

Ενδοστεφανιαία Απεικόνιση -IVUS και OCT

ΒΙΡΓΙΝΙΑ ΜΠΛΑΝΗ¹
ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ ΤΣΙΓΚΑΣ¹
ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΑ ΜΠΟΥΚΗ²
ΠΕΡΙΚΛΗΣ ΝΤΑΒΛΟΥΡΟΣ¹

¹ Π.Γ.Ν. Πατρών

² Γ.Κ.Ν. Νίκαιας

Λέξεις ευρετηρίου

Αγγειοπλαστική στεφανιαίων, ενδοστεφανιαία απεικόνιση, ενδαγγειακό υπερηχογράφημα (IVUS), οπτική συνεκτική τομογραφία (OCT)

Βιργινία Μπλάνη

Καρδιολόγος

Διεύθυνση επικοινωνίας

E-mail: virginiamplani@yahoo.gr

Η ενδοστεφανιαία απεικόνιση στην κάθε μέρα κλινική πράξη αφορά σε δυο τεχνικές, στο ενδοστεφανιαίο υπερηχογράφημα (IVUS) και στην οπτική συνεκτική τομογραφία (OCT). Και οι δυο μέθοδοι αναπτύχθηκαν με σκοπό την αύξηση της ευαισθησίας και της ειδικότητας στη διάγνωση σημαντικών στενώσεων των στεφανιαίων αγγείων σε σχέση με την κλασσική αγγειογραφία. Παρά το γεγονός ότι έχει αποδειχτεί σχετικά καλή συμφωνία μεταξύ των δυο μεθόδων, το κύριο μειονέκτημα είναι ότι δεν μπορεί να υπάρξει μια διακριτή τιμή (cutoffpoint), όσο αφορά στη βαρύτητα της βλάβης για όλα τα αγγεία και όλους τους ασθενείς. Εν τούτοις, χάρη στην υψηλή διακριτική τους ικανότητα και οι δυο μέθοδοι αποδείχθηκαν εξαιρετικά εργαλεία για την αποσαφήνιση της φύσης των στεφανιαίων στενώσεων με εξαιρετική δυνατότητα διάκρισης μεταξύ αθηρωματικών πλακών, θρόμβου, παρουσίας ασβεστοποίησης, διαχωρισμού, κ.τ.λ., αλλά και για τη μελέτη της εναπόθεσης των ενδοστεφανιαίων προθέσεων (stent) και των μηχανισμών επαναστένωσης και θρόμβωσης των τελευταίων. Έτσι η κύρια κλινική ένδειξη χρήσης των τεχνικών αυτών παραμένει η μελέτη των στεφανιαίων στενώσεων προκειμένου να σχεδιαστεί η αγγειοπλαστική τους και ο έλεγχος του αποτελέσματος μετά την τοποθέτηση του stent με σκοπό την βελτιστοποίηση του αποτελέσματος και την ενδεχόμενη μείωση τελικών καταληκτικών σημείων όπως η επαναστένωση, η θρόμβωση, η ανάγκη για μελλοντική επανααγγείωση, το έμφραγμα και η επιβίωση. Η διακριτική ικανότητα της OCT είναι καλύτερη σε σχέση με αυτή του IVUS, το τελευταίο όμως έχει μελετηθεί περισσότερο σε σχέση με τα παραπάνω, ενώ δεν απαιτείται έγχυση σκιαστικού παράγοντα. Συστήνεται η χρήση της μεθόδου με την οποία είναι περισσότερο εξοικειωμένη η ομάδα των επεμβατικών καρδιολόγων για τις παραπάνω ενδείξεις.

Εισαγωγή

Η επεμβατική στεφανιογραφία αποτελεί την μέθοδο αναφοράς για την απεικόνιση των στεφανιαίων αγγείων και τη διενέργεια αγγειοπλα-

σπικής, αλλά με περιορισμούς όσον αφορά στην αξιολόγηση των διαστάσεων του αγγείου και της βαρύτητας των στενώσεων, στο χαρακτηρισμό της αθηρωματικής πλάκας και στην εκτίμηση του αποτελέσματος της αγγειοπλαστικής.¹ Η ενδαγγειακή απεικόνιση με ενδοστεφανιαίο υπερηχογράφημα (IVUS), οπτική συνεκτική τομογραφία (OCT), αναπτύχθηκε για να ξεπεραστούν οι παραπάνω περιορισμοί της στεφανιογραφίας. Η χρήση τους επικεντρώνεται στην αξιολόγηση ενδιάμεσων στενώσεων, στην εκτίμηση της βαρύτητας των στεφανιαίων βλαβών και στην καθοδήγηση-βελτιστοποίηση της αγγειοπλαστικής. Έχει δείξει ότι η αγγειοπλαστική που καθοδηγείται από απεικόνιση σχετίζεται με χαμηλότερα ποσοστά επαναγγείωσης της βλάβης και του αγγείου στόχου, θρόμβωσης stent, μείζονα καρδιαγγειακά συμβάματα και καρδιαγγειακού θανάτου σε σύγκριση με αγγειοπλαστική καθοδηγούμενη αποκλειστικά με αγγειογραφία.^{2,3}

IVUS (Ενδαγγειακό υπερηχογράφημα)

Το IVUS αποτελείται από ένα καθετήρα 3.2-3.5 Fr με μορφοτροπέα υπερήχων.⁴ Οι σύγχρονοι συμβατικοί καθετήρες IVUS 40 MHz έχουν αξονική ανάλυση 100-150 μm, πλευρική ανάλυση 200 μm και διεύθυνση στον ιστό 4-8 mm. Τα σύγχρονα συστήματα IVUS παρέχουν τη δυνατότητα λεπτομερούς απεικόνισης των τοιχωμάτων του αγγείου, ενώ με τη χρήση κυμάτων ραδιοσυχνότητας μπορεί κανείς να αξιολογήσει τη σύσταση της αθηρωματικής πλάκας (IVUS-VirtualHistology).^{5,6} Ροή έγχρωμου Doppler (Chroma-flow), μπορεί να προστεθεί στην απεικόνιση IVUS ώστε να ελεγχθεί η εναπόθεση των stent στον αυλό. Νέες τεχνικές αγγειοπλαστικής «μηδενικής χρήσης σκιαγραφικού» με τη χρήση IVUS είναι δυναμικά ασφαλείς και αποτελεσματικές σε επιλεγμένους ασθενείς με σοβαρή νεφρική νόσο. Εξέλιξη στην τεχνολογία του IVUS αποτελούν οι μορφομετατροπείς 60 MHz υψηλής ευκρίνειας (HD), με βελτίωση της αξονικής ανάλυσης στα 22 μm, της πλευρικής ανάλυσης στα 50-140 μm και της αυτοματοποιημένης ταχύτητας απόσυρσης έως 10 mm/s.⁷

Όσον αφορά στη χρήση του IVUS για την εκτίμηση των στεφανιαίων βλαβών η ελάχιστη επιφάνεια αυλού (MLA), έχει καθιερωθεί ως η

σημαντικότερη παράμετρος για λήψη αποφάσεων.⁵ Για νόσο στελέχους⁸ σημαντικές θεωρούνται βλάβες με $MLA < 5,9 \text{ mm}^2$ και για τα υπόλοιπα αγγεία⁹ (αναλόγως του μεγέθους) $\leq 3-4 \text{ mm}^2$. Εντούτοις έχει δείξει ότι σε σχέση με την κλασματική εφεδρεία ροής (FFR), μέθοδο αναφοράς για την εκτίμηση της βαρύτητας στεφανιαίων στενώσεων, ο IVUS έχει περιορισμένη ευαισθησία (0,79) και ειδικότητα (0,65), η οποίες είναι υψηλότερες για τη νόσο στελέχους (0,90 και 0,90 αντίστοιχα).¹⁰ Γενικά θεωρείται ότι ο IVUS μπορεί να οδηγήσει σε εσφαλμένη ταξινόμηση της βαρύτητας μέχρι και 20% των στεφανιαίων στενώσεων με αποτέλεσμα περισσότερες αγγειοπλαστικές και για αυτό προτείνεται ότι ίσως θα έπρεπε να χρησιμοποιείται μικρότερο όριο MLA σε σχέση με αυτό που χρησιμοποιείται σήμερα για τη λήψη αποφάσεων.¹⁰ Κριτήρια βέλτιστου αποτελέσματος της αγγειοπλαστικής με τον IVUS είναι η εντός του stent $MLA \geq 90\%$ του αυλού αναφοράς. Πολλές μελέτες και μεταanalύσεις έδειξαν ότι υπάρχει σημαντικό κλινικό όφελος από τη χρήση του IVUS σε σύγκριση με την απλή αγγειογραφική καθοδήγηση κατά τη διάρκεια αγγειοπλαστικής,¹¹⁻¹⁵ ενώ η χρήση του IVUS κατά την αγγειοπλαστική σύμπλοκων βλαβών έχει αποδειχθεί ότι έχει σημαντικά μικρότερα ποσοστά ανεπιθύμητων συμβαμάτων σε σχέση με την απλή αγγειογραφία.¹⁶ Ειδικά για την αγγειοπλαστική στελέχους το IVUS θεωρείται σχεδόν απαραίτητο εργαλείο για την εξασφάλιση βέλτιστου αποτελέσματος, με την προϋπόθεση ότι ο επεμβατικός είναι εξοικειωμένος με την εκτέλεση της εξέτασης αλλά και την ερμηνεία των εικόνων.¹⁷

OCT (Οπτική Συνεκτική Τομογραφία)

Η OCT πραγματοποιείται με τη χρήση φωτός κοντά στο φάσμα του υπέρυθρου (μήκος κύματος 1.300 nm), που εκπέμπεται από καλώδιο οπτικών ινών. Οι τυπικοί καθετήρες OCT είναι περίπου 3,2 F monorail με κωνικό άκρο. Η αξονική της ανάλυση είναι 10-20 μm και η διεύθυνση στους ιστούς 1-3 mm.¹⁸ Ο καθετήρας με την οπτική ίνα αποσύρεται εντός του αγγείου αυτοματοποιημένα με ταχύτητα 10-20 mm/s. Επειδή το φως σκεδάζεται από τα ερυθρά αιμοσφαίρια δημιουργώντας τεχνουργήματα, η OCT απαιτεί

τη χορήγηση σκιαγραφικού (10-14 mL ανά εγγραφή).¹⁹ Η πραγματοποίηση της εξέτασης απαιτεί δεξιότητες για την αποφυγή τεχνουργημάτων από το οδηγό σύρμα και το αίμα εντός του αυλού.²⁰ Λόγω της υψηλής διακριτικής ικανότητας η OCT παρέχει εντυπωσιακές εικόνες του αγγείου και των αθηρωματικών πλακών παραπλήσιες της ιστολογίας. Αποτελεί ιδανική μέθοδο για την μελέτη ασαφών (ambiguous lesions), δεν έχει όμως καθιερωθεί κλινικά στην εκτίμηση της βαρύτητας ενδιάμεσων στενώσεων παρά την σχετικά καλή συμφωνία με τον IVUS και το FFR.^{21, 22} Η OCT είναι ιδανική επίσης για τη μελέτη των μηχανισμών επαναστένωσης και θρόμβωσης των stent,^{23, 24} αλλά και για την καθοδήγηση της αγγειοπλαστικής. Με την OCT αναδεικνύονται με μεγαλύτερη σαφήνεια και σε υψηλότερα ποσοστά σε σχέση με τον IVUS στοιχεία όπως ο διαχωρισμός στην άκρη του stent, η προβολή αθηρωματικής πλάκας δια του stent, η κακή εναπόθεση του stent και ο θρόμβος.^{20, 25-28} Πως αυτές οι διαφορές σε σχέση με τον IVUS και η πιθανή αντιμετώπισή τους επηρεάζουν τα κλινικά συμβάματα, παραμένει τομέας εξαιρετικού ενδιαφέροντος και έρευνας, καθώς σε αντίθεση με τον τελευταίο δεν έχει καθοριστεί ουδός για την βέλτιστη τοποθέτηση stent με τη χρήση της OCT.²⁹

Παρότι υπάρχει μια τάση με τον IVUS να χρησιμοποιούνται μεγαλύτερης διαμέτρου μπαλόνια και να επιτυγχάνεται μεγαλύτερη μετεπεμβατική διάμετρος αυλού,^{30, 31} η χρήση OCT στην αγγειοπλαστική έχει αποδειχτεί μη κατώτερη του IVUS όσον αφορά σε καρδιακό θάνατο, έμφραγμα σχετιζόμενο με το αγγείο-στόχο, επαναγγείωση του αγγείου-στόχου.³⁰

Κατευθυντήριες Οδηγίες

Οι ευρωπαϊκές κατευθυντήριες οδηγίες της επαναγγείωσης συστήνουν τη χρήση απεικόνισης με ένδειξη class-II με επίπεδο απόδειξης ανάλογα με την ένδειξη της αγγειογραφίας (επαναστένωση: IVUS ή/και OCTIIa-C, χρήση IVUS ή OCT για βελτιστοποίηση της τοποθέτησης stentIIa-B, χρήση IVUS για τη βελτιστοποίηση αγγειοπλαστικής στελέχους IIa-B).³²

Περιορισμοί της ενδοαγγειακής απεικόνισης

Οι συνήθεις περιορισμοί περιλαμβάνουν τον επιπλέον χρόνο και κόστος που

απαιτείται για απεικόνιση. Κύριος περιορισμός του IVUS είναι η διακριτική του ικανότητα ιδίως στην περίπτωση έντονα ασβεστωμένων βλαβών.⁵ Περιορισμοί της OCT είναι το κόστος, η χρήση σκιαγραφικού και η μικρότερη σε σχέση με τον IVUS διείσδυση στους ιστούς.

Συμπέρασμα

Οι περιορισμοί της κλασσικής αγγειογραφίας στην εκτίμηση ενδιάμεσων και ασαφών στεφανιαίων στενώσεων μπορεί να περιοριστούν με την ενδοαγγειακή απεικόνιση. Η καθοδηγούμενη από την τελευταία αγγειοπλαστική, υπερέρχει έναντι της κλασσικής αγγειογραφίας. Ο IVUS θεωρείται ιδανικός για την εκτίμηση ενδιάμεσων βλαβών και την καθοδήγηση της αγγειοπλαστικής (ιδίως του στελέχους), ενώ η OCT για τη διερεύνηση ασαφών στεφανιαίων βλαβών, των μηχανισμών αποτυχίας του stent, της σύστασης της αθηρωματικής πλάκας, αλλά και για την καθοδήγηση της αγγειοπλαστικής. Το ποια μέθοδος θα προτιμηθεί εξαρτάται από το κλινικό σενάριο και την εμπειρία του κέντρου.

Βιβλιογραφία

1. Ng VG, Lansky AJ. Novel qca methodologies and angiographic scores. The international journal of cardiovascular imaging. 2011;27:157-165
2. Raber L, Mintz GS, Koskinas KC, Johnson TW, Holm NR, Onuma Y, Radu MD, Joner M, Yu B, Jia H, Meneveau N, de la Torre Hernandez JM, Escaned J, Hill J, Prati F, Colombo A, di Mario C, Regar E, Capodanno D, Wijns W, Byrne RA, Guagliumi G, Group ESCSD. Clinical use of intracoronary imaging. Part 1: Guidance and optimization of coronary interventions. An expert consensus document of the european association of percutaneous cardiovascular interventions. European heart journal. 2018;39: 3281-3300
3. Buccheri S, Franchina G, Romano S, Puglisi S, Venuti G, D'Arrigo P, Francaviglia B, Scalia M, Condorelli A, Barbanti M, Capranzano P, Tam-

- burino C, Capodanno D. Clinical outcomes following intravascular imaging-guided versus coronary angiography-guided percutaneous coronary intervention with stent implantation: A systematic review and bayesian network meta-analysis of 31 studies and 17,882 patients. *JACC. Cardiovascular interventions*. 2017;10:2488-2498
4. Garcia-Garcia HM, Gogas BD, Serruys PW, Bruni N. Ivis-based imaging modalities for tissue characterization: Similarities and differences. *The international journal of cardiovascular imaging*. 2011;27:215-224
 5. Mintz GS, Nissen SE, Anderson WD, Bailey SR, Erbel R, Fitzgerald PJ, Pinto FJ, Rosenfield K, Siegel RJ, Tuzcu EM, Yock PG. American college of cardiology clinical expert consensus document on standards for acquisition, measurement and reporting of intravascular ultrasound studies (ivus). A report of the american college of cardiology task force on clinical expert consensus documents. *Journal of the American College of Cardiology*. 2001;37:1478-1492
 6. Nissen SE. Ivis virtual histology: Unvalidated gimmick or useful technique? *Journal of the American College of Cardiology*. 2016;67:1784-1785
 7. Chin CY, Maehara A, Fall K, Mintz GS, Ali ZA. Imaging comparisons of coregistered native and stented coronary segments by high-definition 60-mhz intravascular ultrasound and optical coherence tomography. *JACC. Cardiovascular interventions*. 2016;9:1305-1306
 8. Jasti V, Ivan E, Yalamanchili V, Wongpraparut N, Leesar MA. Correlations between fractional flow reserve and intravascular ultrasound in patients with an ambiguous left main coronary artery stenosis. *Circulation*. 2004;110:2831-2836
 9. Abizaid AC, Piegas LS, Abizaid AA, Tanajura LF, Chaves AJ, Centemero MP, Seixas AC, Mattos LA, Pinto I, Sousa AG, Sousa JE. [the use of intravascular ultrasound in deciding on the treatment of moderate coronary lesions]. *Arquivos brasileiros de cardiologia*. 2004;83 Spec No:3-6
 10. Nascimento BR, de Sousa MR, Koo BK, Samady H, Bezerra HG, Ribeiro AL, Costa MA. Diagnostic accuracy of intravascular ultrasound-derived minimal lumen area compared with fractional flow reserve—meta-analysis: Pooled accuracy of ivus luminal area versus ffr. *Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions*. 2014;84:377-385
 11. Shin DH, Hong SJ, Mintz GS, Kim JS, Kim BK, Ko YG, Choi D, Jang Y, Hong MK. Effects of intravascular ultrasound-guided versus angiography-guided new-generation drug-eluting stent implantation: Meta-analysis with individual patient-level data from 2,345 randomized patients. *JACC. Cardiovascular interventions*. 2016;9:2232-2239
 12. Elgendy IY, Mahmoud AN, Elgendy AY, Bavry AA. Outcomes with intravascular ultrasound-guided stent implantation: A meta-analysis of randomized trials in the era of drug-eluting stents. *Circulation. Cardiovascular interventions*. 2016;9:e003700
 13. Steinvil A, Zhang YJ, Lee SY, Pang S, Waksman R, Chen SL, Garcia-Garcia HM. Intravascular ultrasound-guided drug-eluting stent implantation: An updated meta-analysis of randomized control trials and observational studies. *International journal of cardiology*. 2016;216:133-139
 14. Hibi K, Kimura K, Umemura S. Clinical utility and significance of intravascular ultrasound and optical coherence tomography in guiding percutaneous coronary interventions. *Circulation journal : official journal of the Japanese Circulation Society*. 2015;79:24-33
 15. Levine GN, Bates ER, Blankenship JC, Bailey SR, Bittl JA, Cercek B, Chambers CE, Ellis SG, Guyton RA, Hollenberg SM, Khot UN, Lange RA, Mauri L, Mehran R, Moussa ID, Mukherjee D, Nallamothu BK, Ting HH, American College of Cardiology F, American Heart Association Task Force on Practice G, Society for Cardiovascular A, Interventions. 2011 accf/aha/scai guideline for percutaneous coronary intervention. A report of the american college of cardiology foundation/american heart association task force on practice guidelines and the society for cardiovascular angiography and interventions. *Journal of the American College of Cardiology*. 2011;58:e44-122
 16. Hong SJ, Kim BK, Shin DH, Nam CM, Kim JS, Ko YG, Choi D, Kang TS, Kang WC, Her AY, Kim YH, Hur SH, Hong BK, Kwon H, Jang Y, Hong MK, Investigators I-X. Effect of intravascular ultrasound-guided vs angiography-guided

- everolimus-eluting stent implantation: The ivus-xpl randomized clinical trial. *JAMA*. 2015;314:2155-2163
17. Maehara A, Mintz GS, Stone GW. Ivus guidance during left main pci: Not if, but when and how. *EuroIntervention : journal of EuroPCR in collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*. 2020;16:189-191
 18. Bezerra HG, Costa MA, Guagliumi G, Rollins AM, Simon DI. Intracoronary optical coherence tomography: A comprehensive review clinical and research applications. *JACC. Cardiovascular interventions*. 2009;2:1035-1046
 19. Xu C, Marks D, Do M, Boppart S. Separation of absorption and scattering profiles in spectroscopic optical coherence tomography using a least-squares algorithm. *Opt Express*. 2004;12:4790-4803
 20. Bezerra HG, Attizzani GF, Sirbu V, Musumeci G, Lortkipanidze N, Fujino Y, Wang W, Nakamura S, Erglis A, Guagliumi G, Costa MA. Optical coherence tomography versus intravascular ultrasound to evaluate coronary artery disease and percutaneous coronary intervention. *JACC. Cardiovascular interventions*. 2013;6:228-236
 21. Okamura T, Onuma Y, Garcia-Garcia HM, van Geuns RJ, Wykrzykowska JJ, Schultz C, van der Giessen WJ, Ligthart J, Regar E, Serruys PW. First-in-man evaluation of intravascular optical frequency domain imaging (ofdi) of terumo: A comparison with intravascular ultrasound and quantitative coronary angiography. *EuroIntervention: journal of EuroPCR in collaboration with the Working Group on Interventional Cardiology of the European Society of Cardiology*. 2011;6:1037-1045
 22. Gonzalo N, Escaned J, Alfonso F, Nolte C, Rodriguez V, Jimenez-Quevedo P, Banuelos C, Fernandez-Ortiz A, Garcia E, Hernandez-Antolin R, Macaya C. Morphometric assessment of coronary stenosis relevance with optical coherence tomography: A comparison with fractional flow reserve and intravascular ultrasound. *Journal of the American College of Cardiology*. 2012;59:1080-1089
 23. Davlouros PA, Karantalis V, Xanthopoulou I, Mavronasiou E, Tsigkas G, Toutouzas K, Alexopoulos D. Mechanisms of non-fatal stent-related myocardial infarction late following coronary stenting with drug-eluting stents and bare metal stents. Insights from optical coherence tomography. *Circulation journal : official journal of the Japanese Circulation Society*. 2011;75:2789-2797
 24. Alfonso F, Gonzalo N, Sandoval J. Late drug-eluting stent thrombosis: Optical coherence tomography and intravascular ultrasound insights. *Circulation. Cardiovascular interventions*. 2012;5:615-616
 25. Kubo T, Akasaka T, Shite J, Suzuki T, Uemura S, Yu B, Kozuma K, Kitabata H, Shinke T, Habara M, Saito Y, Hou J, Suzuki N, Zhang S. Oct compared with ivus in a coronary lesion assessment: The opus-class study. *JACC. Cardiovascular imaging*. 2013;6:1095-1104
 26. Maehara A, Ben-Yehuda O, Ali Z, Wijns W, Bezerra HG, Shite J, Genereux P, Nichols M, Jenkins P, Witzenbichler B, Mintz GS, Stone GW. Comparison of stent expansion guided by optical coherence tomography versus intravascular ultrasound: The ilumien ii study (observational study of optical coherence tomography [oct] in patients undergoing fractional flow reserve [ffr] and percutaneous coronary intervention). *JACC. Cardiovascular interventions*. 2015;8:1704-1714
 27. Wijns W, Shite J, Jones MR, Lee SW, Price MJ, Fabbicchi F, Barbato E, Akasaka T, Bezerra H, Holmes D. Optical coherence tomography imaging during percutaneous coronary intervention impacts physician decision-making: Ilumien i study. *European heart journal*. 2015;36:3346-3355
 28. Ali ZA, Maehara A, Genereux P, Shlofmitz RA, Fabbicchi F, Nazif TM, Guagliumi G, Meraj PM, Alfonso F, Samady H, Akasaka T, Carlson EB, Leesar MA, Matsumura M, Ozan MO, Mintz GS, Ben-Yehuda O, Stone GW, Investigators IIO. Optical coherence tomography compared with intravascular ultrasound and with angiography to guide coronary stent implantation (ilumien iii: Optimize pci): A randomised controlled trial. *Lancet*. 2016;388:2618-2628
 29. Bouki KP, Sakkali E, Toutouzas K, Vlad D, Barmperis D, Phychari S, Riga M, Apostolou T, Stefanadis C. Impact of coronary artery stent edge dissections on long-term clinical outcome in patients with acute coronary syndrome: An opti-

- cal coherence tomography study. Catheterization and cardiovascular interventions : official journal of the Society for Cardiac Angiography & Interventions. 2015;86:237-246.
30. Kubo T, Shinke T, Okamura T, Hibi K, Nakazawa G, Morino Y, Shite J, Fusazaki T, Otake H, Kozuma K, Akasaka T. Optical frequency domain imaging vs. Intravascular ultrasound in percutaneous coronary intervention (opinion trial): Study protocol for a randomized controlled trial. J Cardiol. 2016;68:455-460.
31. Habara M, Nasu K, Terashima M, Kaneda H, Yokota D, Ko E, Ito T, Kurita T, Tanaka N, Kimura M, Ito T, Kinoshita Y, Tsuchikane E, Asakura K, Asakura Y, Katoh O, Suzuki T. Impact of frequency-domain optical coherence tomography guidance for optimal coronary stent implantation in comparison with intravascular ultrasound guidance. Circulation. Cardiovascular interventions. 2012;5: 193-201.
32. Neumann FJ, Sousa-Uva M, Ahlsson A, Alfonso F, Banning AP, Benedetto U, Byrne RA, Collet JP, Falk V, Head SJ, Juni P, Kastrati A, Koller A, Kristensen SD, Niebauer J, Richter DJ, Seferovic PM, Sibbing D, Stefanini GG, Windecker S, Yadav R, Zembala MO, Group ESCSD. 2018 esc/eacts guidelines on myocardial revascularization. European heart journal. 2019;40:87-165.