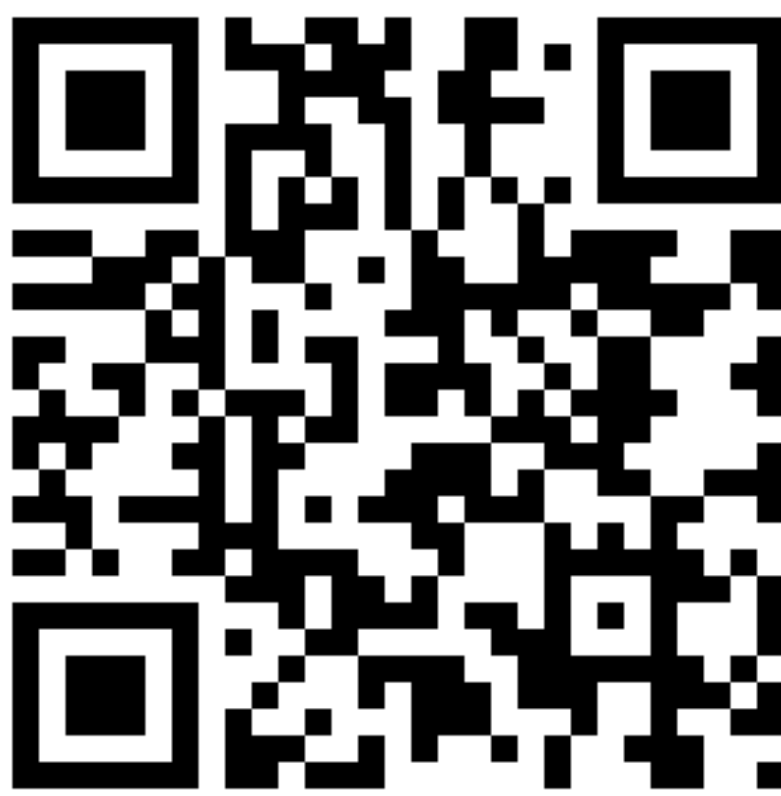


Antropomorf

Dizajn a vývoj Antropomorfných valivých klbov(AVK) a ich testovanie na bionickej ruke lacnejšia a odolnejšia alternatíva rotačných klbov v bionických rukách



Abstrakt

Počas vývoja bionickej ruky som narazil na problém neodolnosti low-costových rotačných klbov, počas výskumu som našiel alternatívu – valivé klby. Tieto alternatívy však boli pre mňa ťažké na výrobu keďže vyžadovali manipuláciu s pokročilými materiálmi, rozhodol som sa preto nadizajnovať AVK, ktorý sa od doterajších AVK odlišuje svojou znovupoužiteľnosťou po vykĺbení. Tento klb 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 zostavenie.

Zhrnutie výsledkov práce

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

Problémy

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

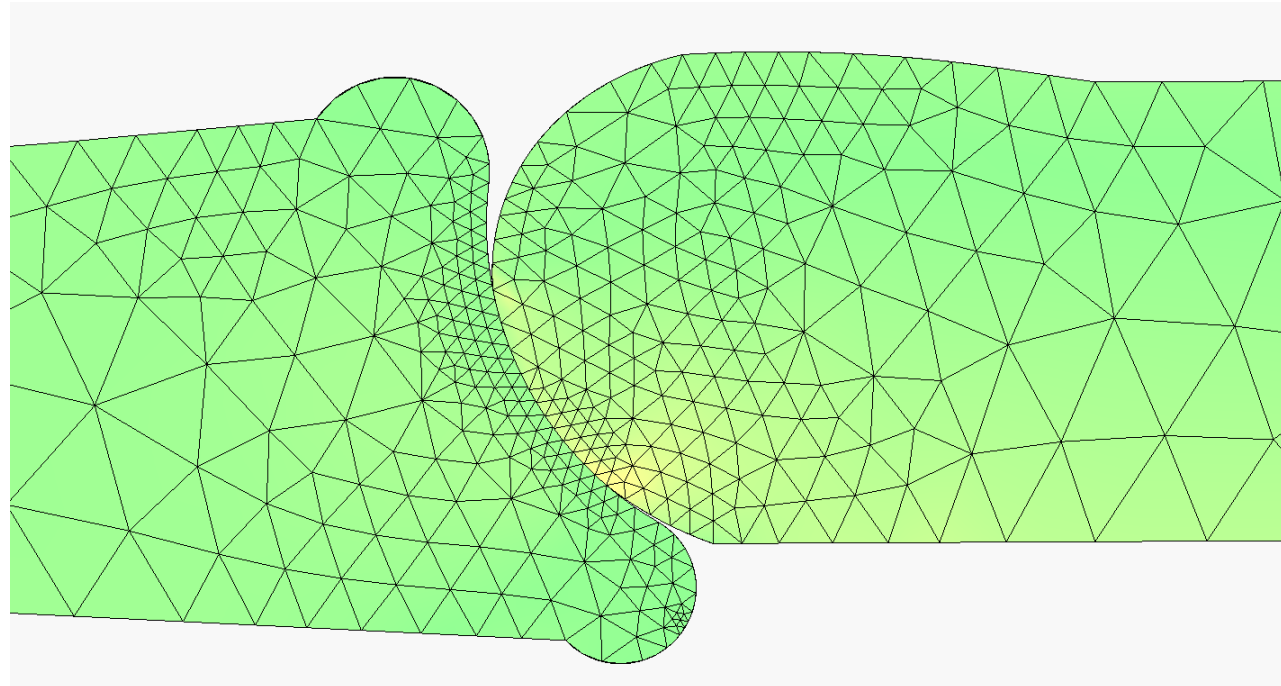
„Dá sa vyvinúť lepšia alternatíva rotačných klbov pre použitie v bionickej ruke?“

Ciele

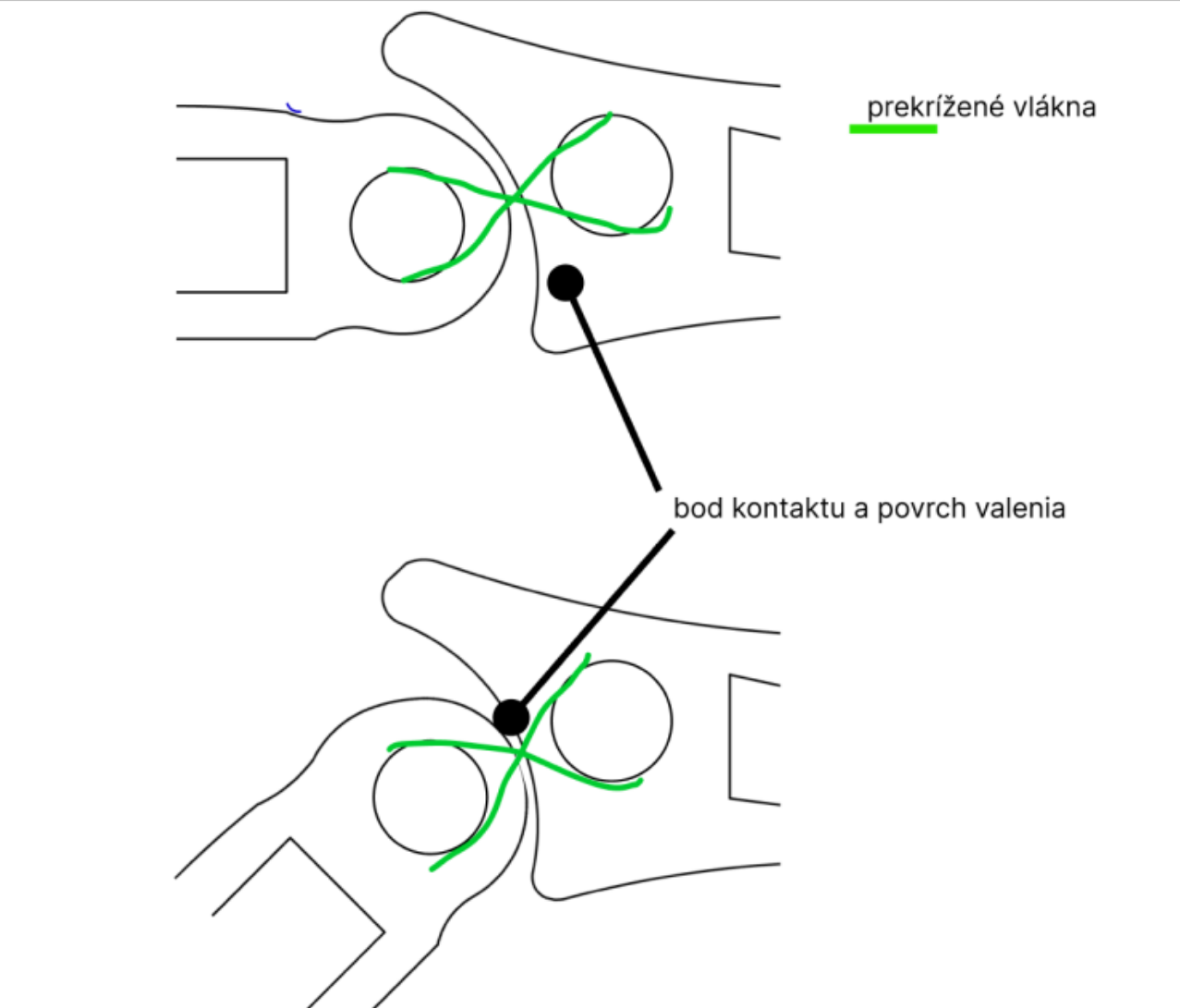
- Vývoj alternatívy pre rotačné klby, ktorá je odolnejšia a znovupoužiteľná
- Cenovo dostupná bionická ruka – cena pod 200 €

Vývoj AVK a teoretická analýza

- Drážkový systém – križiacie ligamenty
 - umožňuje klbenie
- Obmedzenie ROM pomocou geometrie valivého povrchu
- Iteratívne modifikácie, inšpirované ľudskými klbmi



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



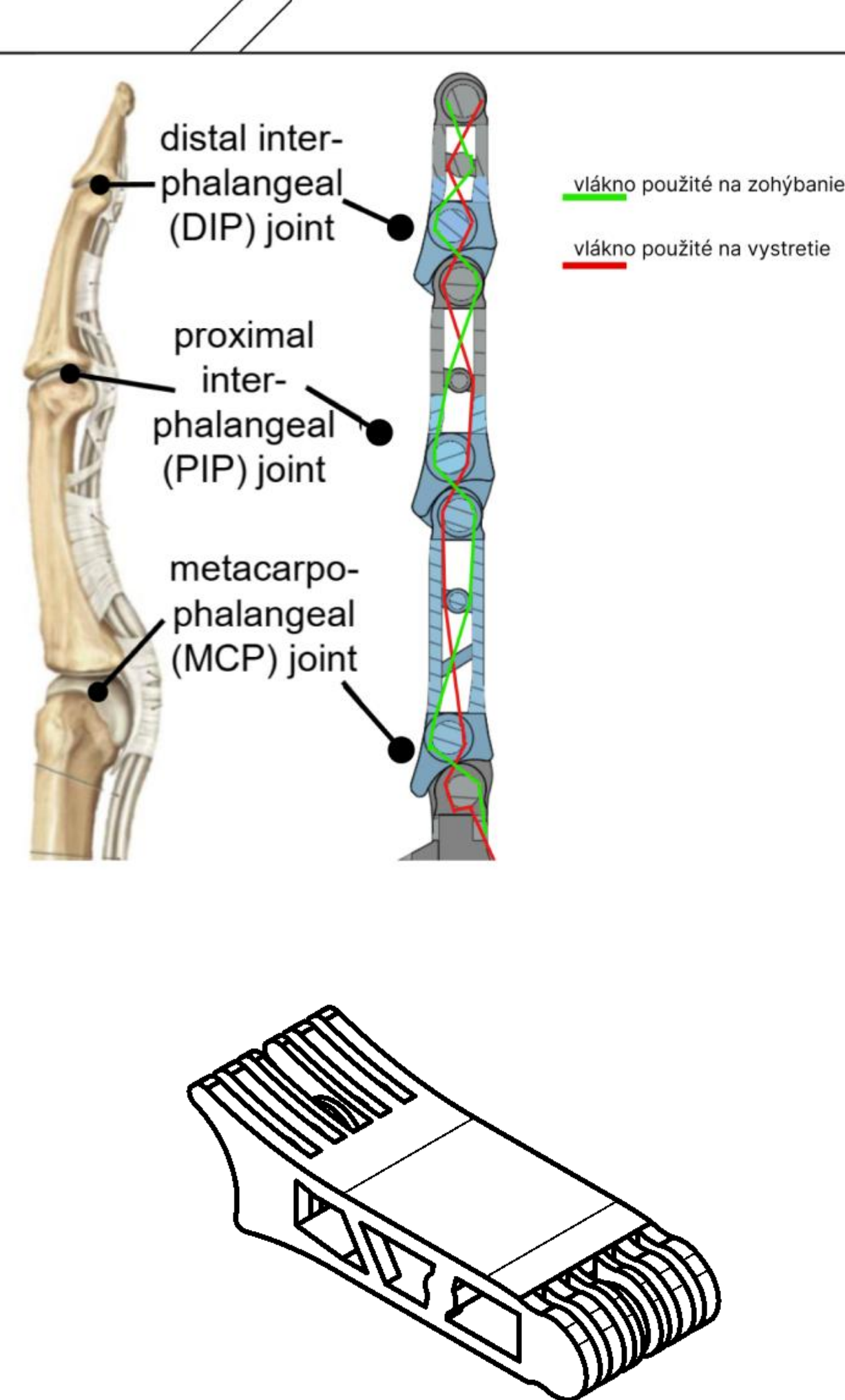
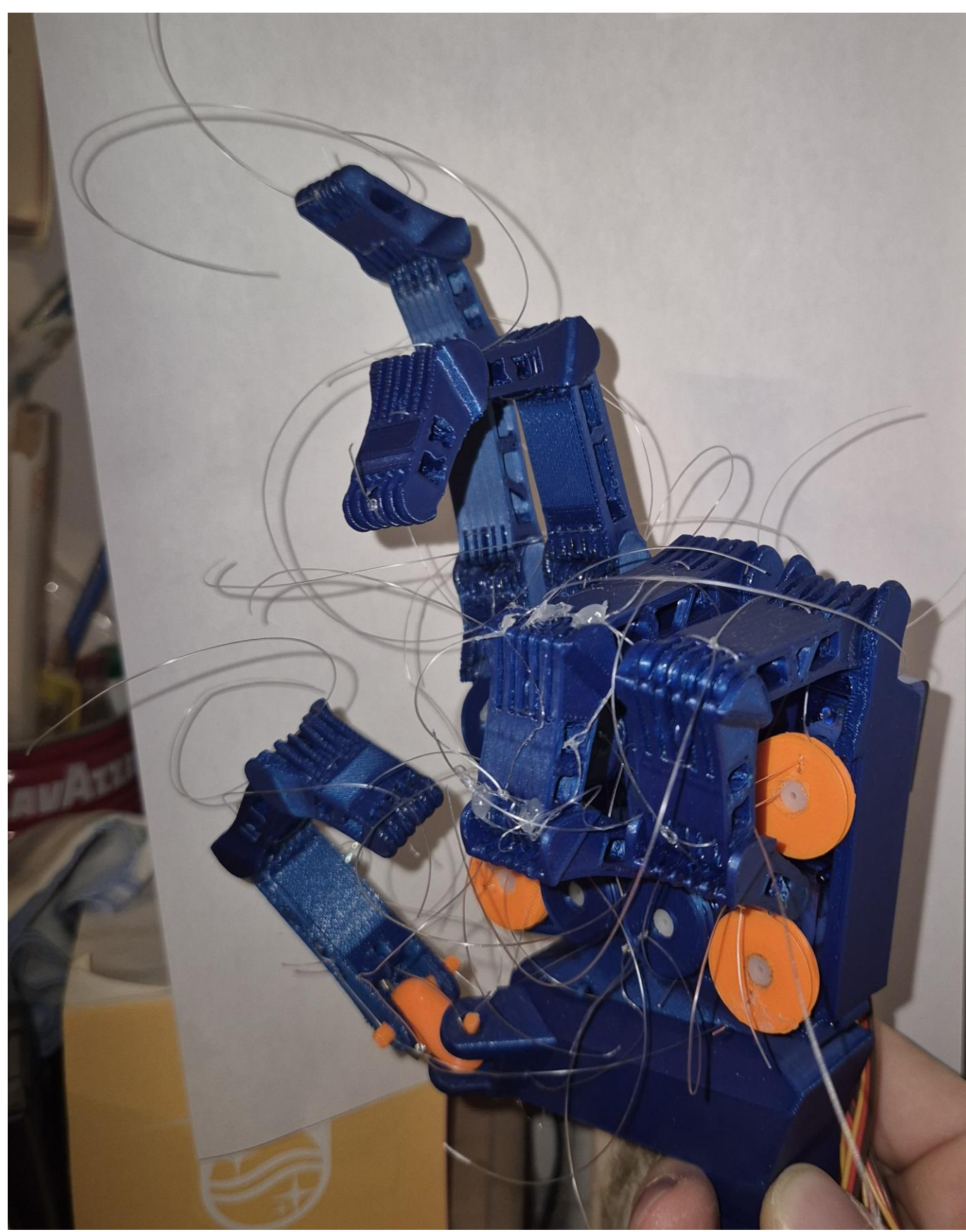
Dizajn prsta a ruky a testovanie AVK v ruke

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

Technické špecifikácie

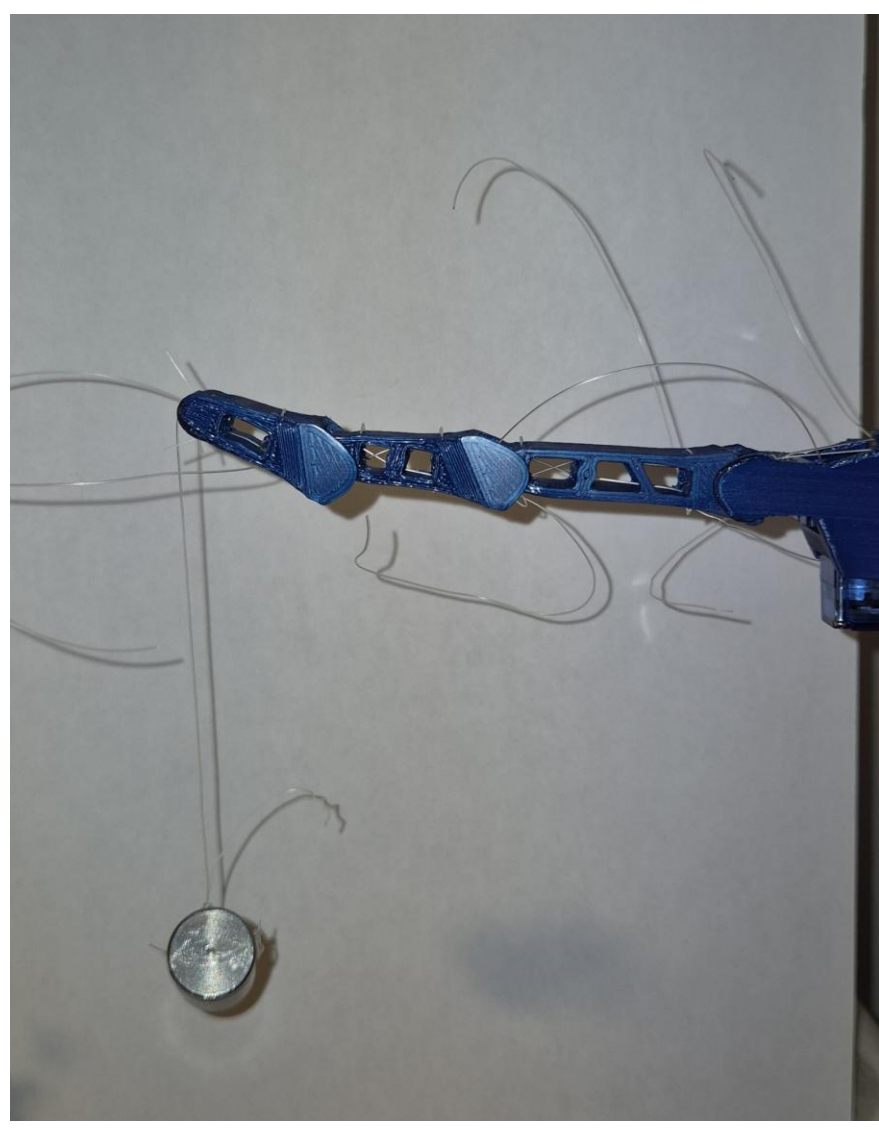
- PLA 3D tlač s 30% infillom
- Nylónový monofilament
- Servo motor sg90
- 450 g
- Celková cena prototypu: 66.50 €

- Open CV softvér na kontrolu ruky
 - Realtime ovládanie pomocou python knižníc



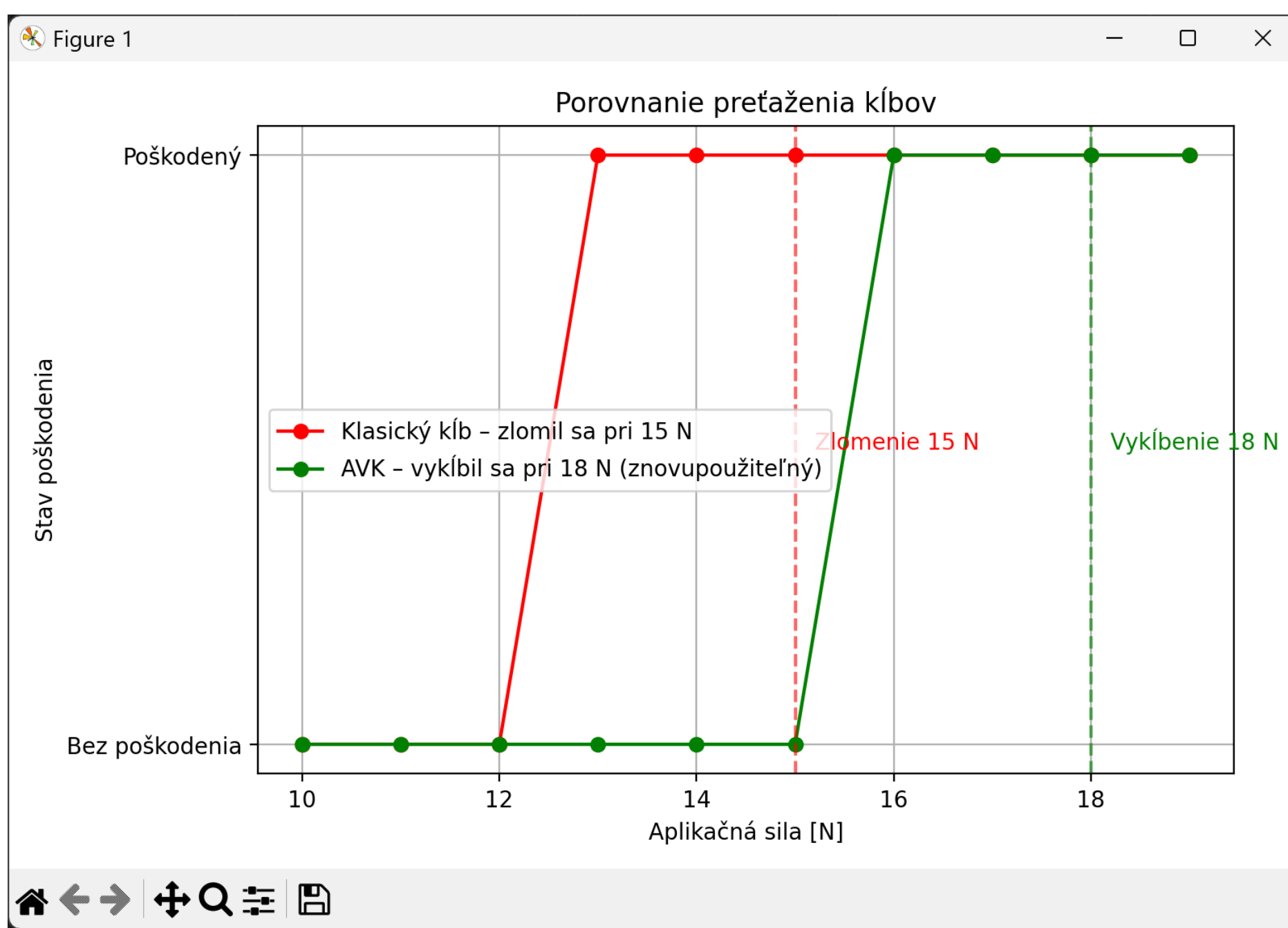
Testovanie AVK

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



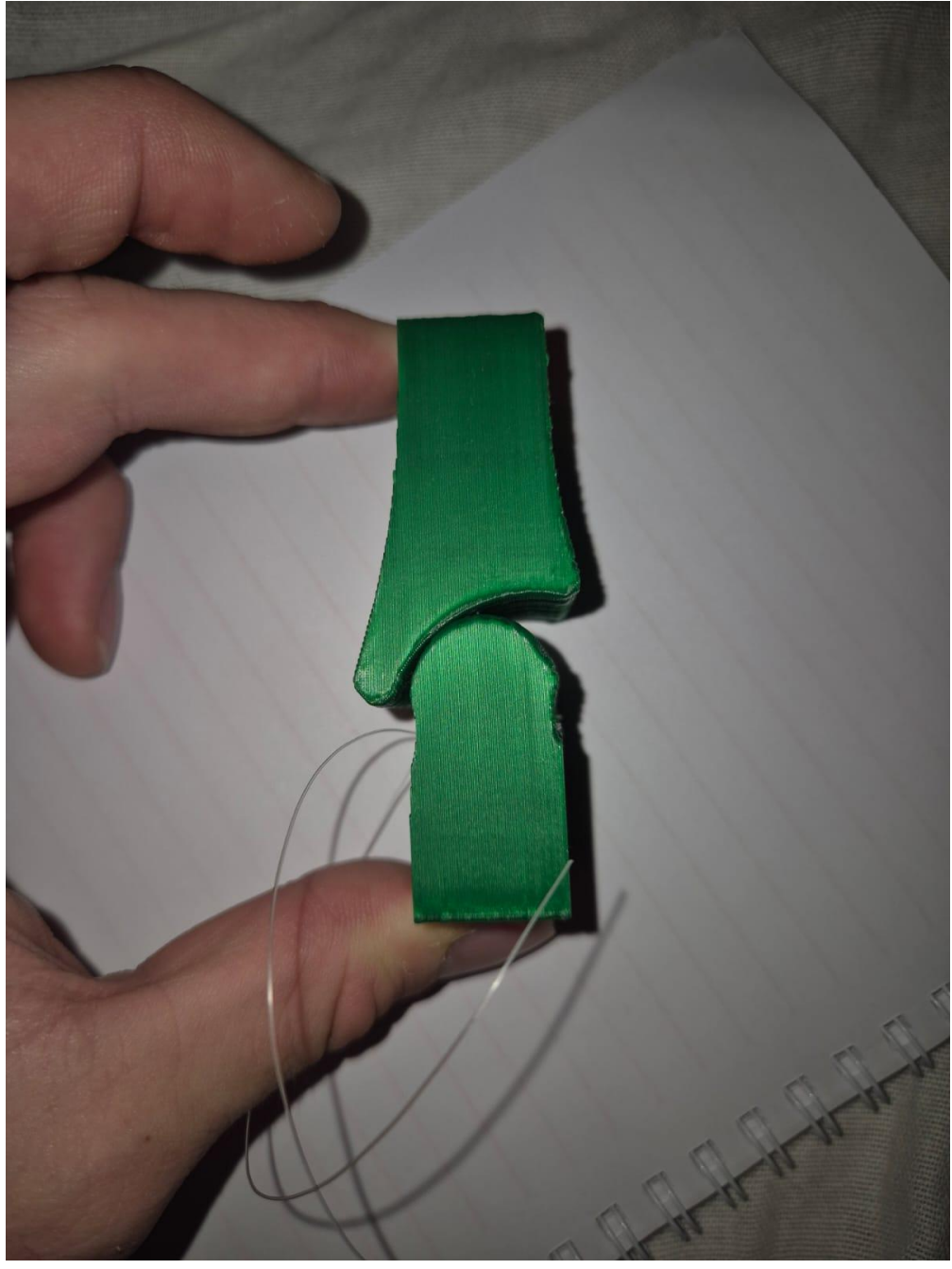
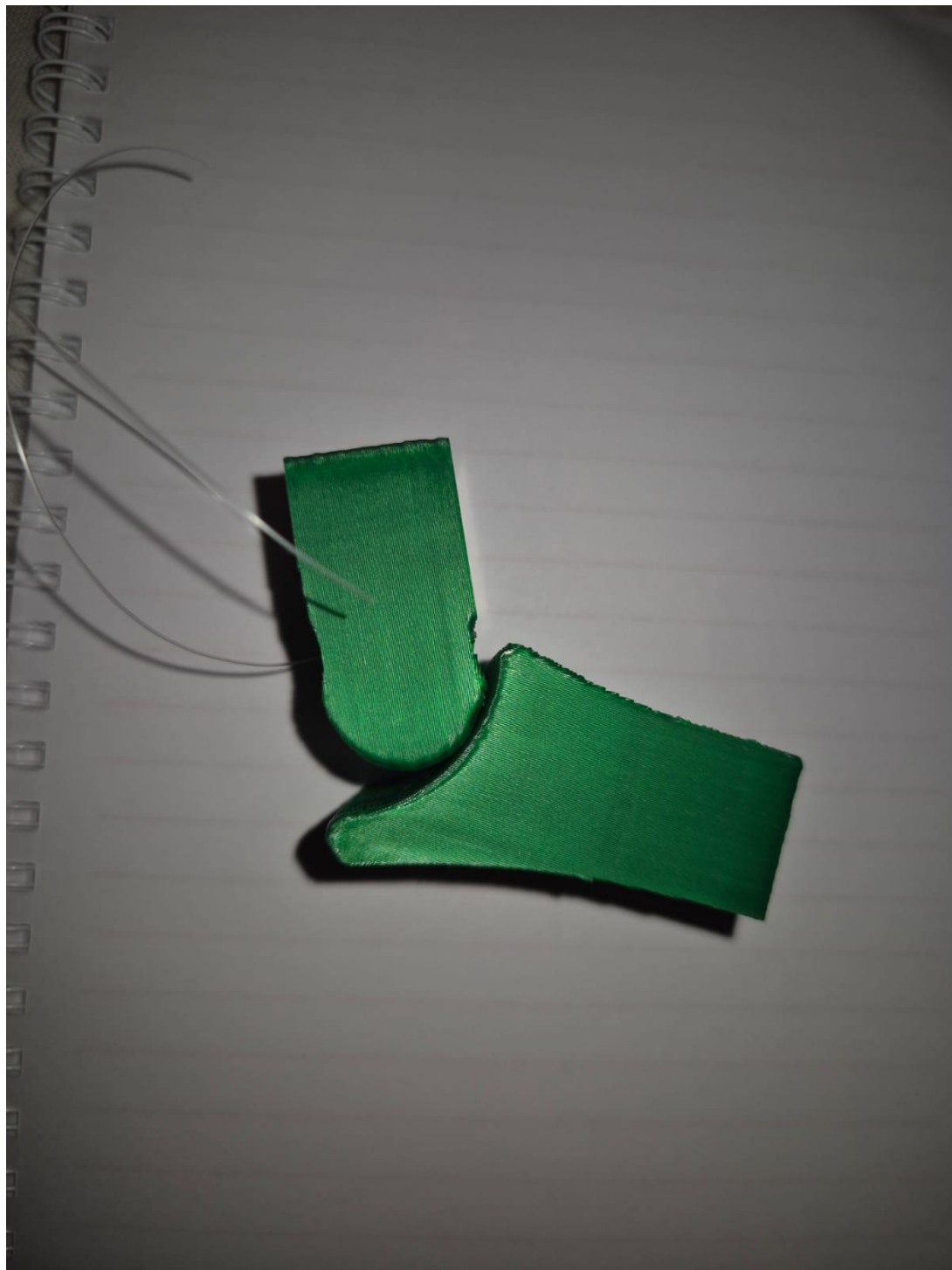
Výsledky

- Rotačný klb sa pri preťažení láme, zatiaľ čo AVK sa len dočasne deformuje a dá sa znovu 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 klb – nie je fixovaný v jednej polohe pod záťažou.
- Táto flexibilita umožňuje preniesť prebytočnú záťaž z motora na klb, čím sa predlžuje životnosť motora.



Záver

Testovanie a výpočty ukázali, že navrhnutý AVK je odolnejší ako klasické rotačné klby a dokáže pri použití v bionickej ruke urobiť rovnako komplexné úkony, ako ruka s rotačnými klbmi. Vyvinutá „AVK“ bionická ruka je cenovo dostupná (150 – 200 €, oproti dnešným kvalitným protézam 20000 – 45000€) a vďaka AVK aj odolná a silná. Oproti rotačnému klbu je znovu použiteľný, pri preťažení sa vykĺbi, po vrátení klbu do pôvodného stavu je znovu použiteľný, čo je obrovská výhoda oproti rotačnému klbu ale aj oproti iným dizajnom VK (napr. Faive hand z roku 2025) (poznámka: znovu 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 ťažko). Plán do budúcnosti – implementácia 3 EMG senzorov s gesture recognition.



Plány do budúcnosti

- Implementácia EMG senzorov
- Software na dizajn prispôsobenie socketov na 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 Rebelo, Marcelo Soares, 2017
- Perplexity, Gemini, ChatGPT – hľadanie štúdií a postupových metód, revízia textu