

Využití počítačového modelování ke studii vrozených srdečních vad

Miroslav LOŽEK^{1,2}, Jan JANOUŠEK², Jan HAVLÍK¹, Joost LUMENS³, Tammo DELHAAS³

¹ České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická, Katedra teorie obvodů, lozekmir@fel.cvut.cz

² Fakultní nemocnice v Motole, Dětské kardiocentrum, 2. lékařská fakulta, Univerzita Karlova v Praze

³ Maastricht University Medical Center, Cardiovascular Research Institute Maastricht, Department of BME

Abstrakt: Srdeční vrozenou vadou s různým stupněm závažnosti trpí zhruba 7 z 1000 živě narozených dětí. Srdeční vrozenou vadou se rozumí stav nestandardního vývoje anatomie (morfologie) kardiovaskulárního systému (stenózy, defekty apod.), který negativně ovlivňuje hemodynamiku systému. Jednou z častých a závažných vad je Fallotova tetralogie, která je charakteristická přítomností čtyř vrozených defektů srdce (stenóza plicní chlopně, komorový defekt, dextrapozice aorty a hypertrofie pravé srdeční komory).

Podle stupně závažnosti Fallotovy tetralogie je nutné provést chirurgickou korekci vady, která často spočívá v uzavěru komorového defektu a plastice pulmonální chlopně. Tento zákrok je nutný pro přežití novorozence, nebývá však definitivním řešením vady. Úspěšnost korekce lze posuzovat podle míry insuficience plastikované pulmonální chlopně a bloku pravého Tawarova raménka, ke kterému často dochází v důsledku porušení převodního systému srdečního ventrikulotomií. Tato dysfunkce pravého srdce, díky zvýšené objemové zátěži komory, vede k sekundární hypertrofii srdeční stěny a dilataci komory, které mohou vést až k pravostrannému selhání srdce.

Dalším postupem léčby této vady bývá náhrada pulmonální chlopně (omezeno věkem pacienta) a resynchronizační terapie (Cardiac Resynchronization Therapy) pravé komory. Vliv jednotlivých příčin post-operační pravostranné srdeční dysfunkce na funkci celého kardiovaskulárního systému zůstává stále neúplně objasněn, což přináší spory v indikaci resynchronizační terapie. Osvětlení této problematiky může přinést počítačové modelování kardiovaskulárního systému.

K modelování Fallotovy tetralogie byl zvolen model kardiovaskulárního systému CircAdapt (Cardiovascular Research Institute Maastricht), který se díky své komplexnosti a variabilitě jeví jako nejvhodnější nástroj simulování problematiky srdečních vad. CircAdapt je parametricky matematický model založený na výpočtu diferenciálních rovnic v režimu beat-to-beat (adaptace výstupních veličin v každém srdečním cyklu). Výpočty jsou prováděny v blocích odpovídajících jednotlivým strukturám kardiovaskulárního systému. Vstupními veličinami modelu jsou morfologické (např. anulus chlopně) a funkční (např. časová blokáda převodního systému) parametry kardiovaskulárního systému. Simulovaným výstupem je soubor hemodynamických, mechanických a energetických křivek.

Cílem modelování Fallotovy tetralogie je objasnění hemodynamických a mechanických procesů v operačně korigovaném srdci. Modelování je založeno na komplexní simulaci možných stavů (míra chlopně regurgitace, blokáda převodního systému) a analýze výstupních veličin (např. dp/dt , pressure-volume, externí práce srdeční stěny). Studie by měla umožnit stanovení optimální léčby (indikace CRT s optimálním nastavením pacemakeru) post-operačního stavu Fallotovy tetralogie. Modelování slouží jako podklad pro klinickou studii zabývající se resynchronizací srdce.