

## Polymerní implantáty v humánní medicíně

Snahy o léčbu nemoci nebo poranění jsou staré jako lidstvo samo a provádějí ho po celou jeho zaznamenanou historii. Ovšem doplnit lidské tělo cizím předmětem za účelem léčby či nápravy tělesného nedostatku se dlouho dařilo jen jaksi „zvenku“, například protézou na místo chybějící končetiny, chybějícího chrupu, či v nejpokročilejším případě doplněním otvoru v lebce kusem kovu. Zabudovat však cizí hmotu přímo dovnitř těla – to je něco jiného, na to se muselo čekat do nedávné doby. Implantáty lze tedy definovat jako materiály, které jsou v přímém kontaktu s vnitřním prostředím organismu.

Léčebné postupy a techniky se neustále vyvíjejí a odpovídají stupni technologického rozvoje a možnostem společnosti v dané době. Stejně tak i materiály, které byly a jsou v lékařství (nebo chcete-li v biomedicíně) používány pro trvalejší kontakt s lidským tělem. Historicky to byly nejprve přírodní produkty rostlinného nebo živočišného původu, jejichž výhodou byla příbuznost s živými tkáněmi, nevýhodou pak nestejnorodost, proměnlivá kvalita, možnost přenosu jiných nemocí nebo iniciování imunitních reakcí. Dosud se například úspěšně používají prasečí srdeční chlopně jako náhrada těch lidských. Kromě těchto biologických materiálů se často aplikují i kovy či keramika, například pro kloubní náhrady.

Určitou revoluci pro biomedicínu a bioimplantáty znamenal rozvoj polymerních materiálů. Rozšiřuje se nejen spektrum příslušných lékařských aplikací, ale i objem výroby v jejich rámci. Je to především díky široké škále vlastností, které lze předem nastavit s dostatečnou přesností, a také díky dobré toleranci polymerů živým organismem. Zatímco většina monomerů je toxická, potenciálně nebo prokazatelně kancerogenní, výsledné polymery jsou zdravotně nezávadné a biokompatibilní. Tak například polyethylentereftalát nebo polylaktidy se používají jako chirurgický šicí materiál (který je v druhém případě vstřebatelný), polymethakryláty jsou aplikovány jako kontaktní i nitrooční čočky, v zubním lékařství, v tkáňovém inženýrství, případně v buněčné terapii, zatímco polysiloxany v mamárních protézách, nitroočních čočkách, případně (v kombinaci s methakryláty) rovněž v kontaktních čočkách.

Implantáty můžeme kategorizovat podle toho, zda svou funkci plní pasivně, tedy pouze svou přítomností (tkáňové výplně, mamární protézy), anebo zda konají aktivní práci, například změni nějaký svůj parametr v závislosti na změně podmínek nebo v čase (tkáňové expandéry).

Tento úvodník patří vybraným implantátům do měkkých tkání, tedy implantátům z materiálů o modulu pružnosti do jednotek MPa. Hlavními dvěma používanými skupinami takových materiálů jsou polysiloxany (silikonové elastomery) a hydrogely. Zajímavé je, že v řadě aplikací se používají oba typy polymerů, v jiných se ujal buď jeden,

nebo druhý typ, vždy však podle potřeby buď hydrofobního, nebo hydrofilního charakteru dané aplikace. Například jsou popsány nitrooční čočky jak silikonové, tak hydrogelové, ale z mamárních protéz, které byly původně testovány opět pro oba typy materiálů, se dnes používají pouze ty silikonové, protože u hydrogelových docházelo ke kalcifikacím.

V literatuře jsou popsány implantáty prakticky do všech částí lidského těla, doslova od hlavy až po paty. Zde uvedeme některé příklady.

Umělá dura mater (tvrdá plena mozková) se vyrábí z polypropylenové tkaniny impregnované v poly(2-hydroxyethylmethakrylátu). Nitrooční čočky, původně tvořené poly(methylmethakrylátem), byly v optické ose fixovány tzv. haptiky, vyrobenými z polypropylenu. Později se celé čočky (optická i haptická část) začaly vyrábět jako monolity z akrylátů, hydrogelů nebo silikonů. Materiálem pro hlasivkové implantáty byly původně hydrogely, později silikony. Pro náhrady hrtanu (zpravidla po chirurgickém zákroku) se používají textilní trubice impregnované v poly(2-hydroxyethylmethakrylátu). Mezi lékařské aplikace polymerů můžeme zařadit i výše zmiňované mamární protézy, ať už indikované po ablaci či částečné resekci prsu při radikální léčbě nádorových onemocnění nebo v rámci estetické medicíny, dále implantáty pro gynekologii (šetrné dilatátory děložního hrdla), urologii, umělé emboly pro uzavření přírodních cév při léčbě hemangiomů, kloubní náhrady (hlavice velkých kloubů z vysokomolekulárního polyethylenu), cévní a jícnové stenty, výplně tkání po odstranění nádorů nebo při výkonech plastické chirurgie.

Samostatnou skupinu představují tkáňové konstrukty, tzv. syntetické skafoldy (scaffolds – 3D porézní nosiče, doslovně přeloženo „lešení“) osazené buňkami, které mají nahradit původní poškozené tkáň. Známa jsou použití například pro náhradu nervové nebo jaterní tkáně. Tyto skafoldy se připravují z různých typů materiálů, zejména s ohledem na požadované mechanické vlastnosti, případně ve snaze napodobit mechanickou odezvu původních tkání. Tak například skafoldy pro nervové buňky musí být diametrálně odlišné od skafoldů pro kosterní buňky, a to jak ve vlastnostech materiálu, tak i ve velikostech porů a jejich architektuře. Obecně mohou být připraveny jako nedegra-



Jiří Podešva



Jiří Michálek

dovatelné (polymer se stává trvalou součástí konstruktů) nebo degradovatelné, kdy skelet, původní opora pro proliferující buňky, se po jejich pomnožení a vytvoření nové tkáně rozloží na kratší rozpustné polymerní řetězce, které je organismus schopen vyloučit. Degradovat, štěpit se, může hlavní řetězec nebo příčné vazby v polymerní síti. Podle toho jsou vybírány jednotlivé typy monomerů a polymerů, různé (meth)akryláty, (meth)akrylamidy, polyethylenglykoly, vinylaktamy, polylaktidy aj.

Rada implantátů plní i některé složitější funkce, například umělé nitrooční čočky, které nahrazují původní oční čočky po jejich zakalení (při operaci šedého zákalu – katarakty), jsou nejen transparentní, ale také musí zaručit kvalitní visus pacienta. Často se při tom řeší i dlouhodobá refrakční vada. Protože operace katarakty bývá většinou indikována pacientům vyšších věkových kategorií, předpokládá se ztráta vlastní schopnosti akomodovat, která se může v důsledku pooperačních komplikací ještě zhoršit.

Proto se dnes běžně vyrábějí nitrooční čočky jako multifokální (progresivní) nebo trifokální, které zaručují ostré vidění do dálky, na blízko i na střední vzdálenost (pro sledování monitoru počítače). Ke snížení rizika vzniku pooperačního astigmatismu a dalších možných komplikací, i ke zrychlení procesu hojení je trendem jejich implantace minimální incizí. Proto se často voperovávají v definovaném deformovaném stavu (foldable lenses), který samovolně relaxuje (rozvine se) do funkčního tvaru ve zbytku pouzdra po extrahované původní oční čočce.

Závěrem můžeme konstatovat, že postupující vývoj polymerních materiálů, operačních technik a miniaturizace elektroniky povedou k řadě dalších možných použití funkčních implantátů pro léčbu různých onemocnění nebo poranění. Určitě se rozšíří i současné uplatnění technik 3D tisku.

Jiří Michálek, Jiří Podešva