

Optická koherentní tomografie

Pavel Chutný¹, Daniel Chalupa¹, Petr Kala², Jan Kaňovský³, Lumír Koc², Tomáš Ondrůš², Tereza Nováková²

¹Biomedicínská technika a bioinformatika, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT v Brně

²Interní kardiologická klinika Fakultní nemocnice Brno, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

³1. Interní kardiologická klinika Fakultní nemocnice Brno, Lékařská fakulta Masarykovy univerzity

Tento článek popisuje základní principy optické koherentní tomografie. Zabývá se rozlišením i hloubkou zobrazení. Dále jsou zmiňovány počátky této metody a artefakty, které snižují kvalitu výsledného obrazu. Nakonec je nastíněn další možný vývoj této zobrazovací metody.

Klíčová slova: optická koherentní tomografie (OCT), Michelsenův interferometr, koronární tepny.

Optical coherence tomography

The basic principles of optical coherence tomography are described in this article. The resolution and depth of tissue penetration are discussed. The beginnings of this method and artifacts that decrease the quality of the final image are mentioned. In conclusion, the future possible development of this optical imaging method is described.

Key words: optical coherence tomography (OCT), Michelson interferometer, coronary arteries.

Interv Akut Kardiol 2015; 14(4): 178–179

Úvod

S vývojem nových technologií a zejména s rostoucími možnostmi vyrábět stále menší elektronické součástky se zvyšuje i možnost aplikace těchto výrobků v oblasti medicíny. Již desítky let se v nemocnicích využívají zobrazovací metody, bez kterých si už dnešní diagnostiku nedokážeme vůbec představit. Ovšem ještě stále je co zdokonalovat. Velká radiační zátěž či nutnost používání kontrastních látek vedly techniky v poslední době k hledání alternativ ke klasickému zobrazování. Jednou takovou metodou je i optická koherentní tomografie (OCT), která se v dnešní době využívá zejména v oftalmologii a kardiologii, kde slouží k zobrazování lumina koronárních tepen. Výsledné obrazy pak lékařům pomáhají například v rozhodování, zda je postižení koronární tepny potřeba léčit či nikoliv.

Základní princip

Optická koherentní tomografie patří mezi optické zobrazovací metody, jejichž rozvoj v oblasti medicíny byl umožněn objevením a zdokonalováním optických vláken, které jsou zodpovědné za rychlý a bezetrátový přenos jednotlivých informací z lumina vyšetřované části lidského těla do vyhodnocovacího zařízení, počítače. Nejprve tato vlákna zavedou paprsek infračerveného světla v rozmezí vlnových délek 1 250 až 1 350 nm do vyšetřované oblasti, kde se pomocí Michelsonova interferometru rozliší hloubka cévní stěny, ve které se světlo odrazilo. Michelsonův interferometr k tomu využívá referenční zrcátko, které je u starších typů (TD-OCT) pohyblivé, kdežto u novějších (FD-OCT) se

nepohybuje a výslednou hloubku pak zjistíme aplikací Fourierovy transformace.

Každý bod do určité hloubky je tedy představován určitou intenzitou odraženého vlnění. Na základě těchto intenzit pak počítač pomocí nastaveného algoritmu, který musí také započít úbytek intenzity v závislosti na hloubce, sestaví výsledný obraz. Tato metoda má vysoké rozlišení, v řádu až desítek mikrometrů, srovnatelné s konfokální mikroskopií. A co se týká hloubky zobrazení, tak ta je závislá na použitých vlnových délkách elektromagnetického vlnění, podobně jako u intravaskulárního ultrazvuku (IVUS), který se dnes běžně v kardiologii používá. Platí tedy, že čím vyšší vlnové délky máme k dispozici, tím hlouběji „uvidíme“, pro hodnoty v okolí 1 300 nm je to zhruba 1 až 3 mm.

Historie

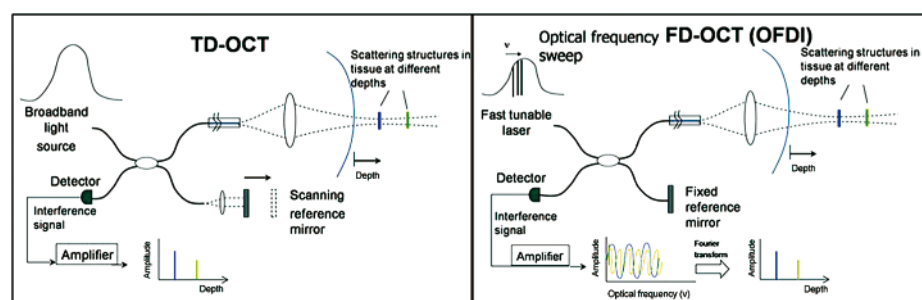
Začátky optické koherentní tomografie musíme hledat v oboru oftalmologie před více než dvaceti lety. Zde se využívala interference při měření axiální délky oka. Stejně jako u ultrazvuku, i zde se nejprve používal A-mod, u kterého

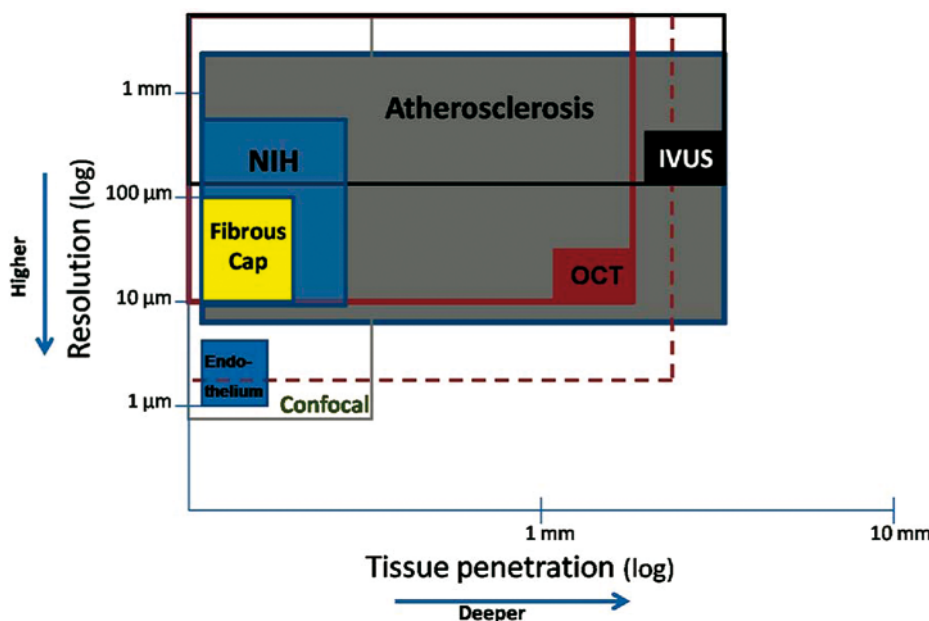
byla rychlost skenování omezena na 400 axiálních skenů za sekundu z důvodu pomalé pohyblivosti zrcátka u interferometru. Pokročilejší B-mod pak umožnil zobrazení retiny v podobě běžného obrazu. Právě tuto metodu pojmenoval v roce 1991 James Fujimoto jako optickou koherentní tomografii. V dnešní době však již dokážeme získat i 3D obrazy, které se se zlepšující se výpočetní technikou již velice blíží skutečnému tvaru. Můžeme tak lépe rozpoznávat jednotlivé struktury, které se v obraze nacházejí.

Artefakty

I když poměr signál-šum se neustále zlepšuje, stále se v obrazech můžeme setkat s různými artefakty. K měření rozměrů zobrazených struktur je navíc potřeba provést kalibraci podle rozměrů OCT katétru. Bylo zjištěno, že odchylka 1 % při kalibraci má za následek chybu 12–14 % v oblasti měření (1). Významný útlum signálu a následné rozostření obrazu způsobují červené krvinky, kterých se snažíme zbavovat pomocí naplnění cévy roztokem kontrastní látky. Distorze obrazu je většinou způsobena nesouměrnou

Obrázek 1. Rozdíl mezi TD-OCT a FD-OCT (1)



Obrázek 2. Závislost rozlišení na hloubce zobrazení (1)

rotací optického vlákna, ale u OCT je na rozdíl od intravaskulárního ultrazvuku již značně potlačena. K dalším artefaktům může docházet při náhlé změně polohy katetru a velkým problémem je snímání v okolí stentu. Tyto intenzity jsou často mnohem vyšší než ostatní, což způsobuje zbytečné zkreslení jasu obrazu.

Další vývoj

Vize do budoucnosti je taková, že by se měly co nejvíce potlačit artefakty, zvýšit rozlišení i pro zobrazování struktur, které se nacházejí například na vnější straně stěny cévy a nadále zmenšovat katetry tak, aby byly schopny zobrazit i těch nejmenších cév anebo se daly zavést skrz silně kalcifikované léze. Dále je zapotřebí vylepšit povrch katetru do té míry, abychom co nejvíce zamezili problémům při průchodu skrz stent. Také by bylo nesmírně zajímavé, kdybychom na výsledné obrazy uměli aplikovat

umělou inteligenci či texturní analýzu, která by nám v cévě označila jednotlivé skupiny tkání či dokonce látek jako jsou lipidy, kalcium či vazivo – analogicky s tzv. virtuální histologií u IVUS. Dalším tématem je možnost ohýbání katetru. Kvůli vláknové optice uvnitř katetru jej v současnosti nelze vsunout do abnormálně zkroucených anatomických struktur. To je ovšem daň za bezpečnost těchto systémů, protože při přenosu informací pomocí optických vláken nemůže nikdy dojít k poranění pacienta elektrickým proudem na rozdíl od přístrojů, které k těmto účelům využívají klasické elektrické kabely.

Závěr

Jak už bylo výše uvedeno, tato rozvíjející se metoda má velký potenciál v oblastech pro lidské oko špatně dostupných. Pro mnoho lékařů je tak určitě zajímavé sledovat nejnovější poznatky a novinky týkající se této metody. K tomuto účelu bych

doporučil webové stránky <http://www.octnews.org>, na kterých lze nalézt nejnovější trendy jak z lékařské oblasti, tak i z jiných odvětví, například umění či zkoumání povrchu různých materiálů a nanostruktur v průmyslu. OCT nachází uplatnění i při získávání otisků prstů, protože dochází ke snímání i podpovrchových částí kůže a tím pádem i k lepší identifikaci osob. Při vytváření tohoto textu byl horkou novinkou článek, ve kterém se popisuje nově vyvinutý přístroj kombinující OCT s blízkou infračervenou spektroskopií (tzv. NIRS), detekující přítomnost lipidů ve stěně koronárních cév. Seznam použité literatury:

Děkuji MUDr. Petru Kalovi, Ph.D., FESC a MUDr. Janu Kaňovskému, Ph.D. za cenné rady a připomínky při tvorbě tohoto článku. Podpořeno MZ – ČR RVO (FNBr, 65269705).

Literatura

1. Bezerra, et al. (listopad 2009). Intracoronary Optical Coherence Tomography: A Comprehensive Review. JACC: Cardiovascular Intervention (11): 1035-1046 [online]. [cit. 2014-11-13]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1936879809005925>.
2. Gabriele, et al. (duben 2011). Optical Coherence Tomography: History, Current Status and Laboratory Work. Invest Ophthalmol Vis Sci 52(5): 2425-2436 [online]. [cit. 2014-11-9]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3088542/>
3. Optical Coherence Tomography News. [online]. 15. 11. 2014 [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://www.octnews.org>
4. Suter et al. (září 2011). Intravascular Optical Imaging Technology for Investigating the Coronary Artery. JACC: Cardiovascular imaging 4(9): 1022-1039 [online]. [cit. 2014-11-15]. Dostupné z: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21920342>
5. ST. JUDE MEDICAL. Systém ILUMENTM OPTISTM – Návod k použití. Vytiskeno v USA, 2/2013. Číslo dílu ARTCS100088970.

Pavel Chutný

Biomedicínská technika a bioinformatika,
Fakulta elektrotechniky a komunikačních
technologií, VUT v Brně
Antonínská 548/1, 601 90 Brno
xchutn00@stud.feec.vutbr.cz