

DETECTION OF TRUE COMPLETE LEFT BUNDLE BRANCH BLOCK

Kamila Chocholáčová

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xchoch06@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Radovan Smíšek

E-mail: xsmise00@stud.feec.vutbr.cz

Abstract: The goal of this work is to design an algorithm for automatic detection of Strauss criteria in order to diagnose complete left bundle branch block and to create a database of QRS complexes to test the algorithm. Conventional criteria are incorrect in two thirds of all cases. That is the reason why Strauss criteria, which are more precise, were created. The program will be directed by those criteria.

Keywords: ECG, LBBB, LBBB detection, Strauss criteria

1 ÚVOD

V posledních letech došlo v oboru elektrokardiografie k značnému pokroku v automatické detekci arytmií. Automatizace detekce arytmií značně urychluje práci popisujících lékařů a zpřesňuje diagnózu. Cílem této práce je vytvořit program, který bude automaticky detekovat úplnou blokádu levého Tawarova raménka (LBBB). Tento algoritmus se bude řídit Straussovými kritérii. Konvenční kritéria pro detekci LBBB se prokázala jako nedostatečná, proto je Straussova kritéria zpřesňují. Nyní se testuje souvislost mezi LBBB a účinností resynchronizační terapie. Tato terapie se používá u některých nemocných s dlouhodobými projevy srdečního selhávání. Podle studií může být léčba jen u pacientů, kteří mají LBBB, plně účinná, proto je velmi důležitá automatická detekce LBBB podle moderních Straussových kritérií.

2 BLOKÁDA LEVÉHO TAWAROVA RAMÉNKA

Při blokádě levého Tawarova raménka je narušené vedení přes levé Tawarovo raménko, proto se levá komora aktivuje později, až po přímém prostupu depolarizační vlny z pravé komory. Iniciální fáze komorové depolarizace probíhá opačně než fyziologicky zprava doleva. Depolarizace levé komory se projeví jako menší či větší zářez v komplexu QRS. Vektor QRS potom probíhá ve směru zpomalené depolarizace na levou komoru, čemuž odpovídá horizontální poloha elektrické osy se širokým, rozštěpeným nebo vroubkovaným R. LBBB je nejlépe diagnostikovatelná ve svodu V6, kde vzniká obraz „M“. [1]

Pro diagnostiku LBBB z EKG bylo navrženo několik kritérií. Běžně uznávaná jsou tzv. konvenční kritéria. Pro jejich vysokou chybovost jsou hledána jiná kritéria např. Straussova, kterými se zabývá tato práce.

2.1 STRAUSSOVA KRITÉRIA

LBBB je dle Straussových kritérií diagnostikováno u pacientů, jejichž EKG splňuje následující podmínky: [2]

- Mid-notched nebo slurred QRS se nachází alespoň ve dvou svodech z I, aVL, V1, V2, V5 a V6. Mid-notch je zářez nacházející se uvnitř komplexu QRS. Slurr je prudká změna sklonu náběžné nebo klesající hrany komplexu QRS. Přesná definice mid-notch a slur není v odborné

literatuře stanovená.

- Komplex QRS má ve svodu V1 a V2 tvar QS nebo rS.
- Podle konvenčních kritérií trvá QRS komplex více jak 120 ms. Tento údaj se podle Straussových kritérií upřesnil. Pro muže má být delší než 140 ms a u žen více než 130 ms. U mužů je tento práh větší, protože muži mají větší srdce a tím i delší dobu depolarizace. Při normálním vedení má QRS délku $92,7 \pm 9,3$ ms pro muže a $87,1 \pm 8,7$ ms pro ženy.
- Notch musí být detekován od 40 ms začátku komplexu QRS do $\frac{3}{4}$ signálu.

3 NAVRŽENÝ DETEKČNÍ ALGORITMUS

Pro testování algoritmu byla vytvořena databáze 100 záznamů. Vzorkovací frekvence je 250 Hz. Výsledkem předzpracování je jeden reprezentativní komplex QRS pro každý z dvanácti svodů. Ten byl vytvořen zprůměrováním všech komplexů QRS v daném svodu. Byly vynechány morfologicky jiné komplexy (např. zašuměné úseky, komorové extrasystoly apod.). Pro zprůměrování bylo použito přibližně 900 komplexů QRS. Toto zprůměrování mohlo mít negativní vliv v případě nepřesné detekce kmitu R, kdy v případě notch mohl být jednou detekován první zářez, podruhé druhý zářez a průměrované komplexy QRS tak nebyly správně zarovnané.

Prvním krokem detekčního algoritmu je rozměření komplexu QRS, které bylo uděláno veřejně dostupným algoritmem ecgpuwave [3]. Poté algoritmus změří délku trvání komplexu QRS. Pokud je kratší než 130 ms (není známo pohlaví testované osoby), tak dále neprovádí žádnou detekci, automaticky není přítomna LBBB. Dále zjišťují tvar komplexu QRS ve svodu V1 a V2. Pokud je absolutní hodnota minima signálu větší než maximum, znamená to, že S kmit je větší než R kmit a podmínka je tak splněna. Navazující detekční algoritmus funguje na principu detekce míst, kde se mění polarita. Načtený signál je zkrácen o 20 ms na začátku i na konci, protože některé komplexy QRS nejsou přesně detekovány a je brán i větší úsek před začátkem a po konci QRS komplexu. Tento signál se převede do vektoru a následně se použije příkaz „diff“, který spočítá rozdíl mezi sousedními hodnotami. Signál je nutné rozdělit podle nulové izolinie, aby byl detekován notch pouze v kladném nebo záporném segmentu. Pro detekci notch jsou důležitá místa, kde se mění polarita, tato změna musí nastat od 40 ms do $\frac{3}{4}$ signálu. Detekce je provedena pouze v tomto časovém rozhraní. Je vytvořen jednoduchý bodový systém. Místa, kde se mění polarita, se označí dvojkou a ostatní nulou. Když algoritmus detekuje dvojkou, která je z obou stran ohraničena nulou, označí ji trojkou. Poté se ještě odstraní zářezy ve tvaru pily – pokud algoritmus detekoval více dvojek vedle sebe, pouze jednu označí trojkou, aby se předešlo falešnému detekování notch. Trojky (změny polarity) vykreslí program jako červená kolečka a dvojky (smazané body změny polarity) vykreslí jako zelená kolečka (viz. **Obrázek 1**). Pokud se v jednom segmentu najdou alespoň dva body změny polarity, jedná se o notch. Některé komplexy QRS mají více změn polarity, avšak změny jsou pouze krátkodobé a malé, takže to odborníci jako notch neoznačují (viz. **Obrázek 2**). Tento jev je příčinou vysokého počtu falešně pozitivních detekcí (viz tabulka 1).

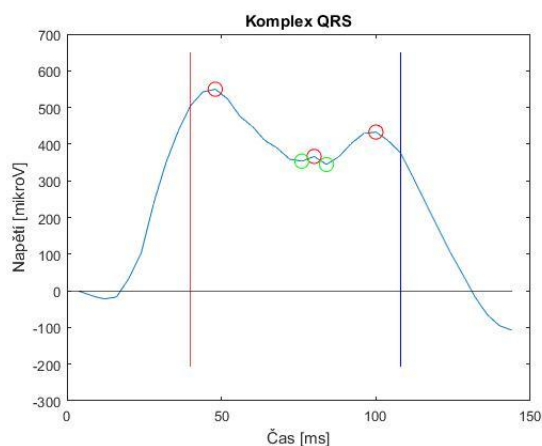
4 VYHODNOCENÍ ÚSPĚŠNOSTI DETEKCE

Pro možnost testování navrženého algoritmu bylo oklasifikováno 100 signálů, u každého je uveden tvar komplexu QRS ve svodu V1 a V2 a zda je ve svodu I, AVL, V1, V2, V5 a V6 přítomen notch nebo slur. Tato tabulka byla vytvořena autorkou práce, která má zkušenosti s vyhodnocováním EKG v klinické praxi.

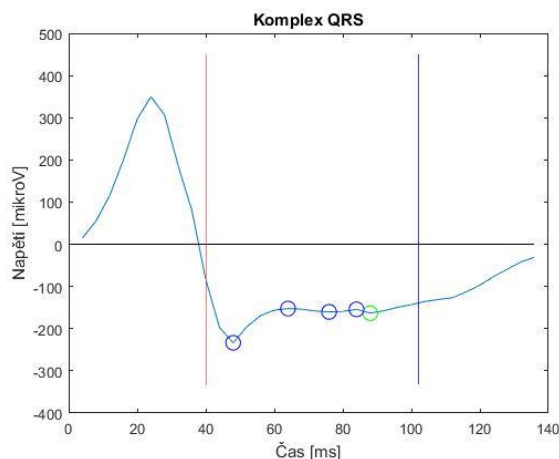
Ze 100 testovaných signálů 44 splnilo délku alespoň 130 ms. Z toho 33 splnilo tvar Qs nebo rS ve svodu V1 i V2. Nejčastěji se změny tvaru QRS projeví ve svodu AVL. Algoritmus jsem testovala pro více svodů. Ze 100 vybraných signálů mělo být detekováno 27x mid-notch. Během testování jsem dosáhla úspěšnosti 74 % správně zařazených QRS komplexů. Byly vypočítány základní statistické údaje pro zhodnocení detekčního algoritmu – TP (je to notch a byl detekován) bylo 25, TN

(není to notch a nebyl detekován) 54, FP (není notch, ale byl detekován) 19 a FN (je notch, ale nebyl detekován) 2 (viz. **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**).

Senzitivita neboli citlivost ($TP/(TP+FN)$) tohoto algoritmu je 0,93. Specificita neboli schopnost detektoru přesně označit vzorky, u nichž notch není ($TN/(TN+FP)$) je 0,74. Nízká specificita může být způsobena tím, že lidské oko drobné změny polarity neregistruje. Algoritmus by měl být optimalizován měřením šířky a hloubky notch. Doposud jediný algoritmus pro detekci Straussových kritérií [3] má senzitivitu 0,85 a specificitu 0,97. Algoritmus navržený v této práci dosahuje tedy lepší senzitivity, ale vzhledem k výše uvedeným nedostatkům je horší specificita.



Obrázek 1: Komplex QRS s nadetekovaným notch v kladném segmentu; počátek detekce (červená čára), konec detekce (modrá čára), nulová izolinie (černá čára), detekovaná změna extrémů (červená kolečka), smazané změny extrémů (zelená kolečka)



Obrázek 2: Komplex QRS s falešně nadetekovaným notch v záporném segmentu.

	Přítomen notch	Není notch
Detekován notch	25	19
Nedetekován notch	2	54

Tabulka 1: Úspěšnost algoritmu

5 ZÁVĚR

Cílem práce je vytvoření algoritmu pro automatickou detekci blokády levého Tawarova raménka. Nyní algoritmus detekuje mid-notch vysoké senzitivity, ale nízké specificity. Algoritmus by měl být doplněn o měření hloubky a šířky notch.

REFERENCE

- [1] EKG do vrecka. Martin: Osveta, 2010. ISBN 978-80-8063-178-9.
- [2] STRAUSS, David, Ronald SELVESTER a Galen WAGNER. Defining Left Bundle Branch Block in the Era of Cardiac Resynchronization Therapy. American Journal of Cardiology [online]. 2011, 107(6), 927-934.
- [3] Pan J and Tompkins WJ. A Real-Time QRS Detection Algorithm. IEEE Transactions on Biomedical Engineering 32(3):230-236, 1985.
- [4] XIA, Xiaojuan et al. Automatic Diagnosis of Strict Left Bundle Branch Block from Standard 12-lead Electrocardiogram. In: Computing in Cardiology Conference [online]. Nice, 2015, s. 665-668.