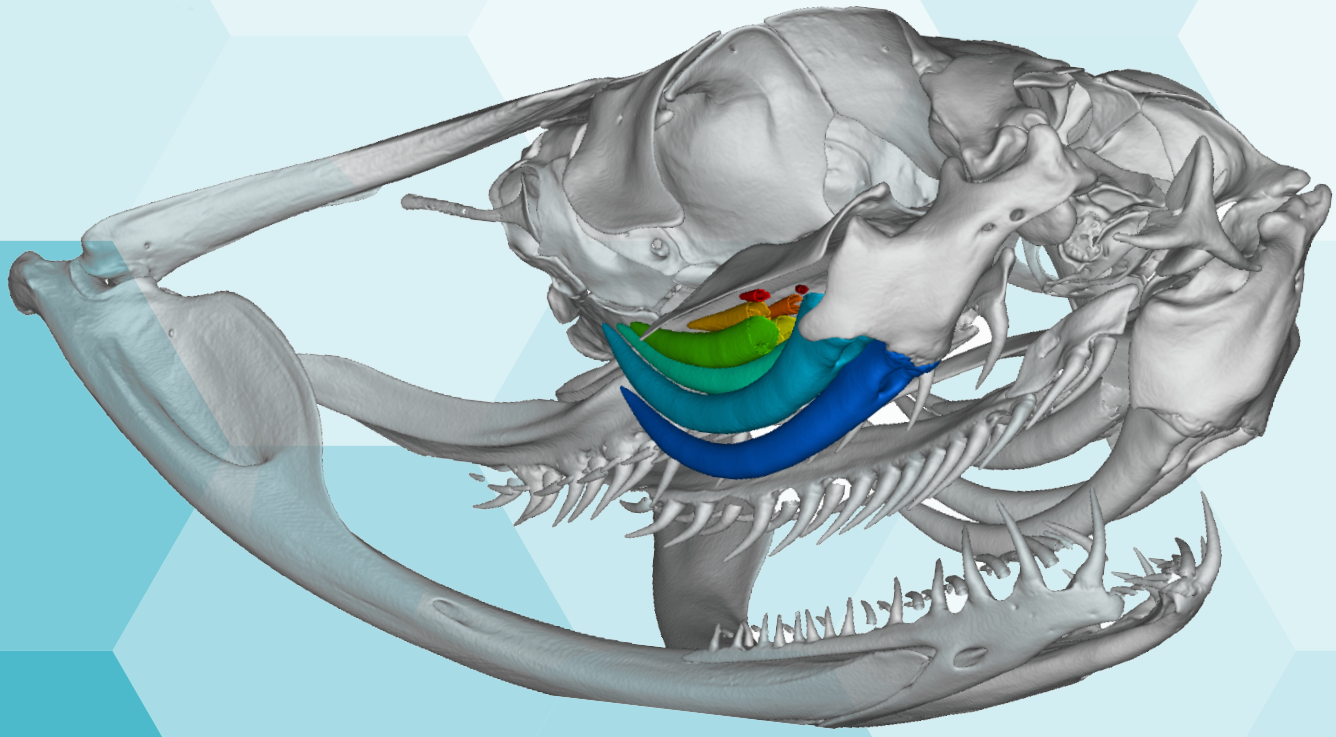


Analýza tesáků zmije gabunské na str. 3.

NEWSLETTER PODZIM 2021

Vážení příznivci počítačové tomografie,

představujeme Vám nové číslo newsletteru Laboratoře rentgenové počítačové mikro a nano tomografie na CEITEC VUT v Brně a s ním i informace o aktivitách naší laboratoře. V aktuálním vydání se dočtete o korekci aditivní výroby a o analýze tesáků zmije gabunské. V sekci Edukace Vám přiblížíme metodu redukce kovových artefaktů a stanovení hustoty kostí a zubů pomocí mikro-CT analýzy. V Novinkách si můžete přečíst o updatu softwaru a prestižním grantu Marie Skłodowska-Curie, který získal jeden z našich studentů.

Přejeme Vám příjemné čtení!

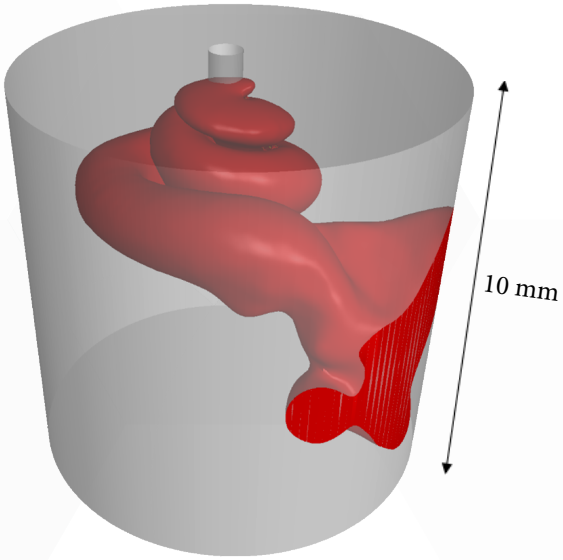
Tomáš Zikmund
Vedoucí laboratoře

CTLAB
X-ray Computed Tomography

CEITEC
Central European Institute of Technology
BRNO | CZECH REPUBLIC

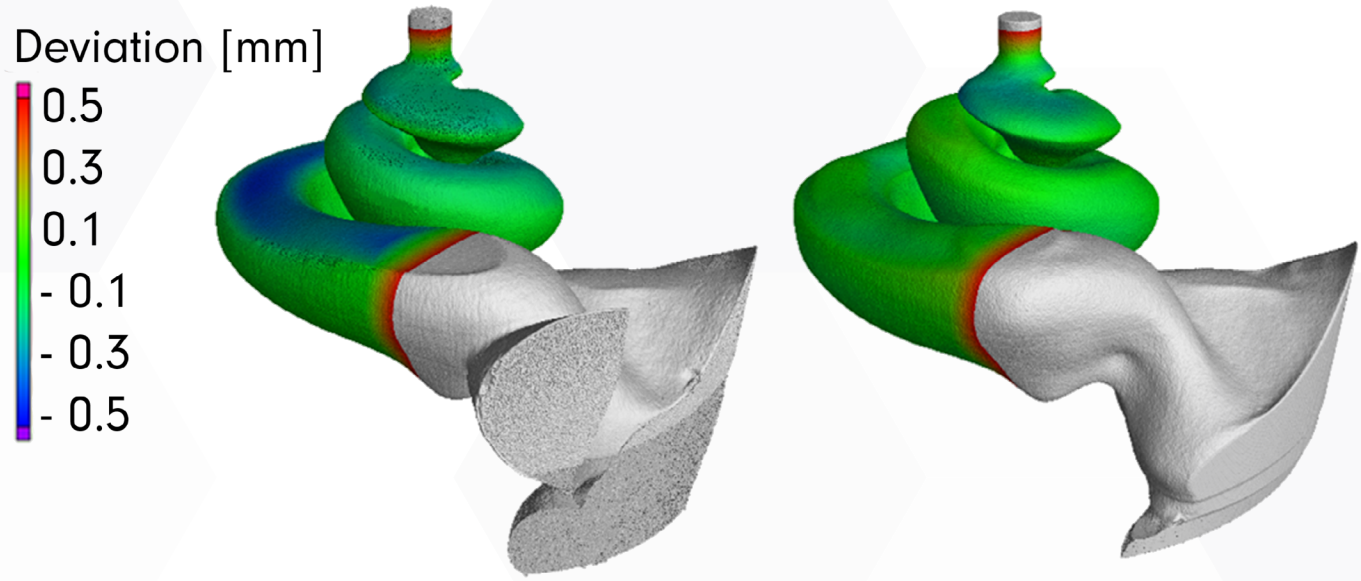
CT ANALÝZY

KOREKCE ADITIVNÍ VÝROBY



Obrázek 1: 3D vizualizace kochleární dutiny pro 3D tisk.

Při zavádění kochleárního implantátu se kvůli mechanickému tlaku poškodí zbytkový sluch až u 50 % případů. Vytvoření vysoce přesného a opticky čistého 3D výtisku kochleární dutiny v reálném měřítku může pomoci při testování faktorů, které způsobují mechanické poškození. Vytištění tohoto vysoce přesného 3D výtisku je však komplikované kvůli jeho malým rozměrům a specifickému tvaru. Odchylky od nominálního tvaru se objevují napříč všemi aditivními technologiemi. The mesh compensation (nový modul softwaru Volume Graphics) dokáže tyto odchylky opravit. Na základě získaných CT dat, která jsou porovnána s nominálním modelem, je vytvořen nový kompenzovaný 3D model (STL soubor). Tento model pak při novém tisku eliminuje výsledné odchylky od původního nominálního tvaru. Tento nový modul jsme použili při tisku 3D modelů kochleárních dutin a získali tak přesnější výsledek.

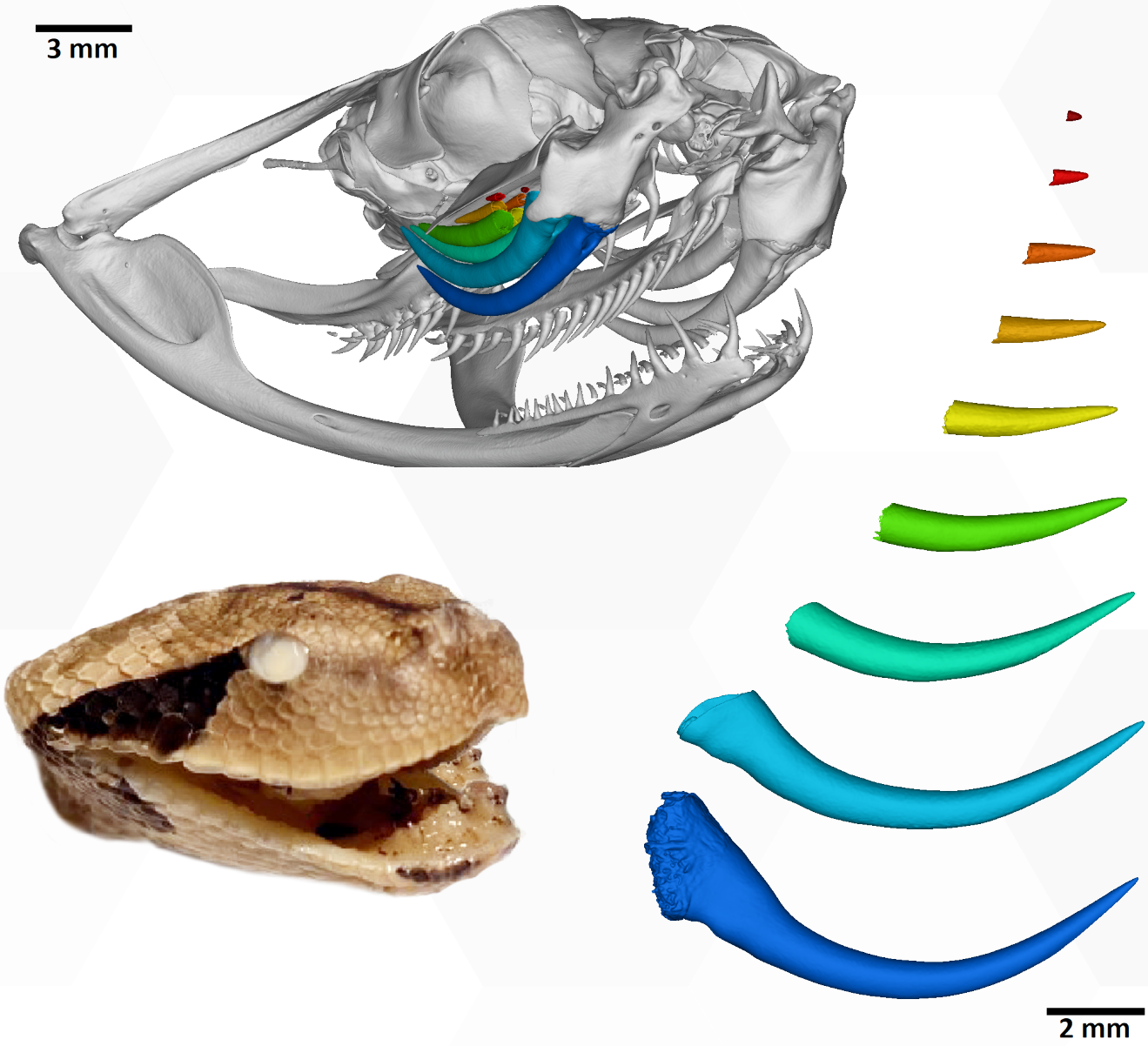


Obrázek 2: Vlevo – první tisk s odchylkami; vpravo – druhý tisk s kompenzací.

ANALÝZA TESÁKŮ ZMIJE GABUNSKÉ

Zmije gabunská (Bitis gabonica) patří mezi největší zástupce čeledi zmijovitých. Vyskytuje se v deštných pralesech a savanách subsaharské Afriky a stejně jako všechny ostatní zmije je jedovatá. Na rozdíl od ostatních obratlovců mají hadi vyvinutý vysoce sofistikovaný zbůsob injikace jedu pomocí speciálních tubulárních jedových zubů. Zmije gabunské mají pak ze všech jedovatých hadů nejdelší jedové zuby, které mohou dosahovat délky až 5 cm.

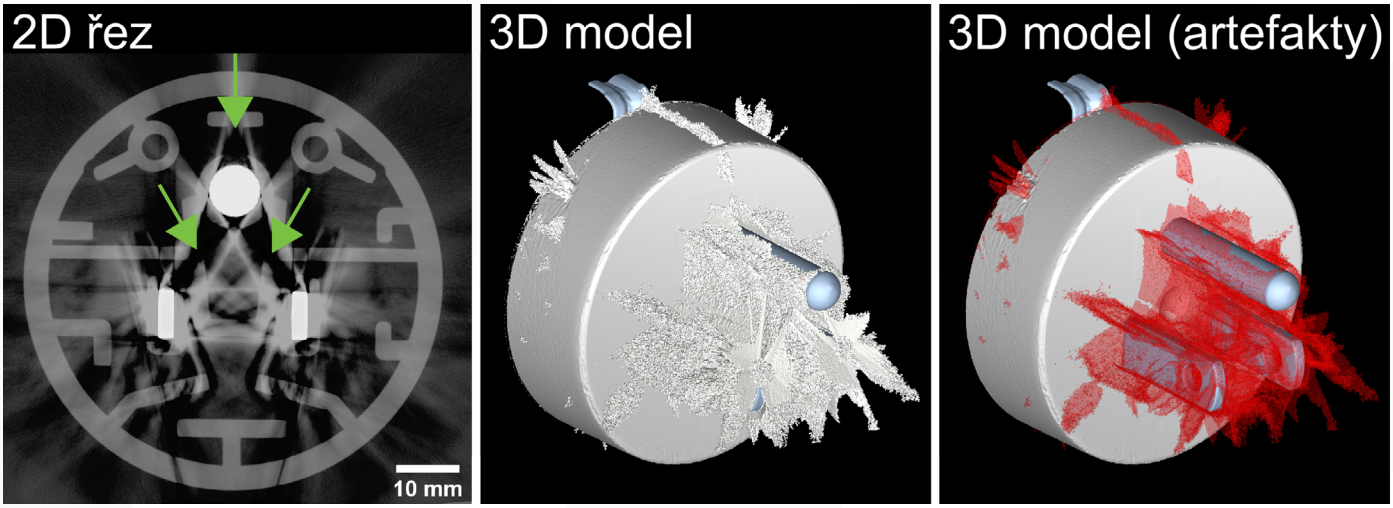
Z důvodů malé dostupnosti a vzácnosti některých druhů zvířat se morfologické studie často zaměřují pouze na popis vnějších charakteristik vzorků. V těchto případech se pak analýza vzorku pomocí rentgenové počítačové tomografie nabízí jako vhodná doplňující metoda pro taxonomii a morfologické analýzy. Na příkladu jedových zubů zmije gabunské v tomto příspěvku demonstrujeme analýzu několika generací těchto jedových zubů, které jsou přítomny posteriorně za současně používaným zubem. Z důvodu častého obměňování jedových zubů je najednou přítomno několik generací zubů, přičemž mikro CT analýza odhalila 9 generací těchto zubů, které bylo možno dále analyzovat.



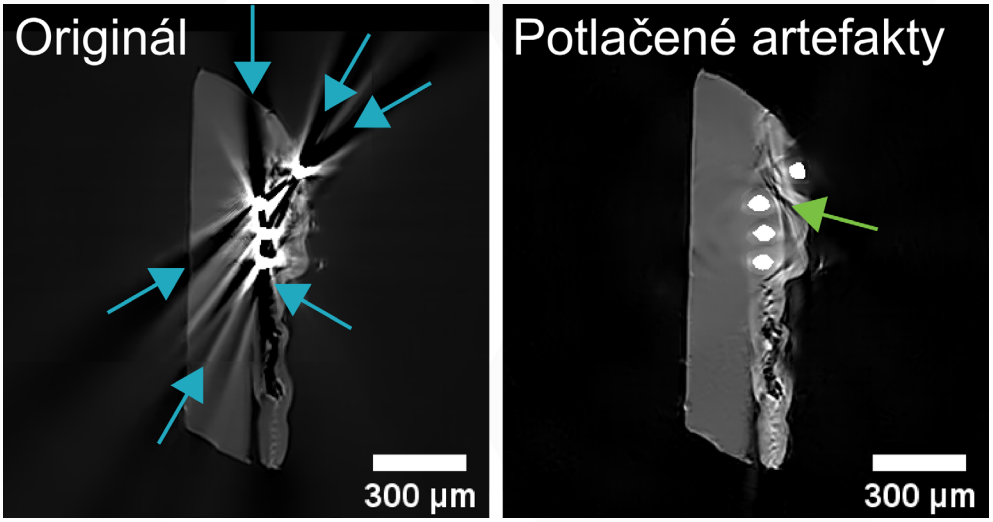
Obrázek 3: Fotografie hlavy analyzované zmije a 3D render lebky a zubů získaný z naskenovaných dat, na pravé straně jsou pak vyobrazeny všechny identifikované generace jedových zubů.

REDUKCE KOVOVÝCH ARTEFAKTŮ

Vzorky složené z lehkých a těžkých materiálů, například z plastů a kovů, jsou v průmyslové počítačové tomografii běžné a zároveň velmi složité z hlediska zpracování, neboť kovové části v nich obsažené způsobují značné zkreslení výsledného obrazu, zejména v oblastech plastů. Tyto takzvané kovové artefakty se nejčastěji projevují jako tmavé a světlé pruhy mezi kovovými částmi. Pro názornost je ukázán sken elektrické zástrčky (obr. 4), ve které jsou zřetelné pruhy kolem kolíků, které zabraňují v rekonstrukci správného tvaru plastových částí vzorku.



Obrázek 4: Kovové artefakty v elektrické zástrčce. V tomografickém řezu se tyto artefakty projevují jako pruhy (zelené šipky), ve 3D modelu pak jako nadbytečné plastové části (bílé) kolem kovů (světle modré). Na obrázku vpravo jsou kovové artefakty odděleny od plastových částí a zobrazeny červeně.

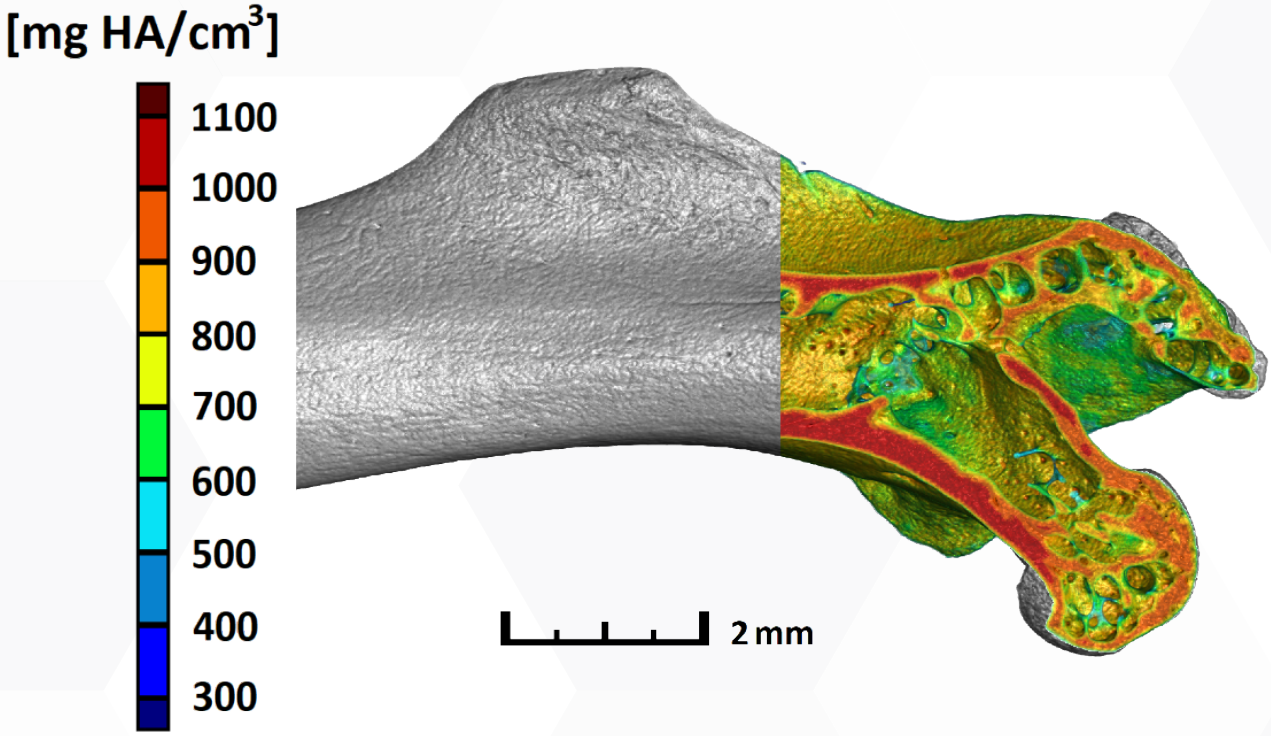


Obrázek 5: Kovové artefakty kolem wolframových vláken (modré šipky) byly odstraněny nahrazením projekcí kovů umělými daty. Výsledek je mnohem lepší než původní obraz, stále se v něm však mohou vyskytovat drobné pruhy a artefakty.

Kovové artefakty jsou způsobeny fyzikálními vlastnostmi těžších prvků z hlediska absorpce rentgenového záření. Tyto vlastnosti způsobují nesrovnalosti mezi daty a matematickými předpoklady konvenčních rekonstrukčních technik. Redukce či odstranění těchto artefaktů je složité, ale žádoucí. Současné přístupy k této problematice zahrnují zvláštní protokoly měření, duálně-energiové CT, zpracování projekcí či CT dat, specializované rekonstrukční algoritmy a další. Jako příklad lze uvést běžný způsob redukce artefaktu skrze zpracování projekcí, ve kterém jsou kovy zcela odstraněny z projekčních dat a nahrazeny umělými hodnotami, které nezpůsobují tak závažné problémy při rekonstrukci. Takovýto algoritmus byl použit pro data plastového vzorku s wolframovými vlákny (obr. 5), kde výrazně zvýšil kvalitu výsledného CT řezu a odstranil rušivé pruhy.

STANOVENÍ HUSTOTY KOSTÍ A ZUBŮ POMOCÍ MIKRO-CT ANALÝZY

Nedestruktivní stanovení minerální hustoty tkáně je v současné době žádaným typem analýzy kostí a zubů. Využití této analýzy lze nalézt v různých srovnávacích studiích, např. ve vývojové biologii, farmakologii, v implantologii atd. Díky rozlišení mikro-CT skenu v řádu mikrometrů, lze v kostní tkáni rozlišit a samostatně analyzovat její kortikální a trabekulární část. V případě zubu lze stanovit zvlášť hustotu skloviny a zuboviny. Využití mikroCT pro analýzu hustoty je navíc výhodné díky nedestruktivitě této metody, její rychlosti a analýze celého vzorku ve 3D. Jelikož kosti a zuby jsou složeny převážně z hydroxyapatitu (HA), je analýza minerální hustoty zaměřena přímo na stanovení koncentrace HA. Nízká koncentrace HA ve tkáni způsobuje její křehkost. Na základě znalosti koncentrace HA lze kvantitativně odhadnout celkovou hustotu tkáně. Obvykle se tato koncentrace pohybuje v řádu stovek (kosti) nebo tisíců (zuby) miligramů hydroxyapatitu na centimetr krychlový.



Obrázek 6: 3D render proximální části stehenní kosti myši. Průřez v pravé části je barevně odlišen podle hustoty kostní tkáně (koncentrace hydroxyapatitu).

Praktické měření spočívá v kalibraci CT systému na jednotky HA. Kalibrace se provádí skenováním vhodného kalibračního fantomu. Principem je získání hodnot útlumu z jednotlivých složek ve fantomu, které obsahují materiály s různou koncentrací HA. Na základě znalosti rozdílu mezi extrahovanými hodnotami z měřeného vzorku, a referenčními hodnotami koncentrace HA ve fantomu, lze hodnoty jednotlivých voxelů transformovat na minerální hustotu pomocí lineární přenosové funkce. Pro tuto transformaci byly námi vyvinuty algoritmy, které jsme integrovali do komerčních CT systémů, a začali jsme tento typ analýzy nabízet veřejnosti (Obr. 6).

NOVINKY

UPDATE SOFTWARU

Neustále udržujeme naši laboratoř a její vybavení aktuální! Nedávno jsme upgradovali naše výpočetní stanice na nejnovější VGStudio MAX 3.5, aby bylo možné provádět co nejlepší analýzy. Aktuálně máme 6 licencí pro vyhodnocování analýz. Současně jsme zvýšili výpočetní sílu za účelem zpracování většího množství dat, jako je například vícenásobné skenování (multiscan), protože nároky na hardware se stále zvyšují. Jako příklad lze uvést výstupní data z našeho nového 4K detektoru (4000 px × 4000 px), který generuje osmkrát objemnější CT data (tj. až 120 GB), než jeho předchůdce (2000 px × 2000 px).

PRESTIŽNÍ GRANT

MARIE SKLODOWSKA-CURIE

Jeden z našich doktorandů získal prestižní grant v rámci projektu Marie Skłodowska-Curie Innovative Training Networks xCTing. Tento projekt je celoevropskou průmyslově-akademickou iniciativou, jejímž cílem je vyškolit novou generaci výzkumných pracovníků v oblasti průmyslové rentgenové počítačové tomografie. Náš student bude tak díky vítězství v grantu pracovat ve firmě Waygate Technologies v německém Wunstorfu, která je jednou z předních společností ve vývoji a výrobě průmyslových CT strojů.

KONTAKT

Ing. Tomáš Zikmund, Ph.D.
tomas.zikmund@ceitec.vutbr.cz
+420 541 142 846

www.ctlab.ceitec.cz
ctlab@ceitec.vutbr.cz
+420 541 142 875

CEITEC VUT
Vysoké učení technické v Brně, Středoevropský technologický institut
Purkyňova 656/123, 612 00 Brno