

Oponentský posudek dizertační práce

Název práce: **Analýza proudového pole v cévním přístupu**

Autor: **Ing. Miloš Kašpárek**

Pracoviště vzniku: **České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní**

Práce *Analýza proudového pole v cévním přístupu* autora Miloše Kašpárka se zabývá experimentálním modelováním hemodynamiky v oblasti odběru krve pro hemodialýzu. Autor sestavil experimentální trať skládající se z části simulující cévní řečiště a z části simulující odběr krve jehlou ústící do mimotělního oběhu pro dialýzu. Podstatným místem cévní (tělní) části je měřicí komora, která byla vyrobena z relativně poddajného, ovšem v použité mase spíše tuhého, transparentního materiálu Sylgard 184 (silikonový elastomer). Jako oběhové medium byl použit roztok H₂O-NaI-glycerol (≈47/37/16 % hm.). Měření bylo provedeno za podmínek stacionárního i nestacionárního proudění v cévní části. Odběr z cévní části (do mimotělní části) byl zajištěn peristaltickým čerpadlem. Jako měřicí metoda byla použita stereoskopická „particle image velocimetry“ (PIV, laserová anemometrie). Pomocí PIV autor vyhodnocoval rychlostní profily média proudícího v cévní části a ty následně interpretoval do úrovně časových a prostorových změn smykového napětí v kanále a hlavně na stěně měřicí komory.

Autor posudku považuje práci za tematicky zajímavou, v rámci zkoumaného oboru za přínosnou, zaměřující se na soudobé vědecké otázky biomechaniky cévních přístupů pro hemodialýzu. Bohužel, oponent v práci nachází i mnoho nedostatků, slabých míst a profesně nevěrohodných formulací (a to jak z pohledu strojního inženýra, tak z pohledu biomechanika).

Formální slabinou práce je zvolený literární sloh, který vykazuje nedostatečnou strukturovanost, čímž klade překážky ke snadnému pochopení a rychlému zorientování se v textu. Ani samotná forma tisku práce neoplývá vstřícností ke čtenáři, neboť nevyužívá zadní strany listu – dnes už nepřepisujeme práce na stroji v průklepu. Autor tak dospívá k zbytečně těžké knize, jako kdyby hmotnost byla výhodnou.

A přitom některé podstatné části chybí. Zejména výklad současného stavu poznání o krátkodobých (biomechanických) i dlouhodobých (mechanobiologických) změnách a procesech v hemodynamice a odezvě cévní stěny v oblasti cévního přístupu pomocí tepennožilního zkratu nelze považovat za dostatečný a rozhodně by si zasloužil rozšíření, které by téma práce a její výsledky zasadilo do hlubšího kontextu. Přitom vědecká literatura je v tomto oboru skutečně bohatá.

To byly formální výtky, které by autor posudku uzavřel zmínkou o podivném termínu „excopolární/rální“, kterého je práce plná, resp. zmínkou o rovnicích (8), (9), a (10), které obsahují symbol sigma, jenž, jak se zdá, nahrazuje symbol parciální derivace. Má z toho oponent dovodit, že autor práce neví, jak symbol parciální derivace vypadá? Oponent nebude pokračovat ve výčtu, který by byl ještě dlouhý, a uzavře formální hledisko konstatováním, že práci nepovažuje za *dobře napsanou*.

Po odborné stránce má oponent dvě hlavní výhrady. Předně, i když stále relativně formálně, všechny použité veličiny vyžadují přesné vědecké definice a to včetně obrázků použitých souřadnicových systémů pro vyjádření stavových veličin. To v práci téměř chybí, avšak je třeba to vyžadovat již od úrovně nižších studijních programů než je doktorský. Co je to rychlost? Co je to napětí? Jak se projevuje tenzorový charakter napětí? Kde jsou přesné definice měř dobré shody? Tahle volnost v přístupu vyústila až v absenci zevrubného výkladu PIV metody, což už není banalita ale závažný nedostatek práce.

Druhou odbornou závadou je, že si autor v podstatě nepoložil otázku *mohu svým výsledkům věřit?* A tak se oponent za něj ptá: Jaká je reproducibilita měření? Jaká spolehlivost měření? Jaký je rozptyl naměřených hodnot? Jaké jsou chyby, resp. nejistoty ve vašem měřicím řetězci? Tyto otázky si musí každý vědec klást a absolvent Ph.D. studijního programu musí prokázat, že si je jejich nevyhnutelnosti vědom. V práci sice najdeme kapitulu o kalibraci měřidla před experimentem a o nutnosti překonat nemožnost přesného měření rychlosti na stěně, ale důsledky pro konkrétní experimentální hodnoty

prezentované v kapitole 6 (Výsledky) ovšem nejsou vyvozeny. To ústí v nepříliš podrobnou kapitolu 7 (Diskuze).

Závěrem svého posudku se oponent heslovitě vyjádří k otázkám položeným v žádosti o jeho vypracování. Oponent soudí, že:

- cíle stanového pro dizertaci bylo v práci dosaženo, otázka je s jakou spolehlivostí,
- úroveň rozboru současného stavu poznání je spíše slabá,
- práce je experimentální – ověřující, objevující –, teoretický přínos tu je jako důsledek pozorování, které nás upozorňuje na nutnost nové „formulace“ podstatných mechanických interakcí (slovy autora práce vlivů – což ovšem předjímá, že si je dopředu jist, jak bude na danou interakci biologický systém reagovat, takovým předporozuměním by se ale měl seriózní vědec vyhnout a držet se objektivitu „pozoroval, co pozoroval“) v oblasti odběru krve pro dialýzu,
- práce má praktický přínos zejména pro studium peristaltických čerpadel a pro další výzkum biomechaniky (hemodynamiky) cévních přístupů,
- PIV metodu vidí oponent jako vhodnou,
- způsob užití má zásadní vadu v nedostatečné diskuzi spolehlivosti/věrohodnosti výsledků měření,
- doktorand prokázal znalosti oboru,
- formální úroveň je spíše slabá.

Při všech výtkách, které oponent v posudku vyjádřil, oponent doporučuje konání obhajoby dizertační práce.

Oponent žádá doktoranda, aby v průběhu obhajoby zodpověděl následující otázky.

(1) Odhadněte nejistoty ve smykovém napětí a ukažte, jak se tato informace promítne do grafů na obr. 59 a 60. Budou i poté rozdíly mezi průběhy smykových napětí „signifikantní“?

(2) Proč jste do svých analýz a experimentálních záznamů nezahrnul i bod, který v průtoku peristaltického čerpadla leží za bodem (7) v místě, kde se průtok změní na konstantní (tj. konec pulzu)? Nastává nějaké zpoždění v lokálních rychlostech a napětích za průměrným průtokem?

(3) Našel jste při studiu literatury práce, které ukazují rozdílný histologický nále z v místě odběrové a návratové jehly? Tj. je prokázáno, že se místo odběru krve a návratu krve – a to ať v důsledku adaptace, remodelace či v důsledku patologických procesů – se histologicky významně liší?

V Praze 4. 5. 2022

doc. Ing. Lukáš Horný, Ph.D.
ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky
České vysoké učení technické v Praze, Fakulta strojní