



PROFESOR VAMPOLA JE ODBORNÍK, který odpovídá s patřičnou úrovní a seriózností, ale rád se od srdce zasměje.

Vědec musí projít tisícem slepých uliček a učinit tisíce marných pokusů, než přijde na jeden, vedoucí k úspěšnému vynálezu. Řadu křížovatek překročil i profesor Tomáš Vampola, vedoucí výzkumného týmu, jenž vyvíjí umělé hlasivky na míru. Je krok od udělení celosvětového patentu, avšak lán cesty, potřebný k tomu, aby se individuální hlasové náhrady dostaly k pacientům, má před sebou...

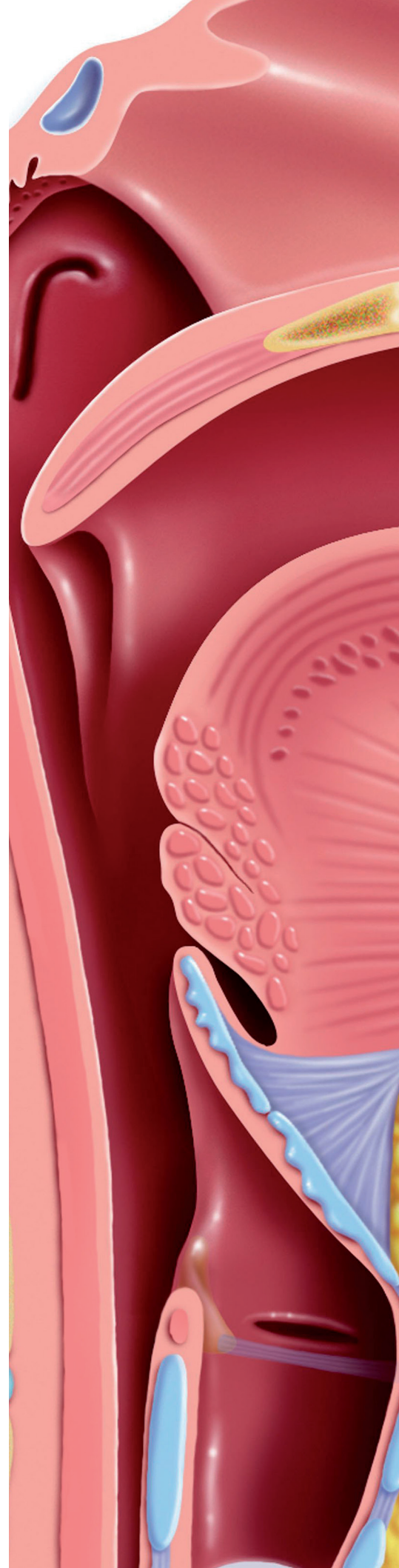
text: **Josef Martínek** / foto: **Radek Cihla, Profimedia.cz**
a osobní archiv **Tomáše Vampoly**

Hlasivky kmitáním umožňují člověku dorozumívat se verbálně. Dá se s nadsázkou říct, že za „málo peněz“ máme hodně muziky. Ostatně, říká se, že hlasivka je jako hudební nástroj.

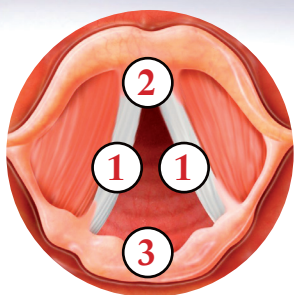
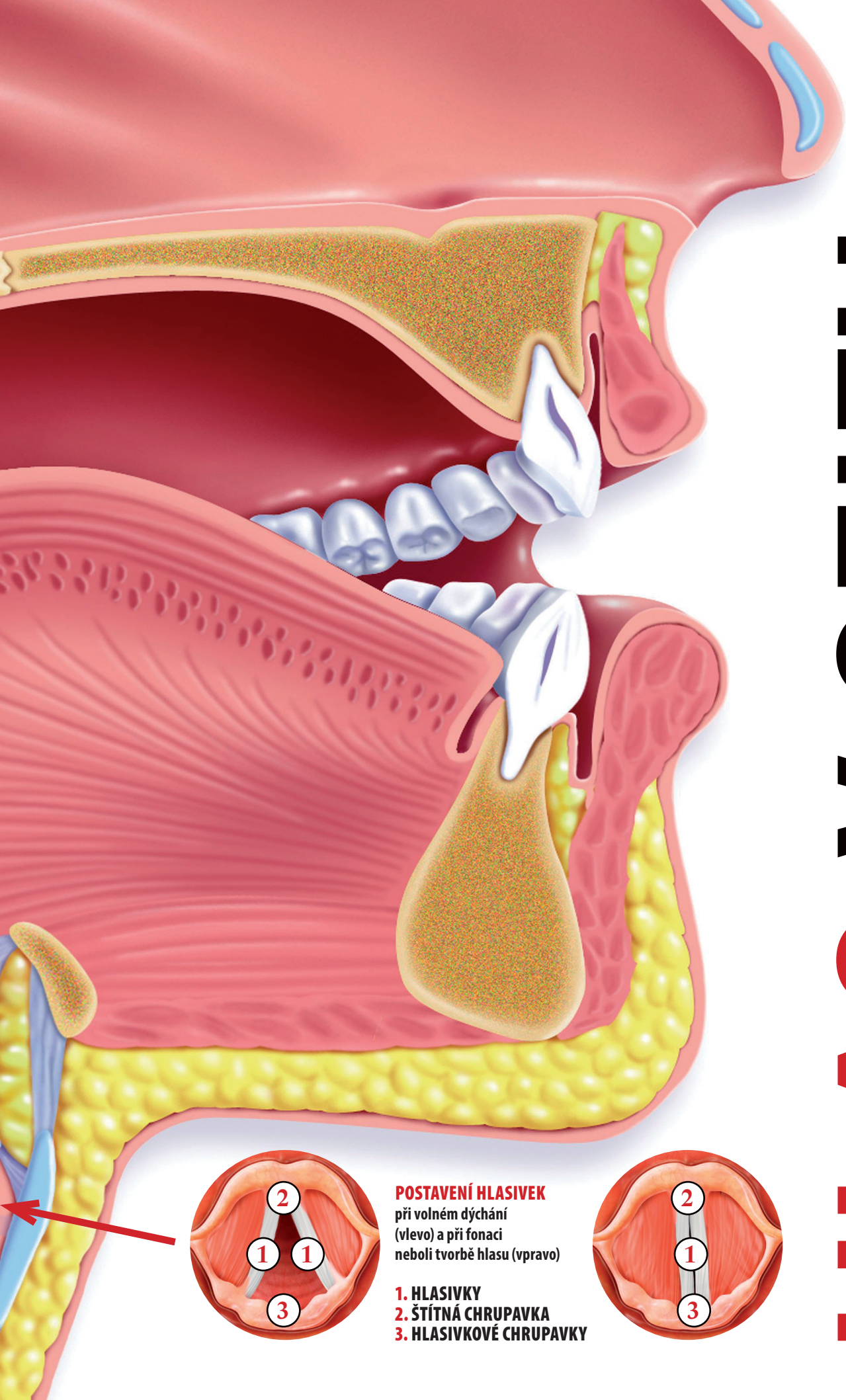
Ano, hlasivka je ve své podstatě struna. Na podobném principu jako ona fungují struny houslí nebo kytary. Záleží, jak ji předeprnete, naladíte, a podle toho vydává příslušný tón.

To se děje u zdravého člověka. Kolem sto padesáti lidí ročně v důsledku operativního vyjmutí hrtanu přijde nenávratně o hlas. Bývá jim provedena tracheostomie, umělé vyústění průdušnice – nazývané slavík. Váš tým přišel s alternativou, vymysleli jste postup, jak vyrobit hlasivky na míru. V čem spočívá?

Před operativním odebráním hrtanu, k němuž obvykle dochází v důsledku onkologických onemocnění, nasnímáme

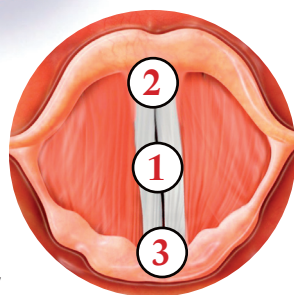


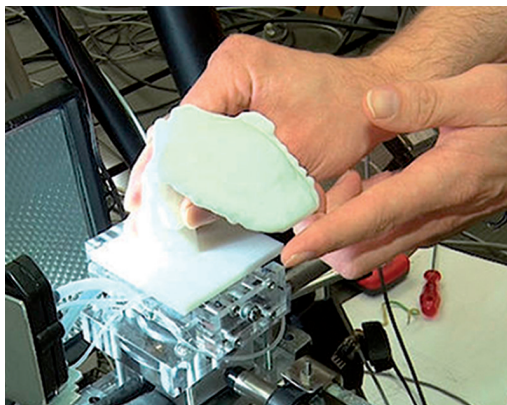
HLAS V SEJEDU



POSTAVENÍ HLASIVEK
při volném dýchání
(vlevo) a při fonaci
neboli tvorbě hlasu (vpravo)

1. HLASIVKY
2. ŠTÍTNÁ CHRUPAVKA
3. HLASIVKOVÉ CHRUPAVKY





pacientův hlas. Bude chvíli mluvit či zpívat a my následně provedeme jeho analýzu. Podle jeho charakteristických vlastností zjistíme parametry hlasivek a vytvoříme jejich náhradu, již naladíme na potřebné frekvence. Cílem projektu bylo od počátku vytvořit individuální náhrady hlasivek. V okamžiku, kdy dojde k voperování námi navržené repliky, nebude mít pacient pocit, že hovoří cizím hlasem. Mělo by se jednat o přirozeně znějící náhradu jeho hlasu.

Ve všech aspektech bude náhrada suplovat původní hlas?

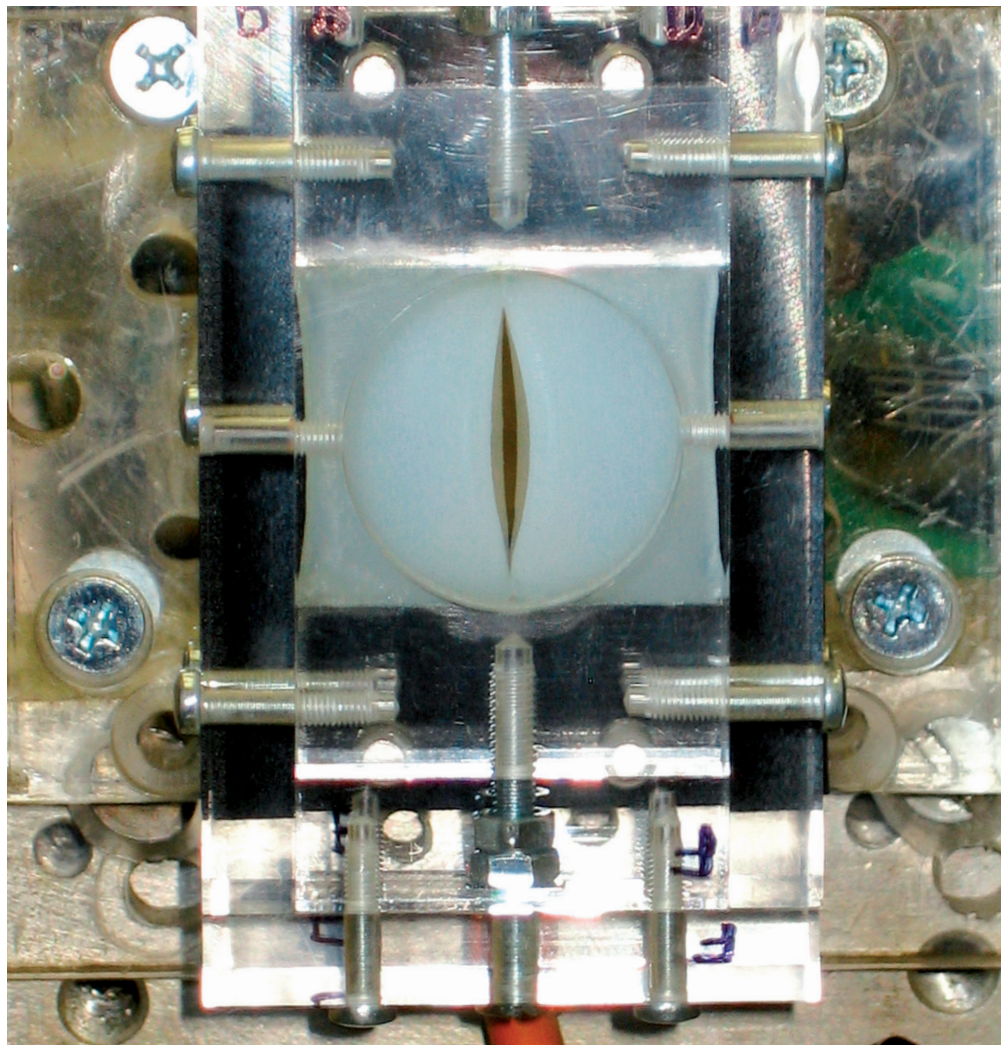
Je pravda, že barva hlasu se nejspíš bude mírně lišit, ale základní frekvence by měla odpovídat té původní. Člověk by se měl s náhradou dobře sžít a ta by mu měla jeho originální hlas připomínat. Testy a experimenty, které byly provedeny, tomu nasvědčují.

Co určuje barvu či hloubku hlasu?

Tyto vlastnosti ovlivňuje předepnutí hlasivky. A v tom je náš zásadní přínos – jsme schopni ji ladit dvoufázově, nejdřív předepnutím a poté změnou tlaku uvnitř hlasivky.

Každý člověk má unikátní hlas. Znamená to, že ve světě vašich modelů existuje nekonečně variant frekvencí?

Frekvenční spektrum lidského hlasu se pohybuje v určitých rozsazích, v nichž



ČEŠTÍ VĚDCI VYVINULI UMĚLOU NÁHRADU HLASIVEK. Navržená náhrada hlasivek by se vyráběla na míru každému pacientovi a ladila by se podle jeho původního hlasu.

jsme schopni pro každého člověka najít individuální hlasivkovou náhradu. Ano, každý hlas je unikátní a náhrada se od něj může lišit. Avšak náš primární cíl naladit hlasivku na požadovanou frekvenci jsme schopni plnit. Absolutní shoda původního lidského hlasu s hlasivkovou náhradou nejspíše nastat nemůže.

Oproti současným náhradám pro pacienty s oněmi slavicí, jejichž zvuk vytváří hlas technologický, půjde o značný posun.

Doufáme. To byla hlavní idea; aby se člověk v první chvíli po operaci nevyděsil, kdo nebo co za něho mluví.

Vášim původním záměrem bylo zkoumání změn, které se v lidském hlase odehrávají, ne vývoj hlasivek na míru...

Výzkum v oblasti biomechaniky hlasu trvá více než deset let. Začínali jsme s jednoduchými modely, v nichž jsme analy-

zovali hlasové projevy. Zjišťovali jsme, jak vokální trakt ovlivňuje výslednou řeč, a protože jeho nedílnou součástí jsou hlasivky, přirozeně z předchozího výzkumu vyplynula ambice vytvořit jejich náhradu na míru. Nejdříve jsme chtěli numericky simulovat hlas a dokázat, že jsme schopni se přiblížit v rozumné míře kvalitě toho původního. Pak se ukázalo, že nezbytným předpokladem pro to je hlasivky ladit. Možná to byla celá náhoda, ale nápad přišel a my jsme rádi.

Jak tohle celé funguje?

Vycházeli jsme z reálné konstrukce a struktury lidské hlasivky. Naši náhradu jsme schopni odlévat z více vrstev materiálů, přičemž každá ovlivňuje vlastnosti výsledného produktu. Napadla nás možnost, jak cíleně ovlivňovat vlastnosti umělé hlasivky tak, abychom ji dokázali ladit na požadovanou frekvenci. Toto ladění provádíme ve dvou krocích. Nejprve

ovlivňujeme předepnutí hlasivky ve vodičí konstrukci a následně upravujeme hodnotu tlakového pole uvnitř hlasivky.

Kdy nastal při vývoji zásadní zlom a vy jste zjistili, že vytvořit hlasivky na míru je reálné?

Od začátku jsme byli přesvědčeni, že co se týče numerických počítačových simulací, reálné to je. Těžší je převést počítačové simulace do aplikační fáze, abychom opravdu mohli hlasivky někomu voperovat. V tomto případě se teprve ukáže, zda byly předpoklady správné. Stále probíhá základní výzkum – po prověření funkčnosti a vyladění materiálových vlastností náhrady přijde na řadu testování na zvířatech. Teprve v momentě, kdy komise vyhodnotí, že hlasivky mohou být uvedeny do praxe, se dostanou k pacientům.

Zpráva o unikátním postupu zazněla v médiích. Obracejí se na vás pacienti v naději, že by jim lékaři mohli hlasivky na míru hned voperovat?

Pár takových telefonátů jsem zažil. Pamatuji, jak problematické pro mě byly. V hlasu těch lidí slyšíte zoufalství, ale nemůžete pro ně nic udělat. Oni mají velká očekávání a vám nezbyvá než říct, že vývoj žádá čas. Ten ale pacienti, kteří by náhradu potřebovali, nemají... Přesto je musíme zklamat, i když nejraději bychom řekli, že jim náhradu za čtrnáct dní aplikujeme a budou mít po problému. Bohužel, replika lidské hlasivky bude k dispozici v horizontu několika let.

Je hypoteticky možné těm lidem alespoň odebrat vzorek hlasu a využít ho pro vývoj individuální náhrady v budoucnu?

V tom by problém nebyl, hlas nasnímat můžeme. Ovšem, řekněme si na rovinu – kdo je ochoten čekat deset let, než mu vrátíme jeho hlas?

Zatím asi stačí utvrzení, že na tom pracujete. A není vás málo; ke spolupráci jste přizval odborníky z Akademie věd a lékaře z I. lékařské fakulty Univerzity Karlovy.

S odborníky z těchto institucí spolupracujeme dlouhodobě. Každé pracoviště je zodpovědné za konkrétní část výzkumu, každé má zásadní roli a je nenahraditelné. Makromolekulární ústav Akademie věd zodpovídá za volbu a návrh vhodného materiálu, který bychom pro naši repliku mohli použít. Ústav termomecha-

niky Akademie věd ověřuje shodu experimentálních vzorků náhrady lidských hlasivek s počítačovými simulacemi. Lékaři z I. lékařské fakulty Univerzity Karlovy modifikují naše představy o tom, jak to v živém organismu funguje. Tež provedli test na neživém pacientovi. Ten prokázal, že konstrukční návrh náhrady lze voperovat do vokálního traktu člověka.

Zmínili jste materiál. Podařilo se už vhodný najít?

Pořád je to slabina. Prostředí v hrtanu je agresivní a materiál musí simulovat biologickou tkáň. Je třeba zajistit, aby v něm probíhal proces samočištění, ale nalézt správnou konfiguraci materiálu není jednoduché. Stále nejsme přesvědčeni, že jsme našli optimální řešení; zatím pracujeme s modifikací silikonu. Jsme v něm schopni odlévat kavity neboli jakési dutiny definovaných konfigurací a ty cíleně vyplňovat tekutinou vhodných vlastností. Po mechanické stránce splňuje vše po-

Frekvenční spektrum lidského hlasu se pohybuje v určitých rozsazích, v nichž jsme schopni pro každého člověka najít individuální hlasivkovou náhradu.

žadované, ovšem problém samočištění a garance dlouhodobé životnosti trvá. Představa, že vám někdo umístí do krku něco, co bude zdrojem infekcí a nečistot, je nepřijatelná. Něco takového by lékaři ani nedovolili. Nelze náhradu každý půlrok reoperovat. Kolegové na vylepšení materiálového složení pracují.

O přípravách testování na zvířatech jste hovořil před dvěma lety. Proč ještě nezačaly?

Chtěli jsme mít absolutní jistotu, že sestavené modely opravdu predikují to, co očekáváme. Až teď jsme přesvědčeni, že námi vytvořená konstrukce bude funkční. Na základě laboratorních experimentů můžeme potvrdit, že se chová tak, jak jsme předpokládali. Experiment na živém tvorovi, konkrétně na ovci, momentálně připravujeme. Problémem jsou finance. Pokud se nám je podaří sehnat, k testování bude moci dojít letos.

Do jaké míry jsou lidské a ovčí hlasivky totožné?

Nejsou. U ovce budeme především prověřovat funkčnost, to, zda jsme schopni náhradu implementovat živému tvorovi. Poté budeme sledovat, jestli plní účel. Nějak se začít musí. Pokud budou výsledky zkoušky uspokojivé, v projektu pokročíme dál.

Po těch experimentech by měly následovat klinické testy. Budou čistě v režii lékařů?

Ano, klinické testy již budou v jejich kompetenci. Nejprve budeme muset na zvířatech prokázat, že implementace naší náhrady nebude pacienta ohrožovat. Dokud se to nepodaří, ke klinickým testům nedojde.

Váš návrh získal v České republice patent, požádali jste i o ten mezinárodní. Jak to vypadá s udělením?

Požádali jsme o rozšíření patentové ochrany po celém světě, ovšem její udělení trvá dlouho. V rámci patentového říze-

ní nám komise předložila připomínky, které jsme dokázali objasnit a vymezit se oproti postupům, které již byly prezentovány v minulosti. Věřím, že udělení patentové ochrany je otázkou času.

Čím se vám podařilo překonat zahraniční týmy, které mají pro výzkum často lepší zázemí a příznivější podmínky?

Není to tak, že bychom někoho překonávali, zahraniční týmy jdou ve výzkumu cestou odlišných metod. Známe dvě špičková pracoviště – v Německu a v Kanadě. Právě v zámoří mají celou univerzitní kliniku, výzkumem hlasivek se tam zabývá četný tým lidí. V České republice je to spíše jakýsi klub nadšenců. Soutěžit s nimi nelze, ale s lidmi z těchto týmů se setkáme na odborných konferencích, víme o sobě. Pro Kanadany jsme nicméně malí hráči. Abychom je zajímali, musíme prokázat, že naše cesta je smysluplná. Oni se zaměřují především na pěstování

prof. Dr. Ing. Tomáš Vampola (57)

► absolvoval obor **aplikovaná mechanika na Fakultě strojní ČVUT**; než se začal zabývat změnami vokálního traktu, věnoval se řešení problémů dynamiky soustavy vázaných tuhých a poddajných těles
 ► na **FS ČVUT** pracuje v odboru **mechaniky a mechatroniky** i v **Centru leteckého a kosmického výzkumu**, kde se zabývá mechanickými procesy v letectví: „V současné době připravujeme soubor postupů pro návrh nového leteckého motoru. Jde o velký aplikační projekt, do kterého je zapojeno mnoho partnerů. Je to trochu jiná mechanika,“ nastiňuje
 ► je rovněž členem **fakultní vědecké rady**
 ► roku 2016 obdržel za návrh umělých hlasivek na míru **Cenu předsedy Grantové agentury** a s ní související příspěvek sto tisíc korun na další výzkum



kmenových buněk a zdá se, že úspěšně. Jsou přesvědčeni, že jejich směr je správný. Až realizace ukáže, kdo měl pravdu.

Aby k realizaci došlo, budete potřebovat balík peněz. Naznačil jste, že stále hledáte investory, kteří by do projektu vložili finance. V jejich shánění medializace pomohla?

Investoři se ozývají, pro nás je ovšem zásadní prověřit, co si od spolupráce s námi slibují. Zatím nejsme v pozici, že bychom mohli garantovat, kdy budeme schopni hotový produkt dodat. To je pro většinu z nich překážka. Tlačí, aby náhrada byla k dispozici co nejdříve. Průmyslová praxe je taková, že výsledky se vyžadují téměř okamžitě, pokud možno zítra. To my slíbit nemůžeme. Výzkum jsou tisíce slepých cest, tisíce nefunkčních pokusů. Ne že do čtrnácti dní položíme hotovou věc na stůl, aby ji mohli začít komercializovat.

Je cestou oslovení zahraničních sponzorů?

Krátce poté, kdy jsme obdrželi Cenu předsedy Grantové agentury (v září 2016, pozn. red.), přišly nabídky ze zahraničí. V těch

případech ale musí být člověk ještě opatrnější. Reagovali jsme na jejich nabídku zdvořilým odmítnutím.

Proč?

Byl to přesně případ, který jsem zmínil; představa byla, že začnou náhradu lidské hlasivky do tří měsíců vyrábět. Je zajímavé, že největší počet pacientů s potřebou náhrady hlasivky se nachází v Asii. Zřej-

mě proto tito investoři v našem vynálezu viděli velký obchodní potenciál.

Mimochodem, jak je takový vývoj drahý?

To nedokážu přesně vyčíslit. Kdybychom měli projekt dovést do realizační fáze, bude velmi nákladný. Získané grantové prostředky nám umožnily pouze financovat základní výzkum repliky lidské hlasivky a její experimentální ověření.

V minulosti jste si postěžoval, že i administrativní zátěž je v Česku zbytečně velká.

To je pravda. Žádáte-li o grantové prostředky, zavazujete se k řadě povinností, které zabírají hodně času, a přitom s faktickým řešením projektu nesouvisí. Vadí mi, že na projekt poskytovatel dotace přidělí určitou finanční podporu, ale zároveň vás sváže pravidly, jak můžete s prostředky nakládat. Můj názor je, že získáte-li grantovou podporu, měl byste mít právo s penězi naložit, jak pro potřeby projektu uznáte za vhodné – pochopitelně pokud prokážete jejich účelné vynaložení. Když vám někdo nařizuje, kolik procent z finanční podpory musíte využít na jakou konkrétní část

Právě v zámoří mají celou univerzitní kliniku, výzkumem hlasivek se tam zabývá četný tým lidí. V České republice je to spíše jakýsi klub nadšenců.

výzkumu, je to limitující. Podle mě by to mělo fungovat jinak. Napřed by se ale musela změnit dotační politika a související legislativa.

Kdy jste se pro tento obor rozhodl?

Absolvoval jsem v oboru aplikovaná mechanika a k problematice jménem biomechanika hlasu mě přivedl kolega, docent Karel Dedouch. Nikdy jsem cíleně netoužil pracovat v oblasti biomechaniky, zkrátka to vyplynulo. Z pohledu mechaniky je jedno, zda se zabýváte automobily, letadly či vokálním traktem. Vždy je nutné sestavit vhodný matematický model.

Čemu jste se věnoval, než jste se zaměřil na lidský hrtan?

Řešení problémů dynamiky soustavy vázaných tuhých či poddajných těles. Ty modely se dají aplikovat na širokou škálu úloh, i na model dopravního prostředku či pohybový aparát člověka.

Biomechanika, více než cokoli jiného, jde s vývojem technologií. Jakou historii má u nás?

Relativně bohatou. Vzpomínám, že když jsem se začal touto problematikou zabývat, pracovalo zde na fakultě strojní několik předních odborníků, kteří byli v té oblasti průkopníky. Snaha zmodelovat procesy, které se dějí v člověku i v živé přírodě, je předmětem zájmu výzkumných institucí.

Byla i dříve, roku 1842 se v Praze objevil mluvicí stroj hodináře Josefa Fabera. Mluvil pomocí mechanických hlasivek, které mu Faber aplikoval. Byl to váš předchůdce?

Netroufal bych si srovnávat. Náš přístup je jiný, což dokládá i fakt, že jsme na něj získali patent. Ale musím uznat, že každý obdobný počin je zajímavý. Pokud bych měl vybrat, kdo mě v oboru ovlivnil – zejména během studentských let –, byl by to profesor Vladimír Stejskal. On mohl za to, že jsem nakonec u mechaniky zůstal. Byl z lidského hlediska mimořádný člověk a velký odborník. Ale k současnosti... Dnešní mechanici mají trochu smůlu, že spousta objevů už v té oblasti byla učiněna. Člověk si někdy posteskuje: škoda že jsem se nenarodil dřív.

Myslíte, že váš obor své možnosti z většího vyčerpal?

To ne, ale pravda je, že některé obory mají větší šanci přijít s něčím převratným. Například chemie je dnes rychle se rozvíjející obor. U nás strojařů jde hlavně o aplikační výzkum; na druhou stranu třeba říci, že být strojařem není tak špatné! Všichni naši studenti mají garantovanou plnou zaměstnanost. Já být na jejich místě, budu za jistotu pozdější práce vděčný. To je v dnešní době pro většinu mladých asi silnější motiv než se začít oboru věnovat s touhou něco převratného vynalézt.

Vám se to, pokud vše dobře dopadne, může podařit. Snil jste v dětství o tom, že budete slavný vynálezce?

Na to jsem ani nepomyslel. Měl jsem k oboru od začátku racionální přístup. Líbí se mi jeho exaktnost; jedna a jedna jsou dvě a tím je vše definováno. ❑

INTERVIEW

Více zajímavých rozhovorů s českými a zahraničními osobnostmi najdete v časopise Interview.

INZERCE



KARLOVY VARY

Mlýnský pramen

PITNÁ KÚRA PRO VAŠE ZAŽÍVÁNÍ

Mlýnský pramen je tradiční minerální voda – výtěžek z přírodního léčivého zdroje z lázní Karlovy Vary. Karlovarské prameny jsou užívány v případě obtíží s trávicím traktem a v případě chorob látkové výměny.

