

# DETECTION OF VENTRICULAR EXTRASYSTOLES USING HIGH-FREQUENCY COMPONENTS OF ECG

**Barbora Budíková**

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: [xbudik05@stud.feec.vutbr.cz](mailto:xbudik05@stud.feec.vutbr.cz)

Supervised by: Radovan Smíšek

E-mail: [xsmise00@stud.feec.vutbr.cz](mailto:xsmise00@stud.feec.vutbr.cz)

**Abstract:** Pathology of the ventricular extrasystole is commonly detected by comparing the width and other parameters of the QRS complex. This article represents recognition of extrasystoles using high-frequency ECG components, captured under special conditions. The detection is performed by algorithm in the Matlab programming environment and its output is a map showing the passage of extrasystole through heart and decision whether complex is extrasystolic or physiologic.

**Keywords:** ECG, ventricular extrasystoles, high-frequency components, detection

## 1 ÚVOD

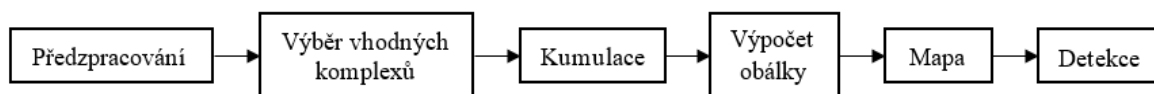
Komorové extrasystoly (KES) jsou předčasné stahy srdeční svaloviny, jejichž původ je v různých částech komor. Jedná se o chybu v srdečním rytmu. Ve standardním signálu EKG je lze rozpoznat pro jejich charakteristickou šíří a vertikální rozsah. Příčin jejich vzniku je několik (např. ischemie, hypoxie myokardu či acidóza) a není vždy jasné, o kterou se jedná. Ne všechny extrasystoly jsou nebezpečné, je však třeba věnovat jim pozornost, protože mohou předcházet závažnějším stavům. [1],[2],[3]

Vedle toho analýza vysokofrekvenčních složek (tj. složek nad 150 Hz) EKG je skupina relativně nových metod zkoumání EKG snímaného s vysokou vzorkovací frekvencí. Doposud jsou ve fázi výzkumů.

Článek pojednává o možnostech detekce komorových extrasystol ve vysokofrekvenčním záznamu EKG právě pomocí jeho vysokofrekvenčních složek. Dle dostupné literatury jde o doposud neprozkoumanou oblast, která však může přinést zajímavé výsledky. Práce se zaměřuje na signály z šesti hrudních svodů, protože právě tyto svody vypovídají o elektrické aktivitě v různých částech srdce nejlépe.

## 2 METODY

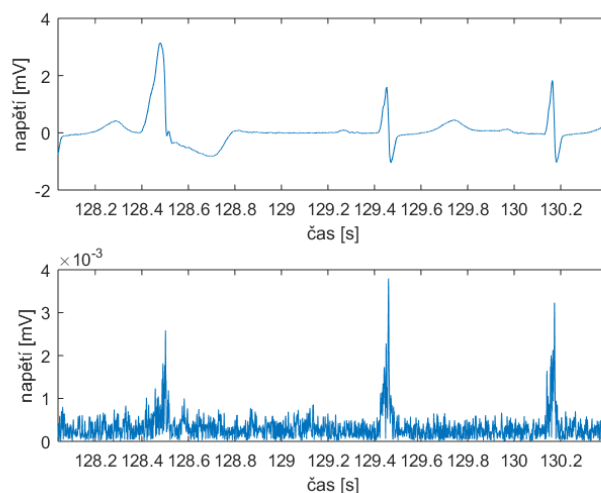
K práci byla využita data naměřená v Mezinárodním centru klinického výzkumu ve Fakultní nemocnici u sv. Anny v Brně. Jde o záznamy vysokofrekvenčního EKG, jejichž vzorkovací frekvence je 5000 Hz. Součástí dat je také rozdělení komplexů QRS do skupin dle jejich morfologie. Detekce proběhla v několika krocích, které jsou zobrazeny v blokovém schématu na obrázku 1. První čtyři kroky se cyklicky šestkrát opakují pro každý hrudní svod.



**Obrázek 1:** Blokové schéma algoritmu.

## 2.1 PŘEDZPRACOVÁNÍ

Prvním krokem algoritmu je předzpracování signálů, které zahrnuje načtení využívaných dat. Dalším důležitým krokem předzpracování je filtrace pásmovou propustí s mezními frekvencemi 500 a 1000 Hz. Algoritmus využívá filtraci nulováním spektrálních čar. Obrázek 2 zobrazuje několik srdečních cyklů originálního signálu a vysokofrekvenční složky téhož úseku. Na tomto obrázku je rovněž vidět rozdíl mezi fyziologickými komplexy (2. a 3. komplex) a extrasystolou (1. komplex).



Obrázek 2: Signál před (nahore) a po (dole) filtraci

## 2.2 VÝBĚR VHODNÝCH KOMPLEXŮ A KUMULACE

Pomocí souboru, který obsahuje detekované polohy komplexů QRS a jejich rozdělení na fyziologické, extrasystolické a komplexy zatížené dalšími patologiemi, lze vybrat komplexy signálů o jediném typu morfologie. Tyto vybrané komplexy jsou následně zkumulovány. Výsledkem kumulace je jeden signál o délce 1501 vzorků, což odpovídá 150 ms před a 150 ms po detekovaném středu komplexu QRS. Signál byl dále upraven průměrovacím filtrem o šířce okna 31 vzorků.

## 2.3 VÝPOČET OBÁLKY

K výpočtu obálky je využita Hilbertova transformace. Po výpočtu obálky je signál zkrácen na začátku i konci o několik vzorků, které byly zkresleny při transformaci. Průběžným výsledkem je tedy signál o délce 1422 vzorků. Taková obálka je vypočítaná pro každý z hrudních svodů zvlášť.

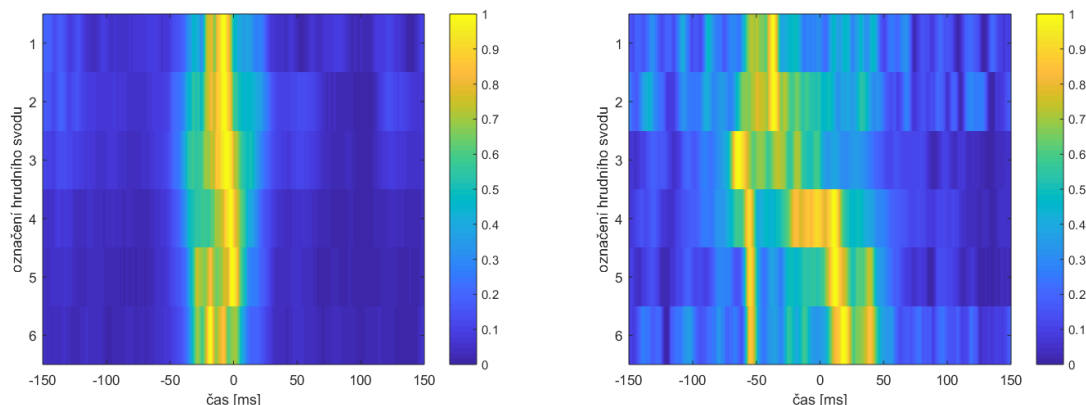
## 2.4 ANALÝZA ŠÍŘENÍ VZRUCHU

Šíření vzruchu analyzujeme pomocí mapy, která zobrazuje prostup impulsu srdcem. Mapu tvoří matice o šesti řádcích a 1422 sloupcích (počet odpovídá délce obálky). Řádky matice tak odpovídají jednotlivým hrudním svodům a sloupce časové ose. Samotné hodnoty vypovídají o velikosti napětí v dané chvíli v dané části srdce a jejich rozsah je reprezentován barevnou škálou. Pro potřeby zobrazení jsou hodnoty normalizovány na interval od 0 do 1. Již pouhým okem tak lze rozlišit fyziologický a extrasystolický komplex. Mapy s oběma typy komplexů jsou zobrazeny na obrázku 3.

## 2.5 VÝPOČET PARAMETRŮ A DETEKCE

Kromě optického rozdílu zjevného z analyzovaných map algoritmus provádí i kvantitativní hodnocení pomocí několika parametrů. Program vypočítá celkem osm parametrů, přičemž u každého je experimentálně stanoven práh, který rozhoduje, zda parametr odpovídá extrasystolickému či fyziologickému komplexu. Váhováním vzniká výsledné skóre, na základě kterého algoritmus určí, zda

se jedná o extrasystolu nebo fyziologický komplex. Parametry hodnotí například maximální napětí, směrodatnou odchylku začátků a konců nadprahové aktivity v jednotlivých svodech a průměrnou dobu nadprahové aktivity v jednotlivých svodech. Parametry byly definovány na základě rozdílností mezi mapami fyziologických a extrasystolických komplexů.



**Obrázek 3:** Mapy fyziologického (vlevo) a extrasystolického (vpravo) komplexu.

### 3 VÝSLEDKY

Výsledky detekce jsou zobrazeny v tabulce 1. Algoritmus byl testován na celkem 43 záznamech, přičemž 19 záznamů obsahuje pouze fyziologické komplexy, 4 záznamy obsahují fyziologické i extrasystolické komplexy a 20 záznamů obsahuje extrasystolické komplexy s komplexy zatíženými jinou patologií.

		Správný typ QRS	
		KES	Normální QRS
Vytvořený algoritmus	KES	20	3
	Normální QRS	4	20

**Tabulka 1:** Výsledky detekce. KES reprezentuje komorové extrasystoly.

### 4 ZHODNOCENÍ A ZÁVĚR

Cílem práce byla detekce komorových extrasystol pomocí vysokofrekvenčních složek EKG. Výsledná úspěšnost detekce je 83,3 % pro extrasystolické komplexy a 87,0 % pro fyziologické komplexy. Senzitivita je 83,3 % a specificita 87,0 %.

Omezením této práce je fakt, že bylo použito pouze omezené množství záznamů. Dalším faktorem, který není brán v potaz, ale může mít vliv, jsou jiné patologie, které komorové extrasystoly někdy doprovázejí.

### REFERENCE

- [1] HAMPTON, John R. *EKG stručně, jasně, přehledně*. Vyd. 2. rozšířené. Praha: Grada Publishing, 2005, 152 s. ISBN 80-247-0960\_0.
- [2] NEČAS, Emanuel, Karel ŠULC a Martin VOKURKA. *Patologická fyziologie orgánových systémů*. 2. vyd. Praha: Karolinum, 2009, 379 s. ISBN 978-80-246-1711-4.
- [3] DUBIN, Dale. *Rapid interpretation of EKG's*. 6. vyd. Fort Myers: COVER Publishing Company, 2000, 368 s. ISBN 0-912912-06-5.