

# Vynálezem proti koronaviru

Ve své laboratoři plné roztodivných přístrojů, trubek a obřích skleněných baněk zkoumá, jak fungují plyny v plicích či jak se okysličuje krev. Expert na biomedicínské inženýrství a vynálezce **prof. Ing. KAREL ROUBÍK (48), Ph.D.**, však v době koronavirové pandemie dokázal vymyslet i přístroj zachraňující životy. Na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Kladně tak vznikl unikátní plicní ventilátor pro léčení nemoci covid-19. Navíc v rekordně krátkém čase, za pět dnů a nocí. Češi se proto nemusejí tolik bát, že by v druhé vlně pandemie, pokud přijde, neměly nemocnice dostatek plicních ventilátorů. I díky veřejné sbírce je jich na skladě dostatek.



Foto: David Neff / MAFRA

ARTIFICIAL LUNG TEAM

EXMOS-100

Flow

ALARM

Flow

PEEP

PRÁVNÍ VĚTEV

PRO

**V současné době probíhá testování, aby český plicní ventilátor CoroVent dostal certifikaci. Ta je předpokladem toho, aby mohl přístroj uspět v zahraničí. Přístroje na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT v Kladně mají skleněné baňky o velikosti, která simuluje obsah kyslíku v plicích.**



■ **Nový plicní ventilátor jste se svým týmem vyvinuli doslova bleskově. Jak dlouho se věnujete problematice plicní ventilace?**

Už je to 26 let. Začal jsem s tím při doktorandském studiu na elektrofakultě ČVUT. Tehdy se v Ústavu pro péči o matku a dítě v Podolí dělal ventilační výzkum a byl tam potřeba někdo, kdo by prováděl matematické výpočty a modelování plic. Začal jsem tam docházet a naučil se základy problematiky umělé plicní ventilace.

■ **V roce 2001 jste obdržel Cenu Siemens za výzkum plicních ventilátorů a pak v USA dvakrát cenu Johna Havena Emersona za výzkum vysokofrekvenčních ventilátorů...**

V Ústavu pro péči o matku a dítě jsme se věnovali vysokofrekvenční plicní ventilaci u dětí a ceny, které jsem dostal v USA, s tímto tématem souvisely. To bylo poprvé, kdy se v České republice vysokofrekvenční ventilace používala u novorozenců i u dospělých. *(Plicní ventilátor funguje na principu výměny plynů mezi plicemi pacienta a okolní atmosférou v případě, že plíce nejsou schopné tuto výměnu samostatně zajistit. Cílem je dodat do organismu přesně definovaný objem vzduchu obsahujícího kyslík, a následně odvést z organismu oxid uhličitý. Vysokofrekvenční ventilace probíhá malými dechovými objemy o vysoké frekvenci. To zajišťuje minimální výkyvy tlaků a objemů v dýchacích cestách a vede ke snížení rizika poškození plic, pozn. red.)*

Pak jsme pokračovali i u dospělých ve Fakultní nemocnici Královské Vinohrady. Tam jsme měli spolupráci s Všeobecnou univerzitou v Amsterdamu.

■ **Váš ventilační tým z katedry biomedicínské techniky FBMI se věnuje zejména výzkumu umělé ventilace plic na jednotkách intenzivní péče a v urgentní medicíně. Také jste ale třeba loni při experimentu s dýcháním v lavinách zkoumali letitě tvrzení, že přežití pod lavinou závisí na vzduchové kapse, kterou si člověk zavaleňuje ve sněhu vyhrabe před ústy.**

To téma vzniklo náhodou. Spolupracujeme s katedrou fyziky z elektrofakulty i s vojenským oborem na Fakultě tělesné výchovy a sportu a přišlo nám, že to, co se píše o přežití pod lavinou, asi nebude tak docela pravda. Jedno z tradičních doporučení je, že by si měl člověk, jenž se dostane do laviny, kryt obličej. Jenže problém je, že on je ve stresu, řítí se ve sněhu obrovskou rychlostí a většinou v té situaci ani neví, jak vytvářet si nějakou vzduchovou kap-

**„Osmdesát procent lidí zemře v lavině udušením, ale...“**

su. A v okamžiku, kdy lavina dopadne, je sníž tak upěchovaný, že se člověk ani nehne. I když je část úmrtí v lavině primárně způsobena zraněními neslučitelnými se životem, asi 80 % lidí zemře v lavině udušením. A tak jsme udělali experiment, kdy jsme v terénu na horách zahrabali vojáky do sněhu a během těchto pokusů je monitorovali přístroji používanými na jednotkách intenzivní péče... Když chce člověk něco použít pro praxi, je lepší to udělat

přímo v terénu na lidech než jen jako model v laboratořích.

■ **Změnil váš experiment doporučení pro záchranu obětí lavin?**

Dříve byl úzus, že pokud je zasypano více lidí, nejdříve se přistupuje k resuscitaci těch, kteří měli vzduchovou kapsu. U těch, kdo ji neměli, se předpokládalo, že jsou s největší pravděpodobností po smrti. *(Podle statistik první čtvrtročníku při zasypaní lavinou přežije až 90 % lidí, za dalších 15 minut už však zůstává naživu méně než třetina lidí, pozn. red.)* My jsme ale ukázali, že i když postižený před dýchacími cestami vzduchovou kapsu nemá, může dýchat a přežít. V odborné literatuře k tomu právě probíhá diskuse (např. v časopise *Resuscitation*), v jejímž důsledku by se doporučení pro resuscitaci obětí zasypaných lavinou měla změnit. Dosud se totiž tvrdilo, že když má člověk vzduchovou kapsu, má tam extra vzduch, který může dýchat. Jenže to není pravda. Objem vzduchové kapsy, která tam běžně bývá, je asi 200 mililitrů. Když si vezmeme, že člověk spotřebává 250 mililitrů kyslíku za minutu v klidu a více než desetinásobek této hodnoty při zátěži, je zřejmé, že množství kyslíku, jehož je ve 200mililitrové kapse jen 40 mililitrů, nehraje téměř žádnou roli. Efekt naší práce byl tedy někde jinde – ukázat vliv narůstající dechové práce při zavalení lavinou. Když překonáváte odpor sněhu, který je hodně blízko u úst, potřebujete více zatínat dýchací svaly, a tím spotřebujete další kyslík, produkuje CO<sub>2</sub> a proces udušení se tak urychlí. To byla hlavní myšlenka experimentu.

■ **Jste garantem biomedicínského inženýrství na ČVUT. Tento obor jste ale zaváděl třeba i v Kolumbii nebo v Kambodži. Jak k tomu došlo?**

Kolumbijská univerzita Universidad Autónoma de Bucaramanga hledala experta, a přes rektora ČVUT se to dostalo až ke mně. Chvilí jsem vzdoroval, protože v této části světa jsem nikdy nebyl, ale nakonec se ukázalo, že je to naprosto pohodová země. Alespoň v místech, kde jsem působil. Na tamní univerzitě tak už tenhle obor běží šest let a mají několik set studentů. A Kambodža? To je projekt se dvěma univerzitami v hlavním městě Phnompenh, jedna je lékařská a druhá technická. Ministerstvo zdravotnictví Kambodže je pověřilo, aby založily nový obor biomedicínské inženýrství a vychovaly experty na problematiku zdravotnické techniky. Různé státy jim tam darem dávají obrovské množství přístrojové techniky, jenže ta zůstává ve skladech pod prostěradly, protože nikdo není schopen uvést ji do provozu a udržovat. Kolikrát jsou to takové maličkosti, jako že mají u přístroje evropskou koncovku, v nemocnici americkou, a nevědí, co s tím. Například tam mají dva 3D virtuální operační stoly na výuku anatomie a chirurgie, ale nepoužívají je, protože je neumějí zapnout. My jsme si jeden takový chtěli pořídit k nám na fakultu, ale nakonec jsme od záměru ustoupili, protože

cena přístroje byla až příliš vysoká... Do Kambodže bychom se měli vrátit na podzim, ale uvidíme, zda to kvůli koronavirové situaci bude reálné.

■ **Když vypukla koronavirová pandemie, předpokládali jste, že nastane poptávka po plicních ventilátorech?**

Ještě před vypuknutím pandemie u nás jsme si na schůzi ventilačního týmu říkali, že se situace v Itálii nevyvíjí dobře a začíná být nedostatek plicních ventilátorů. A při odchodu z místnosti jsme v legraci prohlásili, že kdyby podobná situace nastala v České republice, pak si ty ventilátory vyrobíme sami. A téměř vzápětí se v nemoc-

## „Vše jsem řídil z penzionu v horách.“

nicích začali obávat, jestli budou mít dostatek plicních ventilátorů. Nabídl jsem jim ty, které máme na fakultě, a začali se tím vážně zabývat. Shodou okolností zavolal náš bývalý student Bohouš Vondrák, že spolupracuje s platformou Covid19.cz a jestli bychom nedokázali vyrobit plicní ventilátor. A tak jsme se domluvili na spolupráci.

■ **Překvapilo vás, že se formou crowdfundingu - tedy veřejné sbírky na internetu, při níž se lidé skládají na konkrétní cílo-**

**vou částku - během pouhých 20 hodin vybralo na projekt českého plicního ventilátoru potřebných 15 milionů korun?**

Jak byla ta sbírka úspěšná, nás rozhodně potěšilo. To ale dělali kolegové z Covid19.cz, oni se starali o logistickou podporu projektu, kdežto my o to, aby ventilátor vznikl, byl funkční a hlavně jednoduše vyrobitelný. Různé státy totiž zavedly embargo na vývoz pneumatických součástek, nic nešlo získat z Německa ani z USA, takže jsme museli vymyslet jiné řešení, ideálně z české produkce. A nějak jsme to dali dohromady. Nejvíce si ovšem považují toho, že mě během prvních pěti dnů kontaktovalo velké množství šikovných odborníků na inženýrství, strojírenskou výrobu nebo programování a nabízeli své služby. Byli extrémně akční. Když jsme se večer v osm o něčem bavili, oni už druhý den v sedm ráno měli hotové polotovary a jelo se to vyzkoušet. Vysoká odbornost a akceschopnost některých lidí v naší republice mě překvapila možná více než ta vybraná suma. Ale ta sbírka nám samozřejmě také moc pomohla, hlavně s rychlou výrobou prvních 140 přístrojů. Už na začátku jsme však říkali, že slouží především pro případ, kdyby byl v Česku plicních ventilátorů nedostatek.

■ **Je pravda, že se do akce zapojili i dobrovolní piloti, kteří pak létali z Kladna do firmy MICo v Třebíči, kde se plicní ventilátory začaly vyrábět?**

Většina lavin se vyskytuje na strmých svazích, které mají sklon více než 30 stupňů.



Pak hraje podstatnou roli to, za jak dlouho se na místo dostanou záchranáři se svými psy.

Tak to skutečně bylo. Hned za lesem ve Velké Dobré je letiště a můj kolega a spoluvůrce ventilátoru ing. Václav Ort, který v laboratoři dělal prototypy, tam jezdil a předával a přebíral věci rovnou na letištní travnaté ploše. Vše šlo velmi rychle, bez byrokratických procesů.

■ **Jak jste zvládli řídit projekt v době, kdy se lidé uchýlili do domácí izolace?**

Celé jsem to řídil z hor z penzionu Bumbálka u Špindlerova Mlýna. Jel jsem tam na víkend, ale jak se situace zhoršovala, už mi nepřišlo rozumné vrátet se do Prahy, a zůstal jsem tam. Obstaral jsem si tiskárnu a strávil tam měsíc a půl. Inženýr totiž víc než kalkulačku, tužku a papír nepotřebuje... (směje se) Byli jsme s kolegy ve spojení téměř permanentně a vše jsme řešili online přes internet videopřenosem.

■ **Spousta světových výrobců, včetně Tesly miliardáře Elona Muska, zkoušela neúspěšně okopírovat stávající přístroje na umělou plicní ventilaci. Vy jste se vydali vlastní cestou a udělali CoroVent v pořizovací ceně 100 000 Kč, což je pětkrát méně než „tradiční“ nemocniční ventilátory. Jde vůbec konkurovat světovým výrobcům s přístrojem, který jste vymysleli za pět dnů?**

Určitě se to dá. Konkurence může být cenou i jednoduchostí. Záleží na tom, co se od toho ventilátoru očekává. My jsme strávili spoustu času tím, abychom splnili všechny bezpečnostní prvky, museli



Napojení na plicní ventilátor je u nemocí covid-19 poslední možností léčby. V Itálii zemřelo na jaře tolik nakažených i proto, že v nemocnicích měli plicních ventilací na počet obyvatel třikrát méně než třeba v Česku.

jsme dodržet šanony různých norem, ale díky tomu, že se v této oblasti pohybuji dlouhou dobu, jsem na to byl připraven. Ve finále je CoroVent navržen speciálně

„Návrh na státní metal jsem odmítl. Kvůli politikaření.“

pro pacienty, kteří trpí respiračním selháním vlivem onemocnění covid-19 a jsou bez spontánní dechové aktivity. To znamená, že mají určitý typ plicního postižení – o něco sníženou plicní poddajnost a zvýšený odpor dýchacích cest, ale ne tak

strašně jako například pacienti s chronickou obstrukční plicní nemocí (chronické zánětlivé onemocnění postihující zejména průdušky a plicní tkáň, pozn. red.). Covid-19 způsobuje ztvrdnutí plice méně než běžný syndrom akutní dechové tísně (ARDS), i když také patří mezi tento druh onemocnění. Zvolili jsme proto jeden konkrétní ventilační režim. Neobsahuje další režimy, jež jsou vhodné pro jiné typy plicního postižení či respiračního selhání. Díky tomu šel ventilátor udělat poměrně jednoduše.

■ **Přesto - vyrobit medicínský přístroj za dva měsíce od návrhu zní skoro neuvěřitelně...**

První období jsme spaní moc nedali, ale zase nás práce na ventilátoru bavila, protože vývoj začal od nuly a každý dílčí úspěch nás motivoval k další snaze. Nyní se už jen dodělává protokol klinických zkoušek, aby přístroj dostal certifikaci. (Obecným problémem umělé plicní ventilace je, že při dlouhodobém užívání poškozuje plíce, což vede ke vzniku zánětlivé reakce organismu a k multiorgánovému selhání – to představuje hlavní část příčin úmrtí. Úmrtnost pacientů postižených akutním respiračním selháním dosahuje téměř 40 % případů, a je-li přítomno ještě další komplikující onemocnění, umírá na ni až 60 % pacientů, pozn. red.)

■ **Nakonec CoroVentů potřeba nebyly. Zatím...**

V České republice ne, což je dobře, a doufám, že ani nebudou. (V Česku je přes 2 tisíce lůžek vybavených standardní plicní ventilací, pozn. red.) Situace se ale zhoršuje i jinde ve světě, a tak to vypadá tak, že

Foto: David Neff/MAFRA, Petr Topič/MAFRA, Shutterstock.com



Karel Roubík, profesor na Fakultě biomedicínského inženýrství ČVUT, vynalezl CoroVent, který má sloužit jako záloha pro případ druhé vlny koronavirové nákazy.

**Klasický plicní ventilátor je zařízení s chytrým softwarem, takže se dá použít na 70 různých zdravotních stavů.**



firma MICo, jež plicní ventilátory CoroVent vyrábí, má už nasmlouvané dodávky do zahraničí.

**■ Byla to pro vás jako vynálezce unikátní příležitost vyzkoušet si svůj nápad i v praxi?**

Ze začátku jsem si myslel, že ano, protože to byla obrovská zkušenost, ale že bych to

považoval za to nejdůležitější, co jsem kdy udělal, to asi ne. Teď už řešíme jiné projekty. Budeme například zakládat biomedicínské inženýrství v Pobřeží slonoviny.

**■ Poslaneckou sněmovnou jste byl navržen na medaili Za zásluhy. Na vaše přání byl však návrh stažen. Proč jste nechtěl být vyznamenán?**

Návrh byl původně za to, že člověk rychle vymyslí plicní ventilátor pro Českou republiku, kdyby bylo potřeba. Ale najednou se objevily různé tlaky a v rámci politikaření se začalo hrát se slovíčky jako open-source (*otevřený software, open-source licence umožňuje koncovým uživatelům a obchodním společností upravovat zdrojový kód, návrh nebo design pro vlastní potřebu, pozn. red.*). My jsme za ČVUT všechno kolem vývoje plicního ventilátoru CoroVent zveřejnili. Vše, co odešlo od nás jako návrh, open-source je. Jenže někdo začal říkat, že tam není finální software pro řízení, jeho zdrojový kód apod. My jsme popsali, jak má vypadat, ale protože zdrojový kód dělala firma, která plicní ventilátory nyní vyrábí, a vložila do toho vlastní čas a peníze, můžeme těžko zveřejňovat jejich know-how. Já už se nechtěl s nikým dohadovat a hádat, a tak jsem řekl, ať si to vyznamenání nechají.

**Lubor Černohlávek**

