

# Mikrovlnné antény z ČVUT hledají uplatnění v diagnostice mozkových příhod a v onkologii

Dokončení ze str. 1

## Studenti na systému mikrovlnné antény pracovali v rámci projektu interní studentské grantové soutěže (SGS); můžete o ní povědět více?

Studentské grantové soutěže se může zúčastnit kdokoliv, kdo studuje na ČVUT v doktorském či magisterském studijním programu. Studenti mají většinou nějakého mentora, ale mohou projekt podávat i úplně sami. Pokud je komise vybere, získají grant na 1–3 roky, podle toho, na jak dlouho výzkum plánují. Tyto granty většinou slouží k financování řešení diplomových a zejména disertačních prací.

Jedním z takových projektů je právě náš vývoj oné ultraširokopásmové antény. Pracoval na něm tým 3–4 studentů se svými mentory. Anténa se nyní používá pro vývoj a ověření mikrovlnných zobrazovacích metod v medicíně i v rámci závěrečných studentských prací na různé aplikace.



Ing. Ondřej Fišer, Ph.D.

Studoval biomedicínské inženýrství na FEL ČVUT v Praze, kde získal v roce 2018 titul Ph.D. Od roku 2017 působí na katedře biomedicínské techniky FBMI ČVUT v Praze, nyní na pozici docenta.

Oblasti jeho vědeckého a odborného zájmu jsou biomedicínské aplikace elektromagnetického pole se zaměřením na mikrovlnné radary. Aktuálně se zaměřuje na vývoj ultraširokopásmových antén, hybridního systému pro mikrovlnné zobrazování pozice a klasifikace cévní mozkové příhody a neinvazivní monitorování teploty během hypertermie a ablace.

simulátor elektromagnetického pole, díky němuž jsme si mohli načrtnout, jak by anténa měla být veliká, aby splňovala naše požadavky na její vlastnosti. Poté se návrh překreslil a nasimulovaly se konkrétní diagnostické situace. V takových případech se většinou

## Jste již ve fázi klinických testů, nebo zatím pracujete čistě laboratorně?

Kdybychom chtěli dělat klinické testy, museli bychom mít podle české legislativy vytvořené projekty pokusů a již hotové studie, které garantují, že jde o zcela bezpečnou metodu. My jsme v tomto okamžiku vlastně na půli cesty.

Zatím jsme ve fázi laboratorních prototypů a k testování používáme zmíněné fantomy. Může jít o 3D fantom vytvořený z pacientských CT snímků, který se následně například vytiskne na 3D tiskárně. Případně může jít o agarový fantom, kdy se agar [přírodní polysacharid s vysokou gelující schopností, který se vyrábí z červených mořských řas rodu *Floridiae* a *Gelidium* – pozn. red.] smíchá s vodou a nějakým alkoholem. Následně ladíme dielektrické parametry tak, aby odpovídaly dielektrickým parametrům lidské tkáně, abychom si mohli být jisti, že elektromagnetická vlna bude interagovat stejně, jako kdyby se šířila pacientem.

Fantomy si i sami vyvíjíme, například jedna naše studentka vytvořila 3D model z CT snímků pánevní oblasti pacienta, zjednodušila ho, vytiskla na 3D tiskárně, oddělila základní tká-

minut a dále musí podstoupit vyšetření magnetickou rezonancí či CT. Teprve poté lze diagnostikovat, o jaký typ mozkové příhody se jedná, a určit nasazenou léčbu.

Existují totiž dva základní typy: prvním je hemoragická příhoda, kdy v mozku praskne céva a do mozkové tkáně se začne volně vylévat krev. Druhým typem je ischemická příhoda, kdy z důvodu sraženiny do určité části mozku neproudí krev a tkáň se nedostatkem kyslíku poškozuje. Léčba těchto dvou typů se zásadně liší, takže nesmí dojít k jejich záměně.

Metoda mikrovlnného zobrazování funguje na základě měření změn dielektrických parametrů v oblasti, kde se nachází cévní mozková příhoda. V případě ischemické příhody tyto parametry klesají a v případě hemoragické příhody stoupají. Pokud by se naše metoda mikrovlnného zobrazování třeba v podobě přilby dostala do praxe, bylo by možné tuto základní diagnostiku udělat již při převozu do nemocnice a lékař by mohl podat vhodné léky podstatně dříve. Pacient by tak léčbu nedostával se zpožděním dvou či tří hodin, ale třeba již po dvaceti minutách.

U cévních mozkových příhod platí, že každá minuta, která se ušetří, může mít zásadní vliv na prognózu pacienta.

o měření teploty za pomoci sledování změn dielektrických parametrů. Když tyto změny následně zrekonstruujeme, můžeme zjistit, jaké je rozložení teploty v tkáni. Toto zvýšení a monitorování teploty, tedy metoda mikrovlnné hypertermie, je pro léčbu nádorů velmi přínosná a používá se zejména u pacientů v pozdějších fázích onemocnění. Nádor se ohřívá na teplotu v rozmezí 41–45 °C, což zvyšuje senzitivitu na radioterapii, která je poté účinnější.

Druhým efektem mikrovlnné hypertermie je, že takto zahřáté buňky se dostanou do stavu apoptózy, což je programovaná buněčná smrt. Buňky se během apoptózy v podstatě samy zcela rozpadnou a nezatíží pacientovo tělo tolik jako například metoda ablace, kdy se nádorová tkáň zahřívá na více než 60 °C a spálené buňky zůstávají na místě.

V rámci projektu jsme tedy vyvíjeli systém, který by měl zahřívát nádory v oblasti pánve, kdy je potřeba teplotu velmi bedlivě sledovat. Je to proto, že se do těl pacientů dodává energie v řádech stovek wattů a lékaři musí

Výhodou této metody je, že proti počítačové tomografii či rentgenu nepoužívá tkáň poškozující ionizující záření.

vědět, zda se nádor ohřívá správně a zda se neohřívají i jiné senzitivní tkáně, což je v oblasti pánve třeba mícha.

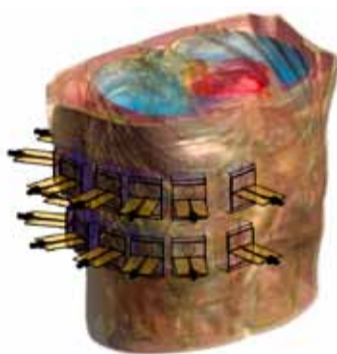
Pro tento monitoring se zatím využívá magnetická rezonance, která je velmi nákladná, a my se proto snažíme vyvinout metodu, jež by mohla rezonanci jednou nahradit.

## V rámci vašeho SGS vyšly dvě úspěšné publikace. První byla zaměřena zejména na vývoj antény a diagnostické aplikace. Druhá se věnuje zobrazování katétru v oblasti jater. Oč jde konkrétně?

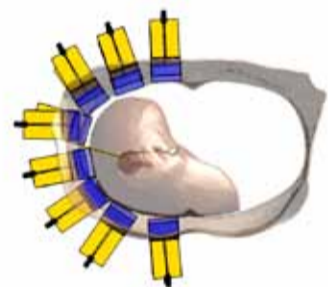
Jde o systém pro navigaci katétrů při ablací jater. Tam jsou rigidní katétr, které se zavedou pod žebra pacientovi přímo do nádoru, který se pak pomocí radiofrekvenčních proudů ohřívá. My jsme v rámci projektu vyvinuli metodu, která by měla pomáhat operatérovi zavádět katétr do místa léčby. Vytvořili jsme pás antének, který vysílá elektromagnetický impuls, a jak se katétr zasouvá do jater, signál se od něj odráží zpět a my jsme schopni přesně dopočítat jeho pozici.

Momentálně s vývojem systému pokračujeme dále. Chtěli bychom se dostat do fáze, kdy budeme monitorovat samotnou léčbu. V okamžiku spálení nádorové tkáně se totiž změní významně dielektrické parametry a my bychom mohli zrekonstruovat přesné množství takto ošetřené tkáně. Za pomoci překryvu s CT snímkem by se dalo v průběhu zákroku dobře zjistit, zda byla ablace provedena v dostatečném rozsahu.

Kristina Kadlas Blümelová



Návrh systému, který by měl s využitím několika ultraširokopásmových antén zahřívát nádory a pomoci s jejich šetrnější likvidací © ČVUT



## Jak anténa funguje a v jakých aplikacích by se mohla uplatnit?

Naše anténa dokáže vyzářovat mikrovlnnou energii v extrémně širokém frekvenčním pásmu. Jejím hlavním určením je mikrovlnné zobrazování pro diagnostiku, například rozlišení cévních mozkových příhod, měření teploty, případně detekování nádorů prsu u mladých žen. Výhodou této metody je, že proti počítačové tomografii či rentgenu nepoužívá tkáň poškozující ionizující záření.

Na druhou stranu nevýhodou je, že má menší zobrazovací rozlišení. Nicméně pro tyto účely je rozlišovací schopnost i rychlost snímání dostatečná.

Anténa přemění energii z generátoru v elektromagnetickou vlnu, která se dostane do pacientova těla, kde se dále šíří do oblasti zájmu. Odsud se vlna odrazí zpět a my pak můžeme pomocí rekonstrukčních metod mikrovlnného zobrazování děj zrekonstruovat.

Tím, že je anténa ultraširokopásmová, dokáže vysílat jak jen jednu frekvenci, tak i široké frekvenční pásmo. Pásmo lze uplatnit i v další metodě mikrovlnného - radarového - zobrazování. Také zde můžeme díky algoritům následně zrekonstruovat rozložení dielektrických parametrů v oblasti. Konkrétně se jedná o parametry relativní permitivity a elektrické vodivosti.

## Jaké jste při vývoji používali metody?

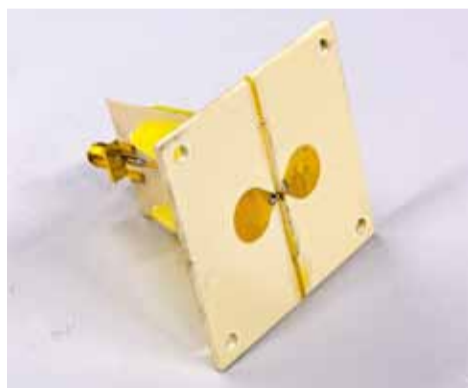
Tvar antény je více méně známá věc, takže se poměrně jednoduše dal udělat základní návrh. K tomu jsme měli také

pracuje s homogenním numerickým fantomem, což je model lidské tkáně o stejných dielektrických parametrech dané lidské tkáně, například svalů.

Anténu jsme pomocí numerických metod optimalizovali, což znamená, že jsme měnili její rozměry tak, abychom dosáhli jejich ideálních vyzářovacích



Experimentální zařízení, s mikroanténami (vlevo) a detail jedné z vyvíjených ultraširokopásmových antén



© ČVUT

charakteristik a aby se co nejvíce energie z generátoru dostalo do pacientova těla. Díky tomu získáme co nejlepší informaci o tom, co se ve sledované oblasti děje.

Když se použije antén více, dokážeme zrekonstruovat, a dokonce nakreslit konturu oblasti zájmu.

Při testování také měříme takzvané S-parametry, což jsou přenosové funkce mezi anténami, a z nich jsme následně schopni pomocí algoritmu pro mikrovlnnou tomografii zjistit, jaká hodnota dielektrických parametrů je v jakém bodě. To využíváme například pro rozlišení typu mozkových příhod.

ně, které poté vyplnila tekutými fantomy. Posloužil právě pro jedno z testování našeho systému.

Teprve když se metoda mikrovlnného zobrazování dostatečně verifikuje takto v laboratoři, tak se otevírá cesta ke klinickým studiím.

## Hovořil jste o aplikaci, kdy se mikrovlnné zobrazování používá k rozlišení cévních mozkových příhod. Jak konkrétně v takových okamžicích mohou antény pomoci?

Když pacient dostane mozkovou příhodu, do iktového centra se zpravidla dostane nejdříve za několik desítek

Dokonce vím, že dva takové systémy už jsou ve světě ve fázi klinických studií. Jeden je švédský, druhý rakouský. Očekáváme tedy, že v budoucnu, pokud budou výsledky dobré, bychom se mohli s takovými diagnostickými zařízeními setkat, ať už budou pocházet odkudkoliv. Třeba i od nás.

## Dalším možným využitím systému mikrovlnného zobrazování je léčba onkologických onemocnění. Co je základem této aplikace?

Ano, i tato aplikace je k našemu projektu přidružená. Konkrétně se jedná