

# Posudek vedoucího dizertační práce

11. června 2024

**Autor:** Ing. Adam Kratochvíl  
**Název práce:** Clinical Biomechanics of Upper Extremity  
**Školitel:** prof. RNDr. Matej Daniel, Ph.D.  
**Studijní program:** Strojní inženýrství  
**Studijní obor:** Biomechanika (3901V010)

## Aktivity doktoranda a jejich vztah k tématu disertační práce

Doktorand se od počátku svého studia věnoval problematice biomechaniky horní končetiny. Původně navázal na téma řešené ve své dizertační práci a zaměřil se na kvantifikaci pohybů ramenního pletence pomocí nositelných senzorů. Toto téma se však ukázalo jako málo inovativní, a proto se postupně přeorientoval na problematiku náhrad ramenního kloubu a zkoumání vlivu implantace náhrady na zatížení kloubu.

Modifikace zadání práce vyžadovala studium nových oblastí, jako je zpracování obrazu a statistické hodnocení výsledků. K řešení přistoupil s velkou invencí a navázal spolupráci s 1. lékařskou fakultou Univerzity Karlovy, kde se zabýval problémem prodloužení ramenního kloubu. Pro lepší pochopení dynamické stabilizace ramenního kloubu implementoval metody modelování svalu do komplexního modelu ramene.

## Cíl aktuálnost tématu disertační práce

Cílem práce bylo posoudit změnu biomechaniky po implantaci ramenní náhrady. Dosavadní studie se zaměřovaly na problematiku změny centra rotace u totální reverzní náhrady ramenního kloubu a zanedbávaly zásadní problém prodloužení humeru. Doktorand se ve své práci zaměřil nejen na určení hodnot prodloužení humeru, ale především na vliv prodloužení svalů a změny celkové svalově-kosterní geometrie na zatížení a stabilitu kloubu.

## Obsah práce a vlastní přínos

Práce představuje klasickou biomechanickou studii. Doktorand si byl vědom omezení, která vyplývají z použití klinických dat vzhledem k jejich přesnosti. Vzhledem k předchozí studii se nejdříve rozhodl zhodnotit rozsah zvětšení snímků, ze kterých následně vycházel. Vytvořil metodiku hodnocení zvětšení, kterou aplikoval v klinické studii. Pomocí metod reverzního inženýrství zároveň vytvořil 3D model používané reverzní náhrady.

Podstatně větší výzvu představovalo hodnocení prodloužení humeru. Původní zadání, které se zdálo být jednoduché, se postupně zkomplikovalo tím, že předoperační a pooperační snímky nezobrazují humerus ve stejné rotaci. Vzhledem k morfologickým odlišnostem v různých projekcích nebylo možné jednoznačně přiřadit odpovídající body. Doktorand tento problém vyřešil pomocí fitování simulovaných RTG snímků z CT na předoperační a pooperační rentgenové snímky. Tuto metodu samostatně ověřil a ve spolupráci s odborníky z klinické praxe provedl analýzu prodloužení na vzorku pacientů, kteří podstoupili totální náhradu ramenního kloubu.

Na tuto morfologickou studii navázal biomechanickou studií, ve které určil vliv změny geometrie humeru na zatížení a stabilitu náhrady. Zajímavým přístupem bylo určení role formulace Hillova modelu, kde ukázal, že samotný způsob definice Hillových vztahů může významně ovlivnit celkový biomechanický odhad. V poslední části práce pak provedl komplexní studii vlivu geometrie a identifikoval hraniční hodnoty.

Celkově doktorand ukázal vysokou míru inovace a samostatnosti při řešení komplikovaných biomechanických problémů, čímž přispěl k lepšímu porozumění dopadů implantace ramenní náhrady na biomechaniku horní končetiny. Tato práce nejen rozšiřuje teoretické znalosti v oblasti biomechaniky, ale také nabízí praktické metodiky pro klinickou aplikaci.

## Originalita disertační práce

Práce přináší nové poznatky, které byly publikovány v časopiseckých příspěvcích a v konferenčních zbornících. Podstatné nové výsledky jsou:

- Určení zvětšení RTG snímků pro implantovanou náhradu ramenního kloubu
- Posouzení role formulace Hillova modelu na predikci zatížení svalů a glenohumerálního kloubu.
- Kvantifikace prodloužení humeru po implantaci náhrady v klinické studii.
- Určení biomechanických bezpečných zón pro implantaci náhrady ramenního kloubu.

## Formální stránka zpracování

Doktorand prezentoval výsledky svých modelů a experimentálních měření přehledně a systematicky. Matematický popis modelů doplnil schématickými obrázky a vývojovými di-

agramy, což činí tuto problematiku přístupnou i pro čtenáře bez hlubšího technického vzdělání. Práce tak představuje vynikající přístup k prezentaci interdisciplinárních dat.

Struktura práce je pečlivě uspořádána a obsahuje všechny nezbytné části, které by dizertační práce měla mít. Teoretický úvod a přehled literatury poskytují solidní základ pro následnou výzkumnou část. Metodologická část je detailně popsána a jasně vysvětluje postupy použité při výzkumu. Výsledky jsou prezentovány srozumitelně a logicky, přičemž jsou podloženy vhodnými grafy a tabulkami.

Rozsah a kvalita citovaných publikací odpovídají nárokům kladeným na dizertační práci. Doktorand zahrnul relevantní a aktuální zdroje, které podporují a rozšiřují diskutovanou problematiku. Závěry práce jsou dobře formulované a odrážejí dosažené výsledky, přičemž nabízejí také pohledy na možné aplikace a směřování dalšího výzkumu.

Celkově lze říci, že práce nejen splňuje formální požadavky kladené na dizertační práci, ale také představuje kvalitní vědecký příspěvek v oblasti biomechaniky horní končetiny.

## Závěr

Prezentovaná biomechanická analýza umožní lepší pochopení biomechanických změn po implantaci ramenní náhrady, což může vést k optimalizaci chirurgických postupů a návrhu implantátů. Výsledky mohou být použity k vývoji nových technik a nástrojů pro zlepšení rehabilitace pacientů po operaci ramene a ke zvýšení úspěšnosti těchto zákroků.

Doktorand v rámci své práce prokázal schopnost samostatně řešit problémy ortopedické biomechaniky. Své výsledky publikoval jak ve formě časopiseckých publikací, tak ve formě odborných příspěvků na konferencích. Na základě §47, odst. 4 zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách lze konstatovat, že doktorand ve své práci prokázal schopnost a připravenost k samostatné činnosti v oblasti výzkumu a vývoje a že disertační práce obsahuje původní výsledky spadající do oboru biomechaniky.

Z uvedených důvodů práci doporučuji k obhajobě před příslušnou zkušební komisí pro obhajobu disertačních prací a po úspěšné obhajobě doporučuji Ing. Adamu Kratochvílovi udělit titul Ph.D. v oboru „Biomechanika“.

prof. RNDr. Matej Daniel, Ph.D.