

# Návrh, testovanie a validácia antropomorfného valivého kľbu pre bionickej protézy horných končatín

Marek Hromada

ŠpMNDaG

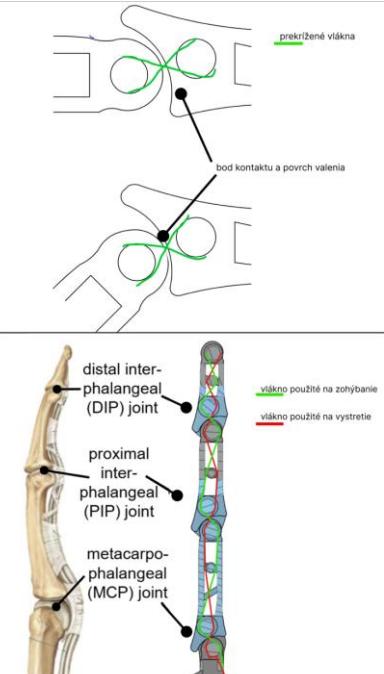


Github s ovládacom kódom, CAD modelmi, teóriou do hĺbky a teoretickým základom pre budúcu implementáciu

- Tento výskum sa zameriava na zásadný problém v robotických protézach: nízku životnosť kľbov.
- Identifikovaný Problém:** Miniaturizované klasické rotačné kľby v bionickej ruke sú náchylné na mechanické zlyhanie a opotrebovanie. Ich zbytočne komplexná montáž a nízka odolnosť voči bočnej záťaži obmedzujú funkčnosť a spoľahlivosť protézy, zároveň sú protézy so spoľahlivými kľbmi ľahko cenovo dostupné.
- Ciel:** Navrhnuť, vyrobiť a experimentálne overiť nový typ antropomorfného valivého kľbu (AVK), ktorý prekoná odolnosť a modularitu existujúcich riešení.
- Výskumná Hypotéza:** Navrhnutý antropomorfny valivý kľb (AVK) vykáže štatisticky významne vyšiu mechanickú odolnosť a dlhšiu životnosť pri zatažení v porovnaní so štandardným rotačným kľbom v identických podmienkach testovacej platformy.

## Návrh Komponentu (AVK)

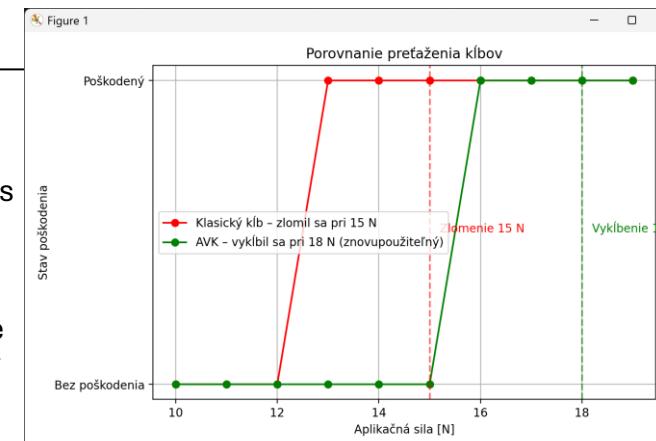
- Architektúra:** Antropomorfny valivý kľb bol navrhnutý v softvéri Onshape. Dizajn využíva 4 valivé drážky s krízovým usporiadaním ligamentov, ktoré minimalizujú trenie a maximalizujú prenos sily.
- Geometrická Optimalizácia:** Počiatočný dizajn bol iteratívne upravovaný (fine-tuning) pre dosiahnutie požadovaného rozsahu pohybu (ROM) a prispôsobenie sa konštrukcii ruky.
- Výroba:** Všetky komponenty kľbu a ruky boli vyrobené technológiou FDM (3D tlač) z materiálu PLA a nylónového monofilamentu.



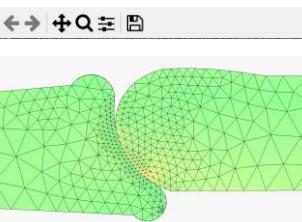
Bočný pohľad na kontaktný valivý kľb a krízenie ligamentov umožňujúce dočasné vykľbenie a vedenie ovládacieho ligamentu cez prst

## Výsledky a analýza

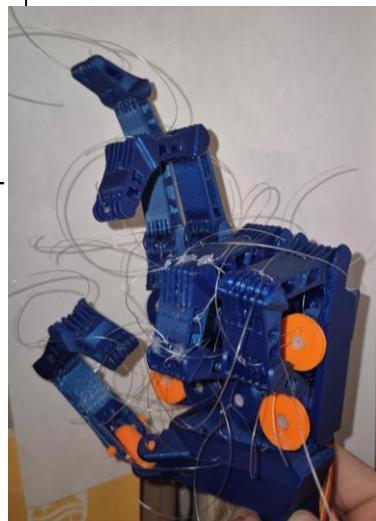
- Porovnanie maximálnej nosnosti a správania AVK s rotačným kľbom pod rôznou záťažou = AVK je odolnejší, zároveň je znovupoužiteľný v prípade vykľbenia, pričom rotačný kľb sa pri rovnakej záťaži zlomí
- Testovanie opencv softvéra a bionickej ruke – ruka používajúca AVK vie vykonávať rovnako komplexné úlohy, ako ruka s rotačnými kľbmi



Aparatúra testovania odolnosti



Von misses diagram AVK



Zostavený model bionickej ruky používajúcej AVK, bez protišmykových prvkov a rukavice

## Záver

- Testovanie a výpočty ukázali, že navrhnutý AVK je odolnejší ako klasické rotačné kľby a dokáže pri použití v bionickej ruke urobiť rovnako komplexné úkony, ako ruka s rotačnými kľbmi
- Vyvinutá „AVK“ bionickej ruke je cenovo dostupná(150 – 200 €, oproti dnešným kvalitným protézam 20000 – 45000€) a vďaka AVK aj odolná a silná
- Oproti rotačnému kľbu je znova použiteľný, pri preťažení sa vykľbi, po vrátení kľbu do pôvodného stavu je znova použiteľný, čo je obrovská výhoda oproti rotačnému kľbu ale aj oproti iným dizajnom VK(napr. Faive hand z roku 2025)(poznámka:znova sa nedá použiť pokial nepríde k plastickej deformácii ligamentov, pričom k signifikantnej deformácii dochádza pri sile cca 500 N, k čomu sa pri každodennej použití dosteneme ľahko)

Plán do budúcej implementácie 3D-MC senzorov a