



# Špičková biomedicína

**Velmi viditelně v „době koronavirové“ prokázali nejen vědci, ale i studenti Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT, že jsou potřebnými a aktivními hráči v boji o zdraví lidí. V tématu Pražské techniky přibližujeme nejen vývoj plicního ventilátoru, ale i další výzkum, jemuž se věnují týmy této fakulty, která letos slaví patnáct let. A přidáváme i pohled jejího děkana a dalších osobností, které jsou s „kladenskou biomedicínou“ bytostně spjati...**

## Unikátní plicní ventilátor

Když se v začátku epidemie Covid-19 v České republice začala analyzovat připravenost našeho státu na očekávaný nárůst počtu osob vyžadujících umělou plicní ventilaci a v té souvislosti i předpokládaný nedostatek plicních ventilátorů, rozhodli jsme se, že se pokusíme této situaci předejít. Začali jsme vyvíjet ventilátor, kterému jsme dali název CoroVent.

Po důkladné analýze doposud známých odborných informací o projevech, průběhu onemocnění a o způsobu léčení pacientů s respiračním selháním vlivem Covid-19 jsme vytvořili medicínské požadavky, které ventilátor CoroVent musí splňovat, aby byl vhodný pro stanovenou cílovou skupinu pacientů.

Práce na návrhu vnitřní struktury nebyla vůbec snadná... Dali jsme si zásadu, že řešení musí být jednoduché, a že díly, ze kterých ventilátor zkonstruujeme, musí být v ČR dostupné prakticky ihned a ve velkých počtech. Díky těmto požadavkům jsme museli postupně zavrhnout prakticky všechna běžná řešení a začali jsme přemýšlet nad zcela novým způsobem.

Výsledkem byl unikátní návrh řešení inspirační větve ventilátoru, které zahrnuje minimum součástek. Přesto poskytuje obdobné možnosti nastavování dechových parametrů jako jiný ventilátor určený pro jednotku intenzivní péče. CoroVent je doplněn o bezpečnostní prvky, které vyžadují normy pro tyto přístroje.

Spoluprací ČVUT s platformou Covid-19CZ a dalšími firmami se podařilo ventilátor uvést do výroby během velmi krátké doby. První tři sériově vyrobené kusy byly předány EZÚ ke zkouškám bezpečnosti za necelý jeden měsíc od prvotní myšlenky tento CoroVent vyvinout.

Jeho současná konstrukce poskytuje prostor pro řadu řešení, které by z něho v budoucnu mohly udělat ventilátor pro obecné použití v intenzivní a neodkladné péči. FBMI spolu s dalšími subjekty, které se podílejí na výrobě, s dalším vývojem CoroVentu počítají. Tím se samozřejmě ztratí to „kouzlo“ jednoduše a rychle vyrobitelného ventilátoru, ale ČVUT tak bude moci nabídnout českou alternativu k drahým zahraničním přístrojům.

**prof. Ing. Karel Roubík, Ph.D.**



**prof. Karel Roubík**

Plicní ventilace je objektem výzkumu prof. Ing. Karla Roubíka, Ph.D., už přes dvacet let. Věnoval se jí ve svém doktorském studiu na Fakultě elektrotechnické ČVUT, jeho dizertační práce měla název Optimalizace umělé plicní ventilace. Absolvent FEL v oboru Radioelektronika, specializace lékařská elektronika, se následně v oboru biomedicínského inženýrství habilitoval s prací Nekonvenční režimy umělé plicní ventilace a v roce 2014 byl jmenován profesorem v oboru elektronika a lékařská technika. S projekty, jako je nynější unikátní bleskový vývoj přístroje na pomoc v koronavirové krizi, má jeho tým bohaté zkušenosti. „Dělali jsme už mnoho různých modulů pro ventilační techniku, monitorů, navrhli jsme a vyvíjeli ventilátor pro kontaminovanou zónu,“ říká profesor Roubík. Na FBMI působí od jejího vzniku, v současnosti se kromě vědy a výuky ve svém oboru věnuje i dalším oblastem života fakulty, je proděkanem pro zahraniční styky a PR. „FBMI je nejlépe vybavenou fakultou pro výuku biomedicínského inženýrství v České republice. Prakticky všechny předměty mají svou špičkově vybavenou laboratoř pro laboratorní výuku. Stávající laboratoře stále inovujeme a stále vytváříme laboratoře nové. Domnívám se, že pro rozvoj fakulty, a to i pro rozvoj a kvalitu vzdělávání, je důležité, že většina vyučujících, kteří přednášejí studentům, jsou odborníci a členové nějakého výzkumného týmu. Tím dokážeme studentům předávat přesně ty znalosti, které mohou po studiu ihned uplatnit v praxi. A samozřejmě takoví přednášející dokážou studenty při výuce lépe namotivovat a ukázat jim, že přednášená látka, byť mnohdy i teoretická, je opravdu potřebná a využívaná v praxi,“ dodává úspěšný vědec.





prof. Miroslava Vrbová

„Počátek fungování FBMI byl pro mne důležitou profesionální etapou,“ říká prof. Ing. Miroslava Vrbová, CSc., která se v září 2005 stala první děkankou nově zřízené Fakulty biomedicínského inženýrství ČVUT. „Se zkušenostmi vědecké pracovnice jsem měla krátkodobě pravomoci děkanky i akademického senátu, na počátku nebyla vědecká rada, nebyla správa budov atd. Fakulta však poměrně rychle odstartovala, usídlili jsme se v nové budově v Kladně a také se nám podařilo akreditovat navazující magisterský studijní program. Naši první absolventi bakalářského studijního programu mohli již na FBMI pokračovat v říjnu 2005,“ vzpomíná na vznik fakulty žena-vědkyně, jejíž oborem je aplikovaná fyzika. Nejprve bylo založeno Centrum biomedicínského inženýrství (CBMI ČVUT), definované jako společné pracoviště fakult ČVUT, spolupracujících s lékařskými fakultami UK v mezioborovém výzkumu i výuce. V roce 2002 připravilo CBMI otevření bakalářského studijního programu Biomedicínská a klinická technika a transformovalo se na vysokoškolský Ústav biomedicínského inženýrství (ÚBMI ČVUT), jehož ředitelkou se stala právě prof. Vrbová. Fakulta biomedicínského inženýrství vznikla transformací ÚBMI na základě rozhodnutí Akademického senátu ČVUT a Akreditační komise MŠMT ČR v květnu 2005. A co by paní profesorka fakultě popřála k jejímu letošnímu výročí? „Aby se nezpronevěřila svému původnímu poslání, aby byla interdisciplinárním nejen vzdělávacím, ale také vědeckým pracovištěm. Plnohodnotná fakulta v „dospělém“ věku by měla mít vedle kvalitní výuky také respektované výzkumné týmy i výzkumné laboratoře na světové úrovni.“

## Kontaminace filtrů v letadle

Cestující i posádky dopravních letadel si zejména u dlouhých letů často stěžují na nekomfortní pocity po přistání ve smyslu tzv. nachlazení. V pilotním pokusu jsme u filtru vyjmutého za podmínek zabraňujících jeho možné kontaminaci zvenčí při výměně v rámci periodické technické kontroly dopravního letadla sledovali mikrobiální kontaminaci vstupního a výstupního povrchu filtru. K našemu velkému překvapení byl počet patogenních bakterií na výstupních plochách filtru o řád vyšší než na vstupu. Navíc se ukázalo, že mezi prokázanými byly bakterie, které by měl HEPA-filtr spolehlivě zadržet. Deklarovaná životnost filtrů pro letadla je 5 000 hodin, námi sledovaný měl nalétáno 4600. Jediným možným vysvětlením je porušení integrity pórů tlakem vzduchu při zahlcení filtru. Při testování možných technik pro detekci virů jsme zjistili respirační viry zachycené nanotextilií PA6. Protože viry nebyly prokázány ani ve výplachu z porů HEPA-filtru, lze s nejvyšší pravděpodobností mít za prokázané, že uvedený typ filtru viry nezachytí a díky proudění vzduchu v kabině dochází k expozici všech cestujících. Nanotextilní filtr však nemůže být v provozu 5000 letových hodin. Proto jeden člen našeho týmu hledá možnost technického řešení, kam do filtračního systému dopravního letadla zařadit kazetu s filtrem tak, aby ji bylo možno snadno vyjmout a vyměňovat ji v kratších intervalech. Zbytek týmu pracuje na testování filtrů z dalších klimatizačních systémů včetně jiných dopravních prostředků. Přínos našeho výzkumu vystupuje do popředí zejména v nynější situaci strachu z koronaviru.

MUDr. Emil Pavlík, CSc., MUDr. Daniela Obitková



## Jak se chová lavina

Zejména při skialpinismu či lyžování ve volném terénu zemře jen v Alpách následkem lavinového neštěstí ročně přibližně sto lidí. Je tedy důležité pochopit, co se děje s obětí pod lavinou, neboť s každou minutou se velmi zvyšuje riziko jejího udušení.

Na projektu lavinového výzkumu pracuje ventilační tým FBMI pod vedením prof. Ing. Karla Roubíka, Ph.D., od roku 2014 a ve spolupráci s Armádou ČR (vojenští piloti) a FTVS UK. Hlavním cílem je popsat chování a dýchání zavaleného člověka pod lavinou v lavinovém sněhu. V rámci výzkumu byla realizována řada experimentů v terénu, které vyvrátily například nezbytnost prostorné dutiny před obličejem. Nyní se skupina zaměřuje na pochopení celkové fyziologie dýchání pod lavinou a na testování ochranných pomůcek (sněžný šnorchl, avalung). Zkoumá se dechová práce různých věkových skupin a realizován je průzkum mezi lidmi, kteří byli zavaleni v lavině. Z něj například vyplynulo, že více než polovina respondentů prožila lavinovou nehodu při skialpinismu a necelá čtvrtina byla schopna vytvořit si prostor před dýchacími cestami. Hlavním přínosem výzkumu je experimentálně ověřený podklad pro návrh guidelines pro prvotní ošetření zavalených nebo pro design ochranných pomůcek.

MUDr. Lenka Horáková



## Detekce radikalizace

Hrozba radikalizace osob či skupin představuje aktuální bezpečnostní fenomén, který se bezprostředně dotýká všech států světa, bez ohledu na skutečnost, zda dané země byly či nebyly postíženy teroristickým útokem. FBMI se zabývá projektem bezpečnostního výzkumu pod záštitou Ministerstva vnitra ČR s názvem Detekce radikalizace v kontextu ochrany obyvatelstva a měkkých cílů před násilnými incidenty. Výzkum se soustřeďuje na vývoj metodiky detekce rizikových osob a zvýšení povědomí příslušníků bezpečnostního aparátu, ale i dalších institucí o rizicích radikalizačního procesu a důsledcích, ke kterým může vést. Radikalizace je celospolečenským problémem, kterému je možné čelit a eliminovat jej za předpokladu multiinstitucionální spolupráce a podpory veřejnosti. Výzkumný tým tedy tvoří zkušení odborníci reprezentující různé vědní obory a profesní zaměření. K úspěšné detekci rizikových osob je zapotřebí edukovat nejen bezpečnostní kompetenty, ale i pedagogy, vychovatele, sociální pracovníky, psychology, probační úředníky a v nejšířším měřítku celou občanskou společnost. Vytvoření univerzálního profilu soudobých teroristů a dalších rizikových jedinců je velmi obtížné. Radikalizační proces je velmi individuální a ovlivňuje jej mnoho faktorů, vyplývajících z teritoriálních, kulturních, společenských, politických a legislativních podmínek. Vědecké poznání podstaty problému a přijetí skutečnosti, že se jedná o mnohem komplexnější záležitost než se na první pohled zdá, je klíčovým východiskem pro další výzkum, prevenci a boj s příčinami a důsledky radikalizace.

doc. PhDr. Barbora Vegrachtová, Ph.D., MBA

## Analýza pohybu pacientů

Parkinsonova choroba je nevyléčitelné neurodegenerativní onemocnění, které postihuje zejména osoby starší padesáti let. Její nástup nelze ovlivnit způsobem života, stravou, ani jinými aktivitami. Motorické i nemotorické příznaky postupně vedou k vyloučení nemocných ze společenského i sociálního života. Pod vedením Mgr. Radima Krupičky, Ph.D., pracuje tým z Katedry biomedicínské informatiky na výzkumu, jenž probíhá ve spolupráci s Neurologickou klinikou 1. lékařské fakulty UK a VFN v Praze. Jeho součástí je také analýza pohybu pacientů. Pro rozbor chůze je běžně používaným testem Timed Up&Go, jenž obsahuje běžné pohybové činnosti: vstávání ze židle, chůze, otáčení či sedání na židli. Pohyb pacienta je zaznamenán pomocí senzorů na něm, současně je chůze snímána i tlakocitlivým chodníkem. Z naměřených dat vypočítáváme rozsáhlou sadu parametrů, které kvantifikují jednotlivé pohybové aktivity. Data jsou dále využívána pro analýzu stability a následně pro identifikaci pacientů se zvýšeným rizikem pádu. Zkoumáním souvislostí mezi projevy nemoci přispíváme k objektivizaci stavu pacienta a k brzké diagnóze. Nyní připravujeme snímání pohybu pacientů pomocí nositelných senzorů v jejich domácím prostředí, což umožní i zachycení změn v motorickém stavu pacienta a včasné odhalení příznaků, které se mohou objevit během dne.



Mgr. Slávka Vítečková



prof. Jozef Rosina

„Fakulta je unikátní svým interdisciplinárním pojetím studia. Výuka ve všech studijních programech se pohybuje na rozhraní techniky a medicíny. Cenné je, že roste generace mladých, zapálených a vzdělaných lidí, kteří se s fakultou ztotožnili, jsou její nedílnou součástí, a to je axiomem úspěšného pokračování života fakulty,“ říká prof. MUDr. Jozef Rosina, Ph.D., MBA, jenž stál osm let v čele FBMI (2008 až 2016). Současný proděkan pro rozvoj a vnější vztahy, který působí na Katedře zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva a na Katedře biomedicínské techniky, má bohaté zkušenosti z lékařské i akademické praxe. Pracoval ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady a na 3. lékařské fakultě UK, kde nyní působí jako přednosta Ústavu lékařské biofyziky a lékařské informatiky. V roce 2006 přišel na FBMI. „Měl jsem to štěstí, že jsem na fakultu nastoupil rok po jejím založení a krátce po mém nástupu do funkce děkana jsme začali s intenzivní prací nad akreditací nových technických studijních oborů a příbuzných inženýrských disciplín. Zvládli jsme to velice rychle. Současně proběhly úspěšně akreditace několika zdravotnických nelékařských oborů. Tím se završila naše snaha dát dohromady dva fascinující světy, světy techniky a medicíny. Akreditace oborů v programu Ochrany obyvatelstva jenom potvrdila vysoké ambice fakulty. Tyto aktivity pomohly výrazně navýšit počet studujících na FBMI ČVUT. Podařilo se nám přistavět nové laboratorní patro, máme více než tři desítky unikátních, špičkově vybavených vědeckých laboratoří. Fakulta byla a je velice úspěšná v získávání grantů, výzkumných projektů a díky místu působení i projektů Evropské unie,“ říká prof. Rosina, jenž byl 23. dubna Akademickým senátem FBMI jednomyslně zvolen kandidátem na děkana této fakulty pro příští funkční období (září 2020 až 2024).



**prof. Leoš Navrátil**

„Nejsem klíčovou osobností fakulty, to již ve svém věku ani být nemohu. Život fakulty, a to je to nejcennější, je založen na práci, aktivitě, nadšení všech, kteří se na jejím chodu podílí, od děkana po řemeslníky a recepční,“ reagoval prof. MUDr. Leoš Navrátil, CSc., MBA, dr.h. c., na výběr mezi pěticí pro fakultu významných pracovníků, které představujeme v souvislosti s výročním FBMI. „Korektní vzájemné vztahy, snaha posunout kvalitu výuky a vědecké práce, snaha pomoci spolupracovníkům, otevřenost k názoru jiných, to musí být vlastní všem akademickým pracovníkům. A to nejcennější, co FBMI má, jsou mladí a mladší, kteří mají před sebou ještě řadu pracovních i osobních cílů. A právě úsilí jich dosáhnout přinese fakultě řadu nových poznatků, novinek a vynikajících pracovních kontaktů doma i v zahraničí,“ dodal uznávaný vědec.

A co z vlastního působení na fakultě považuje za nejpřínosnější? „Každý úspěšně vyřešený projekt, každý akreditovaný studijní program, každá nově otevřená laboratoř jsou pro fakultu přínosem. Nikdo z nás nemůže předem vědět, co nového přinese pro studentky a studenty, jak budou výsledky projektu využity jinými, třeba i na druhé straně zeměkoule, jak prospějí nám všem. Příkladem jsou dnešní dny, kdy mnohaletý výzkum v oblasti umělé plicní ventilace nachází praktické využití v konstrukci přístrojů, které nyní tak nutně potřebuje zdravotnictví. Ukazuje se, jak potřeba jsou záchranáři, laboranti, technici i odborníci v ochraně a bezpečnosti obyvatelstva a další, na jejichž přípravě se naše fakultě podílí. Uvést jediný příklad něčeho, na čem jsem se sám podílel, by bylo trestuhodné. Může být myšlenka, nápad, ale bez nadšení spolupracovníků, kteří pomáhají s její realizací a dále ji rozvíjí, by měla život jepice.“



## Výuka v Kolumbii a Kambodži

V současné době dochází k velmi rychlému rozvoji v oblasti biomedicínského inženýrství, které aplikuje inženýrské postupy zejména do medicíny a biologie. Od roku 2014 Katedra biomedicínské techniky spolupracuje s kolumbijskou univerzitou Universidad Autonoma de Bucaramanga na zavedení výuky biomedicínského inženýrského oboru. Tuto vizi se podařilo uskutečnit o tři roky později a v loňském roce již univerzita vyučovala cca sto studentů v této odbornosti.

Díky podpoře České rozvojové agentury nyní katedra spolupracuje s ministerstvem zdravotnictví Kambodže na zavedení studia biomedicínského inženýrství tak, aby bylo v souladu s mezinárodními standardy a současně aby výuka byla „na míru“ tamních zdravotnických zařízení. Ta nemají dostatek přístrojového vybavení nebo leží nepoužité ve skladech a personál nemá dostatečné znalosti k jeho uvedení do chodu, používání a udržování. Možným řešením je tedy vyškolení profesionálů.

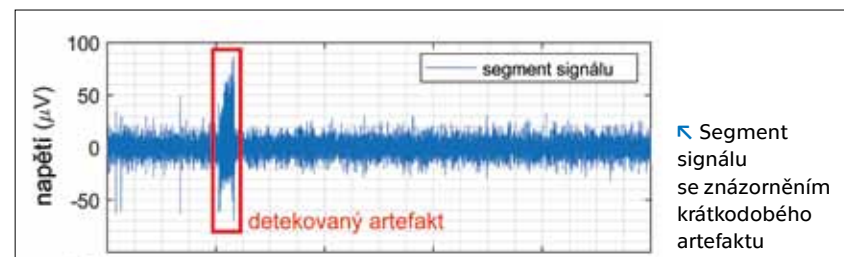
Naši pedagogové se snaží tuto situaci změnit. Konkrétně se podílejí na přípravě některých odborných předmětů, jako je např. mechanika tekutin v biomedicině, lékařské zobrazovací systémy a lékařské přístroje a zařízení. Koncem roku v Kambodži vystoupila skupina pedagogů s přednáškou pro pedagogy a pracovníky zdravotnických zařízení a prohlédla odborná zdravotnická pracoviště. Letos se počítá s návštěvou odborníků z Kambodže a s přípravou dalších laboratorních úloh z mechaniky tekutin a nemocničních rozvodů. Součástí budou i prohlídky českých zdravotnických zařízení a nemocnic. Na podzim se naši pedagogové chystají opět do Kambodže, kde je čeká série odborných přednášek pro první studenty biomedicínského inženýrství.

**prof. Ing. Karel Roubík, Ph.D.**

## Signály z neuronů

Pacientům s Parkinsonovou chorobou či dystonií je pro zmírnění příznaků onemocnění určena tzv. hluboká mozková stimulace, při které lékař zavádí tenké elektrody do jader v hlubokých částech mozku o rozměru přibližně zrnka rýže. Pro zaměření pozice zaváděných elektrod se nahrává mozková aktivita jednotlivých neuronů a zkušený operátor na základě signálu a zkušeností rozpozná, v jaké části mozku se momentálně nachází. V rámci spolupráce Katedry biomedicínské informatiky a Centra poruch hybnosti na Neurologické klinice I. LF UK a VFH v Praze zpracováváme nahrané signály z jednotlivých neuronů. Pomocí algoritmů umělé inteligence (hlubokých neuronových sítí) jsme vytvořili postup pro detekci a identifikaci artefaktů v intraoperačních mikroelektrodových záznamech. Detekce artefaktů a jejich typů je zásadní fáze zpracování těchto záznamů a může mít významný vliv na rozpoznání jednotlivých neuronů, odstranění chyb v signálu a následně také stanovení klinicky zajímavých biomarkerů. Navíc jsme na základě získaných dat a algoritmů strojového učení našli souvislosti v postižených oblastech mozku a jejich klinické manifestace. Aktuálně je naším cílem vývoj nového přístupu použitelného pro detekci významných objektů v neuroinformatických signálech.

**Ing. Ondřej Klempíř**



## Telemedicína nejen pro diabetiky

Rozvoj mobilních technologií a IT v posledních letech se promítá do mnoha oblastí života. Telemedicína, která je na vývoji v této oblasti závislá, má dnes pro léčbu pacientů na dálku obrovský potenciál. Výzkumná skupina Medicínského software z Katedry informačních a komunikačních technologií v lékařství se významnou měrou podílela na vytvoření telemedicínského systému Diani. Jedná se o platformu, která zajišťuje sběr, přenos a analýzu fyziologických parametrů a jiných údajů získaných v domácím prostředí pacienta skrze nositelná elektronická zařízení, jako je například digitální tlakoměr, váha, glukometr, krokometr, a samozřejmě také chytrý telefon s příslušnými aplikacemi, které evidují mj. záznamy manuálně zadané pacientem.

V současné době jsou pomocí tohoto systému realizovány dvě klinické studie. Jedna je zaměřena na cukrovku a pacienti používají mobilní aplikaci diabetického deníku, ve které evidují záznamy o příjmu sacharidů, aplikaci inzulinu, pohybu a glykémii, která je do aplikace přenášena automaticky prostřednictvím propojeného glukometru. Fyzickou aktivitu lze rovněž monitorovat pomocí náramkového krokometru. Data jsou odesílána přes internet na server, kde jsou dále analyzována. Webová aplikace umožňuje náhled na data, jejich další analýzu a sdílení. Lékař i pacient mají prostřednictvím této aplikace přístup ke všem záznamům, pro zvýšení efektivity domácí péče a kontroly jsou pacienti v týdenním intervalu obvoláváni specializovanou osobou z dohledového centra.

Ve studii zaměřené na telemonitoraci pacientů s esenciální hypertenzí dostanou lidé tlakoměr s automatickým přenosem hodnot do mobilní/webové aplikace. Dle preference a technických schopností pacienta lze realizovat přenos buď skrze mini-PC, nebo aplikaci v mobilním telefonu. Kromě těchto zařízení se používá také náramkový krokometr, který slouží ke kontrole klidového režimu před měřením krevního tlaku.

Pomocí Diani byla ve spolupráci FBMI a Psychiatrické nemocnice v Bohnicích též realizována klinická studie v rámci projektu SOMA. Cílem projektu bylo vytvořit ucelený program screeningu a intervence kardiovaskulárního rizika u pacientů s duševní poruchou. FBMI se v tomto projektu podílela na zajištění automatického sběru, zpracování a vizualizaci dat z krokometrů v rámci podpory fyzické aktivity pacientů.

Do Diani byla integrována i aplikace Diabetsdagboka (norsky diabetický deník), která byla vytvořena ve spolupráci s týmem prof. Eirika Årsanda z Norského národního centra pro výzkum eHealth (NSE), které je expertní organizací WHO pro oblast telemedicíny. Výsledkem téměř osm let trvající spolupráce je kromě uvedené mobilní aplikace řada společných publikací a výměn vědeckých pracovníků i studentů v rámci programu Erasmus+. Posledním počinem bylo podání společné grantové žádosti do výzvy TA ČR KAPPA. Výstupem grantu by mělo být vytvoření komplexní eHealth platformy pro podporu pacientů s diabetem, jejich lékařů a zdravotnických pracovníků podílejících se na léčbě a pilotní otestování této platformy v ČR i Norsku. NSE totiž sídlí v Norském Tromsø, řídké osídlené arktické krajině 200 km za polárním kruhem, což je právě oblast, kde nasazení telemedicíny přináší největší úspěchy.

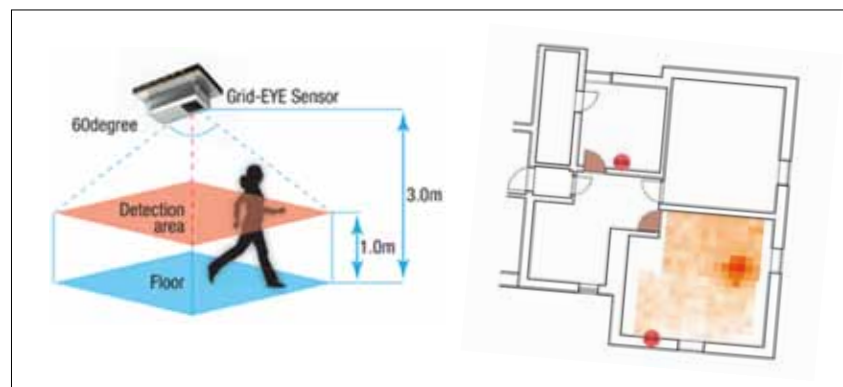
**Ing. Jan Mužík, Ph.D., Ing. Anna Holubová**



**prof. Peter Kneppo**

Po odborné stránce se prof. Ing. Peter Kneppo, DrSc., jedna z nejvýraznějších osobností FBMI, věnuje zejména managementu zdravotnické techniky, povrchovému mapování srdečních potenciálů a také otázkám nejistot při měření a metrologii ve zdravotnictví. Jeden z „jeho“ výzkumných týmů Hodnocení zdravotnických prostředků se zabývá především posuzováním zdravotnických technologií (HTA), systémů poskytování a financování zdravotní péče a ekonomikou a managementem zdravotnictví, a další tým Bio-elektromagnetismu návrhem přístrojového vybavení a metod pro lékařskou terapii a diagnostiku založenou na bázi interakce elektromagnetického pole s biologickými systémy.

„Biomedicínskému inženýrství se během své profesní kariéry věnuji jak na celostátní úrovni, tak v mezinárodním měřítku. Tudiž jsem výzvu, abych se zapojil do budování Ústavu biomedicínského inženýrství ČVUT a následně nové fakulty, považoval za vyvrcholení mé pracovní dráhy. V té době existovala ve světě řada pracovišť zabývajících se dílčími segmenty biomedicínského inženýrství. Komplexní propojení techniky s medicínou na půdě jedné fakulty, a to nejen v oblasti výuky, ale také v oblasti výzkumu, bylo před dvaceti lety zcela unikátní i ve světovém měřítku,“ říká prof. Kneppo. A co za svého působení na fakultě považuje za nejpřínosnější pro její rozvoj? „Je to soustředění mladých nadšenců pro vybudování Katedry biomedicínské techniky, pro zapojení se na řešení výzkumného záměru Transdisciplinární výzkum v oblasti biomedicínského inženýrství, vedeného profesorkou Konvičkovou z Fakulty strojní ČVUT, pro rozvoj studijního oboru biomedicínský technik, připravený Dr. Prouškem a doc. Hozmanem, a navazujících magisterských oborů včetně oprávnění fakulty k habilitacím a profesorským řízením v oboru biomedicínské inženýrství. Významná byla i podpora při budování Katedry zdravotnických oborů a ochrany obyvatelstva.“



## Asistivní technologie

Telemedicínská řešení, která umožňují v případě potřeby rychle propojit pacienta se zdravotníky, se postupně ve vybraných oblastech medicíny začínají rutinně využívat a určitě se stanou v budoucnosti součástí běžné péče. Ve výzkumu a vývoji dochází ke sblížení telemedicíny a asistivních technologií, neboť efektivní řešení bude vždy navrhováno podle potřeb konkrétního pacienta, který v mnoha případech bude potřebovat oba typy služeb.

Současná epidemiologická situace je reálným problémem, v němž by nasazení těchto technologií mělo své místo. Možnost kontinuálně sledovat pacienty v domácím prostředí, osoby v karanténě a starší jedince ať už doma či v domovech pro seniory, by přispělo ke snížení rizika přenosu nákazy na další osoby.

Náš aktuální výzkum se právě takovými tématy zabývá. Od roku 2017 řešíme dva projekty: Asistivní technologie pro udržitelný rozvoj a aktivní život seniorů a handicapovaných osob (CZ.02.2.69/0.0/0.0/16\_018/0002360) a Modernizaci a adaptaci laboratorní pro oblast asistivních technologií (CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_017/0002561). Díky nim se nám podařilo vybudovat kvalitní laboratorní zázemí pro tuto oblast a také připravit doktorský studijní program Asistivní technologie, který byl úspěšně akreditován a do něhož byli v roce 2019 přijati první doktorandi. Ti se aktivně zapojili do řešení výzkumných projektů, v jejichž rámci hledáme řešení pro bezdrátové monitorování fyziologických parametrů (srdeční aktivita, tělesná teplota, hodnoty cukru v krvi) a monitorování a vyhodnocování složitějších činností (vzorové chování v daném prostředí, detekce pádů). Značná část výzkumu se zaměřuje na stárnoucí populaci a sledování jak aktuálního zdravotního stavu, tak zejména trendů a změn, které mohou predikovat nástup neurodegenerativních onemocnění (např. Alzheimerova nemoc). Právě pomocí kombinace telemedicínských aplikací a asistivních technologií lze získat podstatně přesnější obraz o celkovém stavu jedince.

Ve vnitřním prostředí se zaměřujeme na využití tzv. ambientních senzorů, umístěných v daném prostoru, často v kombinaci s nositelnými senzory, zpravidla v podobě náramku. Nejčastějšími jsou kamerové systémy, které lze využít při sledování pohybu osob, v našem případě hlavně k detekci potenciálně nebezpečných situací (pád, nehybnost). Tam, kde není vhodné nasazení kamer, využíváme termočidla, která poskytují srovnatelnou informaci. Dále je možné využít další čidla: detekce pohybu (PIR), kvality prostředí (CO<sub>2</sub>, teplota, vlhkost) či pro detekci otevřených dveří a oken. Při správném vyhodnocování dat z těchto senzorů jsme schopni popsat, co se v daném prostředí děje. Zejména lze na dálku odhadnout, zda daná osoba je v pořádku ve smyslu zachování svého denního režimu. Nositelná elektronika pak tyto informace doplňuje o základní vitální parametry jedince.

V březnu 2020 jsme jako partneři projektu Využívání sociálních inovací za pomoci asistivních technologií ve Zlínském kraji (reg. č. CZ.03.3.X/0.0/0.0/15\_018/0015477) zahájili vývoj a pilotní ověřování výše popsaného výzkumu v reálném prostředí nemocnice, domova pro seniory a domácnosti seniora.

doc. Ing. Lenka Lhotská, CSc.

## Tkáňové inženýrství

Mezi osmi novými moderními laboratořemi FBMI jsou dvě zaměřené na tkáň. Jedná se o Laboratoř průtokových systémů pro tkáňové inženýrství a orgánovou perfuzi a Laboratoř vývoje experimentálních zařízení a modulů pro biomedicínu, které se podařilo získat díky finanční podpoře projektu CZ.02.1.01/0.0/0.0/16\_017/0002244 Modernizace laboratorní pro biomedicínské inženýrství.

Laboratoř perfuzních systémů je koncipovaná pro sterilní práci s buněčnou kulturou a tkáněmi. Hlavním zaměřením je využití kultivačních bioreaktorů, zařízení, která vytvářejí in-vitro tělu podobné podmínky včetně např. mechanických stimulů, což pak nutí buňky přirozeně diferencovat do daného buněčného fenotypu. Například kmenové buňky tak diferencují do požadovaného typu tkáně a je možné je dále nanést na biokompatibilní nosič, který pak může být implantován do těla pacienta.

V rámci projektu bylo možné pořídit mnohé unikátní přístroje. Jde například o 3D biotiskárnu umožňující tisk hydrogelových buněčných nosičů. Díky ní je možné vytvářet 3D polymerové biokompatibilní struktury i s inkorporovanými buňkami (například kmenové buňky) a tisknout tak základ budoucí tkáně určené pro implantáty, tkáňové a orgánové náhrady. Tisknutý gel s buňkami také simuluje tkáň, na které lze provádět in-vitro testy, a lze tak redukovat in-vivo testy na zvířecích modelech.

Dalším unikátním přístrojem je systém 4SPIN pro elektrostatické zvláknování polymerů a přípravu nanovláknenných nosičů, jenž kombinuje velkou řadu emitorů a kolektorů pro přípravu různých typů orientovaných nanovláken.



Zvláknovány mohou být jak syntetické (PLA, PLGA, PCL), tak i přírodní polymery (kolagen, celulóza), které pak mohou tvořit základ právě pro buňkami osídlené nebo 3D biotisknuté implantáty.

Vývoj dynamických kultivačních systémů se neobjede i bez vývojových laboratoř, kterou je právě druhá zmíněná laboratoř. Ta je uzpůsobená pro tisk konstrukčních dílů pomocí 3D stereolitografie využívající fotopolymery, dále třískového CNC obrábění frézou a laserem a vývojem elektroniky využívající real-time kontrolы.

Kromě přístrojového vybavení vznikl v rámci komplementárního projektu CZ.02.2.69/0.0/0.0/16\_018/0002242 Biomedicínské inženýrství pro znalostní ekonomiku nový doktorský studijní program, kde právě jedno z jeho sedmi zaměření jsou Biotechnologie, biomateriály a nanotechnologie, tkáňové inženýrství, biosenzory.

Výzkumný tým Bioreaktory pro tkáňové a orgánové náhrady z FBMI se zaměřuje především na oblast kardiovaskulárních náhrad na bázi decelularizovaných nosičů, tj. tkání zbavených původních buněk a buněčných fragmentů, které vyvolávají potenciální imunitní odpověď. Tato tkáň je dále modifikována a osazena kmenovými buňkami a následně implantována do těla příjemce (zvířecí model). Cílem výzkumu je vytváření kardiovaskulárních náhrad cév nebo chlopní „šitých pacientovi na míru“.

Do všech výzkumných aktivit jsou zapojeni studenti od bakalářských až po doktorské obory. Studenti magisterského programu letos absolvovali již třetí ročník Školy tkáňového inženýrství.

Ing. Roman Matějka,  
Ing. Jana Štěpanovská



## Hi-tech simulátory

Simulátor novorozence, desetiletého dítěte a dospělého člověka, to jsou tři přístroje, které dovedou napodobit téměř veškeré fyziologické funkce a procesy v těle, jež je nutné sledovat v rámci akutní medicíny. Tato tři hi-tech zdravotnická zařízení pořídila fakulta v rámci operačního programu.

Ve výuce může tyto modely překonat pouze živý pacient, ale nejen z etických důvodů není možné jej takto používat. Studenti si musí nejdříve osvojit základní návyky v práci s člověkem, a to od základních úkonů ošetrovatelské péče až po vysoce specializovanou ošetrovatelskou péči v podmínkách nemocniční a přednemocniční neodkladné péče. Tím se tyto simulátory stávají nepostradatelnou pomůckou pro výuku studentů programu Zdravotnické záchranářství. Významně usnadňují studentům přenést se přes prvotní ostych. Student může „pacientovi“ pokládat otázky a ten na ně odpovídá, a to dokonce v šesti světových jazycích. Případně lektor přes mikrofon v reálném čase komunikuje s ošetrovatelským týmem. Simulátor novorozence navíc reaguje na dotyk, hýbe končetinami a pláče.

Ve speciálně upravené třídě je umístěn sanitní vůz, ve kterém probíhá výuka. Studenti se učí pracovat v omezeném prostoru, postupně ošetřit akutní stavy z různých klinik. Hi-tech modely umožňují naprogramovat vlastní scénáře. Studenti ošetřující pacienta pro dušnost například na přístrojích sledují postupné zhoršování vitálních funkcí, až do úplného přerušení komunikace a vzniku náhlé zástavy oběhu, kdy z poklidného ošetřování musí brysčně zajistit dýchací cesty, napojit na řízenou ventilaci a podat adekvátní léky. Zároveň mohou monitorovat srdeční aktivitu, reálně vydechovaný oxid uhličitý či podávat defibrilační výboje jako při resuscitaci reálného člověka. Naprogramovaný větvový scénář přiblíží záchranáře v tomto simulovaném prostředí k požadovanému výsledku, tedy obnově spontánního dýchání.

Velikou výhodou při výuce se simulátory je složka experimentu, kterou si u pacienta dovolit nemůžeme. Nejen studenti, ale i lektori mohou experimentovat v ose, co by se mohlo stát, kdyby došlo k záměně léků, komplikovanosti zdravotního stavu apod.

Mgr. Pavel Böhm, MBA

# Žádnou žádost o pomoc jsme nemuseli odmítnout

[ Nejen o studentech a výuce s děkanem FBMI prof. Ivanem Dylevským ]

**Význam zdravotnických oborů se naplno projevilo v letošní koronavirové pandemii. Specialisté z Fakulty biomedicínského inženýrství byli velmi viditelní v pomoci dostat se z krizové situace, asi nejviditelnější byl pan profesor Roubík a „jeho“ přístroj – plicní ventilátor CoroVent. O pomoci v současné situaci i o celkové kondici fakulty hovoříme s jejím děkanem prof. MUDr. Ivanem Dylevským, Dr.Sc.**

**O týmu profesora Roubíka se široce informuje v médiích. Máte představu, jak celkově vypadalo nasazení vašich lidí v nejtěžších okamžicích počátku pandemie?**

Nejjednodušší by bylo odpovědět číslem. Není to ale tak jednoduché, zatím lze provést jen odhad. Zdravotnické obory – třetí ročník, prakticky stoprocentní nasazení. První a druhý ročník bych odhadoval na sedmdesát procent, ale s tím, že řada studentů prvních ročníků pomáhala mimo svoji specializaci – v sociálních zařízeních, v rozvozu potravin, výrobě roušek, dobrovolnictví atd. Bezpečnostní obory studuje většina posluchačů distančně. Vzhledem k jejich profesi a postavení jejich zaměstnavatelů byli a stále jsou angažováni v podstatě všichni. Pokud jde o techniky, určité přes devadesát procent jich pomáhá na místech dobrovolníků, v týmech udržujících zdravotnické přístroje, v týmu profesora Roubíka a dalších. Velmi cenná je pomoc doktorandů, kteří jsou schopni samostatně konstruovat a výrobní práce. Vhodné fakultní přístroje jsme přesunuli do kladenské nemocnice. Zapojení studentů se mění v čase, část studentek pečuje o rodinu, je řada omezení, která nedovolují například nástup studentů do zařízení dlouhodobé péče bez absolvování karantény v objektu pří-

slušného zařízení. Zatím jsme nemuseli odmítnout žádnou žádost o pomoc.

**Takže jste coby děkan jedné z nejmladších fakult ČVUT, která letos slaví patnáctileté výročí, asi na své týmy i studenty pyšný. Platí spokojenost i ve vztahu k tomu, jak se fakulta rozvíjí? Čeho konkrétně si nejvíc ceníte, navíc pokud to bylo realizováno především vaší zásluhou?**

Své zásluhy bych nerad hodnotil, to je doména jiných. Mám uspokojení z toho, že fakulta funguje jako relativně kompaktní celek. Žádné akademické prostředí není bezproblémové. Koncentrace vyhraněných jedinců, střetávání osobních i profesních ambicí, lidská malost, to vše dovede nadělat své. Asi to tak musí být, jinak by tvůrčí prostředí zaniklo. Vysoká škola není úřad s píčačkami ve vrátnici. Originalita je anomálie – takže, jen více anomálií, bude více úspěšných řešení. Udržet požadovanou výkonost a vytvořit snesitelné prostředí pro členy takovéhoto útvaru je asi hlavní úloha děkana. Snad se to povedlo.

**Stále platí váš postoj, že lidské malichernosti jsou vám k smíchu? Máte na mysli váš pohled na svět s vašimi bohatými zkušenostmi z lékařské praxe, kde jde často o život. A setkáváte se s těmi lidskými malichernostmi na vaší fakultě či celém ČVUT často?**

Vlastně jsem už odpověděl. Když už poučuji, pak v medicíně platí: „Když nejde o život, jde o ...!“ Mojí původní profesí je v podstatě embryologie zaměřená na vrozené vady. Ani svému největšímu nepříteli nepřejí dítě se závažnější vrozenou vadou. Nejde jen o to postižené dítě, ale i o dopad na rodinu. Profesionální život zaměřený tímto směrem mění pohled člověka na životní priority, na význam různých životních situací, význam předpisů, příkazů, zákazů, stanovisek a další množství balastu, který

někteří tak rádi vytvářejí. Samozřejmě se denně setkávám s malicherností, závistí, školometstvím a vším tím, co nám kazí život. Bohužel musím konstatovat, že tak jak roste napětí ve společnosti, roste i nervozita a nesnášenlivost v akademickém prostředí.

**Stručná charakteristika fakulty zní: devět bakalářských, čtyři magisterské a dva doktorské studijní obory, v současnosti má cca 1 800 studentů. Výuka na FBMI je uskutečňována především v Kladně, pro studenty je k dispozici ubytování, stravování a mnoho volnočasových aktivit, včetně možnosti zapojení do projektů řešených na FBMI... Jaký vidíte další vývoj?**

Pokud jde o počet studentů, myslím, že by celkový počet neměl výrazně překročit dva tisíce, a to včetně doktorandů. Je to počet, který stačí rozumně „uživit“ fakultu. Jakákoliv ekonomicky vynucená masifikace by vedla nejen ke snížení úrovně absolventů, ale vyvolala by i nežádoucí vazbu akademických pracovníků, jejich zájem má více směrů. Cesta je v diferenciaci vnitřní struktury studovaných programů. Zázemí fakulty se neustále vylepšuje, sedmipatrová budova KOKOSu je po náročné celkové rekonstrukci, včetně laboratorního bloku. V plném provozu je rekonstruovaná budova Kasárna a získali jsme od města Kladna třetí budovu, jejíž rekonstrukce je ve fázi přípravy projektu. Přístroje a zařízení nelze ani vyjmenovat. Výukové vybavení je na evropské úrovni, včetně cvičné laboratoře pro bezpečnostní obory a „demonstrační pitevny“ plastinovaných preparátů. Připravujeme i virtuální pitevnu. Za klíčové považují zřízení Katedry informatiky a komunikačních technologií v lékařství. Není možné trvale zvyšovat počet doktorů a sester u stárnoucí populace. Je nutné využívat nových technologií, například postupů telemedicíny, distanční medicíny, robotické fyziote-



rapie, robotizace zdravotnických provozů, nanotechnologických materiálů atd. V akreditačním řízení máme magisterskou výuku robotické fyzioterapie. O pracovní skupině profesora Roubíka zabývající se umělou ventilací už jsme se zmínili. V současné pandemické situaci asi není třeba dále rozvádět význam těchto postupů umožněných technickými prostředky.

**Když jste před čtyřmi roky nastupoval do čela fakulty, tak jste v rozhovoru pro náš časopis uvedli, že největší problém v oblasti studia vidíte ve výběru vhodných a připravených uchazečů. Platí tento postesk i nyní, kdy je navíc všeobecně na našich vysokých školách problém s nižší populační křivkou a mnohde berou i slabší zájemce, nebo jste díky vašim kurzům a dalším aktivitám zaměřených na přípravu ke studiu na tom nyní lépe?**

K základnímu zlepšení nedošlo, populační křivky teprve dosáhly svého dna. Bohužel nás demografické varují, že po krátkém nadechnutí dojde k dalšímu poměrně katastrofálnímu poklesu populace. Proto nepovažuji zvyšování počtu studentů za koncepční řešení. Pomohu si příkladem z jiného soudku. Učil jsem téměř čtyřicet let na lékařských fakultách, tak to snad není taková opovážlivost. Jestli si někdo myslí, že zvýšením počtů mediků na lékařských fakultách a studentek v různých formách výuky ošetřovatelství vyřeší problémy našeho zdravotnictví, je – mírně řečeno, naivní. Problém je někde úplně jinde. Snažíme se je řešit systémově, tj. zaváděním nových oborů a specializací, které reflektují potřeby měnící se doby. Pro podmínky naší fakulty zatím platí:

➤ **Není možné trvale zvyšovat počet doktorů a sester u stárnoucí populace. Je nutné využívat nových technologií, například postupů telemedicíny, distanční medicíny, robotické fyzioterapie, robotizace zdravotnických provozů, nanotechnologických materiálů atd.**

ekonomicky a lidsky rozumný počet studentů vybraných v přiměřeném příjímá-cím řízení. Zájem o fakultu musí vycházet z atraktivity a perspektivnosti nabízených oborů. Zatím se nám to zčásti daří.

**Takže velký zájem o studium u vás na rozdíl od některých tradičně velkých fakult ČVUT neklesá? Čím vaše fakulta táhne zájemce? Je to spojením techniky a medicíny, nebo naopak některými ne tak jednoznačně technickými obory?**

Byl bych opatrný s použitím slovního spojení „velký zájem“. Přesnější by bylo vyjádření, že úsilím mnoha pracovníků fakulty je „zájem přiměřený“. Každý maturant, který je postaven před volbu svého dalšího životního směřování by měl, i ve spolupráci s rodiči, kriticky zvážit své skutečné studijní schopnosti, ochotu pracovat řadu hodin denně, své zájmy, možnosti realizace zvolené profese po ukončení studií, tj. perspektivnost vybraného oboru atd. Udělali jsme možné i nemožné, aby jednak veřejnost o fakultě věděla a hlavně, aby vešlo ve známost, co se u nás studuje. V tomto směru jsme asi úspěšní. Každý maturant, pokud nesměřuje na umělecké nebo vysloveně klasické humanitní směry studia (ale i tady s řadou výjimek), by měl vědět, že pro 21. století jsou perspektivní tyto vědní směry: robotika, umělá inteligence, nanotechnologie a buněčná biologie (buněčné a tkáňové manipulace). Pokud si toto uvědomím, přečtu si programy našich oborů, seznámím se s prostředím fakulty, pohovořím s někým ze současných studentů, a mám jasno.

**Jaké je po těch patnácti letech postavení vaší fakulty v rámci technické univerzity? Jste přece jen hodně jiní než tradiční fakulty zaměřené na stavebnictví, strojírenství, elektrotechniku...** Myslím, že se o nás ví. To není i po patnácti letech existence fakulty málo. Akademická prostředí se utvářejí desítky let. Některé,

zvláště ekonomické, přístupy k naší fakultě se nám sice ne vždy zamlouvají, ale nedáme se. Rozumní lidé, a těch je na ČVUT určité většina, se vždy domluví. Život je kompromis. Ačkoliv se to možná na první pohled nezdá, různé zaměření fakult je obrovská výhoda. Je pochopitelné, že každý si drží své priority, ale nesetkal jsem se s odmítnutím poradit s určitým problémem nebo ho řešit společně. To ani jinak nejde. Pokud potřebuji motodlahu na domácí pooperační rehabilitaci kolenního kloubu, dodám potřebné kineziologické údaje, ale motorky a dálkovou kontrolu nastavení musí řešit motorář, elektrikář, programátor... O významu nanovláken v textilu roušek a filtrech respirátorů není asi nutné mluvit. Vztahy mezi fakultami nelze budovat jen na institucionální úrovni. Klíčové jsou mezilidské vztahy. V těch nevidím neřešitelný problém.

**Jste lékař, takže máte zřejmě blíže k medicíně než k technice. Změnil se v roli děkana fakulty zaměřené na biomedicínské inženýrství tento váš vztah?**

Jsem ve svých vztazích poměrně konzervativní. Co je to medicína? Vědecká medicína, tj. medicína založená na důkazech, existuje něco přes sto let; pokud budeme velmi přísní, tak ještě mnohem méně. Co byla medicína před tímto obdobím a na začátku 20. století? Léčitelství. Odtud pochází i jedno ze základních pravidel medicíny: Musíš konat, i když nevíš! Co udělalo z léčitelství medicínskou vědu? Rentgen a posléze další zobrazovací techniky, sterilizace s mikrobiologií, biochemie, genetika, respektive molekulární biologie. Co je základní perspektivou medicíny 21. století? Buněčná terapie, genetické manipulace a arteficiální orgány. Téměř za vším, co udělalo medicínu vědou, stojí technické vědy. Nebylo tedy nutné mnoho měnit.

**Vladimíra Kučerová**  
[ Foto v tématu: archiv FBMI a Jiří Ryszawy ]