### Variabilita kardiovaskulárnych parametrov

Pre 30 zdravých dobrovoľníkov bola počas 5 minútového merania detekované parametre Z0, -dZ/dt max a na 12tich miestach tela reprezentovanými kanálmi 1,2, ...,16. Parameter Z0 predstavuje priemernú hodnotu základnej impedancie v rámci jedného srdečného cyklu. Bola vždy detekovaná jedna hodnota parametra pre jeden srdečný cyklus. Pre každý srdečný cyklus boli teda detekované 3 hodnoty parameter Z0, -dZ/dt max a . Označme počet srdečných cyklov počas 5 minútového merania ako N. Pre každý parameter potom dostaneme pole hodnôt dĺžky N. Bola spočítaná priemerná hodnota poľa parametrov Z0, -dZ/dt max a . Dostaneme tak pre každý parameter jednu priemernú hodnotu. Označme tieto priemerná hodnoty ako popisné hodnoty pre daného dobrovoľnika. Aby sme zistili aká je hodnota parametrov naprieč všetkými meranými dobrovoľníkmi, spočítali sme popisnú štatistiku parametrov. Spočítali sme priemernú hodnotu a rozptyl popisných hodnot dobrovoľníkov. Výsledky popisnej štatistiky pre parametre Z0, -dZ/dt max a uvádza Tabuľka 1 .

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| kanál | mean | ± | std |  | mean | ± | std |  | mean | ± | std |
| 1 | 32.58 | ± | 5.65 |  | 2.26E-03 | ± | 1.01E-03 |  | 8.16E-03 | ± | 1.47E-03 |
| 2 | 32.09 | ± | 6.74 |  | 2.22E-03 | ± | 9.18E-04 |  | 8.21E-03 | ± | 1.49E-03 |
| 3 | 19.40 | ± | 3.64 |  | 3.03E-03 | ± | 1.18E-03 |  | 1.23E-02 | ± | 1.59E-03 |
| 4 | 19.88 | ± | 3.73 |  | 2.91E-03 | ± | 1.11E-03 |  | 1.19E-02 | ± | 1.57E-03 |
| 5 | 51.75 | ± | 11.36 |  | 1.20E-03 | ± | 3.95E-04 |  | 4.78E-03 | ± | 3.94E-04 |
| 6 | 51.38 | ± | 10.56 |  | 1.18E-03 | ± | 3.83E-04 |  | 4.74E-03 | ± | 4.15E-04 |
| 7 | 112.37 | ± | 17.72 |  | 3.18E-03 | ± | 9.36E-04 |  | 5.27E-03 | ± | 5.44E-04 |
| 8 | 111.81 | ± | 16.88 |  | 3.15E-03 | ± | 8.05E-04 |  | 5.28E-03 | ± | 4.94E-04 |
| 13 | 59.99 | ± | 20.33 |  | 1.45E-03 | ± | 7.62E-04 |  | 4.77E-03 | ± | 6.90E-04 |
| 14 | 62.90 | ± | 21.50 |  | 1.44E-03 | ± | 8.18E-04 |  | 4.61E-03 | ± | 6.87E-04 |
| 15 | 121.85 | ± | 26.85 |  | 3.94E-03 | ± | 1.37E-03 |  | 5.60E-03 | ± | 6.06E-04 |
| 16 | 126.87 | ± | 29.62 |  | 4.64E-03 | ± | 1.58E-03 |  | 5.97E-03 | ± | 6.10E-04 |

Tabuľka

Pri meraní srdečného výdaja je dôležité zachytenie dynamických zmien parametrov počas merania. Tieto dynamické zmeny odrážajú fyziologické zmeny, alebo stálosť hemodynamických parametrov počas merania. Na základe týchto zmien vieme ktorý parameter do akej miery ovplyvnil zmeny v hodnotách vypočítaného srdečného výdaja počas merania. Pomocou popisnej štatistiky Tabuľka 2 zachytáva zmeny v parametroch Z0, -dZ/dt max a počas 5 minútového merania. Hodnotených bolo opäť 30 zdravých dobrovoľníkov. Dobrovoľníci ležali v kľude na ložku. Pre každého dobrovoľnika bola spočítaná pole hodnot pre každý parameter o dlžke počtu srdečných cyklov ako bolo popísané pre Tabuľka 1. V tomto boli bol spočítaný rozptyl. Pre každého dobrovoľnika dostávame rozptyl hodnot parametrov Z0, -dZ/dt max a . Rozptyl nám určuje mieru zmeny parametra počas merania. Označme opať tento rozptyl ako popisnú hodnotu pre daného dobrovoľnika. Aby sme odhadli ako sa parameter mení naprieč celou populáciou, spočítali sme priemernú hodnotu popísných hodnot a ich rozptyl. Výsledky udáva Tabuľka 2.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| kanál | ∆ mean | ± | std |  | ∆ mean | ± | std |  | ∆ mean | ± | std |
| 1 | 1.06E-01 | ± | 6.81E-02 |  | 2.97E-04 | ± | 1.22E-04 |  | 5.36E-04 | ± | 2.12E-04 |
| 2 | 1.38E-01 | ± | 1.09E-01 |  | 3.99E-04 | ± | 2.14E-04 |  | 6.71E-04 | ± | 3.02E-04 |
| 3 | 1.73E-01 | ± | 6.57E-02 |  | 2.55E-04 | ± | 1.20E-04 |  | 5.04E-04 | ± | 1.92E-04 |
| 4 | 1.77E-01 | ± | 6.84E-02 |  | 2.71E-04 | ± | 1.14E-04 |  | 5.38E-04 | ± | 1.70E-04 |
| 5 | 3.41E-02 | ± | 3.08E-02 |  | 1.27E-04 | ± | 3.57E-05 |  | 2.61E-04 | ± | 6.80E-05 |
| 6 | 3.33E-02 | ± | 3.01E-02 |  | 1.38E-04 | ± | 5.06E-05 |  | 2.86E-04 | ± | 9.21E-05 |
| 7 | 6.12E-02 | ± | 5.08E-02 |  | 2.97E-04 | ± | 7.37E-05 |  | 2.50E-04 | ± | 3.05E-05 |
| 8 | 7.41E-02 | ± | 6.01E-02 |  | 3.12E-04 | ± | 6.84E-05 |  | 2.66E-04 | ± | 4.95E-05 |
| 13 | 4.37E-02 | ± | 4.21E-02 |  | 2.21E-04 | ± | 1.30E-04 |  | 3.65E-04 | ± | 7.99E-05 |
| 14 | 4.25E-02 | ± | 6.20E-02 |  | 2.05E-04 | ± | 8.41E-05 |  | 3.55E-04 | ± | 8.33E-05 |
| 15 | 1.63E-01 | ± | 1.25E-01 |  | 6.83E-04 | ± | 3.34E-04 |  | 4.88E-04 | ± | 1.80E-04 |
| 16 | 1.46E-01 | ± | 9.58E-02 |  | 7.06E-04 | ± | 3.29E-04 |  | 4.61E-04 | ± | 1.78E-04 |

Tabuľka

#### Porovnanie výsledkov meraní s meraniami z literatúry

Literatúra zaoberajúca sa bioimpedanciou, uvádza výhradne výsledné hodnoty vypočítaného srdečného výdaja, prípadne relatívne zmeny srdečného výdaja alebo len porovnanie vypočítaného srdečného výdaja pomocou dvoch a viacerých metód. Chýba uvedenie hodnôt hlavných parametrov používaných pre výpočet srdečného výdaja z bioimpedancie a to hodnoty parametrov Z0, -dZ/dt max a . Na viacerých miestach bol popísaný problém zo získaním absolútnych hodnôt srdečného výdaja z bioimpedancie a bolo navrhnuté používať výpočet srdečného výdaja z bioimpedancie výhradne na sledovanie relatívnych zmien v srdečnom výdaji. Rovnice na výpočet impedancie sú pritom známe už veľa rokov. Jediný mne známi zdroj ktorý uvádza hodnoty parametrov je práca Bernstaina z roku 2015 [21]. V práci sa možme dočítať aké boli hodnoty Z0, -dZ/dt max. Hodnoty boli získané meraním bioimpedancie pre 29 zdravích dobrovoľníkov. V tejto práci autor použil jednokanálovú impedanciu ruky, kde pokrýva celú ruku, čo odpovedá při našom celotelovom bioimpedančnom monitore kanálu 13 a 15. Výsledky sú rozdelené na mužov a ženy. Hodnoty uvádena Tabuľka 3

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| kanál/pohlavie | mean | ± | std |  | mean | ± | std |
| 15 muži | 7.43E+01 | ± | 1.10E+01 |  | 9.70E-01 | ± | 3.90E-01 |
| 15 ženy | 8.66E+01 | ± | 1.54E+01 |  | 1.60E+00 | ± | 4.10E-01 |

Tabuľka

Hodnoty z práce Bernstaina uvedené v Tabuľka 3 a hodnoty namerané v tejto práci uvedené v Tabuľka 1 vykazujú značné rozdiely. Premerná hodnota parametra Z0 sa lýši o zhruba 30%. Priemerná hodnota parametra -dZ/dt max je však rádovo rozdielna. V Bernstainovej práce dosahuje hodnoty až 300 krát vyššie ako v našej práci. Rozdielne hodnoty -dZ/dt max može byť sposobená roznou frekvenčnou charakteristikou meracích prístrojov. V našej práci sme použili viackanálový bioimpedančný monitor so zdrojom prúdu s frekvenciou 50kHz a RMS=1mA (Vondra 2016). Bernstain v svojej práci používa prístroj s frekvenciou zdroju prudu 70kHz a RMS=4mA (bernstain 2015).

Dá sa preto domnievať že pre rozdielnosť v konštrukcií bioimpedančných monitorov budú výrazne rozdielne hlavne hodnoty derivovaných impedancií a tomu bude potreba prispôsobiť metodiku výpočtu srdečného výdaja z impedancie.