

# ANALYSIS OF ECG SIGNAL, DETECTION OF T-WAVE ALTERNANS USING SPECTRAL METHOD

Milan RYCHTÁRIK, Master Degree Programme (5)  
Dept. of Biomedical Engineering, FEEC, BUT  
E-mail: xrycht02@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Ing. Milan Tannenberg

## ABSTRACT

The thesis deals with detection of T-wave alternans (TWA). The presence of T-wave alternans in surface electrocardiogram (ECG) is recognized as a marker of electrical instability, and is related with patients at increased risk of suffering malignant ventricular arrhythmias and sudden cardiac death.

The aim of this article is description processing of ECG signal with a view to method detection TWA using spectral method, which is realized in variant for running reading values in time (sliding window).

## 1 ÚVOD

Tato práce se zabývá detekcí variabilit vlny T v signálu EKG pomocí spektrální metody ve variaci pro průběžné odečítání hodnot v čase („sliding window“).

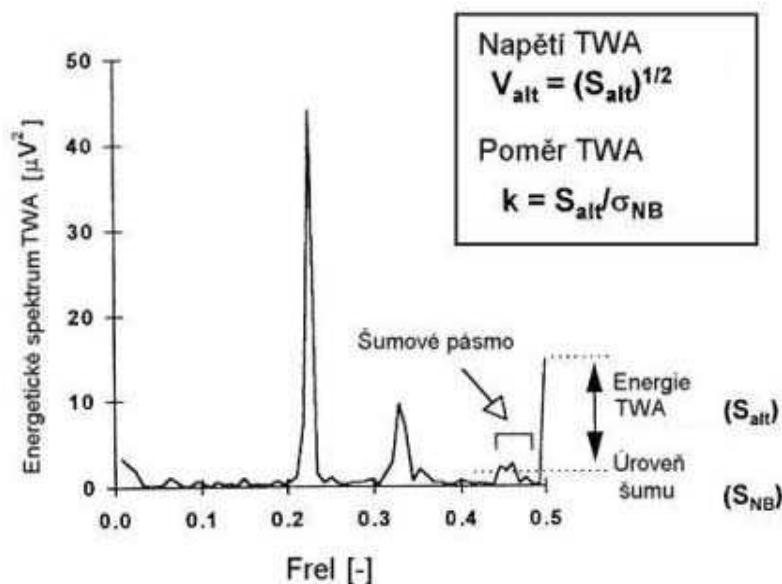
Testování alternací vlny T – zkráceně: alternace vlny T (TWA) - je neinvazivní technika používaná k identifikaci pacientů, kteří jsou ohroženi náhlou srdeční smrtí či zástavou srdce důsledkem ventrikulární tachykardie. Empiricky bylo zjištěno, že TWA znamená zvýšené riziko fatálních arytmii nebo náhlé srdeční smrti u osob, které prodělaly infarkt myokardu, nebo trpí kardiomyopatií. Výzkum ukázal, že negativní výsledek TWA testu znamená jen malé riziko objevení se ventrikulární tachykardie a umožňuje tak lépe sestavit plán léčby.

## 2 STRUČNÝ POPIS TWA

TWA je repolarizační fenomén projevující se jako mikrovoltové změny v amplitudě vlny T a ST segmentu v morfologii elektrografických složek - čili se jedná o periodicky se měnící amplitudu nebo tvar T vlny v EKG křivce a to v poměru 1:2. Mechanismem zodpovědným za TWA jsou dynamické změny (od tepu k tepu) repolarizační sekvence způsobené změnou trvání akčního potenciálu často spojené s dlouhým QT intervalem nebo alternacemi časového průběhu repolarizace [1].

### 3 DETEKCE TWA POMOCÍ SPEKTRÁLNÍ METODY

Spektrální metoda je založena na výpočtu energetického spektra TWA z vhodné zvolené série vzorků vlny T.



Obr. 1: Výsledek spektrální metody

0,5 cyklů/tep je způsoben kolísáním amplitudy T vlny v každém druhém tepu. Z tohoto důvodu je velikost tohoto vrcholu přímo úměrná míře elektrických alternací (vyplývá ze samotné definice TWA).

Pro klasifikaci TWA spektrální metodou jsou důležité dvě hodnoty:

- velikost alternujícího napětí  $V_{alt}$ , které je spočteno jako druhá odmocnina rozdílu hodnoty energie na frekvenci 0,5 a hodnoty en. v šumovém pásmu  $S_{NB}$  (viz obr. 1)
- poměr TWA  $k$ , který je definován jako poměr velikosti  $S_{alt}$  a střední směrodatné odchylky šumového pásma  $\sigma_{NB}$  (opět viz obr. 1). Poměr TWA odráží míru, ve které TWA překračuje neurčitost měření. Napětí TWA je uváženě důležité (optimální rozlišení TWA a šumu), jestliže je poměr TWA větší nebo roven 3,  $k \geq 3$ .

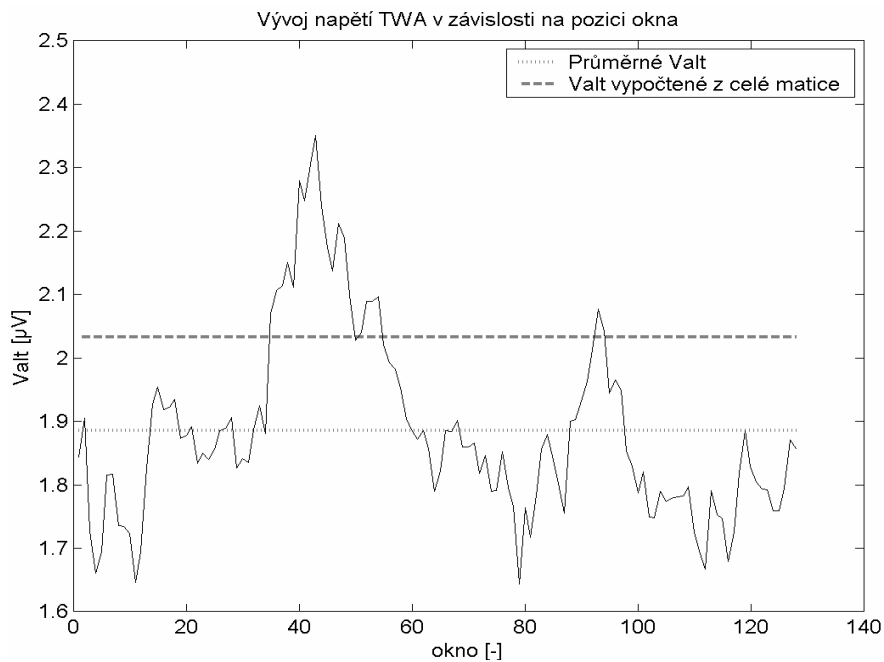
### 4 SPEKTRÁLNÍ METODA PRO PRŮBĚŽNÉ ODEČÍTÁNÍ HODNOT V ČASE

Jedná se o modifikaci klasické spektrální metody, která se snaží eliminovat základní nedostatek klasické spekt. metody a to nemožnost sledovat vývoj alternace v čase. Nejedná se však o plnohodnotnou metodu, ale pouze o metodu doplňující klasickou spektrální metodu.

Metoda je realizována pomocí okna, které se spojitě posouvá ve stejné sérii 128 cyklů, jaká je použita při vyhodnocování klasickou spektrální metodou. Zároveň je pro každé okno počítáno en. spektrum a z něho určena velikost alternujícího napětí  $V_{alt}$ . Energetické spektrum a  $V_{alt}$  jsou počítány způsobem uvedeným výše, s tím rozdílem, že průměrná hodnota energie v pásmu šumu  $S_{NB}$  je kvůli nedostatečnému počtu vzorků spektra počítána z pouhých dvou vzorků předcházejících vzorku na rel. frekvenci 0,5. Koeficient  $k$  také není z toho samého důvodu počítán.

Mějme časovou posloupnost 128 po sobě jdoucích cyklů EKG. Každá ze 128 T vln v tomto signálu je navzorkována  $n$  vzorky. Dostaneme tedy  $n$  sérií vzorků o 128 hodnotách. Ze sérií těchto časově si odpovídajících vzorků jsou pomocí rychlé Fourierovy transformace vypočtena energetická spektra, která jsou následně zprůměrována. Výsledné spektrum pak zobrazuje tepové fluktuační amplitudy vlny T. To znamená, že spektrální vrchol na frekvenci

Velikost okna 32 cyklů byla zvolena jako kompromis mezi možnostmi postihnout vývoj alternace TWA v čase (čím větší okno, tím menší výpovědní hodnota vzhledem k časové ose) a výpovědní hodnotu  $V_{alt}$  na rel. frekvenci 0,5 (pro příliš malé okno by se do šumového pásma



**Obr. 2:** Pozitivní výsledek spektrální metody v modifikaci „sliding window“, napětí TWA  $V_{alt} = 2,03 \mu V$ , poměr TWA  $k = 29,78$  průměrné napětí TWA  $V_{alt,p} = 1,89 \mu V$

spektrální metody, jsou i kritéria vyhodnocení stejná (viz výše). Za upozornění stojí, že jako správná velikost  $V_{alt}$  se musí brát hodnota vypočítaná ze všech 128 cyklů a ne hodnota získaná zprůměrováním hodnot vypočítaných pro jednotlivá okna. Jak je vidět na obr. 2, tyto hodnoty se mohou značně lišit.

## 5 ZÁVĚR

Základní nevýhodou spektrální metody je, že nám neumožňuje sledovat vývoj alternace v čase, a tak pokud se alternace vyskytuje pouze po přechodnou dobu (z klinického hlediska nemá význam), může být chybně detekována jako přítomná. Z tohoto důvodu je vhodné tuto metodu doplnit další metodou, která by nám umožnila sledovat vývoj variací vlny T v čase. Jako potenciálně vhodnou se ukázala být modifikace spektrální metody pro průběžné odečítání hodnot v čase. Její výhodou je snadná realizovatelnost, nevýhodou neexistence jakýchkoliv pravidel klasifikace a nepropracovaná metodika vyhodnocování TWA touto metodou. Zdáli má tato metoda budoucnost, by se mohlo ukázat po otestování na větším množství klinicky získaných signálů a vytvoření propracované metodiky vyhodnocování.

## LITERATURA

- [1] Hunt, A. C.: T Wave Alternans in high arrhythmic risk patients: Anlysis in time and frequency domains: A pilot study, c2002, poslední revize 12.3.2002 [cit.2005-5-8]. Dostupné na: <<http://www.biomedcentral.com/1471-2261/2/6>>

započítávaly frekvence, na kterých by se mohl vyskytovat např. Pohybový artefakt, stejně tak hodnota na relativní frekvenci 0,5 by byla ovlivněna hodnotami na frekvencích jí blízkých). Aby byl počet získaných hodnot  $V_{alt}$  roven celkovému počtu analyzovaných cyklů, jsou cykly chybějící na konci doplňovány z počátku signálu.

Jelikož se jedná o pouhý doplněk klasické