

CLASSIFICATION OF EXPERIMENTAL ELECTROGRAMS

Lucie Maršánová

Master Degree Programme (2), FEEC BUT

E-mail: xmarsa08@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Marina Ronzhina

E-mail: ronzhina@feec.vutbr.cz

Abstract: The aim of this work was to analyse and classify the experimental electrograms (EG) recording from isolated rabbit hearts during experiments with short repeated global ischemia. The morphological parameters calculated from EG were used as classification features. The discrimination ability of the features was verified and the most relevant features were then chosen to cluster the EGs into three groups (physiological, ischemic, and extrasystols) using k-means method.

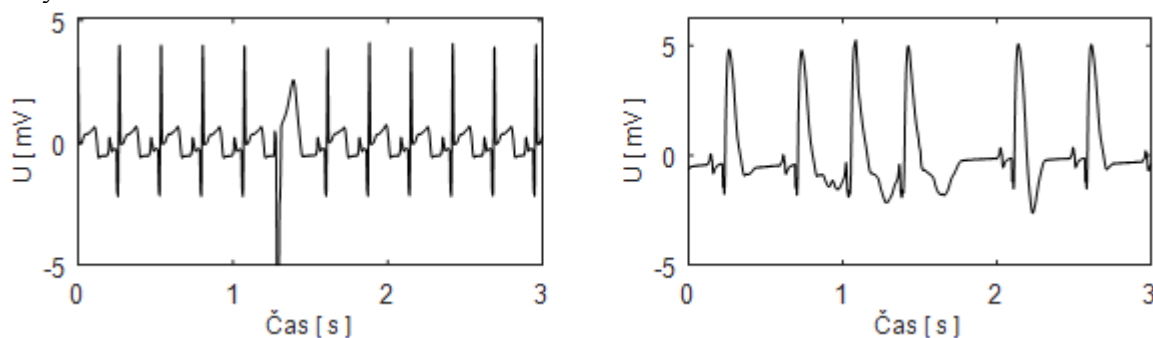
Keywords: Experimental EG, morphological parameters, clustering

1. ÚVOD

Kardiovaskulární onemocnění jsou v dnešní době nejčastější příčinou úmrtí. Z toho vyplývá velká důležitost uskutečňování dalších výzkumů v této oblasti. K pochopení patogeneze onemocnění a vývoji či vylepšení diagnostických metod se často využívá animálních modelů. V experimentálních studiích zabývajících se kardiovaskulárním systémem je často využívaným modelem králik. Důvodem je zejména podobná funkce jejich vápníkových kanálů, které zodpovídají za vznik akčního napětí, spolu s lidskými. Právě změněná funkce těchto kanálů bývá často příčinou patologické arytmogeneze. Tato práce se zabývá analýzou a klasifikací elektrogramů (EG) získaných z izolovaných králičích srdcí při studiu vlivu opakované globální ischemie a reperfuze na srdeční činnost.

2. DATABÁZE EXPERIMENTÁLNÍCH ELEKTROGRAMŮ

Tato práce se podílí na vzniku veřejně dostupné unikátní databáze experimentálních EG záznamů, která v současné době vzniká na UBMI [1]. Databáze obsahuje mimo informací o protokolu experimentu (jeho průběhu), způsobu měření a modelovém zvířeti i výsledky manuální detekce patologických událostí (např. výskytu komorových extrasystol) v této práci provedené. Celkem byly analyzovány EG záznamy ze 14ti experimentů zahrnujících kontrolní fázi a třikrát opakované fáze ischemie a reperfuze. Každý klasifikovaný záznam obsahuje kolem 15 000 srdečních cyklů. Na Obr. 1 jsou zobrazeny příklady nalezených patologií – konkrétně komorových extrasystol (PVC) pocházejících z různých fází experimentu. Tyto patologie budou v následující části práce analyzovány.

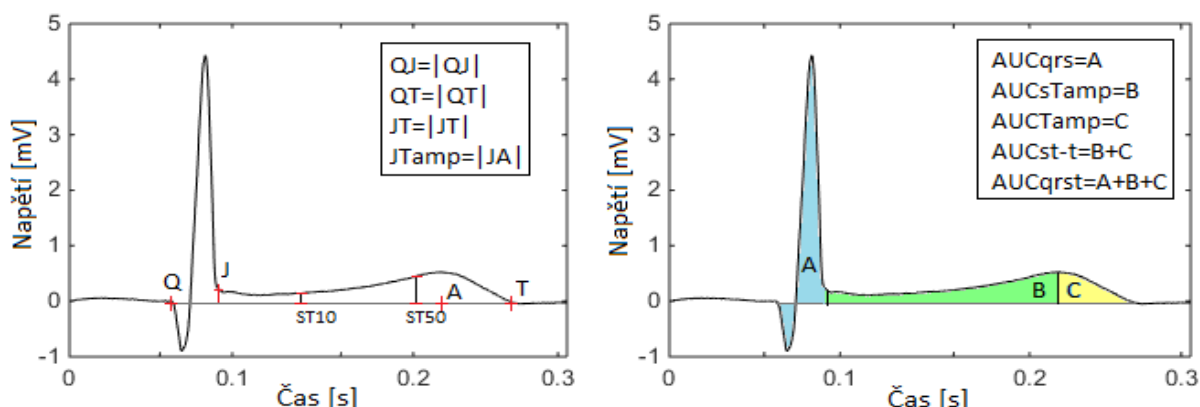


Obrázek 1: Ukázky nalezených PVC: v kontrolní fázi (vlevo, PVC je 5. cyklus) a v ischemii (vpravo, PVC je 3. a 4. cyklus)

3. POUŽITÉ KLASIFIKAČNÍ PŘÍZNAKY

3.1. POPIS MORFOLOGICKÝCH PARAMETRŮ

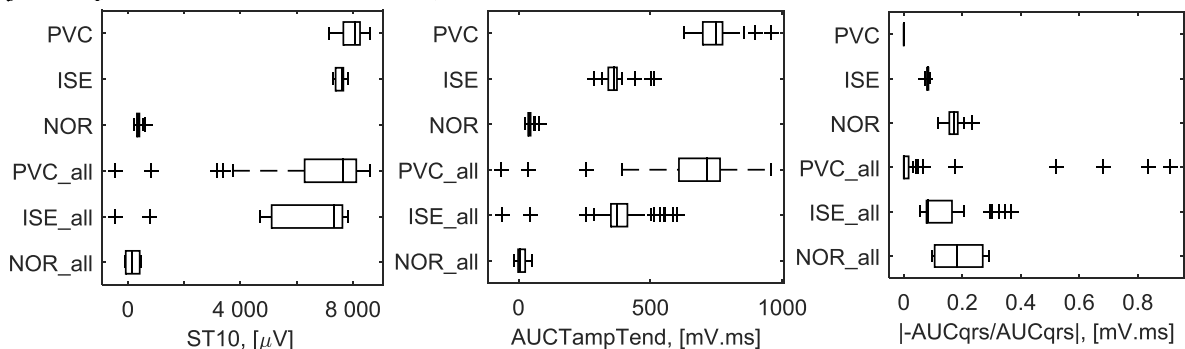
Pro automatickou klasifikaci EKG cyklů se využívá různých přístupů pro odvození příznaků (parametrů) z EKG cyklů, které poté daný cyklus pro účely klasifikace reprezentují [2]. Mezi ně patří i zde použité morfologické parametry. V záznamech byla provedena automatická detekce QRS komplexů a poté byly cykly automaticky rozměřeny (byl detekován začátek a konec QRS a konec vlny T), na základě rozměření byly vypočteny morfologické parametry. Na Obr. 2 jsou znázorněny některé z vypočtených parametrů. První skupina parametrů popisuje dobu trvání určitých částí srdečního cyklu, či velikost výchylky EG v určitém bodě (viz. Obr. 2 vlevo). Další skupinou jsou parametry, vyjadřující plochu pod určitou částí EG (viz. Obr. 2 vpravo). Další parametry tvoří poměry parametrů výše uvedených. Celkem bylo z EG vypočteno 39 různých parametrů pro 3 svody EG.



Obrázek 2: Morfologické parametry: doba trvání části cyklu nebo výchylky v určitém bodě (vlevo), velikost plochy pod určitou částí cyklu (vpravo)

3.2. ANALÝZA VYUŽITELNOSTI PARAMETRŮ

Pro použití příznaků jako reprezentantů cyklů pro klasifikaci je důležité, aby se příznaky odvozené z různých skupin cyklů odlišovaly. Zde byla zkoumána odlišnost parametrů pro komorové extrasystoly (PVC) vyskytující se převážně v ischemické fázi, ischemicky pozměněné cykly (ISE) a fyziologické cykly (NOR) z kontrolní fáze. Rozdíly byly zkoumány pro jeden vybraný experiment a poté pro všechny exp. dohromady. K porovnání hodnot parametrů byly použity krabicové grafy. Jejich ukázky pro tři parametry vypočtené z 1. svodu vykazující největší odlišnosti hodnot jsou na Obr. 3. Hodnoty parametrů pro PVC, ISE a NOR z jednoho experimentu jsou významně odlišné. Hodnoty parametrů ze všech experimentů mají větší variabilitu a dochází i k překrytí hodnot. Odlišnost parametrů i mezi PVC a ISE je pozitivním závěrem, jelikož správná klasifikace PVC v období, kdy je srdce zatíženo ischemií, bývá problematická (morfologie fyziol. cyklů při ischemii je více podobná PVC než v kontrole).



Obrázek 3: Krabicové grafy parametrů pro 1 experiment (nahore: PVC - komorové extrasystoly, ISE - ischemické c., NOR - fyziologické c.) a pro všechny exp. (dole: PVC_all, ISE_all, NOR_all).

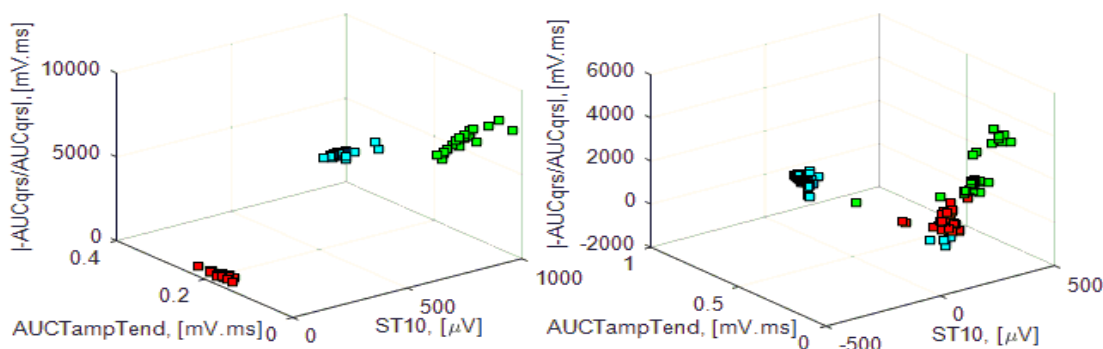
4. SHLUKOVÁNÍ METODOU K-MEANS

Shluková analýza je postup, při kterém seskupujeme jedince (zde EG cykly) do skupin, podle jejich vzájemných podobností. Pro rozdělení EG cyklů do zmíněných skupin na základě morfologických parametrů byla použita nehiercharická metoda shlukování *k-means* pracující na principu minimalizace celkové sumy čtverců (vzdáleností) uvnitř skupin [3]. Shlukování bylo provedeno pro trojici nejlepších parametrů zmíněných v předchozí kapitole a to pro cykly z jednoho experimentu a poté pro cykly ze všech experimentů dohromady (viz. na Obr. 4). Dále bylo vyzkoušeno také shlukování za použití všech 39 parametrů. Výsledky klasifikační úspěšnosti (Acc) jsou shrnuty v tabulce 1.

Poč. experimentů	Poč. příznaků	Poč. cyklů	Klasifikační úspěšnost [%]		
			PVC	NOR	ISCH
14	3	126	69	100	74
1	3	81	100	100	100
14	39	126	64	100	97
1	39	81	100	100	100

Tabulka 1: Úspěšnost klasifikace pro 3 nejlepší parametry a pro všech 39 parametrů

Nižší úspěšnost pro cykly ze všech experimentů odráží závěry stanovené z krabicových grafů. Použití všech 39 příznaků nepřineslo výrazné zlepšení výsledků. Dále bylo testování zjištěno, že průměrnou Acc pro cykly ze všech experimentů nad 80% vykazují i kombinace parametrů $|AUCTampTend/AUCqrs|$, $|+AUCqrs/AUCqrs|$, $|AUCst-t/AUCqrs|$, $AUCqrs$, $+AUCqrs$, $-QRSamp$ a $|+AUCqrs/AUCqrs|$. Dále byla také vyzkoušena klasifikace na základě parametrů vypočtených z 2. a 3. svodu a získané výsledky byly srovnatelné se zde prezentovanými z 1. svodu.



Obrázek 4: Výsledky shlukování EG cyklů za použití trojice parametrů – vlevo jeden experiment, vpravo všechny - do skupin PVC (červeně), ISE (zeleně) a NOR (modře).

5. ZÁVĚR

Tento článek podává informace o možnosti využití morfologických parametrů pro automatickou klasifikaci EG cyklů do skupin fyziologických a ischemických cyklů a komorových extrasystol. Klasifikace byla provedena shlukovou metodou *k-means*. Bylo zjištěno, že morfologické parametry lze pro automatické rozdělení cyklů do uvedených skupin využít s vysokou úspěšností a to zejména za použití parametrů nesoucí informaci o tvaru EG v oblasti konce QRS komplexu a JT úseku.

REFERENCE

- [1] KOLÁŘOVÁ, J.; NOVÁKOVÁ, M.; RONZHINA, M.; JANOUŠEK, O.; VESELÝ, P.; OLEJNÍČKOVÁ, V.; PROVAZNÍK, I. Isolated Rabbit Hearts – Databases of EGs and MAP Signals. In Computing in Cardiology 2013. 2013. s. 551-554. ISBN: 978-1-4799-0886- 8.
- [2] CLIFFORD, Gari D, Francisco AZUAJE a Patrick MCSHARRY. Advanced methods and tools for ECG data analysis. Boston: Artech House, 2006, 384 s. ISBN 1-58053-966-1.
- [3] KOZUMPLÍK, J.; PROVAZNÍK, I. Umělá inteligence v medicíně. Elektronická skripta. ÚBMI FEKT VUT v Brně, Brno, 2007.