

# 3D technologie v medicíně

Rozvoj technologií, rostoucí konkurence a pokles ceny při větších objemech výroby vedly k poklesu cen základních 3D technologií. Například cena výtisků z termoplastů poklesla na řád 0,5 Kč/g. Mezi důležitými trendy inovací v oblasti 3D tisku se v posledních letech objevuje i využití 3D tisku v medicíně<sup>[1]</sup>. V jiných podobách se 3D technologie používají řadu let - 3D zobrazení výpočetní tomografie.

Tento trend je dobře patrný i na konkrétních případech špičkových zahraničních pracovišť. Na radiologickém oddělení Mayo Clinic již řadu let pracuje tým pro anatomické modelování, jehož produkce každým rokem roste. Celkem zde bylo vytištěno přes 6000 3D modelů, z toho 2500 v loňském roce<sup>[2]</sup>. Prostorové modely zde slouží chirurgům pro lepší pochopení prostorových vztahů<sup>[3]</sup> a měřítek při plánování výkonů, pacientům pro lepší vysvětlení souvislosti připravovaného výkonu a opravdu informovaný souhlas a studentům anatomie jako pacient-specifické modely pro výuku. Další výhodou je, že si chirurg může před samotným výkonem vyzkoušet operaci "nanečisto" na konkrétním pacientovi ve virtuální realitě pomocí 3D brýlí.

Dalším kdo se zabývá 3D technologiemi v medicíně a jejich praktickým využitím (např.: při tréninku urologických operací<sup>[4]</sup>) je Prof. Ilkan Tatar M.D., Ph.D. z Hacettepe University v Ankaře. Dle jeho slov i dalších prací se budou 3D technologie využívat čím dál víc.

V rámci 1. LF UK se rozbíhá práce s 3D technologiemi na (nejméně) pěti ústavech a klinikách: na anatomii, radiologii, stomatologii, chirurgii a biofyzice. 3D technologie byly zařazeny do výuky informatiky pro studenty somatologie a všeobecného lékařství.

Pro seznámení se základy 3D technologií můžeme problematiku rozdělit do následujících kapitol.

## 3D modely

### Tvorba modelu v počítači

3D model můžeme buď vytvořit z ničeho nebo použít různé skenovací technologie.

#### Software pro tvorbu 3D modelu:

##### Fusion 360 (<https://www.autodesk.cz/products/fusion-360/>) od Autodesku

Tento program je myšlen spíše na modelování různých součástek, spíše než orgánů, apod. Nicméně má zase výhodu možností simulací, které ukazují např.: sílu a odolnost dané součástky (endoprotéza vyrobená na míru konkrétnímu pacientovi). Má intuitivní grafické rozhraní.

- Akademická (studentská) verze:
  - <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/students-teachers-educators>
  - Návod na tvorbu 3D vizitky (<https://www.youtube.com/watch?v=UDkZun18EqU&>)
  - Introduction to Fusion 360 (<https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/courses/AP-GET-STARTED-OVERVIEW>)
  - Tutoriál simulací (<https://help.autodesk.com/view/fusion360/ENU/?guid=GUID-584BEC15-41E6-4466-9705-5464748227BF>)

#### OpenScad:

Tento program je zdarma a opensource. Modely se v něm vytváří pomocí speciálního procedurálního programovacího jazyka -geometrických instrukcí (konstruktivní geometrie pevných těles).

- domovská stránka (<https://www.openscad.org/>)
- návod

#### Blender:

Tento program je taktéž zdarma a opensource, modely se modelují v grafickém editoru, který může sloužit i na vytváření 3D animací. Je zaměřen na rozdíl Fusion 360 spíše na digital sculpting ([https://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_sculpting](https://en.wikipedia.org/wiki/Digital_sculpting)). Dalším podobným programem je ZBrush (<https://en.wikipedia.org/wiki/ZBrush>). Digital sculpting je výhodný právě na modely orgánů<sup>[5]</sup> (například pŕhledné srdce pro lepší pochopení při učení).

- návody na užívání Blenderu (<https://www.blender.org/support/tutorials/>)
- návod pro přípravu 3D tisku (<https://www.sculpteo.com/en/tutorial/prepare-your-model-3d-printing-blender/>)

#### Online alternativy:

V dnešní době samozřejmě existují i určité online alternativy k výše uvedeným programům. Jedním z nejjednodušších, nicméně stále schopných je Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>).

## Skenování ve 3D

Určité formy 3D skenování se v medicíně používají již roky - 3D/4D ultrazvuk nebo 3D zobrazení výpočetní tomografie, které se používá přes 20 let<sup>[6]</sup>.

## Převod z CT nebo MRI do 3D

Nejvýhodnější na konverzi na 3D model, ať už na tisk nebo použití ve VR, se zdají být soubory z CT nebo také z PET-CT. Oproti těmto je na souborech z MRI obvykle více nedokonalostí, které se musí později opravit.

### InVesalius (<https://en.wikipedia.org/wiki/InVesalius>)

Tento volně dostupný program umožňuje nahrání souborů z CT/MRI ve formátu *DICOM* (což je výhoda, protože to je nativní formát 3D snímků v medicíně - dají se stáhnout rovnou z PACS) a následně provede konverzi na soubory *STL*, *OBJ* ([https://en.wikipedia.org/wiki/Wavefront\\_.obj\\_file](https://en.wikipedia.org/wiki/Wavefront_.obj_file)) nebo *PLY* ([https://en.wikipedia.org/wiki/PLY\\_\(file\\_format\)](https://en.wikipedia.org/wiki/PLY_(file_format))), které jsou kompatibilní s použitím ve 3D tisku nebo VR. V programu je několik předvoleb (kosti, měkké tkáně, pediatrické modely, ...), ale dají se zadat i vlastní hodnoty denzity tkáně, ze které bude model vytvořen.

- Stažení z GitHub: <https://invesalius.github.io/download.html>

## Jiné skenery

Další možnosti skenování je použití dedikovaného skeneru, nicméně tato zařízení jsou poměrně drahá. Jednou z technologií je laserový skener ([https://en.wikipedia.org/wiki/Laser\\_scanning](https://en.wikipedia.org/wiki/Laser_scanning)) nebo skener využívající LIDAR.

## Stažení modelu z otevřeného úložiště

Modely se také dají stáhnout z internetu. Samozřejmě to má tu nevýhodu, že nejsou vyrobené z dat konkrétního pacienta, nicméně pro výuku studentů to nevadí. Jedním ze serverů, které tyto modely nabízí je český server ([https://www.prusa3d.com/cs/stranka/o-nas\\_77/](https://www.prusa3d.com/cs/stranka/o-nas_77/)) pod názvem Printables (<https://www.printables.com/>) (je zde přímo i kategorie věnovaná medicíně). Dalším zdrojem 3D modelů může být Thingiverse (<https://www.thingiverse.com>). Majorita modelů z těchto stránek jsou zadarmo, nicméně pod různými licencemi. Placenou alternativou je Sketchfab (<https://sketchfab.com>).

## 3D tisk

*O tomto tématu více pojednává samostatný článek Využití 3D tisku v medicíně.*

### Příklady využití 3D tisku v medicíně

- Průlom v 3D biotisku. Vědci vytiskli srdeční chlopeč z kolagenu (<https://www.e15.cz/byznys/technologie-a-medi-a/prulom-v-3d-biotisku-vedci-vytiskli-srdecni-chlopec-z-kolagenu-1363315>)
- Pacientovi s nádorovým onemocněním pomáhají žebra z 3D tiskárny (<https://www.chip.cz/novinky/pacientovi-s-nadorovym-onemocnenim-pomahaji-zebra-z-3d-tiskarny/>)
- V Kladně tisknou unikátní náhrady kostí a kloubů (<https://www.e15.cz/reportaze/v-kladne-tisknou-unikatni-nahradu-kosti-a-kloubu-1329654>)
- Kosti na zakázku jsou tištěny ve 3D v laboratoři a poté implantovány do lidí (<https://singularityhub.com/2020/03/09/custom-made-bones-are-being-3d-printed-in-a-lab-then-implanted-in-people/?fbclid=IwAR3IlyEKLVLZgGE5xsuXZ7dOwiUillpT91esd517nxdnrsBWCSyV752-034>) z částic práškového trikalciemfosfátu (TCP) a mastných kyselin
- Děčínská nemocnice nabízí maminkám 3D model plodu (<https://www.ustecko24.cz/2021/07/19/decinska-nemocnice-jako-prvni-v-ceske-republice-nabidne-maminkam-3d-model-plodu/>)

## Odkazy

### Související články

- 3D technologie ve stomatologii
- WikiSkripta:3D Logo – logo WikiSkript ve 3D, mezi hady se místo hole dá vložit tužka
- Využití 3D tisku v medicíně

### Externí odkazy

**Fusion 360** (<https://www.autodesk.cz/products/fusion-360/>)

**OpenScad**

**Blender**

ZBrush (<https://en.wikipedia.org/wiki/ZBrush>)

Tinkercad (<https://www.tinkercad.com/>)

## Reference

1. C. Moreau, The state of 3D printing, Sculpteo, 2018.
2. A. Alexander, MED Webinar 2018, MIS - Mayo Clinic, webinar ID: 708-319-859
3. T. Peker, S. Omeroglu, S. Hamdemir, H. Celik, I. Tatar, N. Aksakal, H. B. Turgut, *Three-dimensional assesment of the morphology of the umbilical artery in normal and pre-eclamptic placentas*, 2006, Ankara, Turecko
4. Ilkan Tatar, Emre Huri, *Review of the effect of 3D medical printing and virtual reality on urology training with 'MedTRain3DModsim' Erasmus + European Union Project*, 2023, Turecko
5. Israr Hussain, *What are the most effective ways to use digital sculpting for accurate and detailed medical visualization?*, <https://www.linkedin.com/advice/1/what-most-effective-ways-use-digital-sculpting-accurate-fbbce>
6. MALAY JOSHI, MN SREE RAM, J DEBNATH, SK KHANNA, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5531578/> (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5531578/>), 1998, Indie