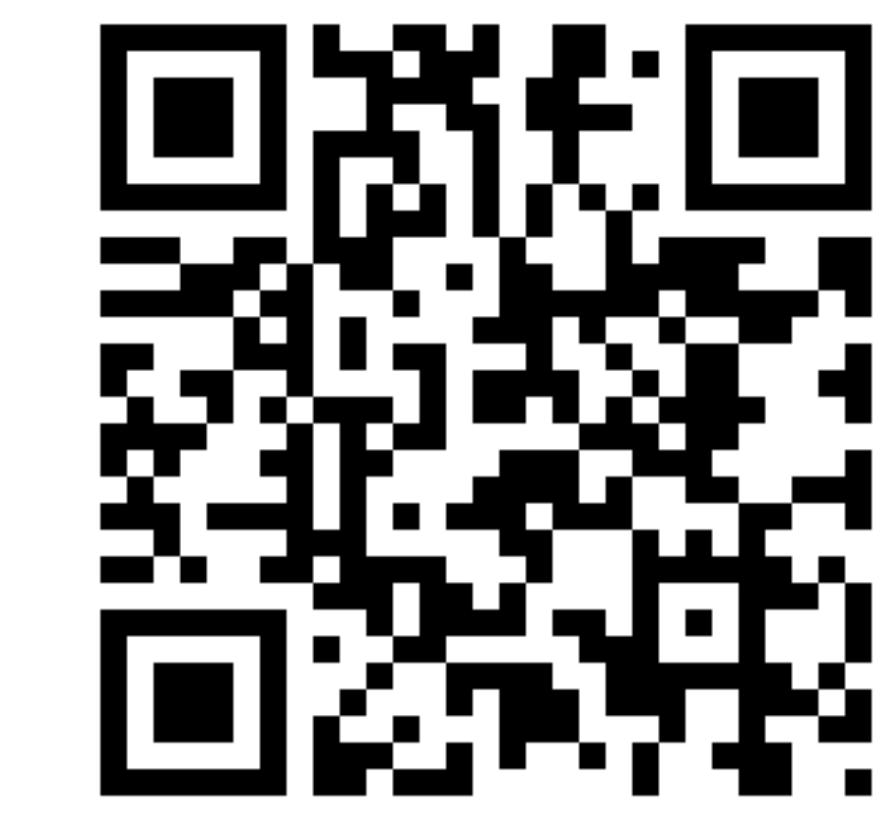


Antropomorf

Dizajn a vývoj Antropomorfných valivých kľbov(AVK) a ich testovanie na bionickej ruke

lacnejšia a odolnejšia alternatíva rotačných kľbov v bionických rukách



Abstrakt

Počas vývoja bionickej ruky som narazil na problém neodolnosti low-costových rotačných kľbov, počas výskumu som našiel alternatívnu – valivé kľby. Tieto alternatívny však boli pre mňa ľahšie na výrobu keďže vyžadovali manipuláciu s pokročilými materiálmi, rozhodol som sa preto nadizajnovať AVK, ktorý sa od doterajších AVK odlišuje svojou znovupoužiteľnosťou po vykľbení. Tento kľb som otestoval zostavením bionickej ruky. Pri celej práci bola použitá 3d tlač, nylónové vlákno, servo motory sg90 a mikrokontroler ESP32 S3, čo znamená, že ruka je jednoduchá na modifikáciu aj na zostavanie.

Zhrnutie výsledkov práce

- Nový AVK
 - odolnejší od rotačných kľbov
 - znovupoužiteľný po preťažení
 - Jednoduchý na výrobu
 - Odolná cenovo dostupná bionická ruka

Problémy

- Odolné bionicke protézy rúk nie sú cenovo dostupné, iba 10% si to vie dovoliť
- miniatúrne rotačné kľby, potrebné v biomimetických aplikáciach sú buď drahé a zbytočne komplexné na výrobu alebo neodolné
- Kľby sa po preťažení nedajú použiť znova
- Výroba navrhovaných VK vyžaduje pokročilé materiály

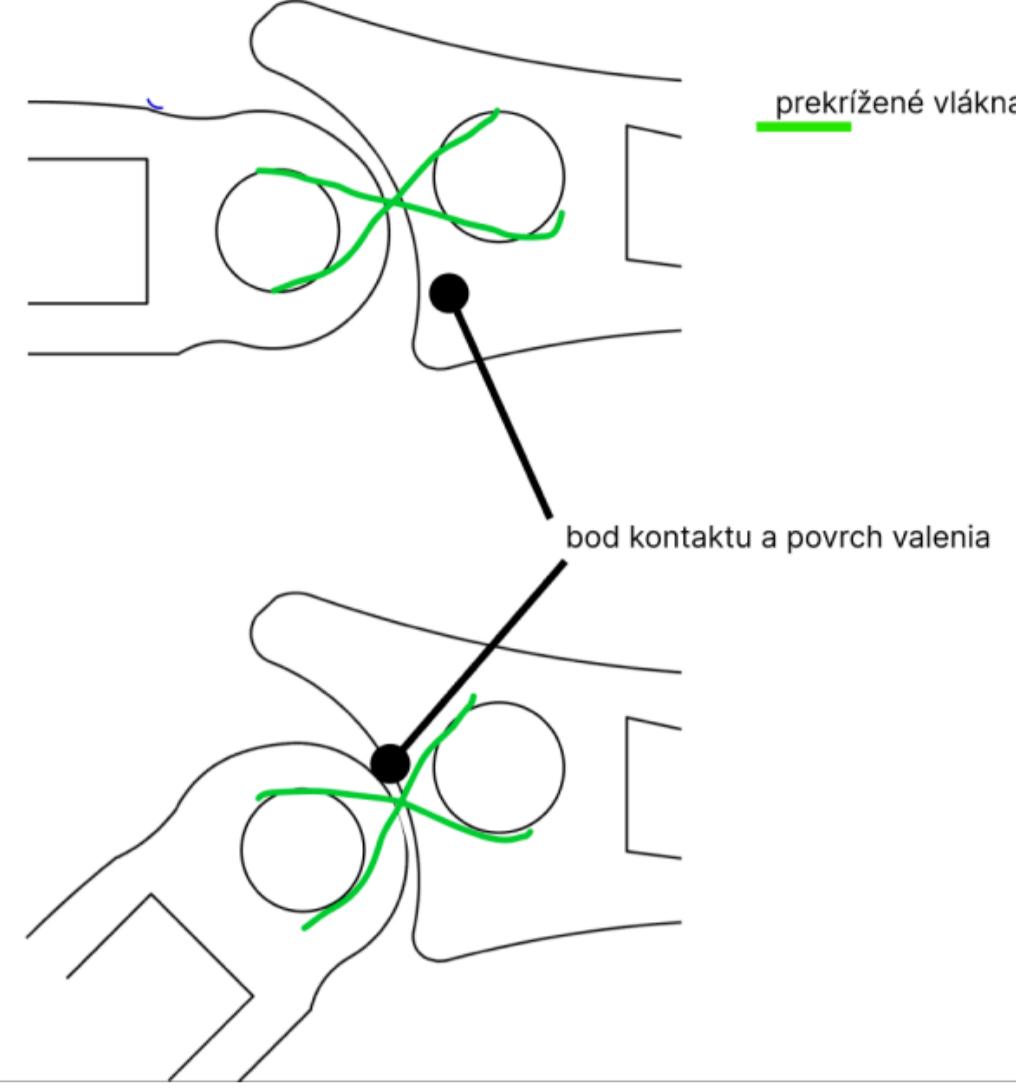
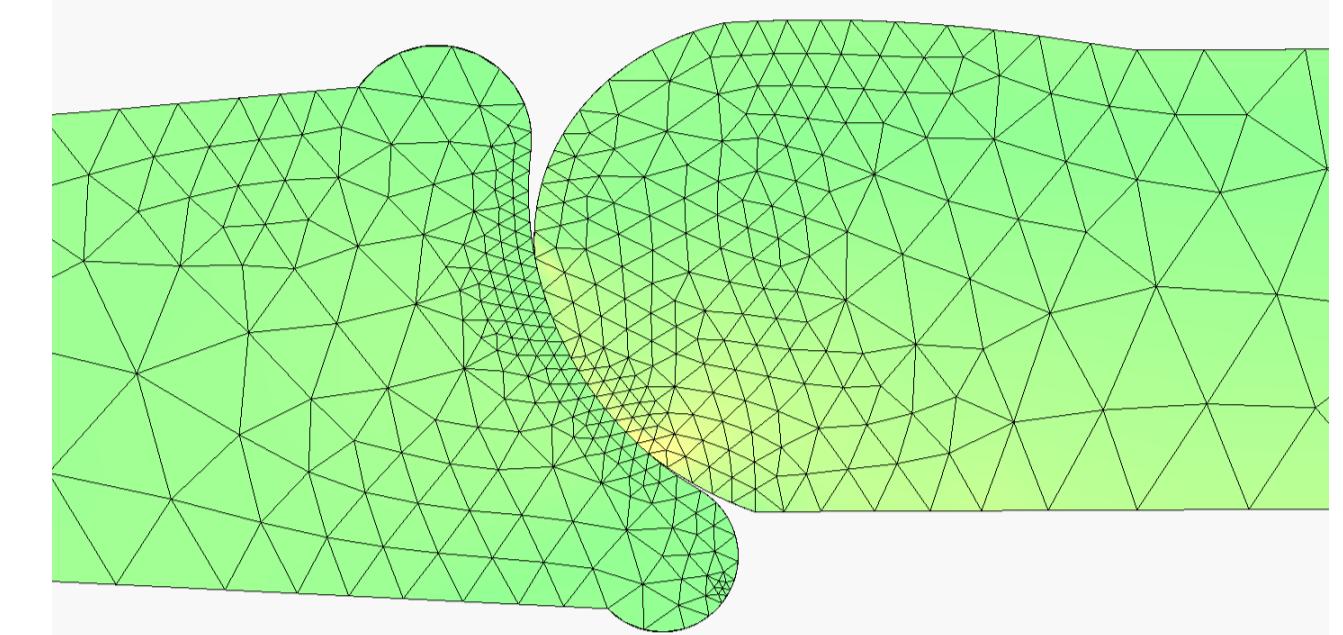
„Dá sa vyvinúť lepšia alternatíva rotačných kľbov pre použitie v bionickej ruke?“

Ciele

- Vývoj alternatív pre rotačné kľby, ktorá je odolnejšia a znovupoužiteľná
- Cenovo dostupná bionická ruka – cena pod 200 €

Vývoj AVK a teoretická analýza

- Drážkový systém – krížacie ligamenty
 - umožňuje kĺbenie
- Obmedzenie ROM pomocou geometrie valivého povrchu
- Iteratívne modifikácie, inšpirované ľudskými kľbmi



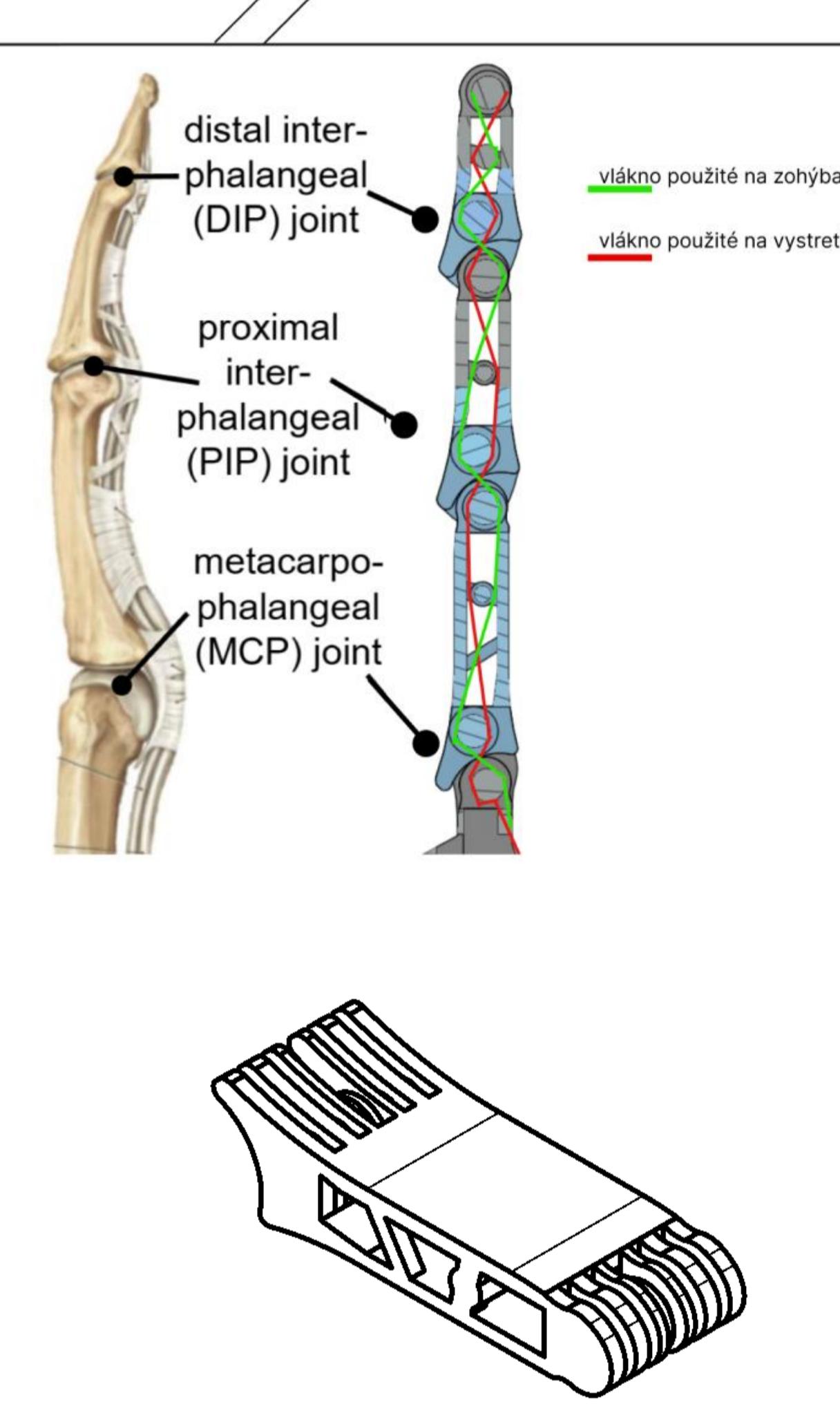
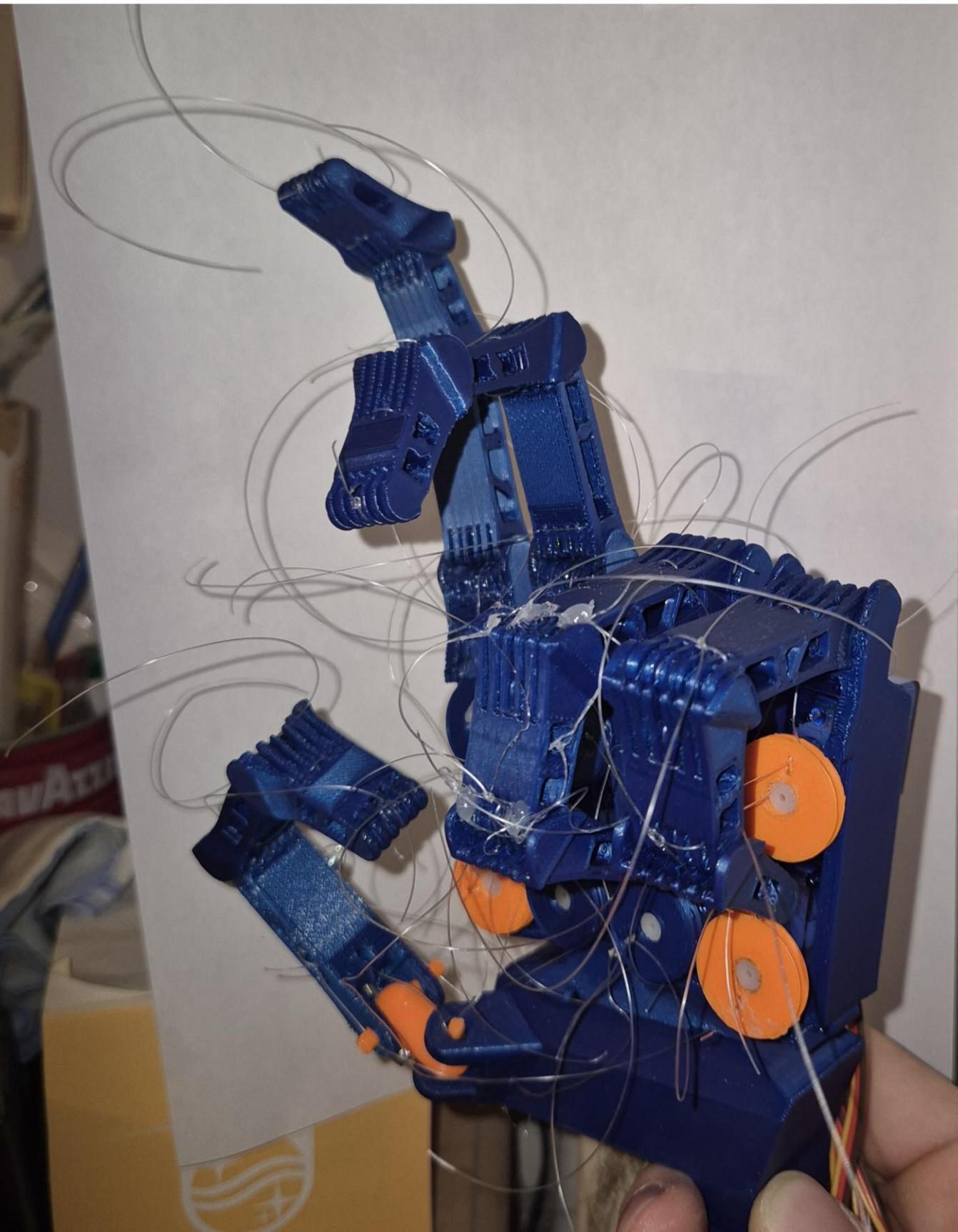
- Von misses analýza stresu
- Kalkulácia trenia – minimálne prešmykovanie
 - Zistenie rizika prešmykovania
 - Zmena miery prešmykovania na základe napäťia lana

Dizajn prsta a ruky a testovanie AVK v ruke

- Vedenie kladkového systému
 - Chráni ovládacie ligamenty
 - Prispôsobenie ROM jednotlivých kľbov
 - Max. záťaž na jeden prst so servom – 200g

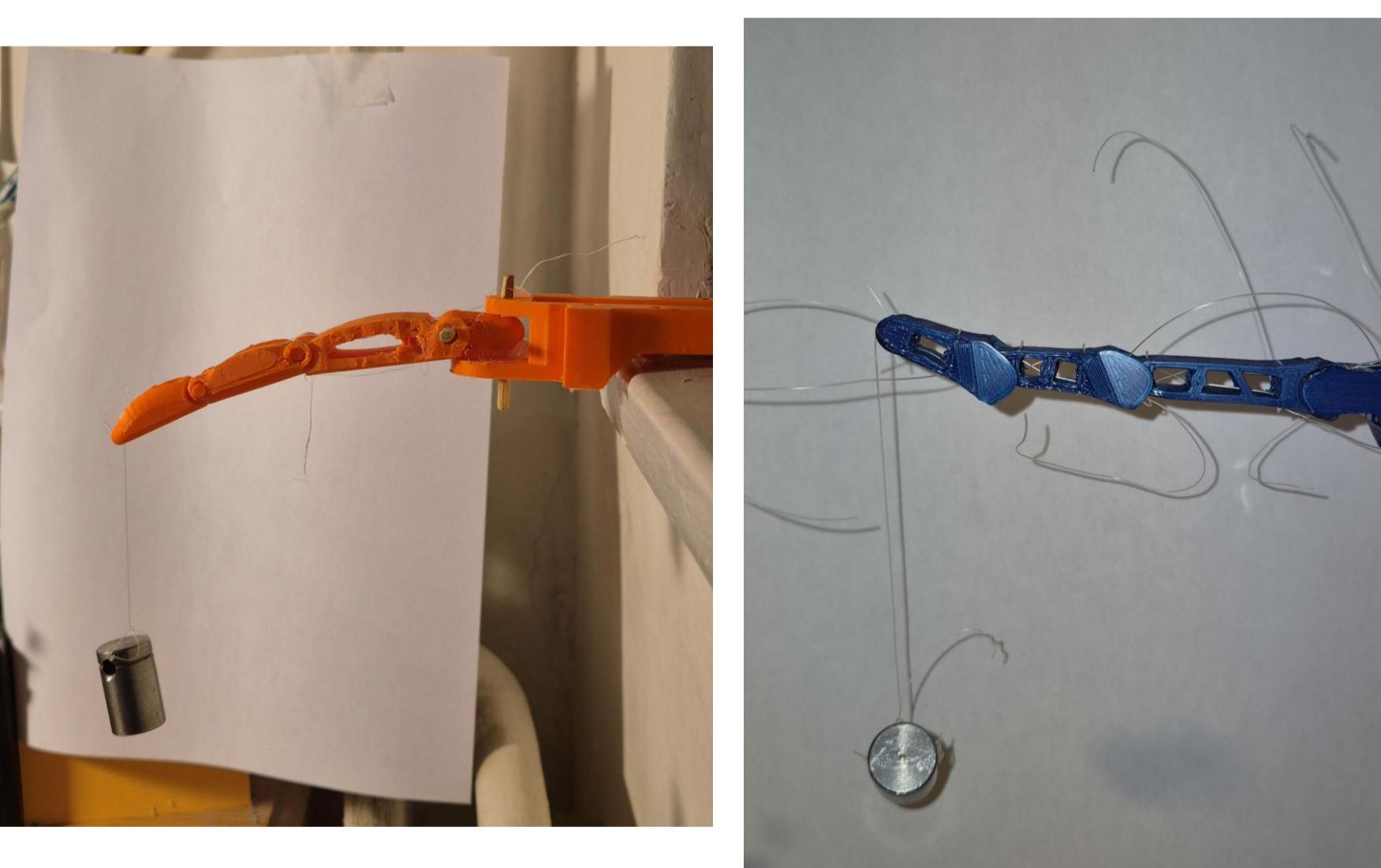
Technické špecifikácie

- PLA 3D tlač s 30% infillom
- Nylónový monofilament
- Servo motor sg90
- 450 g
- Celková cena prototypu: 66.50 €
- Open CV softvér na kontrolu ruky
 - Realtim ovládanie pomocou python knižníc



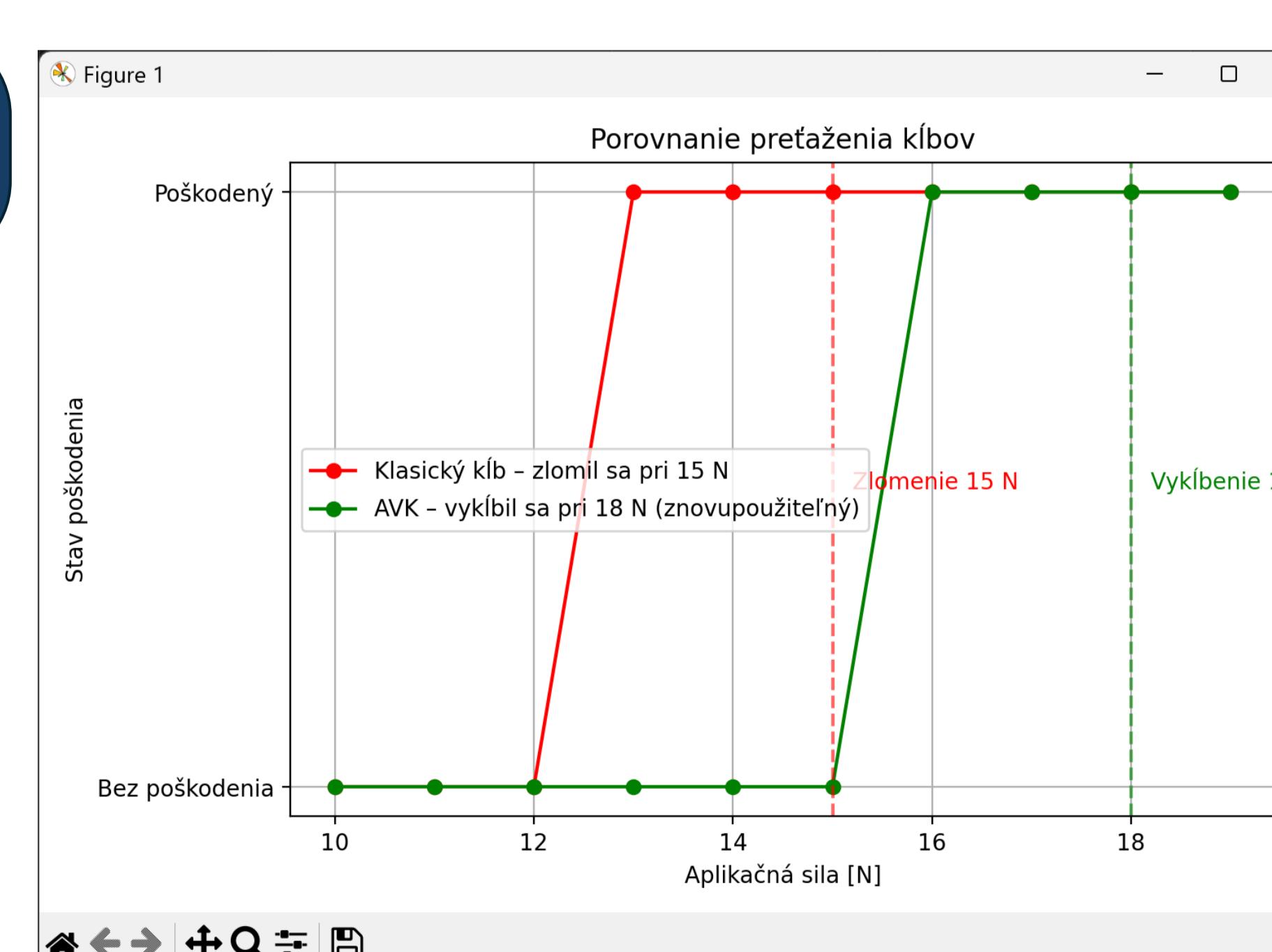
Testovanie AVK

- Na porovnanie boli vytvorené dva identické bionicke prsty – jeden s rotačnými kľbmi, druhý s valivými (AVK).
- Testovala sa maximálna nosnosť a správanie prstov pri rôznych záťažiach, aplikovaných na koniec prsta v neutrálnej polohe.
- AVK vykazoval vyššiu nosnosť** než klasický rotačný kľb.
- Pri záťaži 18 N sa AVK vykľbil, no po odstránení záťaže ho bolo možné vrátiť do pôvodnej polohy bez zníženia výkonu.



Výsledky

- Rotačný kľb sa pri preťažení láme, zatiaľ čo AVK sa len dočasne deformeje a dá sa znova použiť.
- Maximálna nosnosť závisí od typu stresu:**
 - pri ťažnom strese od pevnosti spojovacieho lanka,
 - pri tlakovom strese od pevnosti materiálu (PLA s 30 % výplňou).
- AVK má nižšie trenie, čo zlepšuje efektivitu prenosu sily.
- AVK je flexibilnejší než rotačný kľb – nie je fixovaný v jednej polohe pod záťažou.
- Táto flexibilita umožňuje preniesť prebytočnú záťaž z motora na kľb, čím sa predlžuje životnosť motora.



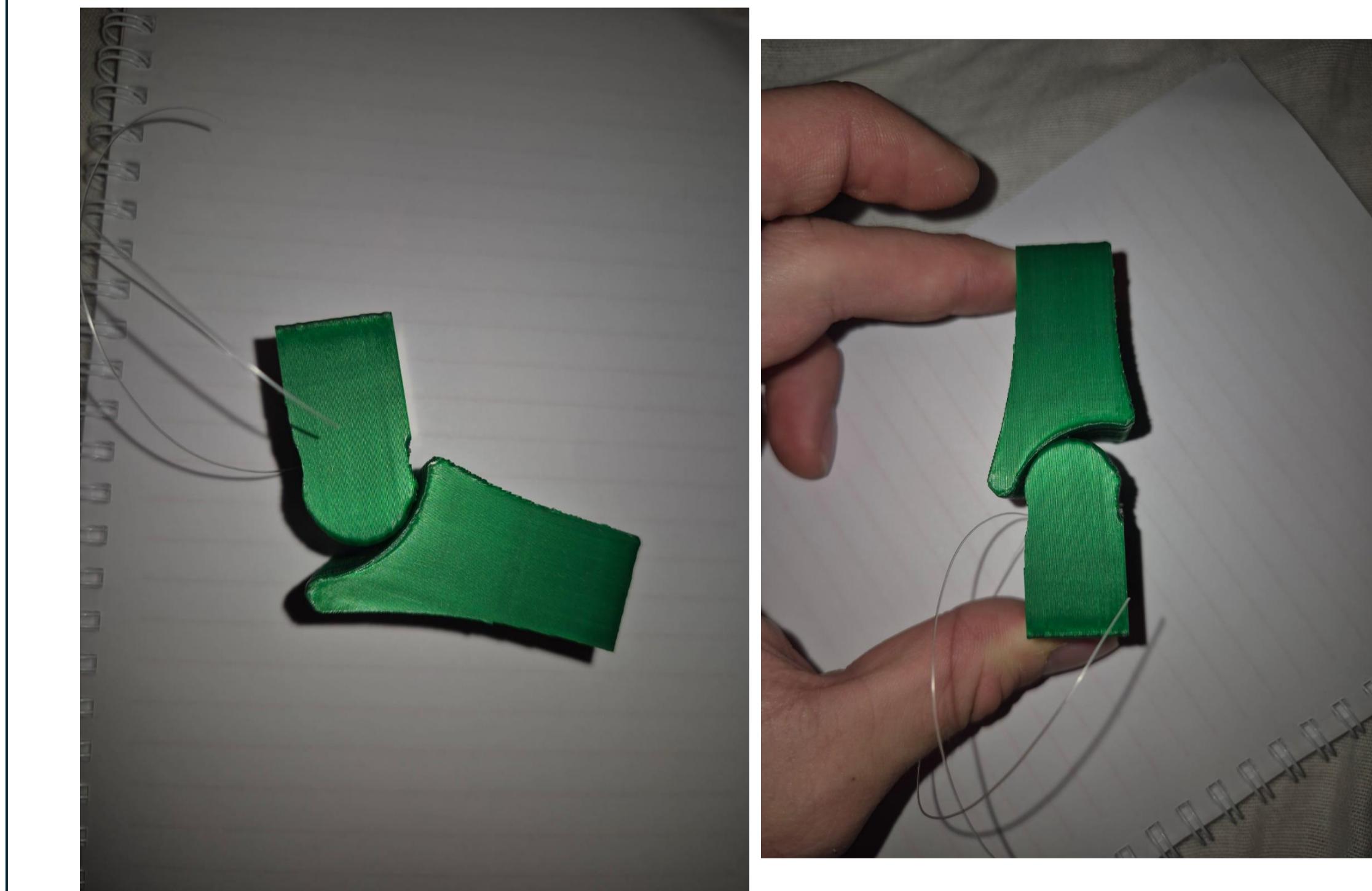
Záver

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“ bionická ruka 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 pokiaľ nepríde k plastickej deformácii ligamentov, pričom k signifikantnej deformácii dochádza pri sile cca 500 N, k čomu sa pri každodennom použití dostaneme ľahko)

Plán do budúcnosti – implementácia 3 EMG senzorov s gesture recognition



Plány do budúcnosti

- Implementácia EMG senzorov
- Software na dzajn prispôsobenie socketov ba preotézy

Hlavné zdroje

- Yong-Jae Kim, Hyun-ah Bae a Seok Woo Hong, Biomechanical comparative finite element analysis between a conventional proximal interphalangeal joint flexible hinge implant and a novel implant design using a rolling contact joint mechanism, 2023
- Yasunori Toshimitsu, Benedek Forrai, Barnabas Gavin Cangan, Ulrich Steger, Manuel Knecht, Stefan Weirich, Robert K. Katzschmann, Getting the Ball Rolling: Learning a Dexterous Policy for a Biomimetic Tendon-Driven Hand with Rolling Contact Joints, 2023
- Lara Borsdorf, Development of a 3D-Printed Myoelectric Arm Prosthesis with a Rotational Wrist Joint, 2024, university of applied sciences hamburg
- Advances in Ergonomics in Design - Proceedings of the AHFE 2017 International Conference on Ergonomics in Design, Editors: Francisco Rebeiro, Marcelo Soares, 2017
- Perplexity, Gemini, ChatGPT – hľadanie štúdií a postupových metód, revízia textu