

## Oponentský posudek disertační práce

Ing. Miloše Kašpárka

na téma

### Analýza proudového pole v cévním přístupu

Předložená disertační práce se věnuje aktuálnímu a náročnému tématu, které stojí na pomezí mechaniky tekutin a medicíny. Práce, které stojí na rozhraní různých vědních oborů, jsou pro své zpracování ve většině případů velmi náročné. Autor v takovém případě musí prokázat nejen výborné znalosti ve svém primárním oboru, ale zároveň se musí seznámit a správně aplikovat celou řadu nových informací a postupů z okolních oborů. Mezioborové práce jsou proto většinou zaštiťovány širokým týmem odborníků. Oponent oceňuje, že autor dokázal samostatně zpracovat náročné mezioborové téma v rozsahu a kvalitě, která odpovídá disertační práci.

#### Dosažení stanovených cílů

Autor si ve třetí kapitole stanovil čtyři cíle:

1. stanovit tvar a velikost objemového pulsu peristaltického čerpadla,
2. validovat vypočtený teoretický objemový pulz peristaltického čerpadla,
3. sestavit experimentální zařízení pro měření rychlostních polí v oblasti arteriální jehly v cévním přístupu a provedení měření pro ověření zpětného proudu arteriální jehlou během pulzu, pro nestacionární a stacionární režim v extrakorporálním (patrně je myšleno extrakorporálním) okruhu a vyhodnocení tečného napětí na stěně a v proudu,
4. kvantifikovat ovlivnění žilní stěny.

Cíl podle bodu 1 byl v práci splněn. Autor na základě konstrukce a činnosti peristaltického čerpadla navrhl postup pro stanovení tvaru a velikosti objemového a tlakového pulzu peristaltického čerpadla a tento následně validoval provedeným experimentem.

Cíl podle bodu 2 byl splněn, viz bod 1.

Cíl podle bodu 3 byl v práci splněn. Bylo sestaveno experimentální zařízení, které s maximální možnou mírou simuluje parametry skutečného cévního přístupu. Byly provedeny a vyhodnoceny všechny plánované experimenty. Bylo vyhodnoceno tečné napětí na stěně a v proudu tekutiny.

Cíl podle bodu 4 byl splněn. Autor v práci diskutuje možnost ovlivnění žilní stěny při použití různých typů čerpadel.

## Úroveň rozboru současného stavu v disertaci řešené problematiky

Řešená problematika stojí na pomezí mechaniky tekutin a medicíny. Kvůli tomu autor správně provedl detailní rozbor celé problematiky jak z pohledu medicíny, tak z pohledu mechaniky tekutin, tak, aby byla práce přístupná čtenářům napříč obory.

Jako oponent, který je od medicínské problematiky vzdálený, oceňuji detailní, a přitom laikovi srozumitelný přehled problematiky, který je shrnutý v druhé kapitole.

Autor v práci používá velké množství relevantních zdrojů, které náležitým způsobem cituje a v některých případech komentuje a uvádí do souvislostí. Použité zdroje jsou aktuální. Významné množství představují publikace, které nejsou starší než 10 let. Ostatní patří k základním kamenům oboru.

V práci není striktně oddělena rešeršní část a vlastní práce autora. Na jednu stranu tento přístup, vyhrazený hlavně pro klasické monografie, vede k větší přehlednosti textu a lepší čitelnosti, na druhou stranu je v některých částech obtížné oddělit, co jsou informace převzaté a co je vlastní přínos autora.

## Teoretický přínos disertační práce

Vlastní práce je dominantně založená na přípravě, realizaci a provedení experimentů. Teoretický přínos práce pro obor je ale přesto neoddiskutovatelný. V práci je přehledně shrnuta problematika cévních přístupů z pohledu mechaniky tekutin. Díky struktuře a zvolené formě je takto zpracovaný přehled vhodným úvodem do problematiky pro studenty nebo vědecké pracovníky z oblasti mechaniky tekutin. Za cenné považuji přehled metrik používaný pro vyhodnocení ovlivnění žilní stěny.

Kromě výše uvedeného autor ukazuje své teoretické znalosti a správně zvolený teoretický přístup v kapitole 4.1., která se věnuje určení parametrů peristaltického čerpadla.

## Praktický přínos disertační práce

Těžiště práce leží v návrhu experimentálního zařízení a v provedených experimentech. V průběhu práce bylo sestaveno experimentální zařízení, které svými parametry co možná nejdříve simuluje cévní přístup a mimotělní okruh. Parametry byly nastaveny tak, aby se přiblížily reálnému zařízení. Jednotlivé parametry, zvláště peristaltického čerpadla, byly testovány. Vlastní zařízení bude jistě využitelné i pro další práce.

Experimenty jsou pečlivě provedené a vyhodnocené. Autor kriticky přistupuje k získaným výsledkům a snaží se tyto co nejvíce porovnat s realitou nebo teorií. Autor navrhl a realizoval vhodné metody pro odstranění nedostatků metod pro vyhodnocení oblasti u stěny a pro určení tečného napětí.

Zvláštní pozornost byla věnována reologickým vlastnostem použitého média. Je nutné ocenit zvolený přístup, který zajišťuje jak odpovídající reologické vlastnosti pracovní kapaliny, které mají co nejdříve odpovídat vlastnostem krve, a zároveň vhodné optické vlastnosti s ohledem na plánované experimenty.

Přínosné je jistě vyhodnocení smykového napětí na stěně pro několik stavů v případě nestacionárního proudění generovaného nasáváním peristaltického čerpadla a stacionárním režimem.

V kapitole 5 autor diskutuje ovlivnění žilní stěny změnami smykového napětí. Toto je provedeno správně a dostatečně z pohledu mechaniky tekutin. Oponent předpokládá, že odborníci z oblasti medicíny, popřípadě biologie by mohli v této oblasti provést hlubší diskusi.

## Vhodnost použitých metod řešení a způsob jejich aplikace

Zvolené experimentální postupy jsou správné. Je možné diskutovat o vhodnosti použití metody PIV pro stanovení tečného napětí na stěně. Autor metodu aplikuje správně. Správně minimalizuje chyby a nedostatky metody vyplývající z měření v blízkosti stěny. Autor provedl dostatečné množství kalibrací systému tak, aby eliminoval chyby související s experimentálním zařízením. Autor správným způsobem zajistil opakovatelnost experimentu. Autor si je vědom omezení, které metoda PIV přináší. Nedostatky vznikající z nutné extrapolace nahrazuje pečlivou kalibrací. Vzhledem k rozměrům experimentálního zařízení a parametrům experimentů není oponentovi známá metoda, která by dokázala přinést kvalitnější výsledky.

Provedené experimenty mají logickou strukturu a autor postupuje krok po kroku (proudění kanálem bez odběru, analýza čerpadla, analýza s peristaltickým čerpadlem, analýza s kontinuálním čerpadlem) tak, aby dokázal popsat vliv jednotlivých parametrů a eliminoval nechtěné jevy.

Zpracování výsledků experimentů je přehledné a na vysoké úrovni. Prezentované výsledky velmi dobře dokládají vyvozené závěry.

## Prokázání odpovídajících znalostí v oboru

Autor v práci prokázal výborné znalosti v oblasti experimentální mechaniky tekutin a využití optických měřicích metod. Toto vše doplnil ještě o nutné znalosti v oblasti medicíny.

## Formální úroveň práce

Po formální stránce má práce velmi dobrou úroveň. Množství gramatických, stylistických a typografických chyb odpovídá rozsahu práce. Při opětovné kontrole by si autor jistě všiml rozdílných stylů formátování některých odstavců a dalších drobných chyb.

Grafy a obrázky prezentované v práci jsou přehledné a jsou vhodně použité k prokázání sledovaných jevů. Převzaté grafiky a některá schémata a modely autora mají, patrně díky zvolené metodě tisku, nízkou kvalitu.

Práce je zpracovaná v českém jazyce. Oponent věří, že se tak může stát kvalitním a používaným zdrojem pro odborné práce v ČR. Prezentované výsledky a postupy pro jejich dosažení oponent pokládá za natolik kvalitní, že apeluje na publikaci v anglickém jazyce tak, aby tento výzkum nezapadl.

## Závěr

Disertační práce obsahuje množství výsledků původních experimentů. Autor provedl také náležitý rozbor těchto výsledků.

Přínosy disertační práce:

- Přínos disertační práce je v navrženém a sestaveném experimentálním zařízení.
- Přínos je rovněž v provedených experimentech a v rozvoji metody PIV pro měření v kanálech malých průřezů.
- Získané výsledky jsou unikátní a cenné pro obor mechaniky tekutin. Oponent není schopný zhodnotit přínos práce pro oblast medicíny.

Práce neobsahuje žádné závažné nedostatky. Oponent doporučuje rozsáhlejší publikaci výsledků.

## Hodnocení

Předložená disertační práce Ing. Miloše Kašpárka „Analýza proudového pole v cévním přístupu“ má velmi vysokou úroveň a splňuje veškeré požadavky kladené na disertační práce.

*Doporučuji disertační práci Ing. Miloše Kašpárka k obhajobě před komisí.*

prof. Ing. Tomáš Vít, Ph.D.

## Dotazy k práci:

1. Průtoky prezentované na obr. 24 mi připadají jako velmi vysoké, řádově vyšší než hodnoty prezentované ve zbytku práce. Prosím o komentář.
2. Rozměry experimentálního zařízení v jednotkách mm vedou k omezením při použití metody PIV. Zvláště v případě zakřivených stěn. Je možné pracovat s teorií podobnosti a navrhnout zařízení větších rozměrů při zachování parametrů důležitých pro experiment? Jaké by byly výhody a nevýhody?
3. Měření tečného napětí na stěně při těchto rozměrech je náročné. Je možné použít jinou metodu než PIV?
4. Z vysvětlených a pochopitelných důvodů nejsou v práci řešeny pulsy v žilním systému. Prosím o řádové porovnání změny smykového napětí, které vzniká vlivem přirozených pulzací a vlivem cévního přístupu.