

# HEART RATE VARIABILITY IN STRESS-TEST

Karol ŠKRTEL, Bachelor Degree Programme (3)  
Dept. of Biomedical Engineering, FEEC, BUT  
E-mail: xskrte00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Prof. Ivo Provazník

## ABSTRACT

The project deals with recording and analysis of electrocardiography (ECG) signals. It means create endurance experiment, measure out sufficient data, compute heart rate variability and evaluate results. To specialize signals will be measured without physical activity and then in different degrees of physical endurance. Important is to compute heart rate variability, numeric and graphic, and detect its changes in cycle time by remaining endurance.

## 1 ÚVOD

Cílem projektu bylo navrhnout způsob výpočtu a prezentace variability srdečního rytmu na základě měření elektrokardiografického (EKG) signálu za měnících se podmínek. Variabilita srdečního rytmu je zde chápána jako celková proměnlivost reprezentovaná změnami ve frekvenci opakování srdečního stahů v (obvykle delším) časovém úseku. Předmětem výzkumu v projektu byla variabilita podmíněná zátěží, tzn. měření frekvence elektrické aktivity srdce měnící se fyziologicky za přesně definovaných podmínek.

K realizaci cílů projektu bylo nutné navrhnout postup klidového i zátěžového experimentu, experiment opakovaně realizovat k získání dostatku relevantních dat. Po té byla naměřená data automaticky vyhodnocena a výsledná variabilita srdečního rytmu byla prezentována. Variabilita srdečního rytmu byla zkoumaná za tzv. normálního stavu (bez fyzické zátěže) a pak postupně v různých stavech, kdy zkoumaný subjekt vykonával různou fyzickou zátěž. Výsledky projektu mají význam pro vývoj metod analýzy EKG signálu se zaměřením na sledování patologických změn ve jeho rytmu.

## 2 METODY

Srdeční rytmus lze z delšího časového hlediska charakterizovat několika různými parametry. Nejčastěji používaným parametrem je srdeční frekvence (SF), definovaná jako počet srdečních cyklů za jednu minutu. Jednotlivé srdeční cykly jsou reprezentovány detekovanými QRS komplexy. Jednotka srdeční frekvence je počet stahů za minutu - bpm (beats per minute).

Při výpočtu a analýze variability srdečního rytmu je často vhodné sledovat i variabilitu

některých jiných význačných parametrů EKG signálu. K nejdůležitějším patří velikost R-vlny, měřené jako rozdíl napětí na vrcholu R-vlny a v úseku nulové isolinie signálu. Na rozdíl od srdeční frekvence, která charakterizuje srdeční rytmus v rámci celého cyklu, velikost R-vlny charakterizuje srdeční činnost v jednom daném okamžiku.

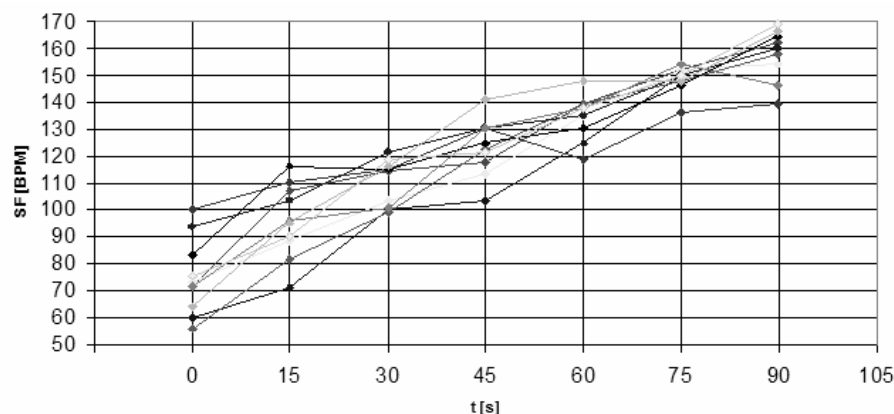
V experimentu a následné analýze byla předpokládaná změna, resp. zvýšení srdeční frekvence při zátěži, kdy je organismus zkoumaného subjektu nucen zvýšit srdeční výdej. V experimentu je nutné fyzickou zátěž reprezentovat časovým intervalem, kdy je aplikována. Jako fyzická zátěž byla zvolena jednoduché přerušované provádění dřepů se záznamem EKG signálu v mezičasech. V praxi je fyzická zátěž realizována metodami, při nichž lze dosáhnout vyšší míry reprodukovatelnosti. Pro výzkumné účely však postačil zjednodušený model zátěže.

Pro měření signálů EKG byl použit profesionální systém Biopac Student Lab s měřicí jednotkou MP35 (Biopac, Ltd., USA).

### 3 VÝSLEDKY

V zátěžovém experimentu byl zvolen soubor 10 subjektů – zdravých jedinců mužského pohlaví ve věku 20 až 23 let. Soubor zahrnoval jedince s rozdílnou sportovní aktivitou od 0 do 15 hodin týdně, kuřáky i nekuřáky. Vyšetřovaní jedinci realizovali fyzickou zátěž prováděním hlubokých dřepů s auto- i vizuální kontrolou. Fyzická zátěž byla aplikována opakovaně, celkem 6x po 15 vteřinách. Vlastní záznam EKG signálu byl prováděn před experimentem a po každém provedení cviku. V naměřených EKG signálech byly vyznačeny jednotlivé srdeční cykly, vypočteny okamžité srdeční frekvence a nakonec průměrná srdeční frekvence pro každý 15-ti vteřinový úsek.

Výsledky výpočtu srdeční frekvence a potažmo variability srdečního rytmu jsou dokumentovány na obrázku 1, který je příkladem pro všech deset subjektů. Horizontální osa odpovídá době provádění experimentu, vertikální pak srdeční frekvenci ve stazích za minutu. Z grafu vyplývá, že vlivem fyzické zátěže srdeční frekvence roste a to v prvních 90 vteřinách téměř lineárně.



**Obr. 1:** Variabilita srdečního rytmu u vyšetřovaných subjektů

Obecně lze říci, že nárůst SF je vizuálně prokazatelný již po prvních 15 vteřinách experimentu, kde SF narostla v průměru o 21 bpm. Průměrná hodnota srdeční frekvence v klidu (kontrolní hodnota před experimentem) byla 74,8 bpm.

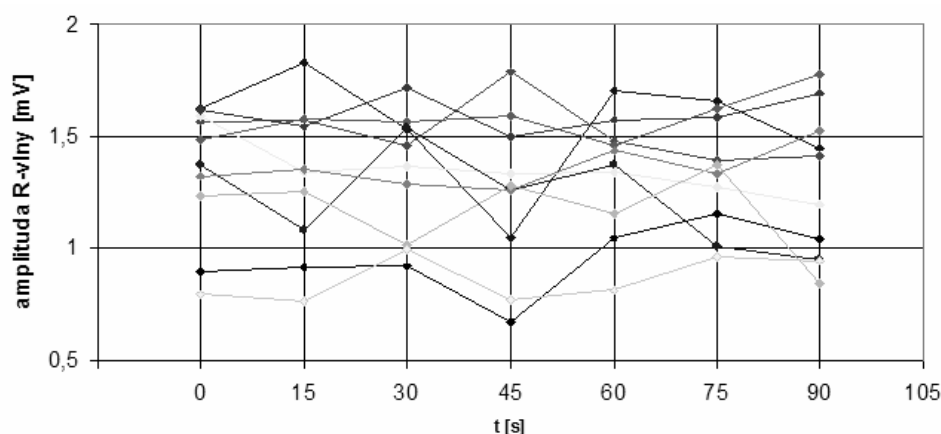
Zajímavým ukazatelem hodnocení je rozdíl srdeční frekvence v určitém okamžiku experimentu a kontrolní hodnoty. Např. po 90 vteřinách vykonávání fyzické aktivity byla průměrná SF 157,9 bpm, což je v průměru nárůst srdeční frekvence o 83,1 bpm. Při podrobnější analýze měření jednotlivých subjektů je možné potvrdit vliv faktorů (kuřáctví, sportovní výkonnost) na průběh SF (viz [2]). Výsledky změny srdeční frekvence pro jednotlivé subjekty jsou uvedeny v tabulce 1.

Osoba	-	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	průměr
Rozdíl	bpm	100,0	90,3	80,7	102,0	39,5	66,3	81,0	74,9	102,5	93,6	83,1

**Tab. 1:** Variabilita srdečního rytmu mezi kontrolou a 90. vteřinou experimentu

Během měření se zjištěná variabilita srdečního rytmu mezi kontrolou a 90. vteřinou pohybovala v rozmezí od 39,5 bpm do 102,5 bpm.

Fyzická aktivita nemá podle výsledků analýz prokazatelný jednoznačný vliv na velikost R-vlny. U různých subjektů sice docházelo k významným změnám, jejich charakter byl však silně individuální (viz obrázek 2).



**Obr. 2:** Variabilita R-vlny u vyšetřovaných subjektů

#### 4 DISKUSE

Metodika měření EKG signálů a výpočtu srdeční frekvence a její variability je poměrně rozsáhlá a nabízí množství problémů k řešení. Projekt byl zaměřen na analýzu změny srdeční frekvence a velikosti R-vlny v průběhu zátěžového testu v experimentálním prostředí. Výsledkem je prokázání téměř lineární závislosti srdeční frekvence v čase při konstantní zátěži v první fázi experimentu. Zároveň nebyla prokázána jednoznačná nenáhodná závislost velikosti R-vlny na zátěži.

#### LITERATURA

- [1] Honzík, N., Honzík, P.: Biologie člověka, Vysoké učení technické v Brně, VUTUM, 2000
- [2] Škrtel, K.: Variabilita srdečního rytmu při zátěži, [Semestrální projekt 2], Brno