



Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

APVV-19-0531

Personalizovaná optimalizácia resynchronizačnej liečby srdcového zlyhávania na základe mnohozvodového merania EKG

Zodpovedný riešiteľ **doc. Ing. Milan Tyšler, CSc.**

Príjemca **Ústav merania SAV, v. v. i.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Ústav merania Slovenskej akadémie vied, v.v.i.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Spolupráca v oblasti spracovania EKG a modelovania elektrického poľa srdca s výstupmi do spoločných publikácií bola s pracoviskami

- School of Computer Science, University of Birmingham, United Kingdom
- University Medical Center Utrecht, The Netherlands

a v rámci konzorcia 16 pracovísk Consortium for ECG Imaging (CEI - www.ecg-imaging.org)

- Middle East Technical University (METU) - Heart Research Laboratory, Ankara, Turkey
- University of Utah, Salt Lake City, USA
- Northeastern University, Boston, USA
- IHU- LIRYC - Electrophysiology and Heart Modeling Institute Bordeaux, France
- INRIA - French research institute on informatics and mathematics, Bordeaux, France

Spolupráca v oblasti softvéru na modelovanie elektrickej aktivity srdca bola v rámci CEI s pracoviskom

- Karlsruhe Institute of Technology, Germany

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

Neboli podané

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

- DOGRUSOZ, Y.S.** – RASOOLZADEH, N. – ONDRUŠOVÁ, Beáta – HLIVAK, P. – ZELINKA, Ján – TYŠLER, Milan – ŠVEHLÍKOVÁ, Jana. Comparison of dipole-based and potential-based ECGI methods for premature ventricular contraction beat localization with clinical data. In Frontiers in Physiology, 2023, vol. 14, art. no. 1197778. (2022: 4 – IF, Q2 – JCR, 1.028 – SJR, Q1 – SJR). ISSN 1664-042X.

Dostupné na: <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1197778>

- ONDRUŠOVÁ, Beáta** – BOONSTRA, M. – ŠVEHLÍKOVÁ, Jana – BROOKS, D. – VAN DAM, P. – RABABAH, A. – NARAYAN, A. – MACLEOD, R. – ZEMZEMI, N. – TATE, J. The effect of segmentation variability in forward ECG simulation. In Computing in Cardiology,

2022, vol. 49, p. non. (2021: 0.257 – SJR). ISSN 2325-8861.

Dostupné na: <https://doi.org/10.22489/CinC.2022.325>

• ONDRUŠOVÁ, Beáta** – ŠVEHLÍKOVÁ, Jana – TYŠLER, Milan – TIŇO, P. Greedy selection of the torso electrodes for the solution of inverse problem with a single dipole. In Computing in Cardiology, 2022, vol. 49, p. non. (2021: 0.257 – SJR). ISSN 2325-8861.

Dostupné na: <https://doi.org/10.22489/CinC.2022.279>

• ŠVEHLÍKOVÁ, Jana** – PŘIBILOVÁ, Anna – SASOV, M. – ZELINKA, Ján – HATALA, R. – TYŠLER, Milan. The use of autocorrelation maps for evaluation of cardiac resynchronization therapy outcome. In Computing in Cardiology, 2022, vol. 49, p. non. (2021: 0.257 – SJR). ISSN 2325-8861.

Dostupné na: <https://cinc.org/archives/2022/pdf/CinC2022-269.pdf>

• COCHEROVÁ, Elena** – TYŠLER, Milan. Simulation of body surface potentials during ventricular pacing. In Proceedings of the 14th International Conference on Measurement. 1. vyd. – Bratislava : Institute of Measurement Science, SAS, 2023, 2023, p. 105-108. ISBN 978-80-972629-7-6.

Dostupné a: <https://doi.org/10.23919/MEASUREMENT59122.2023.10164321>

• ONDRUŠOVÁ, Beáta** – TIŇO, P. – ŠVEHLÍKOVÁ, Jana. The significance of the torso electrodes for selected cardiac regions. In Proceedings of the 14th International Conference on Measurement. 1. vyd. – Bratislava : Institute of Measurement Science, SAS, 2023, 2023, p. 6-9. ISBN 978-80-972629-7-6.

Dostupné na: <https://doi.org/10.23919/MEASUREMENT59122.2023.10164569>

• RASOOLZADEH, N.** – ONDRUŠOVÁ, Beáta – DOGRUSOZ, Y.S. – ŠVEHLÍKOVÁ, Jana. Effects of torso inhomogeneities on spontaneous PVC localization in potential and dipole-based methods. In Proceedings of the 14th International Conference on Measurement. 1. vyd. – Bratislava: Institute of Measurement Science, SAS, 2023, 2023, p. 2-5. ISBN 978-80-972629-7-6.

Dostupné na: <https://doi.org/10.23919/MEASUREMENT59122.2023.10164347>

• ZELIESKA, Lukáš** – ŠAŠOV, M. – HANÁK, P. – TYŠLER, Milan. Parameters of body surface potential maps reflecting the dynamics of ventricular activation. In Proceedings of the 14th International Conference on Measurement. 1. vyd. – Bratislava: Institute of Measurement Science, SAS, 2023, 2023, p.14-17. ISBN 978-80-972629-7-6.

Dostupné na: <https://doi.org/10.23919/MEASUREMENT59122.2023.10164477>

• COCHEROVÁ, Elena – TYŠLER, Milan. Simulation of extrasystole in bidomain ventricular model with patient specific geometry. In Trendy v biomedicínském inženýrství 2023. Editori: Jiří Chmelík, Roman Jakubíček, Jana Kolářová, Martin Králík, Martin Mězl, Andrea Němcová, Jiří Sekora. – Brno, ČR : Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické v Brně, 2023, p. 50-55. ISBN 978-80-214-6173-4.

Dostupné na: <https://doi.org/10.13164/trendybmi.2023.50>

• COCHEROVÁ, Elena** – ZELIESKA, Lukáš - TYŠLER, Milan. Simulation of premature ventricular contractions in patient specific bidomain ventricular model. In Clinician and technology, 2023, ISSN 0301-5491 (v recenznom konaní)

Uplatnenie výsledkov projektu

Vyvinutá technológia na súčasné 132-kanálové meranie EKG v reálnom čase so vzorkovacou frekvenciou 500 Hz až 2 kHz a prenos nameraných údajov do počítača (notebooku) určeného na riadenie a vyhodnotenie merania bola poskytnutá realizátorovi výsledkov projektu - Národnému ústavu srdcových a cievnych chorôb, a.s., Bratislava. K tomu bol vyvinutý zodpovedajúci mnohokanálový merací systém ProCardio 9, softvérové vybavenie na riadenie mnohokanálového EKG merania a WiFi prenos nameraných dát do počítača ako aj softvér na interaktívne spracovanie EKG signálov, výpočet okamihových máp povrchových EKG potenciálov pre interval komplexu QRS a výpočet zodpovedajúcich autokorelačných máp, ich vyhodnotenie a zobrazenie. Metóda vyhodnotenia povrchových EKG potenciálov pomocou autokorelačných máp bola experimentálne aplikovaná v spolupráci s realizátorom. V závere riešenia boli nameraní aj 2 pacienti, u ktorých bolo následne vykonané CT vyšetrenie hrudníka, čo umožňuje vytvorenie personalizovaných modelov hrudníka, modelovanie priebehu aktivácie srdca a simuláciu účinkov resynchronizačnej terapie, na ktorých sa ďalej spolupracuje.

Po overení metodiky u realizátora je možné jej uplatnenie aj na iných klinických pracoviskách.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Projekt bol orientovaný na srdcovú resynchronizačnú terapiu (CRT) a jej optimalizáciu pre konkrétneho pacienta. Riešili sa 4 hlavné ciele, ktorých naplnenie bolo nasledovné:

1. Boli nájdené parametre povrchových potenciálových máp, ktoré odrážajú dynamiku aktivácie komôr a môžu byť použité ako indikátory non-responderov na CRT terapiu. Bolo navrhnuté použitie autokorelačných máp intervalu QRS (a ich vybraných parametrov) ako miery elektrickej synchronizácie komôr a nastavenie časovania stimulácie pri CRT.
2. Bola navrhnutá a testovaná inverzná metóda s jednoduchým dipólovým zdrojom elektrického poľa, ktorá používa povrchové potenciálové mapy pacienta a CT sken jeho hrudníka na lokalizáciu oblasti neskorej aktivácie ľavej komory, ktorá môže byť použitá ako odporúčané miesto implantácie CRT elektródy.
3. Boli vytvorené modely aktivácie srdca na báze celulárneho automatu aj reakčno-difúzných rovníc, ktoré využívajú mnohozvodové merania EKG a individuálnu geometriu srdca a hrudníka získanú z CT skenu. Modely umožňujú študovať prebiehajúce procesy v srdci a ich odraz v povrchových EKG signáloch a modelovať ich zmeny v dôsledku stimulácie pri CRT terapii.
4. Bol navrhnutý špecializovaný 132-kanálový merací systém s bezdrôtovým pripojením k počítaču, ktorý je použiteľný na meranie a vyhodnocovanie údajov od pacientov so zlyhávajúcim srdcom a na personalizovanú optimalizáciu CRT.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The project was focused on cardiac resynchronization therapy (CRT) and its optimization for a specific patient. Four main goals were addressed, the fulfillment of which was as follows:

1. Parameters of surface potential maps were found that reflect the dynamics of ventricular activation and can be used as indicators of non-responders to CRT therapy. The use of autocorrelation maps of the QRS interval (and their selected parameters) as a measure of electrical ventricular synchrony and setting of pacing timing in CRT has been proposed.
2. An inverse method with simple dipole electric generator has been designed and tested that uses the patient's body surface potential maps and chest CT scan to locate the area of late activation of the left ventricle, which can be used as a recommended site for CRT lead implantation.
3. Models of cardiac activation based on cellular automaton and reaction-diffusion equations were created, which use multi-lead ECG measurements and individual geometry of the heart and chest obtained from a CT scan. The models make it possible to study ongoing processes in the heart and their reflection in surface ECG signals, and to model their changes as a result of stimulation during CRT therapy.
4. A dedicated 132-channel measuring system with wireless connection to a computer was designed that is applicable to measurement and evaluation of data from patients with failing heart and for personalized CRT optimization.