# ABSTRAKT

**ÚVOD:** Tepový objem je dôležitou veličinou pri diagnostike funkcie obehovej sústavy. Výpočet tepového objemu z dát bioimpedancie je metóda neinvazívna, finančne nenáročná a takisto nenáročná na obsluhu, v súčasnosti však dosahuje nízku presnosť pri výpočte absolútnej hodnoty tepového objemu. **Cieľe:** Cieľom tejto práca je návrh metodiky a následná analýza vzájomných vzťahov hemodynamických parametrov vypočítaných z dát celotelovej viackanálovej bioimpedancie, krvného tlaku, EKG a srdečných zvukov a tým prispieť k spresneniu výpočtu srdcového výdaja z bioimpedancie. **Metódy:** Hemodynamické parametre sú korelované s dýchaním. Je sledovaná sila väzby dýchania na parametre a posun reakcia parametrov na dýchanie. Ďalej je v tejto práci uvedený výpočet srdecového výdaja z impedancie krku a tento výpočet je porovnaný s meraním srdcového výdaja echokardiografiou. Kontinuálnym meraním srdcového výdaja je sledovaná relatívna zmena srdcového výdaja pri fyzickej záťaži. Relatívna zmena je porovnaná so simultánnym meraním echokardiografiou a termodilúciou. **Výsledky:** Táto práca predstavuje nové metódy na analýzu vzťahu hemodynamických parametrov a ich reakcií na excitáciu srdcovocievneho systému hlbokým a spontánnym dýchaním. Prináša takisto informácie o miere variability hemodynamických parametrov a ich vplyve na výpočet tepového objemu. Nová metóda na výpočet tepového objemu z dát impedancie krku dosahuje porovnateľných výsledkov ako metóda výpočtu tepového objemu, je však pohodlnejšia na meranie a nieje tak ovplyvnená dýchaním ako meranie z impednacie z hrudníka. Kontinuálne meranie srdcového výdaja bioimpedanciou dosahuje podobné relatívne zmeny ako meranie srdcového výdaja echokardiografiou.

# Ciele dizertácie

Cieľom tejto prace je štúdium vzájomých väzieb hemodynamických parametrov detekovaných z impedancie hrudníka, impedancie krkavíc, impedancie dolných a horných končatín, srdečných zvukov, arteriálneho krvného tlaku a EKG počas hlbokého a spontnánneho dýchania. Boli navrhnuté nové metódy na spresnenie detekciu parametrov slúžiacich na výpočet srdečného výdaja. Dôraz je kladený na potlačenie vplyvu respirácie a iných nežiaducich zložiek signálu hrudníkovej impedancie. Následne boli nové metódy porovnané s výpočtom SV pomocou Dopplerovskej echokardiografie a termodilúcie.

Návrh a otestovanie novej metodiky detekcie parametrov pre výpočet SV zahrňuje:

* Detekcia prvého a druhého srdečného zvuku (S1, S2)
* Detekcia parametru
* Detekované parametre by mali korelovať s fyziologickými procesmi – s respiráciou

Štatistické spracovanie hodnôt hemodynamických parametrov počas merania

* Popisná štatistika parametrov počas hlbokého a spontánneho dýchania

Analýza vzájomných väzieb hemodynamických parametrov, kde bude sledovaná:

* Sila väzby parametrov na hlboké a spontánne dýchanie
* Posun reakcie parametrov na hlboké a spontánne dýchanie

Bude navrhnutá nová metóda na stanovenie srdečného výdaja z impedancie krku:

* Budú diskutované výhodý a nevhody tejto metódy
* Metóda bude porovnaná s meraním termodiloúciou, echokardiografiou

Bude ukázané kontinuálne meranie srdečného výdaju počas fyzickej záťaže

* Analyzovaný bude súbor dát pacientov po transplantácií srdca

# Záver

Predložená práca prezentuje nové metody analýzy vzájomných väzieb hemodymických parametrov a výpočtu srdcového výdaja. Nové metódy sú cielené na presnejšie stanovenie srdcového výdaja a krvnej cirkulácie neinvazívnou cestou pomocou celotelovej imedančnej kardiografie. V práci sa využíva výnimočných dátových súborov, ktoré zahrňujú súčasné meranie 12-zvodového EKG, srdcových zvukov, arteriálneho krvného tlaku a celotelovej boimpedance. Analyzovené sú dve skupiny ľudí – zdraví dobrovoľníci a pacienti po transplantácií srdca. Pri druhej skupine bol navyše kontinuálne meraný srdečný výdaj echokadriografiou a termodilúciou.

V súčasnosti nie je v literatúre zhoda na fyziologickom pôvode bioimpedančných parametroch. Pri porovnaní SV počítaných bioimpedančnými monitormi sa preto často objavuje slabá zhoda s paralelne meraným SV pomocou echokardiografie alebo MRI a to buď v absolútnych hodnotách 79, alebo aj relatívnych hodnotách 5. Táto práca prináša nové informácie o vzájomých väzbách hemodynamických parametrov. Tieto informácie možu pomocť pri lepšom pochopení fyziologického pôvodu bioimpedančných parametrov a možu pomocť pri návrhu presnejších modelov na výpočet srdcového výdaja.

**Prínosy a čiastkové závery práce:**

Bola vytvorená nová metóda na detekciu prvého a druhého srdečného zvuku. Základ tejto metódy spočíva v ladení hraničných frekvencií filtra typu pásmová priepusť na základe korelácie vzdialenosti detekovaného srdečného zvuku od R vlny s fázov respirácie. Súčasťou práce bol vývoj novej metódy pre popis frekvenčných vlastnosti srdcových zvukov. Bolo ukázané, že frekvenčné rozloženie srdečných zvukov je u každého človeka iné. Nové metódy detekcie navrhnuté v tejto práci pozostávajú z filtrácie srdečných zvukov pre každý subjekt individuálne. Tieto metódy redukujú chybu pri stanovení srdcového výdaja.

Pre problematické stanovenie počiatku systoly z impedančnej krivky je za počiatok systoly uvažovaná nulová hodnota krivky . Pokusy o potlačenie vplyvu respirácie, pľucneho obehu a dýchacích pohybov korigovaného parametru z hrudníkovej impedancie pomocou korekčného parametru z impedancie iných častí tela (krk, končatiny) dopadli neúspešne. Dôvodom bola nemožnosť určiť aká veľka časť korekčného parametru by mala byť odčítaná od parametru korigovaného. Bola však ukázaná vplyv respirácie na hodnotu , a táto znalosť by mohla pomocť pri overení spravnosti detekcie parametru .

Bola spracovaná popisná štatistika hemodynamických parametrov so zameraním na parametre používané na stanovenie srdcového výdaja. Štatistika určuje jednak priemerné hodnoty parametrov počas merania, ale aj zmeny parametra počas merania. Zo štatistiky vyplýva, že hodnota má variabilitu menšiu ako 1% počas merania, kdežto hodnota má variabilitu až 10%. Nové modely navrhnuté Bernštainom utlmujú význam parametru , tým že ho odmocňujú (37). Tým posúvajú výpočet srdcového výdaja bližšie k tabuľkovým hodnotám podľa váhy.

Bola vytvorená nová metodika, na stanovenie sily väzby hemodynamických parametrov na hlboké a spontnánne dýchanie s dôrazom na bioimpedančné parametre. Bol takisto stanovený oneskorenie reakcie hemodynamických parametrov na fázu dýchania. Zistili sme, že táto metóda umožňuje prehľad rekacie navzájom rozdieľnych parametrov na fázu dýchania. Takisto sme zistili rozdielnu reakciu na dýchanie u roznych hemodynamických parametrov. Bola zistená jednak rozdielne silná lineárna závislosť parametrov na dýchanie ale aj časové oneskorenie s akým parametre reagovali na dýchanie. Bola zistená silná vazba rozloženia krvy v končatinách ako reakcia na nádych a výdych počas hlbokého dýchania, pri spontánnom bola nebola závislosť dýchania na hemodynamické parametre významná.

Bola navrhnutá nová metóda na stanovenie srdcového výdaja z impedancie krku. Impedancia krku nieje zaťažená vplyvom pľúcneho obehu, plnenia pľúc vzduchom a dýchacími pohybmi. Aplikácia elektród na krku je pohodlnejšie ako aplikácia elektród na hrudník. Z popisnej štatistiky takisto vyplýva, že relatívna zmena parametra je vyššia na krku (10,2%) ako na hrudi (8,7%). Korelácia srdečného výdaja meraného echokardiografiou a počítaného z impedancie krku je 0.68 a echokardiogarfiou a impedancie hrudníka je 0.72.

Bol spočítaný kontinuálny srdcový výdaj z impedancie počas fyzickej záťaže súčasne s echokardiografiou a termodilúciou. Bolo ukázané že kontinuálne merania srdcového výdaja pomocou bioimpedancie je citlivé na relatívny zmeny srdcového výdaja a odpovedá relatívnym zmenám meraným pomocou echokardiografie.

Doporučený vývoj a pokračovanie práce.

V priebehu riešenia cielov tejto práce sa objavili nové metodické otázky a nevyriešené problémy.

* Limitácia v riadenom dýchani s periódou 10 sekúnd, čo je blízko rezonancie baroreflexu. Bolo by vhodné použiť aj iné periódy, napríklad 3 resp. 5 sekúnd
* Eliminácia artefaktov v priebehu merania, vhodne zvolené protokoly.
* Ďalšie simultánne meranie echokardiografie a bioimpedancie. Bude potreba stanoviť presnejší vzťah medzi hodnotami parametrov z bioimpedancie a hodnotami parametrov z iných zaužívaných metód ako echokardiografia, MRI, termodilúcia.
* Ďalšia práca na spresnenie výpočtu SV a CO z bioimpedancie bude potrebná hlavne pri definícií pôvodu bioimpedančej krivky a bioimpedančej krivky .
* Ďalšie experimentálne meranie echokardiografie a bioimpedancie, stanovenie miest meranie s najvyššou zhodou. Túto problematiku rieši na našom oddeleni Ladislav Soukup, ktorý na túto tému odoslal článok do časopisu a je v súčasnosti v procese recenzného konania.
* Spracovanie ďalších excitácií hemodynamického systému ako naklonená rovina a dychové manévre. Touto problematikou sa zaoberá na našom oddelení Magdaléna Matejková.
* Využitie výsledkov práce pre neinvazívne stanievenie srdcového výdaja z karotíd a srdečných zvukov a ich klinické testovanie u roznych skupín ľudí (skupiny podľa veku, pohlavia, zdravotného stavu)