

Mapování potenciálů z povrchu těla (Body Surface Potential Mapping – BSPM)

Martin Sedlář, Biofyzikální ústav LF MU v Brně, 2013

BSPM je neinvazivní diagnostická technika rozšiřující možnosti konvenční elektrokardiografie (EKG), která je založena na skutečnosti, že elektrické pole vytvářené srdeční činností existuje díky vodivosti biologických tkání uvnitř i na povrchu celého těla.

Z historie stojí za zmínku dvě důležité události, které pomohly dalšímu rozvoji BSPM. Pravděpodobně první mapování elektrického potenciálu na povrchu těla provádějí Nahum et al. v roce 1951, když používají jedinou měřící elektrodu a elektrické potenciály snímají z povrchu těla bod po bodu. První výpočet izopotenciálních linií z mapy elektrických potenciálů naměřených na povrchu těla provádějí Taccardi et al. v roce 1963.

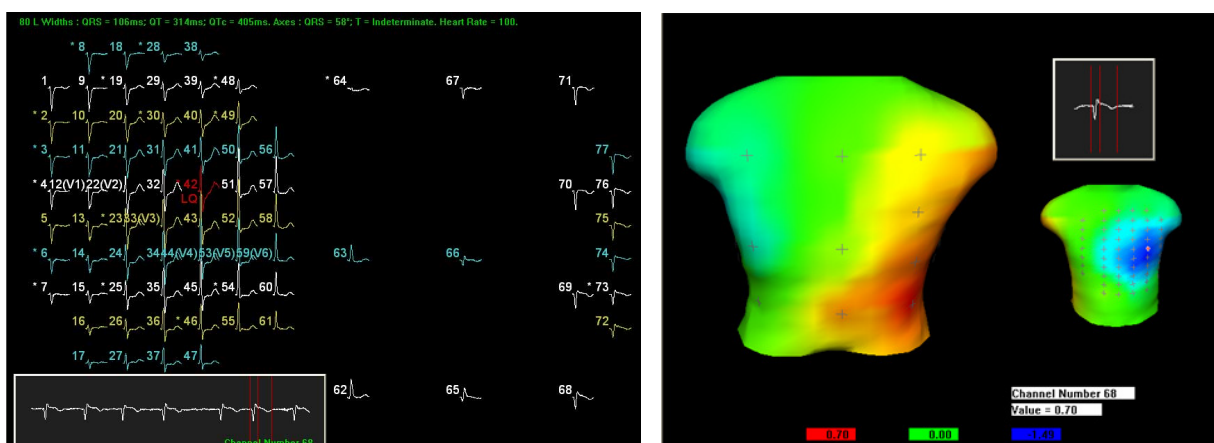
Konvenční EKG systémy měří elektrické signály srdce standardně pomocí 12 elektrod (12 svodů) a jejich výsledkem jsou křivky popisující změny elektrického vektoru srdce v čase, u kterých lze hodnotit pouze amplitudu, délku trvání a morfologii jednotlivých vln a segmentů. Základem metody BSPM je mapování elektrické aktivity srdce z povrchu těla velkým počtem měřících elektrod (obvykle desítky až stovky). Výstupem BSPM je 2D (příp. 3D) mapa rozložení elektrického potenciálu na povrchu těla, na které lze hodnotit nejen velikost, polohu a změny elektrických potenciálů během srdečního cyklu, ale také tvar a dynamiku izopotenciálních linií.

Výsledek obvykle můžeme zobrazit v několika variantách:

- *Okamžitá mapa* distribuce elektrického potenciálu.
- *Integrální mapa*: je získána jako součet elektrických potenciálů ve zvoleném časovém intervalu (např. pro QRS komplex, QRST komplex, segment ST, vlnu P, apod.).
- *Isochorická mapa*: hodnotí časové okamžiky, kdy jsou v naměřených mapách distribuce potenciálu zjištěny určité charakteristické změny.
- *Diferenciální mapa*: je rozdílem dvou libovolných map distribuce potenciálu.

Vzhledem k velkému počtu měřících elektrod má výsledný obraz BSPM relativně velké rozlišení, které umožňuje velmi přesně charakterizovat a lokalizovat zdroje elektrických signálů uvnitř těla a detekovat i velmi malé změny elektrického potenciálu, což není u konvenčních EKG systémů možné. Technika BSPM má tedy oproti EKG mnohem větší přínos při diagnostice některých nemocí nebo poruch srdce (např. infarkt myokardu, ischemické choroby, arytmie, hypertrofie, kardiomyopatie nebo abnormality ve vodivosti). Kromě toho lze pomocí BSPM z naměřených distribucí elektrického potenciálu odhadovat např. geometrii srdce. Výhody BSPM oproti konvenčním EKG jsou ovšem prokazatelné pouze pro větší počet svodů. Obrazy rekonstruované z menšího počtu svodů (cca 32) zpravidla neposkytují výrazně lepší klinickou informaci než EKG systémy.

Hlavní nevýhodou techniky BSPM je často velmi problematický výpočet rekonstrukce výsledného obrazu z naměřených dat. Vztah mezi elektrickými signály vytvořenými srdcem a distribucí elektrického potenciálu na povrchu těla je velmi komplexní a závisí na mnoha faktorech (např. geometrie povrchu těla, impedance tkání, nehomogenity elektrické vodivosti tkání, apod.). Pro správnou rekonstrukci je nutná především velmi přesná znalost geometrie povrchu těla a rozmístění elektrod. Vzhledem k velkému počtu měřících elektrod se obvykle používají fixovaná pole elektrod (vesty, pásy, apod.). Protože se každá změna elektrické aktivity srdce vždy ve větší či menší míře projeví na celém povrchu těla, může být problémem také přesná lokalizace zdroje elektrického signálu vyhodnocená z povrchové distribuce elektrického potenciálu. Nepřesná rekonstrukce potom často vede k chybné interpretaci výsledků. Nevýhodou metody je také fakt, že doposud neexistují kvalitní standardy pro BSPM měření především z hlediska počtu a rozmístění elektrod, který omezuje reprodukovatelnost výsledků.



http://www.wikidoc.org/index.php/80_Lead_EKG

Mapování magnetického pole¹

(Magnetic Field Mapping – MFM)

Martin Sedlář, Biofyzikální ústav LF MU v Brně, 2013

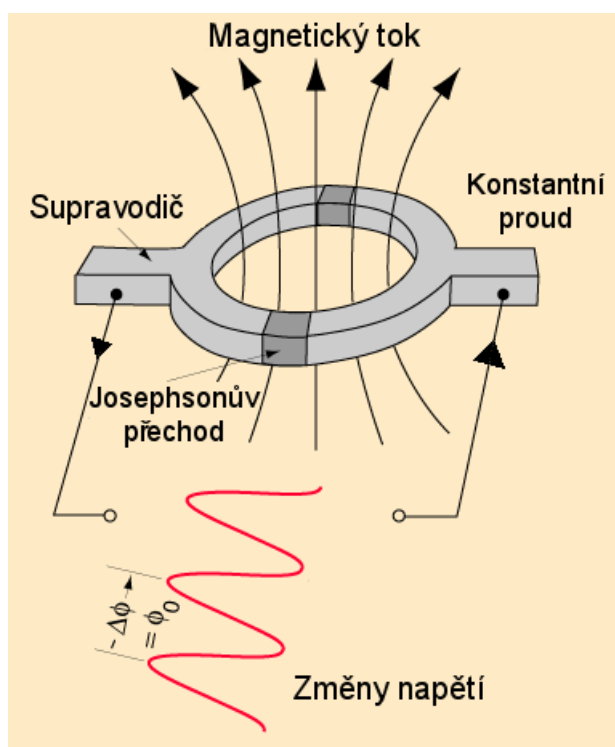
Na podobném principu jako mapování elektrických potenciálů (BSPM) pracuje technika mapování magnetického pole (MFM). Během srdeční nebo mozkové činnosti vzniká vlivem elektromagnetické indukce velmi slabé magnetické pole (cca 10^{-11} až 10^{-13} T), které lze detekovat pouze pomocí velmi citlivých magnetometrů – tzv. supravodivých kvantových interferenčních zařízení SQUID (Superconducting Quantum Interference Device). Snímání magnetické aktivity srdce se označuje jako magnetokardiografie (MKG) a detekce magnetické aktivity mozku jako magnetoencefalografie (MEG). Pro mapování magnetického pole se obvykle používají 2D pole SQUID senzorů.

Podstatou SQUID je Josephsonův jev (1962) založený na tunelování částic přes přechod supravodič–izolant–supravodič, který umožňuje měřit i velmi malé rozdíly elektrického napětí. První SQUID senzor se dvěma Josephsonovými přechody (tzv. DC SQUID) byl sestaven v roce 1964. O rok později byla vynalazena jednodušší, ale méně citlivější varianta senzoru s jediným přechodem (tzv. RF SQUID). Jako supravodivý materiál se používá např. niob chlazený tekutým héliem nebo vysokoteplotní slitiny (např. YBa₂Cu₃O_{7-x}), u kterých se supravodivé vlastnosti projevují při vyšších teplotách a postačuje chlazení tekutým dusíkem. Citlivost SQUID detektorů může dosahovat až 10^{-18} T.

První pokusy o mapování magnetického pole jsou publikovány v roce 1969 Cohenem a Chandlerem, kteří zobrazují magnetické signály na mřížce měřících poloh v blízkosti povrchu těla. První skutečná mapa magnetického pole (MFM) v podobě vrstevnic získaná postupným skenováním pomocí jediné měřící sondy byla publikována v roce 1981.

Vzhledem k velmi vysoké citlivosti SQUID senzorů je mapování magnetického pole náchylné na jakékoliv magnetické rušení, a proto je během měření potřeba zajistit dokonalé stínění (např. stínění místnosti, stínění senzoru, apod.). Jako stínící materiály se používají obvykle speciální kovové slitiny s velmi vysokou permeabilitou.

¹Příp. zobrazení magnetického pole (Magnetic Field Imaging – MFI).



<http://www.en.wikipedia.org/wiki/>

Použitá literatura

1. Aetna Inc.: *Clinical Policy Bulletin: Body Surface Potential Mapping* [online]. [cit. 2013-12-09]. 2001–2013. Dostupné z: http://www.aetna.com/cpb/medical/data/700_799/0705.html.
2. BioDat Research Group: *Body Surface Potential Mapping* [online]. [cit. 2013-12-09]. 2004–2013. Dostupné z: <http://bio.felk.cvut.cz/biocmsms/index.php?page=bspm>.
3. GIBSON, C. M.: *80 Lead EKG* [online]. [cit. 2013-12-09]. WikiDoc. Dostupné z: http://www.wikidoc.org/index.php/80_Lead_EKG.
4. KOSCH, O.; STEINHOFF, U.; JAZBINSEK, V.; aj.: *Non-Invasively Measured Cardiac Magnetic Field Maps Improve the Estimation of the Current Distribution* [online]. *Computers in Cardiology*, č. 28, 2001: s. 285–288, [cit. 2013-12-09]. Dostupné z: <http://www.cinc.org/archives/2001/pdf/285.pdf>.
5. MACFARLANE, P. W.; OOSTEROM, A. V.; PAHLM, O.; aj. (editoři): *Comprehensive Electrocardiology*. London: Springer-Verlag, 2011, ISBN 978-1-84882-046-3.
6. VERFÜRTH, P.: *Reconstruction of the Epicardial Potential from Body Surface Potential Maps* [online]. Diplomová práce, Institut für Numerische und Angewandte Mathematik, Fachbereich Mathematik und Informatik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, 2011. Dostupné z: <http://wwwmath.uni-muenster.de/>.
7. Wikipedia The Free Encyclopedia [online]. [cit. 2013-12-09]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org>.