int J Cardiol*. 2013; 167(3): 656–663, doi: [10.1016/j.ijcard.2012.03.073](https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2012.03.073), indexed in Pubmed: 22459382.
11. Amabile N, Hammas S, Fradi S, et al. Intra-coronary thrombus evolution during acute coronary syndrome: regression assessment by serial optical coherence tomography analyses. *Eur Heart J Cardiovasc Imaging*. 2015; 16(4): 433–440, doi: [10.1093/ehjci/jeu228](https://doi.org/10.1093/ehjci/jeu228), indexed in Pubmed: 25428947.

Adres do korespondencji:

Radosław Rychlak
Klinika Choroby Wieńcowej
i Niewydolności Serca UJCM
ul. Prądnicka 80, 31–202 Kraków
e-mail: drrad@poczta.onet.pl