

DETECTION OF VENTRICULAR EXTRASYSTOLES

Zuzana Svánovská

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xsvano00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Jiří Sekora

E-mail: sekora@feec.vutbr.cz

Abstract: Ventricular extrasystoles are pathological changes in the ECG signal. Detection of ventricular extrasystoles on 12leads ECG was created in MATLAB. My work contains two algorithms. The first of these algorithms is based on comparison widths of QRS complexes. The second algorithm matches maximum and minimum evaluations of QRS complexes. I look for agreements between these two algorithms and finally if I find these agreements in seven leads at least I will suppose presence of ventricular extrasystoles.

Keywords: ECG, complex QRS, R wave, ventricular extrasystoles, adaptive thresholding, QRS detection, RR intervals

1 ÚVOD

Komorové extrasystoly (KES) představují patologické změny signálu EKG. Jsou to předčasné stahy srdečních komor, které mohou být doprovázeny dušností a pocitem bušení srdce. Obvykle nevyvolávají žádné závažné onemocnění a nezvyšují riziko náhlé srdeční smrti. Při jejich častějším výskytu však může docházet k vážnějším somatickým obtížím. K léčbě těchto KES je využíváno metody radiofrekvenční ablace. Pomocí vysokofrekvenčního proudu dojde k vytvoření jizvy, která zabrání převodu předčasného vzruchu na komory.

Téma této práce vzniklo z požadavku I. interní kardiologické kliniky Nemocnice U Svaté Anny v Brně, kde je prováděna zmíněná ablace. Komorové extrasystoly jsou v současné době vyhledávány a hodnoceny manuálně. Úkolem této práce je zautomatizování detekce KES na signálech dodaných právě I. IKK FN U Svaté Anny.

2 TEORETICKÁ ČÁST

KES jsou definovány jako předčasné stahy srdečních komor, následované úplnou kompenzační pauzou. Vyznačují se abnormálně širokým QRS komplexem a absencí vlny P. [1]

Detekce KES je založena na detekci abnormální šířky QRS komplexu a také většího rozdílu mezi maximem a minimem daného QRS komplexu v porovnání s fyziologickým QRS komplexem.

2.1 PŘEDZPRACOVÁNÍ SIGNÁLU

Signál je po načtení nutné upravit pomocí vhodné filtrace. Abychom předešli chybám v detekci, nejprve odstraníme síťový brum pomocí filtru dolní propusti s mezní frekvencí 50 Hz. Protože musíme brát v úvahu také pohyby pacienta, potlačíme izoelektrickou linii horní propustí druhého řádu. [2]

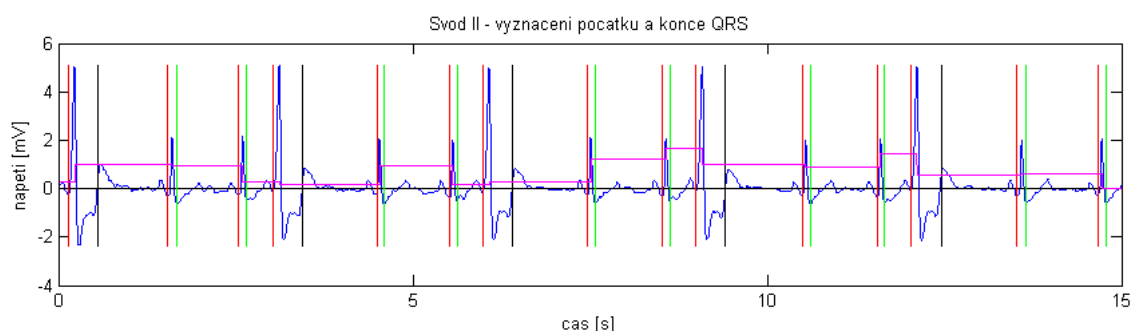
2.2 PRAHOVÁNÍ SIGNÁLU

Využitý algoritmus prochází záznam po předem definovaných úsecích délky 100ms a tyto úseky porovnává s adaptivním prahem. Počáteční práh byl zvolen na hodnotu odpovídající 20% maxima signálu. Analyzovaný signál dosahoval až 5 mV, fyziologický QRS komplex dosahuje okolo 1 mV [1]. Proto byl počáteční práh zvolen ve výši $\frac{1}{5}$ signálu, tedy 20%. Po nalezení první R vlny je adaptivní práh nastaven na hodnotu 30% její výšky. Při další detekci R vln signálu se adaptivní práh mění podle těchto detekovaných R vln. Výška adaptivního prahu je počítána jako 45% průměrné výšky tří předcházejících vln. Nastavené parametry byly testovány pro 23 signálů zahrnujících srdeční arytmie.

2.3 DETEKCE QRS KOMPLEXU

Při detekci počátku QRS komplexu vycházíme z předem detekovaných R vln. Zvolíme si úsek signálu dlouhý 100ms. Nejprve detekujeme počátek QRS komplexu v úseku předcházejícím před detekovanou R vlnou (posun detekce směrem doleva) - hledáme bod minima tohoto úseku a ten poté označíme za bod Q.

Při krátkém RR intervalu označíme lokální minimum úseku signálu následující za R vlnou za bod S, naopak při dlouhém RR intervalu je využito ještě pomocné minimum. Poté z dalšího úseku za pomocným minimum odstraníme kladné hodnoty a nalezneme maximum tohoto úseku signálu, které je označeno za konec patologického QRS, tzn. bod S. Ukázka detekce počátku a konce QRS je zobrazena na obrázku č. 1 - červeně počátek QRS komplexu, zeleně konec fyziologického QRS a černě konec ektopického QRS komplexu.



Obrázek 1: Ukázka detekce počátku a konce QRS komplexu

2.4 POROVNÁNÍ ŠÍŘKY KOMPLEXU QRS

Komorové extrasystoly představují patologické vlny s širokým QRS komplexem a invertovanou vlnou T. Fyziologický QRS komplex je kratší než 120ms, této podmínky jsme využili a hledali QRS komplexy širší než 120ms. [1] Při nalezení QRS komplexu širšího než je tato zadaná podmínka, označíme tento komplex za patologický a uložíme do paměti poloh KES. Podmínka:

$$(\text{QRS} > 0,12\text{s}) = \text{KES} \quad (1)$$

Po uložení všech poloh QRS komplexů jsou vybrány komplexy širší než 120ms a označeny za možné KES. (Při analýze více signálů dodaných 1. IKK FN USA byl však zjištěn výskyt fyziologických QRS komplexů širších než 120ms, které literatura [1] popírá.) Při detekci může docházet k chybné detekci globálního minima signálu v úseku vymezených R vln, který se od pravého minima QRS komplexu liší a rozšíří daný QRS komplex nad hodnotu 120ms. Z tohoto důvodu byl vytvořen další, doplňující algoritmus, který je založen na faktu, že hledané KES jsou také specifické vyšším rozdílem mezi hodnotami maxima a minima signálu v oblasti QRS komplexu.

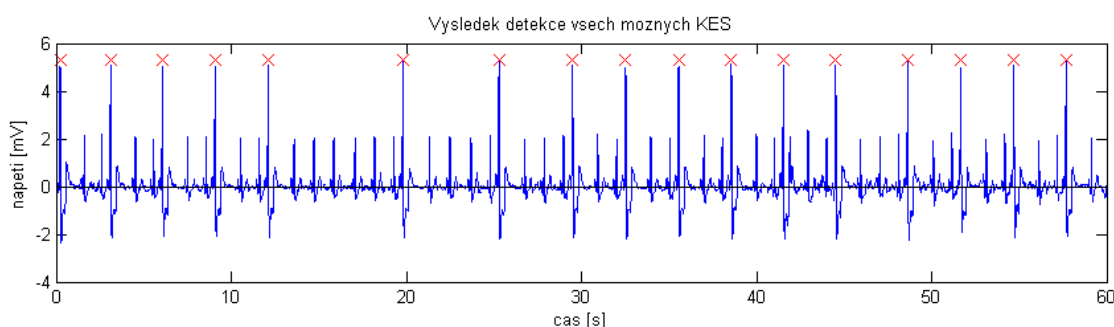
2.5 POROVNÁNÍ MAXIMA A MINIMA QRS KOMPLEXU

Tento algoritmus využívá již detekovaných R vln a označí je za maximum daných QRS komplexů. Poté jsou hledána minima těchto QRS komplexů ve vzdálenosti 200ms při pohybu vpravo (po časové ose). Po nalezení všech maxim a minim jsou tyto dvě hodnoty signálu porovnávány s 70% výškou signálu podle rovnice (2), kde *MAX* je maximum a *MIN* je minimum QRS komplexu. [3]

$$\{ \text{abs}(\text{signal}(\text{MAX})) + \text{abs}(\text{signal}(\text{MIN})) \} > \text{max}(\text{signal}) \cdot 0.7 \quad (2)$$

2.6 POROVNÁNÍ ALGORITMŮ

Při shodě algoritmů, tedy šířky QRS a poměru mezi minimem a maximem QRS komplexu, jsou detekované polohy označeny za možné KES. Při shodě detekovaných poloh v alespoň sedmi z 12-ti svodů jsou tyto polohy označeny za KES a vyznačeny v záznamu. Na obrázku č. 2 můžeme vidět červeně vyznačené polohy detekovaných KES v minutovém EKG záznamu.



Obrázek 2: Vyznačení detekovaných poloh KES v minutovém EKG záznamu

3 ZÁVĚR

Navržená metoda slouží k automatické detekci KES ze 12svodového EKG. Obsahuje program pro detekci těchto komorových extrasystol, který určí jejich přesné polohy v analyzovaném záznamu.

KES jsou v EKG záznamu snadno viditelné díky jejich typickému tvaru a umístění. Vytvořili jsme proto algoritmus, který bere v úvahu tyto předpoklady, při hodnocení tvaru QRS komplexů analyzovaných signálů. Slouží k výraznému urychlení detekce komorových extrasystol. Pro určení výskytu KES v real-time záznamu je zapotřebí pouze jeden interval před a jeden interval po předpokládané detekci KES.

Při hodnocení účinnosti detekce pro 23 signálů zahrnujících KES vykazuje navržený algoritmus senzitivitu 0,87 a specifitu 0,98. Výskyt komorové tachykardie snižuje senzitivitu detekce.

REFERENCE

- [1] HAMPTON, J.R. EKG stručně, jasně, přehledně. 2., rozš. vyd. Praha: Grada, 2005. ISBN 80-247-0960-0.
- [2] SCHWARZ, D. Lineární a adaptivní zpracování dat. Brno, 2012.
- [3] DOTSINSKY, I.A., STOYANOV, T.V. Ventricular beat detection in single channel electrocardiograms. Biomed Eng Online. 2004 Jan 29;3:3. PubMed PMID: 14750981; PubMed Central PMCID: PMC356927.