

# Srdce jako elektrárna

**Jako student jsem měl představu budoucnosti, v níž každý člověk při chůzi po chodníku předává elektrické napětí svého těla (biopotenciálů) pomocí vodivých podrážek do chodníku, vybaveného snímacími mřížkami; něco na způsob fotoelektrického efektu využívajícího sluneční energii. Konzervace lidské energie, která se zbytečně mění na teplo, se tuším už někde testovala. Teď se můj sen mění v realitu. Místo chodníků se ale onen jev má odehrávat přímo uvnitř lidského srdce.**

text **FRANTIŠEK VYSKOČIL**

**U ORGANISMŮ** včetně člověka platí, že budou žít, když se jejich parametry a činnost budou udržovat v podstatě automaticky v určitém fyziologickém rozmezí, ve stavu, kterému říkáme homeostáza. Platí to i o rytmu, síle, časovém průběhu a elektrické dráždivosti našeho srdce, které to vše potřebuje, aby podle momentálních potřeb

k vývoji implantovatelných zdravotnických prostředků bez baterií. Současné baterie kardiostimulátoru mají životnost deset až patnáct let a jejich nahrazení vyžaduje obtěžující a relativně nákladnou operaci.

Před několika lety proto spatřil světlo světa nový způsob napájení standardního kardiostimulátoru pomocí vlastní pohybové energie

stahujícího se srdce. Jde o podobný princip, jaký užíváme u piezoelektrických zapalovačů plynu, v nichž mechanické stlačení příslušného materiálu (asymetrických krystalů) vytvoří elektrický náboj, který se následně vybije ve formě jiskry. U kardiostimulátoru technici využili triboelektrického jevu, při kterém některé materiály získávají elektrický náboj poté, co se třou s jiným materiálem, jak to známe u pověstného tření tyčky z tvrzené pryže (ebonitu) liščíím ohonem.

## SYMBIOTICKÝ KARDIOSTIMULÁTOR

Tomuto spojení napájecí jednotky připojené k srdci a řídicích pravidelných výbojů se říká „symbiotický kardiostimulátor“. Skládá se ze tří částí: generátoru náboje (iTENG),

převádějícího mechanickou energii orgánu na elektrickou energii; jednotky pro řízení výkonu a spotřeby (PMU), která má kondenzátor pro uložení této energie; a samotného kardiostimulátoru, stimulujícího a regulujícího v určeném rytmu srdeční sval.

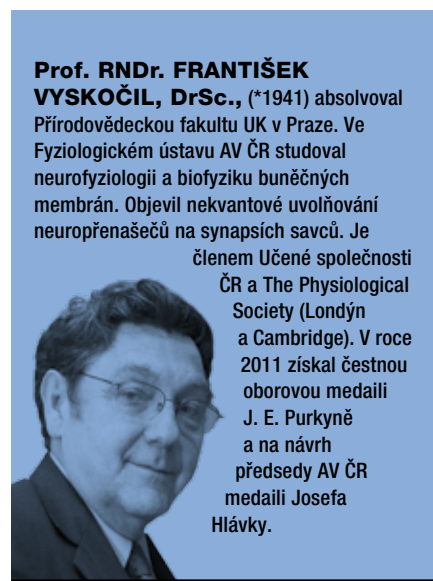
Klíčová je struktura jádra iTENG ze dvou triboelektrických vrstev, nosné konstrukce a skořápky se dvěma vrstvami. Jednu triboelektrickou vrstvu tvoří tenký film z nanostrukturovaného polytetrafluoroethylenu (PTFE). Rozpěrkou mezi vrstvičkami je trojrozměrný elastický kopolymer etylenovinylacetátu (EVA), jako zpevňující element slouží proužek paměťové slitiny (vysoce odolný titan). Celou strukturu jádra iTENG obaluje pružný teflonový film s vrstvou polydimetylsiloxanu (PDMS), posilujícího její strukturální stabilitu a zabraňující poškození živé tkáně.

## PRASATA UZDRAVENA

Zhou Li z Pekingského institutu nanoenergie a nanosystémů a Zhong Lin Wang z Georgijského technického institutu a jejich kolegové implantovali své ohebné zařízení do stahujícího se srdečního svalu dvou dospělých siamských prasátek. V prvním zvířeti, které mělo zdravé srdce, testoval tým, jak dobře „třecí“ generátor produkuje elektrickou energii a spouští standardní komerční kardiostimulátor. Prasečí srdíčko vytvořilo více než dost energie k tomu, aby pohánělo přesným vnuceným rytmem stahy téměř tři a půl hodiny.<sup>1</sup>

U druhého prasátka vyvolali nepravidelný srdeční tep (arytmii) a testovali terapeutické funkce kardiostimulátoru. Zařízení nejprve s pomocí prasečího srdce děle než hodinu dobýjelo energii, a jakmile ho výzkumníci dálkově zapnuli, srdeční tep zvířete se okamžitě stal pravidelným a zůstal tak i po vypnutí symbiotického kardiostimulátoru.

Testy na lidech jsou v blízké budoucnosti nepravděpodobné. Jednou z nevýhod je,



**Prof. RNDr. FRANTIŠEK VYSKOČIL, DrSc., (\*1941)** absolvoval Přírodovědeckou fakultu UK v Praze. Ve fyziologickém ústavu AV ČR studoval neurofyziologii a biofyziku buněčných membrán. Objevil nekvantové uvolňování neuropřenašečů na synapsích savců. Je členem Učené společnosti ČR a The Physiological Society (Londýn a Cambridge). V roce 2011 získal čestnou oborovou medaili J. E. Purkyně a na návrh předsedy AV ČR medaili Josefa Hlávky.



**PRVNÍ KARDIOSTIMULÁTOR** československé výroby vznikl ve spolupráci doc. Bohuslava Pelešky a Ing. Vladimíra Bičíka v roce 1965 v krčském Výzkumném ústavu pro elektroniku a modelování v lékařství. Pracoval spolehlivě dva roky, během kterých ho napájelo pět rtuťových článků, zalitých v epoxidové pryskyřici. Poté byl vyměněn. Naproti tomu současný miniaturní kardiostimulátor Medtronic Micra se implantuje katetrem přímo do srdce, kde může pracovat bez použití elektrod v průměru 12 let.

Snímek Martin Frouz; předměty zapůjčily Zdravotnické muzeum Národní lékařské knihovny a firma Medtronic Czechia, s. r. o.

že symbiotický kardiostimulátor musí být připojen přímo k povrchu srdce či vsunut do jakési kapsy ve stěně srdce jako šunka do plněného řízku. Mohl by tedy ztěžovat mechanickou práci orgánu, proto se zatím hodí jen pro srdeční sval jinak zcela zdravý a výkonný. Existují však výzkumné skupiny zabývající se podobnými pohony. Je zřejmé, že vývoj těchto technologií bez baterií bude znamenat výrazný pokrok v zařízeních určených k implantaci. Doufejme, že se brzy budou tradiční tuhé implantáty měnit na pohonné jednotky, schopné přizpůsobit se pacientovi a sbírat jeho energii.

Trvalá kardiostimulace je již po několik desetiletí zavedenou metodou léčby pacientů se zpomalenou, případně oslabenou srdeční činností (bradykardií a inotropií). Implantace kardiostimulátoru a zavedení elektrod dolů do špičky pravé komory dokáže zlepšit kvalitu i délku života nemocných. Jsou mezi nimi ale i jedinci,

kteří na trvalou kardiostimulaci reagují zhoršením výkonnosti dosud normálně fungujícího srdečního svalu. U nich se pak může rozvinout srdeční slabost, která je omezuje v běžných činnostech. V současné době bohužel nedokážeme předem přesně určit, u kterého pacienta bude mít trvalá kardiostimulace tento negativní efekt. V literatuře se uvádí, že k tomu dojde u 5 až 20 % pacientů, vybavených kardiostimulátorem s elektrodou, uloženou v pravé srdeční komoře, která pumpuje krev do plic. Problémy více postihují starší pacienty, kteří úpravu rytmu potřebují častěji. Stimulace pravé srdeční komory v její špičce (apexu) je totiž nepřírozená, z více než poloviny dráždí převodní srdeční rytmus protisměrně. Stahy vznikající tímto podrážděním fyziologicky prodlužují dobu aktivace srdečních komor. To paradoxně vede k poklesu množství vypuzené krve a v dlouhodobém horizontu

se pak u některých pacientů rozvíjí srdeční slabost.

## ZAOSTŘENO NA HISŮV SVAZEK

V posledních letech se do zájmu odborníků dostává nový způsob stimulace srdečních stahů, a tím je dráždění v oblasti vodivého Hisova svazku převodních vláken, který je na začátku mezikomorové přepážky, tj. asi v polovině srdce. Při tomto způsobu implantace zakotvením kardiostimulátorových elektrod k Hisovu svazku se daří oba srdeční oddíly rychle aktivovat podobně jako u zdravého srdce. Tím se množství vypuzené krve nijak nezmenšuje a ke zhoršení srdeční výkonnosti většinou nedochází.

Výkon samotný je z velké míry podobný klasické implantaci kardiostimulačního systému. Rozdílem je pouze použití jiného typu stimulační elektrody se speciálním zaváděčem a nutnost pečlivého snímání EKG během operačního výkonu.

V pražské Fakultní nemocnici Královské Vinohrady se touto metodou implantace zabývají již od roku 2016 a do současnosti ošetřili několik desítek pacientů. Vzhledem k pozitivním výsledkům klinických studií ze zahraničních pracovišť, které prokázaly příznivý efekt stimulace Hisova svazku na potíže a přežívání nemocných, se dá v blízké době očekávat rozšíření této metody i do běžné klinické praxe. ●

1) Ouyang H. et al.: Nature Communications, 2019, DOI: 10.1038/s41467-019-09851-1.