Použití excimer laser atherectomie při koronární angioplastice

Martin Sluka

I. interní klinika – kardiologická, Fakultní nemocnice Olomouc

Excimer-laserová atherektomie je používána pro koronární intervence již déle než 20 let. V průběhu této doby došlo k postupnému vývoji technologie samotné, umožňující aplikaci energie o vyšší denzitě s nižší produkcí tepla, techniky provedení výkonu, vedoucí k vyšší účinnosti společně se zlepšením bezpečnosti výkonu a samozřejmě i k modifikaci původních indikací použití této metody. Vlastní zkušenost s touto technologií je prezentována formou kazuistiky koronární angioplastiky neřešitelné standardním postupem. Laserová atherektomie si udržuje svou specifickou roli v řešení komplexních koronárních lézí, zejména v případech selhání postupů standardně používaných při koronární angioplastice.

Klíčová slova: laserová atherektomie, komplexní koronární léze.

Use of excimer laser atherectomy for coronary angioplasty

Excimer laser atherectomy has been used for coronary intervention for more than 20 years. During this period of time has been gradual development of the technology itself, enabling higher density energy delivery with lower heat production, leading to higher efficiency along with improvements in the procedure safety and obviously to the original indication modification using this method. Own experience with this technology is presented through a coronary angioplasty case report impossible to complete using standard approach. Laser atherectomy maintains its specific role in the treatment of complex coronary lesions, particularly in cases of standard procedure failure.

Key words: laser atherectomy, complex coronary lesion.

Úvod a rozvoj metody

Excimer laser atherectomy (ELCA) byla vyvinuta na konci 80. let minulého století jako adjuvantní technologie využitelná při koronární angioplastice (PCI). Jejím teoretickým podkladem byla hypotéza, že redukce atero-trombotických hmot ve stěně koronárních tepen může vést ke zlepšení dlouhodobých výsledků PCI. Mechanismus účinku je založen na absorpci laserové energie tkání, která vede k fotochemické, fototermické a fotomechanické interakci zahrnující, ve svém důsledku, tvorbu plynových mikrobublin a akustických vln uvnitř cílové biologické tkáně s mechanickým efektem na bezvodou komponentu aterosklerotického plátu a eventuálně nasedajícího trombu (1). V roce

1992 byla tedy ELCA schválena The US Food and Drug Administration (FDA) k použití v rámci PCI. Souhrn původně schválených indikací ELCA je v tabulce. Původní teoretický předpoklad nebyl v průběhu let potvrzen a rozvoj intervenční kardiologie uvedl do klinické praxe postupně účinnější a bezpečnější postupy a technologie k řešení některých z původních indikačních kategorií. The Amsterdam-Rotterdam trial (2) srovnávala ELCA s balonkovou angioplastikou u 308 pacientů se stabilní anginou pectoris a koronární lézí delší než 10 mm a neukázala žádný rozdíl mezi oběma skupinami ve výskytu MACE. The Excimer Laser Rotational Atherectomy Balloon Angioplasty Comparison trial (3) randomizovala 685 pacientů s komplexní koronární lézí k ELCA,

konvenční balonkové angioplastice nebo rotací. Největší procedurální úspěch byl dosažen rotací (89%) ve srovnání s ELCA (77%) nebo balonkovou angioplastikou (80%, $p=0,0019$). V průběhu 6měsíčního sledování byla nutnost opětovné revaskularizace původně ošetřené léze (target lesion revascularization – TLR) vyšší ve skupinách ošetřených rotací (42,4%) a ELCA (46%) než ve skupině po prosté balonkové angioplastice (31,9%, $p=0,013$). Tyto 2 studie však nepoužívaly techniku injekce fyziologického roztoku a neměly k dispozici 0,9mm laserové katétry (viz níže). Již v roce 1994 byly publikovány výsledky největšího registru (PELCA), zahrnující celkem 1 595 PCI s použitím ELCA u 1 521 pacientů s dosažením procedurálního úspěchu v 89,3%

KORESPONDENČNÍ ADRESA AUTORA:

MUDr. Martin Sluka, martin.sluka@fnol.cz

I. interní klinika – kardiologická, Fakultní nemocnice Olomouc, I. P. Pavlova 6, 775 20 Olomouc

Cit. zkr: Interv Akut Kardiolog 2016; 15(2): 77–80

Článek přijat redakcí: 9. 10. 2015

Článek přijat k publikaci: 23. 3. 2016

Obr. 1. Laserový generátor CVX-300 (Spectranetics, Colorado Springs, CO, USA), použitelný, dle zapojeního katétru, v indikaci koronární eventuálně periferní atereotomie nebo extrakce elektrod permanentního kardiostimulačního systému

Tab. 1. Seznam původně schválených indikací ELCA

Původní indikace použití ELCA schválené FDA v roce 1992:
1. PCI žilních štěpů
2. PCI ostiálních stenóz
3. PCI excentrických stenóz
4. PCI dlouhých lézí (>20 mm)
5. PCI chronických uzávěrů (CTO) úspěšně překlenutých koronárním vodičem
6. PCI středně kalcifikovaných stenóz
7. PCI balon rezistentních lézí (rezistence zavedení nebo dilatace/plně inflace)
8. PCI in-stent restenóz (ISR)

a výskytem závažných komplikací – nonQ infarktu myokardu (IM) (2,3 %), Q IM (1,0 %), koronární by-pass (CABG) (3,1 %) a úmrtí (0,7 %). Ve svém závěru vyzdvihuje významný vliv učební křivky a adekvátní selekce vhodných pacientů (4).

Masivní rozvoj používání lékových stentů (DES) v posledním desetiletí, zejména v řešení chronických forem ischemické choroby srdeční (ICHs), vede k intervenci mnohdy velmi komplexních postižení koronárních tepen. Tento fakt současně s dalším rozvojem metody samotné i jejího instrumentária vedl k částečné renesanci použití ELCA, zejména v těch indikacích, kde použití „klasického“ konceptu balonkové dilatace s následnou implantací stentů selhává.

V současné době je pro klinické použití dostupná 4. generace ELCA systému Spectranetics CVX-300 (Spectranetics, Colorado Springs, CO, USA), sestávající z xenon-chlorine (excimer) laser generátoru CVX 300 (obrázek 1) a laserových katétrů s centrálně uloženým lumen pro koronární vodič (velikosti 0,9, 1,4, 1,7 a 2,0 mm) nebo s excentrickým lumen pro koronární vodič (velikosti 1,7 a 2,0 mm), umožňující rotaci katétru zacílení svazku laserového paprsku proti cílové struktuře. Samotný generátor je možno, při zapojení jiného typu katétru, použít i v indikaci laserové extrakce elektrod trvalého kardiostimulačního systému

nebo pro použití při periferních perkutánních intervencích. ELCA využívá laserové energie o vlnové délce 308 nm, nacházející se UV spektru (tzv. studené světlo) s energií 30–80 mJ/mm² a pulzním charakterem emise paprsků o frekvenci 25–80 Hz. Asi nejzásadnější pro rozvoj ELCA se ukazuje uvedení nového typu katétrů s vyšší flexibilitou a nižším profilem (0,9 mm) a pulzní charakter emise paprsků, vedoucí, díky vyšší denzitě energie se současně nižší produkcí tepelné energie (menší plocha ablace), k dosažení lepších výsledků ve srovnání s předchozími generacemi systému (5). Současně s vývojem technologie a instrumentária došlo i k modifikaci techniky výkonu, zejména zavedením kontinuálního proplachu fyziologickým roztokem (zabránění interakce s krví a kontrastní látkou) v průběhu ablace samotné, zabraňující tvorbě větších bublin plynu a s tím spojeného akusticko-mechanickému poranění cévní stěny, ve svém důsledku vedoucí ke snížení rizika koronární disekce (6). Dalším z opatření ke zlepšení bezpečnosti celé procedury je nutnost zabránění jakéhokoli násilného tlaku na katétr v průběhu ablace, které by mohlo vést ke zvýšení rizika koronární perforace (7).

Indikace ELCA

Jak už bylo zmíněno výše, v průběhu používání ELCA v klinické praxi došlo k částečné modifikaci indikací samotného použití této metody, zejména ve srovnání s původně schválenými indikacemi.

1. CTO

ELCA je bezpečnou a efektivní technikou při řešení chronických okluzí v případě jejich úspěšného překlenutí vodičem s nemožností zavedení nízkoprofilového balonku do místa okluze, které by vedlo v případě nedostupnosti ELCA k technickému neúspěchu celé PCI. Zde je nutné zmínit, že mnohdy je lepší netrvat, v zájmu větší bezpečnosti, na dosažení technického úspěchu ablace, tedy průchod ELCA katétru celou délkou uzávěru, ale pouze modifikace proximální části CTO v případě, že je pak již následná pasáž PCI balonku možná. Specifickou indikací ELCA v řešení CTO je použití laserové ablace k dilataci septálních kolaterál při retrográdní rekanalizaci v případě jejich úspěšného překlenutí s nemožností zavedení mikrokatétru nebo jiného úzkoprofilového instrumentária (8).

2. Kalcifikované a balon rezistentní léze

Podobně jako u CTO i v této kategorii komplexního koronárního postižení, které je mnohdy spojené s technickým neúspěchem i přes úspěšné překlenutí léze koronárním vodičem, je ELCA efektním a bezpečným nástrojem. Možnou alternativou ELCA by v tomto případě bylo použití rotablance, které je však spojeno s nutností použití aditivního specifického instrumentária (speciální vodič, mikrokatétr...) a je nepoměrně časově náročnější. Ve 100 případech kalcifikovaných a/nebo balon rezistentních lézí s použitím standardní nebo vyšší úrovně aplikované energie laserové ablace byla procedurální úspěšnost 93 % a klinická úspěšnost 86 % (5).

ELCA prokázala svou účinnost i v případě selhání balonkové dilatace komplexních stenóz za použití vysokotlakých balonků (9, 10).

3. Nedostatečně expandovaný stent

Problematika významně nedostatečně expandovaného stentu, rezistentního k vysokotlaké postdilataci je relativně vzácná. V případě jeho výskytu se však jedná o velmi závažnou komplikaci PCI s možným zásadním ovlivněním prognózy pacienta v případě recidivující ISR nebo trombózy stentu. V případě selhání vysokotlaké postdilatace, která navíc může být spojena i s vyšším rizikem koronární perforace nebo fraktury stentu, zejména v segmentech sousedících s nedostatečně expandovaným, neexistuje jiná efektivní a bezpečná alternativa. Dříve byla v této indikaci zvažována možnost použití rotablance ve stentu se všemi limitacemi této metody v uvedené indikaci vč. nedostatečného spektra velikostí instrumentária. Na rozdíl od ní, ELCA, díky penetraci aplikované energie, modifikuje tkáň i v okolí nedostatečně expandovaného segmentu, vedoucí k úspěšnému řešení této komplikace (11), a to i v případě, že se pacient prezentuje se symptomatickou ISR (12).

4. Další indikace

Pro kompletnost je nutno zmínit i další indikace ELCA, které však svou efektivní a bezpečnou alternativu na poli intervenční kardiologie mají a proto její použití v těchto případech je raritní. Využití ELCA u pacientů s akutním IM a excesivním výskytem trombů má teoretický předpoklad v komplexním efektu laserové energie spojeným s redukcí/vaporizací trombotického materiálu,

současnou ablaci aterosklerotického plátu a potenciální facilitací tromboaspirace. Navíc byl prokázán inhibiční efekt ELCA na agregaci destiček (13). Nicméně primární použití tromboaspirace v této indikaci je nepoměrně racionálnější i časově efektivnější a pouze v případě jeho selhání u výrazně selektovaných pacientů by použití ELCA bylo v současné době jednou z možných alternativ.

Použití ELCA v případě ISR bylo již zmiňováno v případě, že její prokázanou příčinou je nedostatečně expandovaný stent. V případě plně expandovaného stentu by měla být ISR léčena drug eluting (coated) balonkem event. DES, zejména v případě současné in-segment stenózy. A to i přesto, že v minulosti byla demonstrována dobrá účinnost i bezpečnost ELCA v této indikaci (14).

PCI difúzně degenerovaných žilních štěpů (SVG) bývá i přes použití distální protekce spojena s výrazným rizikem distální embolizace a no-flow fenoménu. Některá kazuistická sdělení a práce (1, 15) demonstrují potenciální efekt v redukci distální embolizace při použití ELCA. V roce 2013 byl publikován registr přímého srovnání ELCA a distální protekcí asistované PCI degenerovaných SVG u celkem 71 pacientů s akutním koronárním syndromem (zařazení 2:1 ve prospěch použití distální protekce). Základní charakteristika obou skupin byla podobná, nicméně ELCA byla použita u angiograficky komplexnějších pacientů. Výsledky prokázaly podobnou účinnost v dosažení finálního koronárního průtoku TIMI flow 3 (ELCA 92 %, distální protekce 81 %, $p=0,20$), nicméně v hodnocení ukazatelů myokardiální perfuze (myocardial blush grade) a enzymatické odpovědi myokardiální nekrózy (CK-MB) byla demonstrována statisticky významně vyšší účinnost ve skupině řešené s použitím ELCA ($p=0,09$ resp. $0,001$) (16).

Technika výkonu

Technika bezpečného a účinného PCI s použitím ELCA je v rukou zkušeného a zaškoleného intervenčního kardiologa při dodržení základních pravidel jednoduchá.

Příprava pacienta probíhá standardně, problém nečiní použití této technologie ani při ad hoc nebo bail-out indikaci, pokud je pracoviště touto technologií vybavené.

Samotná příprava samotného ELCA generátoru spočívá pouze v jeho zahřátí, trvajícího cca 5 minut. Z důvodu jeho velikosti, rychlosti jeho

přípravy a relativně malé četnosti výkonů by ani nebylo praktické ho udržovat trvalou dobu v režimu standby. Samotné provedení výkonu, jak již bylo zmíněno, nevyžaduje použití žádného jiného specifického intervenčního materiálu, vyjma samotného laserového katétru.

Katétry mají hydrofilní povrchovou úpravu, velikosti 0,9 a 1,4 mm jsou kompatibilní se 6F zaváděcím katétre, 1,7 a 2,0 mm s katétry velikosti 7F, nicméně při výrazné tortuozitě periferního řečiště a aorty je v případě 2mm ELCA katétru lépe použít zaváděcí instrumentárium velikosti 8F. Toto z praktického hlediska nečiní žádný problém ani v rámci rozhodnutí o použití metody v případě ad hoc rozhodnutí, neboť v těchto případech se téměř vždy jedná o indikaci balon rezistentních nebo kalcifikovaných lézí eventuálně CTO, kdy je ve 100 % případů používán 0,9mm katétre.

Samotná příprava systému ELCA, za podmínky úspěšného překlenutí léze koronárním 0,014 vodičem, dle preference operátora a spuštění ELCA generátoru, spočívá pouze v několikasekundové kalibraci katétru samotného. Následuje jeho zavedení zaváděcím katétre (monorail systém) až do místa aplikace. Po ověření lokalizace distálního konce katétru je z bezpečnostních důvodů nutné uzavřít přívod kontrastní látky a současně provést úplný proplach zaváděcího instrumentária fyziologickým roztokem. Následuje přepnutí ELCA generátoru do pracovního režimu a samotná laserová ablace za současného mírného tlaku/posunu katétru v rozsahu cca 0,5 mm/s při současném kontinuálním vstřikování fyziologického roztoku do zaváděcího instrumentária druhým operátorem rychlostí 1 ml/sec (ideální je ablaci spustit až po aplikaci 2–3 ml fyziologického roztoku). Délka jednoho cyklu ablace se pohybuje mezi 5–10 s v závislosti na zvoleném pracovním režimu (intenzita 30–80 mJ/mm², frekvence 25–80 Hz). Délka pracovního cyklu je generátorem spínána automaticky a je nutno zmínit i fakt, že s ohledem na pulzní charakter aplikace je energie generována pouze 1,5–3,0 % z celkové doby pracovního cyklu, zbývající časový úsek je zotavovací fáze. Jak již bylo zmíněno i z bezpečnostních důvodů je nutné dodržovat minimální posun katétru s vyloučením jakéhokoli násilného tlaku do katétru, naopak je ověřeno, že aplikace i více než 20 000 pulzů do jednoho místa je bezpečná a mnohdy dokonce nutné k úspěšnému dokončení výkonu, zejména u velmi re-

zistentních lézí. Z důvodu minimalizace rizika perforace koronární tepny je nutné se vyhnout ablaci ve výrazně torturních segmentech (angulace blížící se 90 st) koronárních tepen tak, aby nebyl laserový paprsek směřován přímo proti cévní stěně.

Počet opakování pracovních cyklů laserové ablace není přímo omezen, není výjimkou aplikace i více než 30 000 pulzů (1 cyklus při frekvenci 80 Hz představuje 400 pulzů při jeho délce trvání 5 s). I v případě, kdy nedojde k pasáži laserového katétru celou délkou ablované léze, má smysl ověřit klinický dopad opakovanými pokusy o zavedení nízkoprofilového balonkového katétru. Je nutné poznamenat, že i v případě řešení bifurkačních lézí není problém současného použití 2 vodičů a současné laserové ablace (nedochází k poškození 2. vodiče). Po úspěšné ELCA pokračuje PCI standardním průběhem následné predilatace a implantace koronárního stentu/stentů, jistě preferenčně lékových, z důvodu vyšší indukce lokální zánětlivé odpovědi v místě aplikované energie ve srovnání s konvenčně prováděnou PCI.

Kazuistika

64letý muž, hypertonik, diabetik léčený perorálními antidiabetiky v pravidelném dialyzačním programu pro chronickou renální insuficienci na podkladě vaskulární a diabetické nefropatie a se známou ischemickou chorobou srdeční s anamnézou aorto-koronárního by-passu (inkompletní revaskularizace – a. mammaria l. sin (LIMA) na ramus interventricularis anterior (RIA)) v roce 2012 na jiném pracovišti byl odeslán k rekonarografii pro progredující stenokardie a pozitivní zátěžovou scintigrafií myokardu se zátěžovou poruchou perfuze anteriorně, an-

Obř. 2. Koronarografický nález před zahájením PCI (šipkou označené místo léze s maximem rezistence)

Obr. 3. Snímek bezprostředně po laserové ablaci (šipkou označené místo původní léze s regresí aterosklerotických hmot, bez známek distální embolizace)

Obr. 4. Výsledný nálezn po PCI

terolaterálně a inferolaterálně, bez klidové poruchy kinetiky levé komory. Užíval adekvátní antianginózní terapii zahrnující betablokátor, inhibitor Ca kanálu a antiagregační terapii, jejíž navýšení vzhledem k hraničním hodnotám systolického tlaku s dokumentovanými epizodami hypotenze při dialýze nebylo možné. Koronarografie byla provedena cestou pravé

a. femoralis a konstatovala kritickou, významně kalcifikovanou stenózu distálního kmene levé věnčité tepny (obrázek 2), RIA byla prakticky uzavřena za odstupem středně velkého ramus diagonalis (RD). Ramus circumflexus (RC) byl kromě samotného ostia bez stenóz, ramus marginalis sinister (RMS) s táhlým nevýznamným plátem. Pravá věnčitá tepna byla uzavřena s těžkým difuzním postižením periferie. Bylo přistoupeno k ad hoc PCI distálního kmene, zaváděcí katétr Vista AL2 6F (Cordis, Miami Lakes, CA, USA) byl umístěn do kmene ACS s dobrou oporou, vodičem BMW Elite (Abbott Vascular, Santa Clara, CA, USA) byla překlenuta léze distálního kmene s jeho umístěním do distální RC. Opakované pokusy o zavedení nízkoprofilových balonků Sapphire II 1,25/10 mm (OrbusNeich Medical, China) a Across CTO 1.1/10 mm (Acrostak AG, Switzerland) byly neúspěšné. Vzhledem k průběhu výkonu byl připraven ELCA generátor, set na proplach zaváděcího systému fyziologickým roztokem a katétr ELCA katétr 0,9 mm (Spectranetics, Colorado Springs, CO, USA). Byla použita energie 80 mJ/mm² o frekvenci 80 Hz, v průběhu 5. pracovního cyklu došlo k úplné pasáži ELCA katétru v celé délce léze, bylo pokračováno v ablaci opakovanými pasážemi katétre s celkovým počtem 5 000 pulzů s regresí angiografického nálezu (obrázek 3). Následně byla léze překlenuta identickým vodičem směrem do RIA a středně velkého RD (ischemie i anteriorní/anterolaterálně), poté následovala predilatace distálního kmene, jak do RC, tak i do RIA balonkem Sapphire II NC 2,5/10 mm a ještě jedna predilatace distálního kmene do RC balonkem Sapphire II NC 3,5/10 mm. Následovala úspěšná

implantace lékového stentu Orsiro 3,5/26 mm (Biotronik AG, Switzerland) z distálního kmene do proximálního RC, po výměně vodičů v rámci bifurkace a otevření oka stentu do RIA a finální „kissing balloon“ dilatace balonky Sapphire II NC – 2,5/10 do RIA a 4,0/12 mm do RC (obrázek 4). Pacient byl propuštěn následující den. V průběhu sledování a pravidelných kontrol v rámci dialyzační léčby je v současné době již 10 měsíců bez anginózních potíží.

Závěr

ELCA si zachovává svou mnohdy obtížně nahraditelnou roli v rámci PCI komplexních koronárních lézí, zejména v indikacích balon rezistentních a kalcifikovaných lézí, CTO, nedostatečně expandovaných stentů a eventuálně degenerovaných žilních štěpů. V současné době bylo na našem pracovišti za jeden rok provedeno celkem 5 PCI s použitím této metody, což odpovídá mému odhadu potřeby přibližně 5–10 použití ELCA ročně při našem počtu PCI a spektru pacientů. Celková osobní zkušenost s touto metodou čítá kolem 30–35 výkonů, zejména díky mému profesnímu působení ve Velké Británii se zohledněním vyššího podílu použití ELCA z důvodu vyšší frekvence výskytu komplexních koronárních lézí a nižší preference řešení těchto nálezu kardiokirurgickou revaskularizací (ze strany kardiokirurgů i pacientů samotných). Dosažení dobrých klinických výsledků – očekávaný efekt při zachování dobré bezpečnosti metody vyžaduje precizní selekci pacientů, odpovídající používání technologie samotné a současné dodržování postupů bezpečné aplikace laserové energie.

LITERATURA

1. Ben-Dor I, Maluenda G, Pichard AD, et al. The use of excimer laser for complex coronary artery lesions. *Cardiovascular Revascularization Medicine* 12, 2011; 1: 69.e1–69.e8.
2. Appelman YE, Piek JJ, Strikwerda S, et al. Randomized trial of excimer laser angioplasty versus balloon angioplasty for treatment of obstructive coronary artery disease. *Lancet* 1996; 347: 79–84.
3. Reifart N, Vandormael M, Krajcar M, et al. Randomized comparison of angioplasty of complex coronary lesions at a single center. Excimer Laser, Rotational Atherectomy, Balloon Angioplasty Comparison (ERBAC) study. *Circulation* 1997; 96: 91–98.
4. Baumbach A, Bittl JA, Fleck E, et al. Acute complications of excimer laser angioplasty: a detailed analysis of multicenter results. Coinvestigators of the U.S. and European Percutaneous Excimer Laser Coronary Angioplasty (PELCA) Registries. *J Am Coll Cardiol*. 1994; 23(6): 1305.
5. Bilodeau L, Fretz EB, Tayemans Y, et al. Novel use of high energy excimer laser catheter for calcified and complex coronary artery lesions. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004; 62: 155–161.
6. Deckelbaum LI, Natarajan MK, Bittl JA, et al. Effect of intracoronary saline infusion on dissection during excimer laser coronary angioplasty: a randomized trial. The Percutaneous Excimer Laser Coronary Angioplasty (PELCA) Investigators. *J Am Coll Cardiol* 1995; 26: 1264–1269.
7. Bittl JA. Laser. In: Topol E, editor. *Text book of interventional cardiology*. Philadelphia: W. B. Saunders; 2012: 445–447.
8. Ohlow MA, Lotze U, Lauer B. Excimer laser coronary atherectomy in septal collaterals during retrograde recanalization of a chronic total occlusion. *Heart Int*. 2011 Sep 29; 6(2): e20.
9. Israel DH, Marmur JD, Sanborn TH, et al. Excimer-laser facilitated angioplasty of a nondilatable lesions. *Catheter Cardiovasc Interv* 2004; 62: 155–161.
10. Ahmed WH, al-Anazi MM, Bittl JA, et al. Excimer laser-facilitated angioplasty for indilatable coronary narrowings. *Am J Cardiol* 1996; 78: 1118–1119.
11. Goldberg SL, Colombo A, Akiyama T. Stent under-expan-

- sion refractory to balloon dilatation: a novel solution with excimer laser. *J Invasive Cardiol* 1998; 10: 269–273.
12. Noble S, Bilodeau L. High energy excimer laser to treat coronary in-stent restenosis in an underexpanded stent. *Catheter Cardiovasc Interv* 2008; 71: 803–807.
13. Topaz O, Minisi AJ, Bernardo NL, et al. Alterations of platelet aggregation kinetics with ultraviolet laser emission: the “stunned platelet” phenomenon. *Thromb Haemost* 2001; 86: 1087–1093.
14. Giri S, Ito S, Lansky AJ, et al. Clinical and angiographic outcome in the Laser Angioplasty for Restenotic Stents (LARS) multicenter registry. *Catheter Cardiovasc Interv* 2001; 52: 24–34.
15. Ebersole DG. Excimer laser for revascularization of saphenous vein grafts. *Lasers Med Sci* 2001; 16: 78–83.
16. Niccoli G, Belloni F, Cosentino N, et al. Case-control registry of excimer laser coronary angioplasty versus distal protection device in patients with acute coronary syndromes due to saphenous vein grafts disease. *Am J Cardiol* 2013; 112(10): 1586–1591.