

# Biomechanika ramenního kloubu

Jan Votava

## 1 MOTIVACE

Glenohumerální kloub je nejpohyblivější kloub v lidském těle, který má až šest stupňů volnosti. Pohyby v ramenním kloubu zabezpečuje soubor svalů, které zároveň kloub stabilizují.

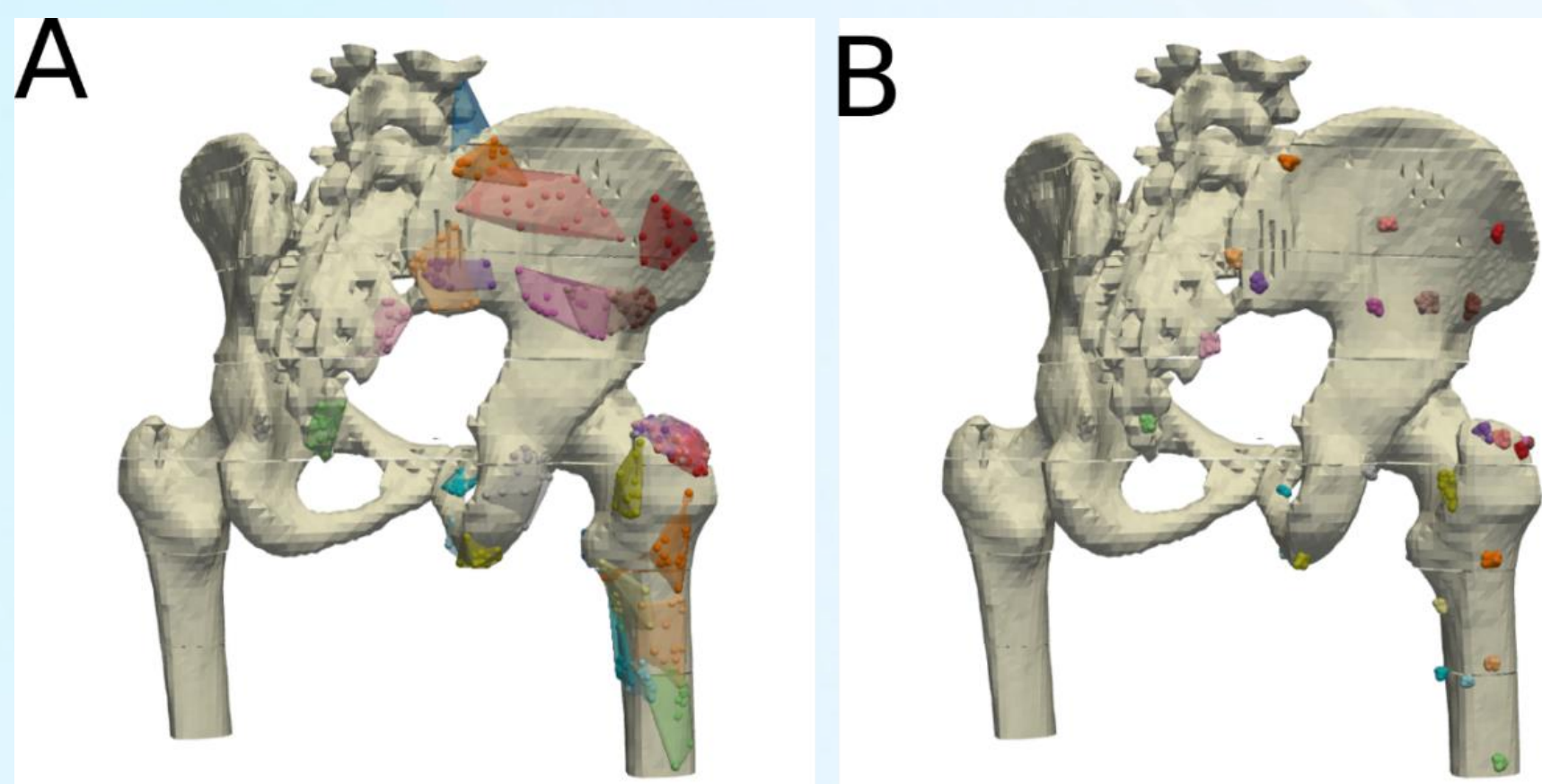
Přímé měření funkce všech částí ramenního kloubu je problematické, a proto se pro posouzení činnosti kloubu využívají matematické modely. Tato práce se věnuje problematice přípravy svalově-kosterního modelu a hodnocení vlivu jednotlivých faktorů na výsledný odhad zatížení a stability ramenního kloubu.

## 2 CÍLE PRÁCE

- posouzení vlivu okrajových podmínek a předpokladů při konstrukci biomechanických modelů
- predikce zatížení a stability glenohumerálního kloubu pomocí matematického modelu
- posouzení účinku změny centra rotace na biomechaniku ramenního kloubu
- hodnocení vlivu svázání pohybu ramene a lopatky při elevaci paže
- hodnocení dysbalance svalové aktivity rotátorové manžety

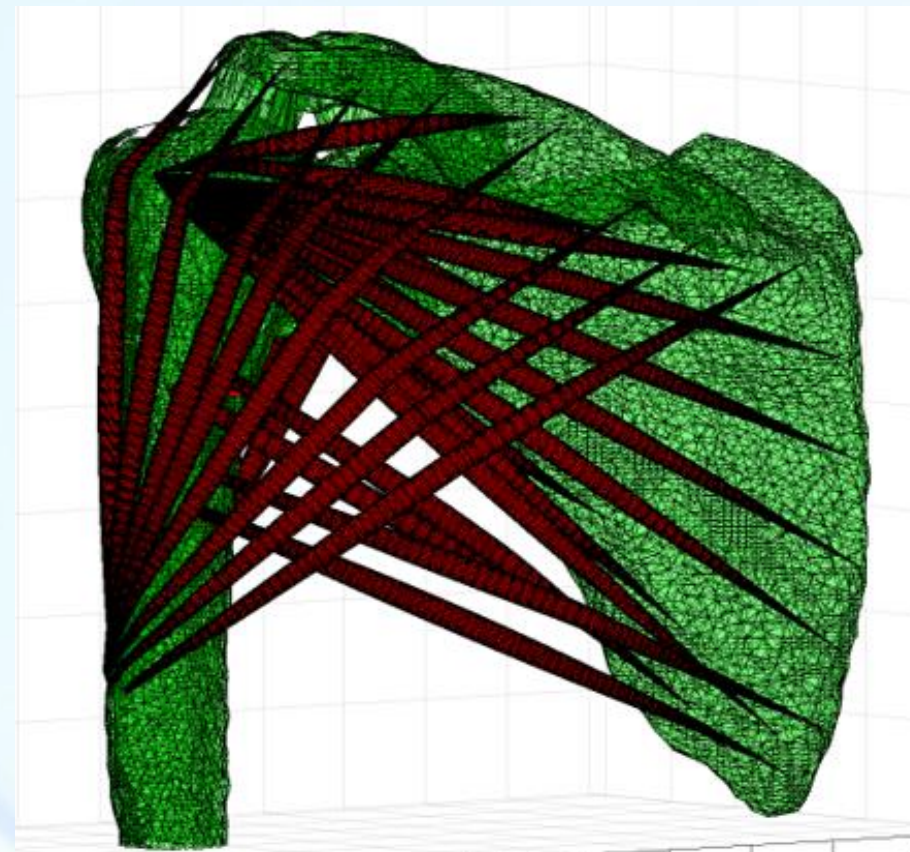
## 3 OKR. PODMÍNKY

- několik nezávislých hodnotitelů (A): rozptyl hodnot je větší
- jeden hodnotitel (B): rozptyl určených bodů odstupů a úponů je mnohem menší



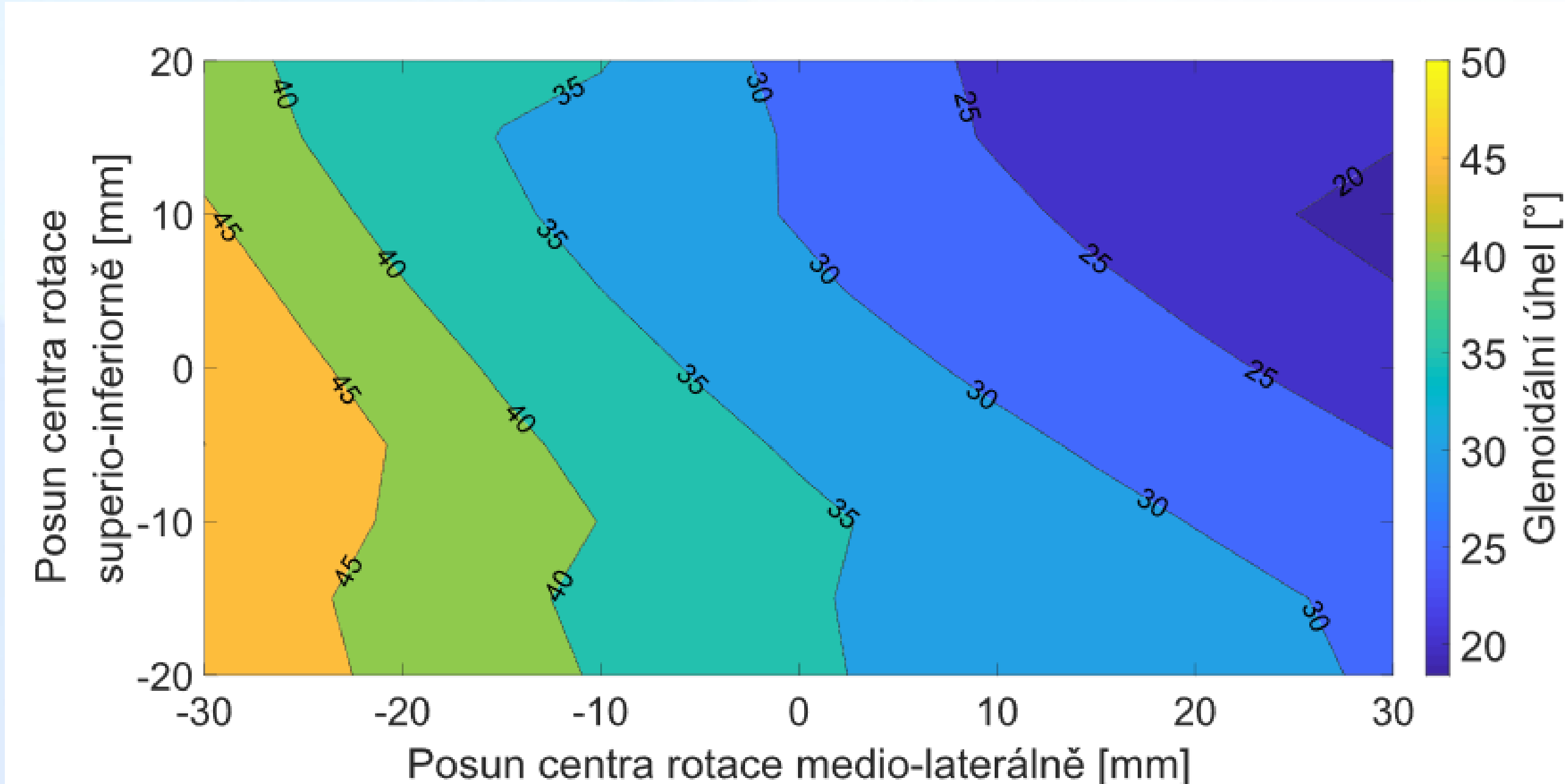
## 4 DRÁHY SVALŮ

- zohlednění vlastního objemu svalových vláken
- možnost přímého modelování interakce různých svalových vrstev

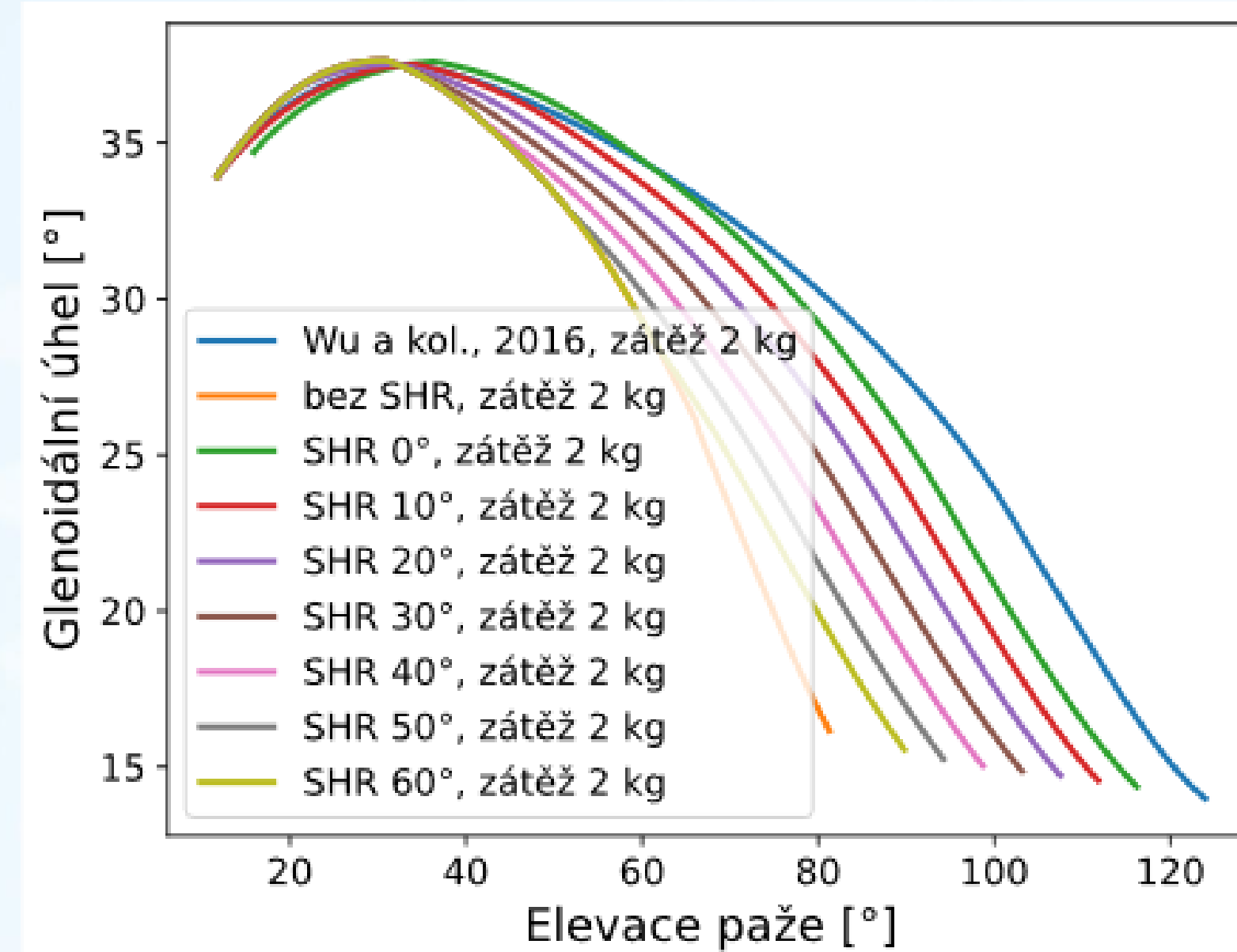
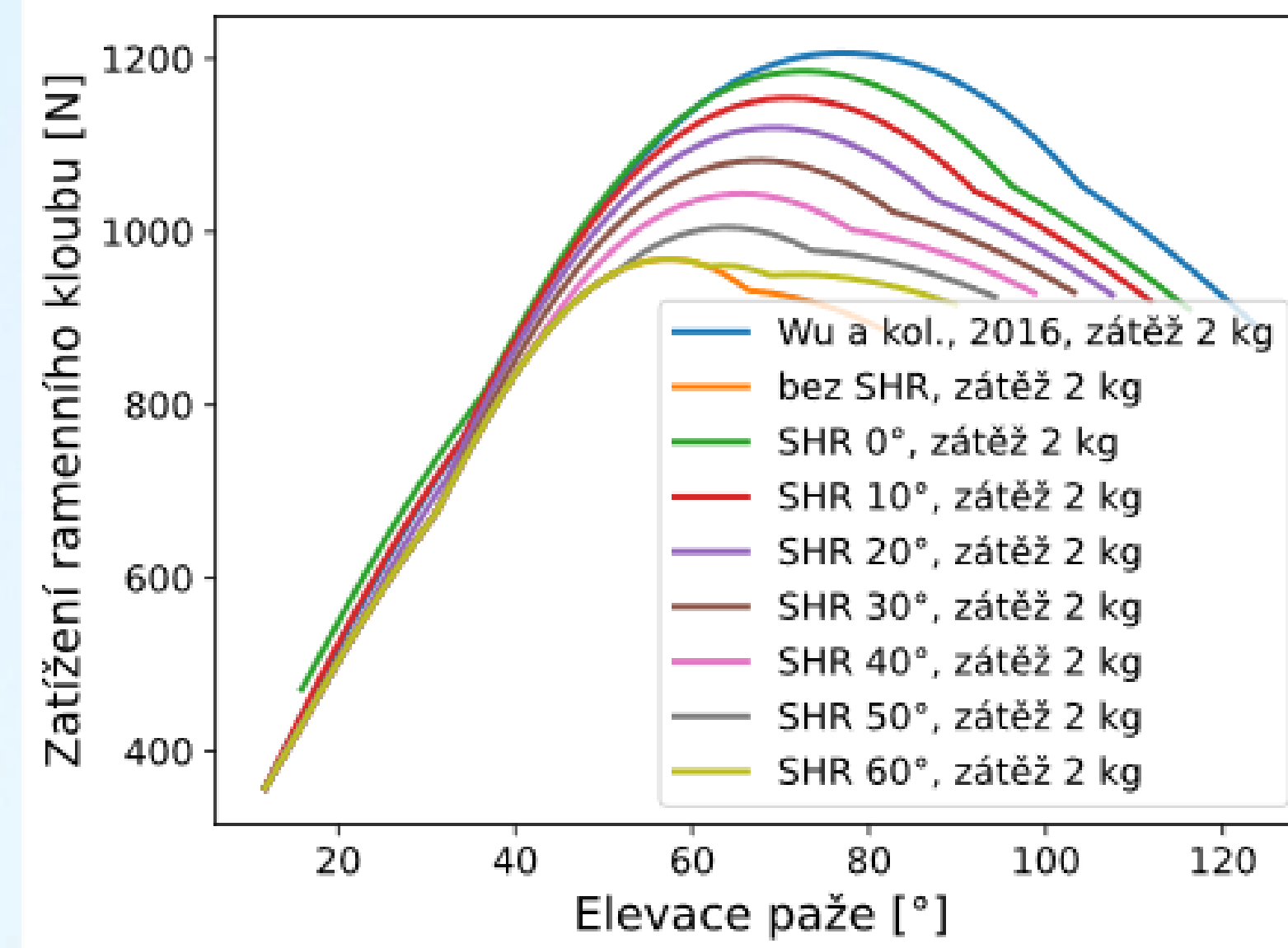


## 5 CENTRUM ROTACE

- maximální stabilita kloubu při úhlu abdukce 70° nastane při nižších hodnotách, jak medio-laterálního tak supero-inferiorního posunu centra rotace



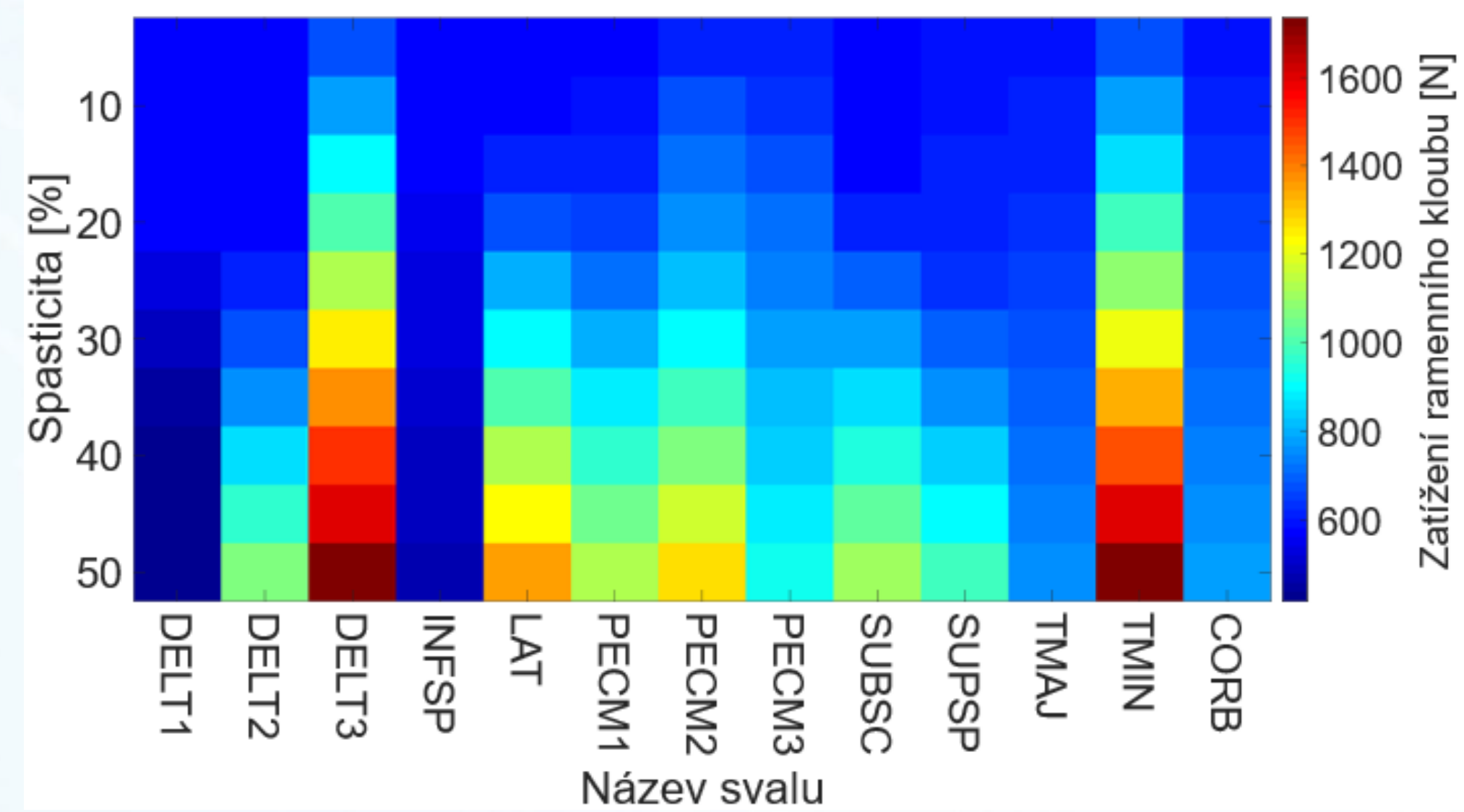
## 6 S-H RYTMUS



- abdukce paže výrazně zvýší zatížení ramenního kloubu
- zapojení S-H rytmu vede ke zvýšení zatížení ramenního kloubu

- glenoidální úhel je nejmenší při dosažení amplitudy pohybu
- zvětšováním úhlu elevace ramene dochází ke stabilizaci glenohumerálního kloubu

## 7 SPASTICITA



- největší vliv na zatížení ramene má spasticita v posteriorním segmentu deltového svalu a v musculus teres minor

## 8 ZÁVĚR

Zjistili jsme:

- dosavadní modely podhodnocují efektivní ramena momentů sil povrchových svalů rotátorové manžety
- ramena momentů sil jsou ovlivněna subjektivním přístupem hodnotitele při definici kvantitativní geometrie jednotlivých svalů
- S-H rytmus zásadně nezlepšuje stabilitu kloubu ve frontální rovině, nýbrž v transverzální rovině, ve které je kloub přirozeně nestabilní
- spasticita některých svalů zásadním způsobem kompromituje stabilitu kloubu a vede také k výraznému zvýšení zátěže glenoidu
- oblast možného pohybu centra rotace, při které nedochází k narušení stability
- pro statickou inverzní úlohu pomalého pohybu postačuje modelování svalu jako ideálního generátoru síly

## 9 PUBLIKACE

- VOTAVA, J., A. KRATOCHVÍL a M. DANIEL. Intra and inter-rater variability in the construction of patientspecific musculoskeletal model. Gait & Posture. 2023.
- VOTAVA, J., M. DANIEL a M. TOMANOVÁ. Biomechanical explanation of the scapulohumeral rhythm. 25th Congress of the European Society of Biomechanics, Wien, 2019.
- VOTAVA, J., M. DANIEL a M. TOMANOVÁ. A Mathematical Model for the Determination of Biomechanics of the Text Neck. 22nd Workshop of Applied Mechanics, ČVUT v Praze, 2017