



České vysoké učení technické  
v Praze  
Fakulta biomedicínského inženýrství



Úloha KA02/č. 3:

## Principy a aplikace defibrilátorů

### Metodický pokyn pro vyučující se vzorovým protokolem

Ing. Grünes Richard, Ph.D.  
(grunes@fbmi.cvut.cz)

#### Poděkování:

Tato experimentální úloha vznikla za podpory Evropského sociálního fondu v rámci realizace projektu „Modernizace výukových postupů a zvýšení praktických dovedností a návyků studentů oboru Biomedicínský technik“, CZ.1.07/2.2.00/15.0415.

Období realizace projektu 11. 10. 2010 – 28. 2. 2013.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

## Principy a aplikace defibrilátorů (metodický podklad)

### Motivace a cíl

Úloha má studenty seznámit s principy a funkcí defibrilátorů používaných v klinické praxi. Studenti si sami vyzkouší aplikaci defibrilačního pulzu a pomocí analyzátoru defibrilátorů si ověří jeho předvolené parametry. Na zaznamenaném průběhu defibrilačního pulzu si mohou ověřit své teoretické znalosti o jeho tvaru a dosažených hodnotách.

### Předpoklady

Studenti by měli před samotným měřením prostudovat návody použitých typů defibrilátorů a analyzátoru defibrilátorů. Pro realizaci úkolu 4 laboratorní úlohy by studenti měli mít znalost ovládání a nastavování osciloskopu s ukládáním signálu do paměti. Studenti by měli projevit znalost ovládání a používání osciloskopu, bez této znalosti nejsou schopni proměřit úkol 4 laboratorní úlohy. Studenti by měli znát funkci napěťového děliče a vztahy pro výpočet úbytku napětí na obou odporech děliče.

### Postup přípravy studentů

Nejčastější chyby studentů při práci na osciloskopu jsou špatně nastavená měřítka časové i napěťové osy. Studenti si často zakreslují pouze šum a ne vlastní signál. Dále si studenti tato měřítka nezapisují a ztrácejí tak informace o velikosti dosažených napětích průběhu signálu a o jeho trvání v čase. Zpětně pak signál nejsou schopni popsat a zrekonstruovat. Pokud jsou součástí výstupu úlohy grafy, je potřeba trvat na tom, aby studenti správně popsali osy a dosadili odpovídající hodnoty. Je třeba studentům vysvětlit jak se osciloskop do obvodu zapojuje a k jakému účelu je v měření určen. Velmi často jej totiž studenti zapojují v sériovém zapojení.

### Požadavky

**POZOR pracuje se zde s výboji o velké energii a hrozí zde zásah elektrickým proudem. Pedagog by měl kontrolovat a schvalovat veškeré úkony, které studenti provádí. Během měření dejte pozor na to, aby studenti při aplikaci výboje nepřerušili kontakt mezi elektrodami defibrilátoru a elektrodami analyzátoru, došlo by tak k přeskočení jiskry a k poškození (popálení) plochy**

**elektrod. Zároveň dejte pozor, aby se elektrody defibrilátoru vzájemně nedotýkaly okraji při aplikaci výboje.**

Každý student by si měl vyzkoušet aplikaci defibrilačního pulzu s vlastním nastavením a pomocí analyzátoru ověřit správnost těchto hodnot. Na každém použitém přístroji (defibrilátoru) by studenti měli provést bezpečnostní technickou kontrolu.

### **Slovník pojmů**

ICD – Implantable Cardioverter-Defibrillator (implantabilní defibrilátor)

MTE, BTE – Monophasic, Biphasic Truncated Exponential pulse (monofázický/bifázický zkosený exponenciální pulz)

DSW – Damped Sine Wave (tlumený tvar defibrilačního pulzu)

DMT, DBT – Damped Monophasic, Biphasic Truncated pulse (tlumený defibrilační pulz časově omezený)

TEPs – Transcutaneous External Cardiac Pacing (transkutánní (zevní) stimulace)

ATP – Antitachycardia pacing (antitachykardická stimulace)

R-R interval – časová vzdálenost R vln EKG signálu

### **Obsah a cíl měření**

Cílem tohoto měření je seznámit se s funkcí defibrilátorů v režimu defibrilace i v režimu transkutánní stimulace. Pomocí analyzátoru defibrilátorů proměřit a ověřit parametry a tvary stimulačních pulzů pro různá nastavení přístroje. Jako velmi důležitý doplněk je zařazeno měření na defibrilátoru pomocí elektro-revizního přístroje.

### **Úkoly měření**

Před vlastním měřením se seznamte s obsluhou a součástmi dostupných defibrilačních přístrojů (např. CardioServ, GE Healthcare [3.8] a BeneHeart D3, Mindray [3.9]) a analyzátoru defibrilátorů (DA-2006, BC Biomedical [3.7]). Studenti by všechny kroky během měření měli konzultovat se cvičícím, ten by jim jednotlivé kroky měl odsouhlasit. Pracujte s návody k obsluze [3.8] a [3.9] dostupnými na webových stránkách předmětu.

- 1) Pomocí analyzátoru defibrilátorů porovnejte nastavené a naměřené parametry defibrilačního pulzu pro více nastavení v rozsahu přístroje (nejméně

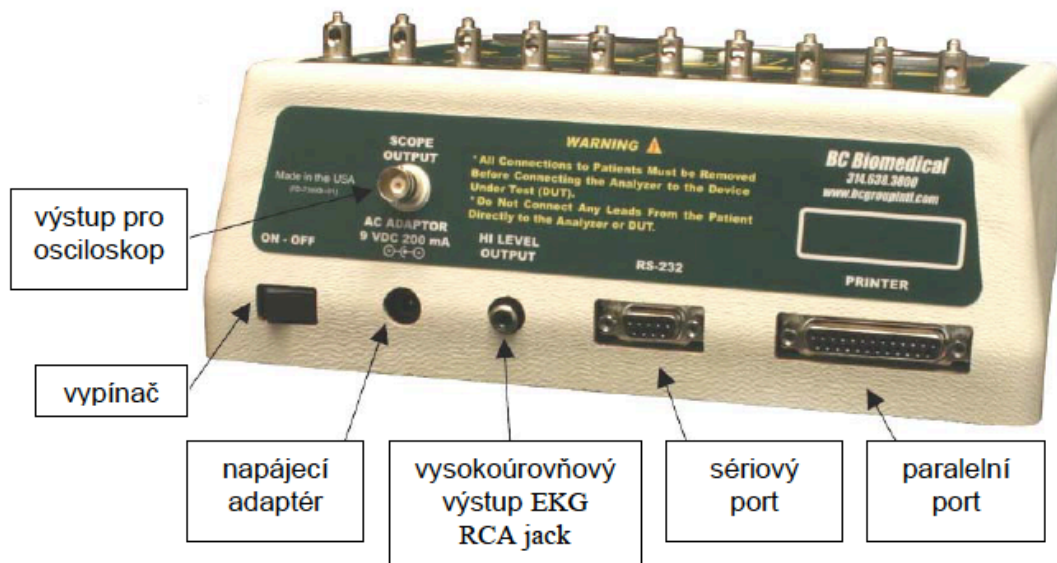
pro 5 hodnot energie). Defibrilační pulzy porovnejte mezi jednotlivými přístroji a naměřené průběhy zakreslete.

- 2) Změřte dobu nabíjení kondenzátorů defibrilátoru.
- 3) Analyzátor defibrilátorů nastavte do módu „simulátor EKG“ a na monitoru defibrilátoru sledujte různé naprogramované srdeční arytmie. Dále přepněte analyzátor do režimu „Cardioversion test“. Nastavte podle uživatelské příručky defibrilátoru režim synchronizované kardioverze (výboj synchronizovaný s nejbližší R-vlnou) a proměřte parametry synchronizovaného výboje pomocí analyzátoru.
- 4) Proměřte parametry a průběh pulzu externího defibrilátoru v režimu transkutánní stimulace připojeného pomocí přípravku k osciloskopu. Naměřené parametry pulzu porovnejte s parametry pulzů z bodu měření 2) a 3). Pro různé opakovací frekvence pulzů ověřte shodnost parametrů pulzu transkutánní stimulace pro jedno nastavení velikosti stimulačního proudu.
- 5) Pomocí elektrorevizního přístroje (MEDITEST 50) změřte unikající proudy příložnou částí. Vytvořte protokolární záznam o provedených měřeních a bezpečnostně-technické kontrole defibrilačního přístroje.

## Postup měření

Ad úkol 1)

Pomocí přepínače na zadní straně analyzátoru jej uveďte do provozu, Obr. 3.7. Podle Vámi zvolených energií na defibrilátoru nastavte analyzátor na odpovídající rozsah, Obr. 3.8. Rozsah energie nastavujte pomocí tlačítka „Range“ na „High Range Defibrillator“ pro energie výboje do 1000 J, nebo „Low Range Defibrillator“ pro energie výboje do 50 J. Vyčkejte, až se na displeji analyzátoru objeví hláška „Status: Ready for Defib“, nyní je analyzátor připraven k měření.

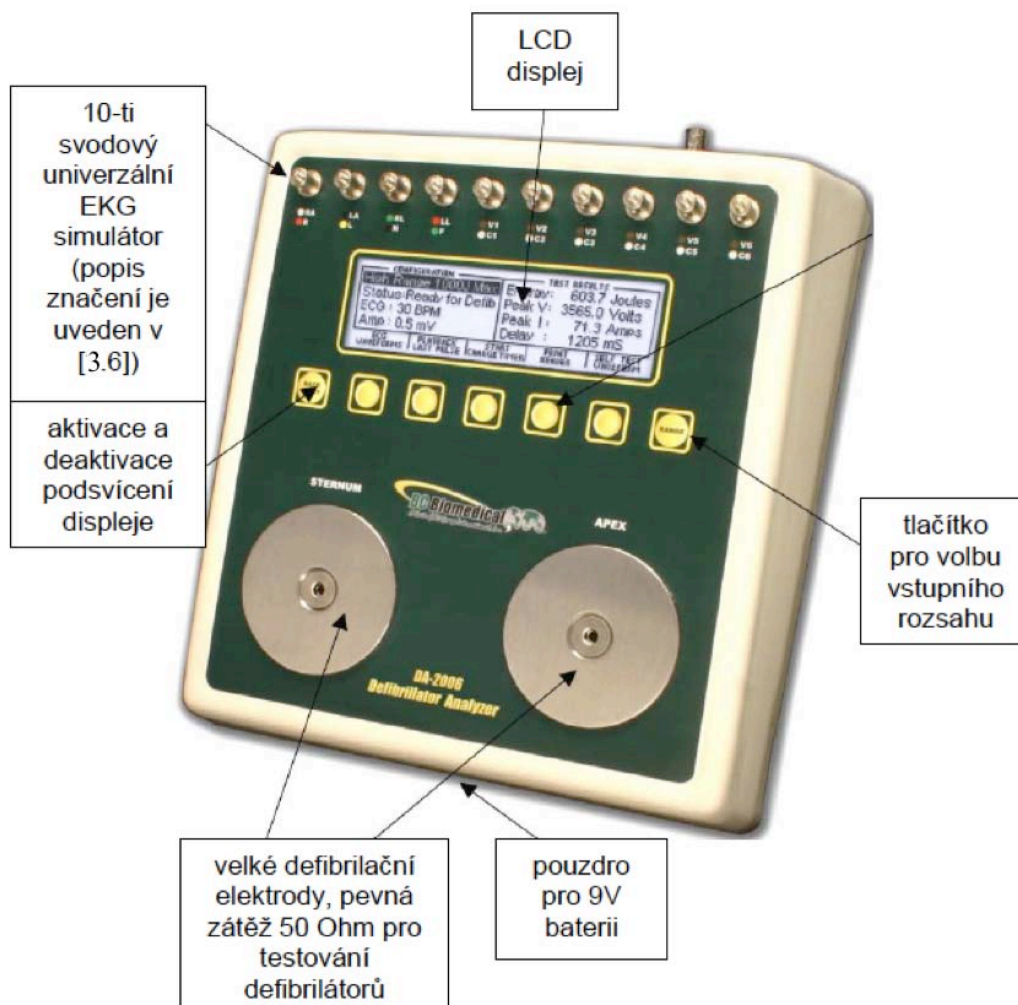


Obr. 3.7: Analyzátor defibrilátorů – pohled na zadní stranu s popisem [3.6]

Na defibrilátoru zvolte hodnotu energie výboje odpovídající navolenému rozsahu na analyzátoru.

**Potřete gelem pro defibrilátory nebo EKG gelem elektrody defibrilátoru (tzv. Paddle), aby nedošlo k popálení povrchů stykových ploch!!!**

Přiložte elektrody defibrilátoru dokonale na elektrody analyzátoru a zmáčkněte tlačítko „Charge“ („Nabij“). V okamžiku zvukové signalizace o nabití defibrilátoru v klidu zmáčkněte pomocí palců současně obě tlačítka „Defib“ („Výboj“) na elektrodách.



Obr. 3.8: Analyzátor defibrilátorů - celkový pohled s popisem [3.6]

Na displeji analyzátoru odečtete a zapište si energii aplikovaného výboje – „Energy“, špičkovou hodnotu napětí – „Peak V“, špičkovou hodnotu proud – „Peak I“ a dobu trvání defibrilačního pulzu. Pomocí tlačítka „Playback last pulse“ se přepnete do grafu časového průběhu defibrilačního pulzu a zakreslete si jeho tvar.

Ad úkol 2)

Přepnete analyzátor pomocí tlačítka „Range“ do režimu „High Range Defibrillator“. Na defibrilátoru nastavte maximální hodnotu energie výboje. Na analyzátoru stlačte tlačítko „Start charge timer“ a během odpočtu na displeji „Charge

Timer Will Begin in“ přiložte elektrody defibrilátoru na elektrody analyzátoru. V okamžiku, kdy odpočet klesne na nulu, stiskněte tlačítko pro nabití defibrilátoru a nechte defibrilátor nabít. Po dokončení nabíjení defibrilátor vybijte pomocí tlačítek pro vybití do analyzátoru. Na displeji analyzátoru odečtěte hodnotu času nabíjení defibrilátoru „Chg Time: xxx.x sec“. Hodnotu porovnejte s údajem výrobce v návodu k obsluze [3.8, 3.9].

Ad úkol 3)

Připojte patientský kabel do konektoru pro vstup EKG na defibrilátoru a jeho druhý konec pomocí patentků na simulované elektrody v horní části přední strany analyzátoru. Dále již pokračujte podle pokynů uživatelské příručky k analyzátoru defibrilátorů. Prohlédněte si všechny dostupné průběhy EKG včetně arytmii.

Podle pokynů v uživatelském návodu k defibrilátoru [3.8, 3.9] nastavte defibrilátor do synchronizovaného režimu a proveďte synchronizovanou kardioverzi dle postupu z bodu 1). Na displeji analyzátoru odečtěte a zapište si energii aplikovaného výboje – „Energy“, špičkovou hodnotu napětí – „Peak V“, špičkovou hodnotu proud – „Peak I“ a dobu trvání defibrilačního pulzu. Pomocí tlačítka „Playback last pulse“ se přepněte do grafu časového průběhu defibrilačního pulzu a zakreslete si jeho tvar.

Ad úkol 4)

K defibrilátoru připojte kabely pro transkutánní stimulaci. Pomocí přípravku „Převodník pro pacing“ připojte stimulační kabely defibrilátoru k osciloskopu. Přípravek je výkonový dělič napětí s rezistory  $R_1 = 52 \Omega$  a  $R_2 = 7 \Omega$ , poměr pro napětí na výstupu je tedy 0,12.

**Přepněte defibrilátor do režimu stimulace „Pacemaker Stimulation“ („KStim“)!!**

Na defibrilátoru nastavte různé hodnoty stimulačního proudu v celém rozsahu hodnot 0-200 mA (pro nejméně 5 hodnot) a na osciloskopu odečtěte parametry pulzu, šířku pulzu, špičkovou hodnotu napětí, opakovací frekvenci pulzů a zakreslete si jejich průběh. Odečtené napětí na osciloskopu nezapomeňte přepočítat pomocí poměru na děliči. Z hodnoty nastaveného proudu a naměřeného napětí vypočítejte energii stimulačního pulzu.





Obr. 3.9: Převodník pro pacing, ukázka připojení stimulátoru a osciloskopu.

Zvolte jednu hodnotu stimulačního proudu a ověřte shodnost parametrů pulzů pro různé opakovací frekvence pulzů nastavené na defibrilátoru (nejméně pro 3 frekvence).

Ad úkol 5)

Bezpečnostně technická kontrola: na základě návodu k obsluze [3.8, 3.9] defibrilačního přístroje a elektro-revizního přístroje Meditest 50 [3.7] nejprve stanovte izolační třídu defibrilátoru a následně proveďte měření elektrické bezpečnosti, které se váže ke stanovené třídě ZP. Zpracujte protokol o BTK, který naleznete na stránce předmětu.

### Použité přístroje a pomůcky

- Monofázický defibrilátor CardioServ (GE Healthcare, USA)
- Bifázický defibrilátor BeneHeart D3 (Mindray, USA)
- Analyzátor defibrilátorů DA-2006 (BC Biomedical, USA)
- Převodník pro pacing (FBMI ČVUT v Praze)
- Digitální přístroj pro kontroly zdravotnických elektrických přístrojů MEDITEST 50 (ILLKO, s.r.o., ČR)
- Digitální osciloskop a propojovací BNC kabel



## Naměřené výsledky

Studenti by měli z laboratorní úlohy vypracovat protokol o měření. Naměřené a vypočtené hodnoty parametrů zapsat do tabulek a průběhy stimulačních a defibrilačních impulzů zakreslit do grafů s popisy os a s odpovídajícím měřítkem.

## Závěr

V protokolu o měření by se studenti měli krátce vyjádřit ke každému bodu měření, vyhodnotit naměřené výsledky a porovnat je s údaji, které uvádí výrobce v návodu k obsluze. Studenti mají určit druh příložené části, s níž přístroj pracuje, třídu (elektrické) izolace a klasifikační třídu ZP.

## Kontrolní otázky k dané problematice

- 1) Popište rozdíly mezi defibrilací a synchronizovanou kardioverzí.
- 2) Kdy se používá antitachykardická stimulace a jak se tato stimulace liší od defibrilace?
- 3) Popište, jak se liší monofázický a bifázický defibrilační pulz.
- 4) S jakým typem zapojení pracuje defibrilátor s tlumeným tvarem defibrilačního pulzu a s jakým defibrilátor s lichoběžníkovým tvarem defibrilačního pulzu?
- 5) Jaký je vztah pro výpočet energie defibrilačního výboje?

## Literatura

- [3.1] Korpas, David. Kardiostimulační technika. 1. vyd. Praha: Mladá fronta, 2011. 206 s.: ISBN 978-80-204-2492-1.
- [3.2] Marcián, Pavel, Klementa, Bronislav, Klementová, Olga. Elektrická kardioverze a defibrilace. Intervenční a akutní kardiologie. Olomouc: Solen, s. r. o., 2011; 10(1): 24-29: ISSN - 1213-807X
- [3.3] Chmelař, Milan. Lékařská přístrojová technika I. Brno: VUT, 1995. 192 s.: ISBN 80-85867-63-X.
- [3.4] Hozman, Jiří, a kol. Praktika z biomedicínské a klinické techniky Vyd. 1. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. 118 s.: ISBN 978-80-01-04025-6 (brož.).
- [3.5] Silbernagl, Stefan. Atlas fyziologie člověka / 6. vyd., zcela přeprac. a rozšíř. Praha: Grada, 2004. 435 s.: ISBN 80-247-0630-X.

- [3.6] Defibrillator Analyzers. DA-2006, DA-2006P W/Pacer Analyzer. User Manual. Rev. 04. St. Louis: BC Biomedical, 2006. 78 s.
- [3.7] Digitální přístroj pro kontroly zdravotnických elektrických přístrojů MEDITEST 50 (ILLKO, s.r.o., ČR). Návod k používání přístroje. 2007.
- [3.8] CardioServ. Návod k obsluze. Verze 4.2. GE Medical Systems. 227 446 43 CZE Revize I. leden 2007
- [3.9] BeneHeart D3. Defibrillator/Monitor. Operator's manual. Shenzhen Mindray Bio-Medical Electronics Co., Ltd. May 2011

## PRINCIPY A APLIKACE DEFIBRILÁTORŮ

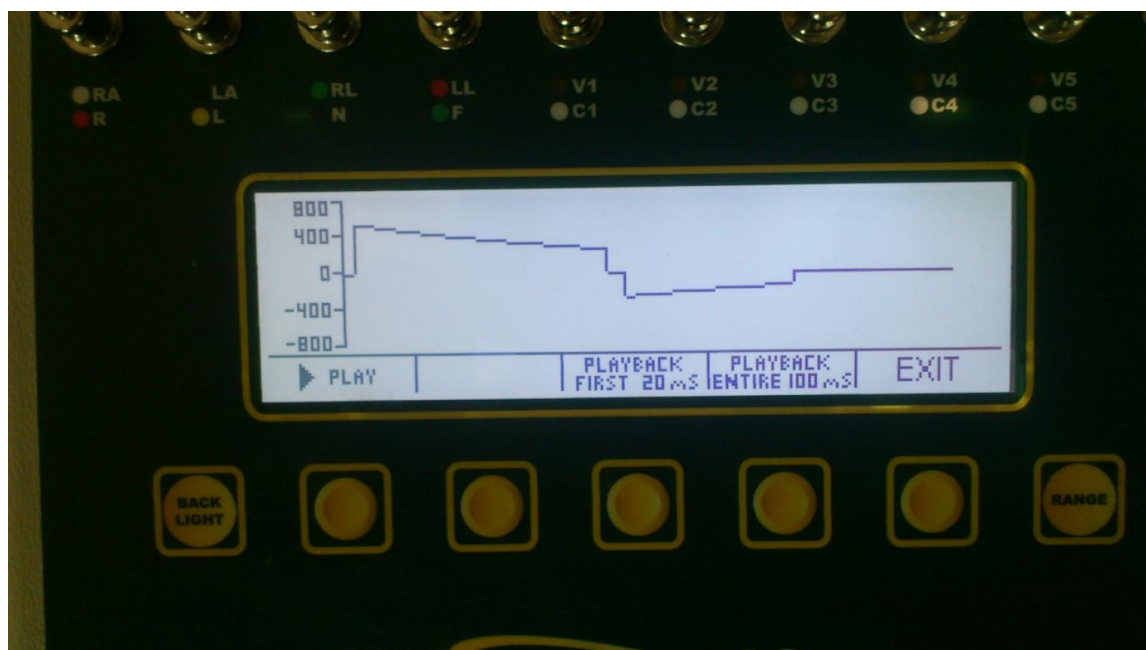
### ZADÁNÍ:

- Zobrazte průběh pulzu externího defibrilátoru pomocí osciloskopu pro různé hodnoty proudu a tepové frekvence.
- Pomocí analyzátoru porovnejte nastavené a naměřené hodnoty defibrilačního pulzu pro více nastavení v rozsahu přístroje.
- Průběhy pulzů porovnejte mezi jednotlivými přístroji a zakreslete jejich průběh.
- Změřte dobu nabíjení kondenzátorů defibrilátoru.
- Proměřte parametry synchronizovaného výboje pomocí analyzátoru.

### VYPRACOVÁNÍ:

Tabulka 1: Porovnání nastavených a naměřených parametrů defibrilačního pulzu

Měření	1	2	3	4	5
Navolená energie	20 J	50 J	100 J	200 J	360 J
Energie	18,2 J	46,2 J	91,2 J	185,6 J	327,5 J
Peak V	421 V	681,5 V	945 V	1352,5 V	1800 V
Peak I	8,4 A	13,4 A	18,9 A	27,1 A	36 A
Čas	2,5 s	2,5 s	2,9 s	4,7 s	6,9 s



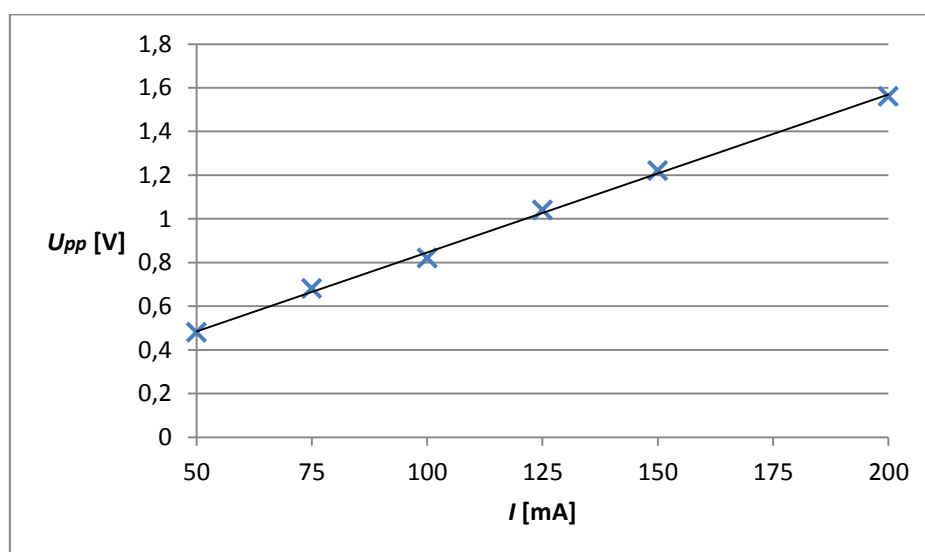
Obrázek 1: Záznam průběhu defibrilačního pulzu defibrilátoru BeneHeart D3.

Tabulka 2: Naměřené hodnoty nabíjecí energie na defibrilátoru a analyzátoru spolu s údaji o napětí, proudu, tep. frekvenci a doby pulzu udávanými analyzátořem po aplikaci výboje.

Range: 50 J max					
$E_{def}$ [J]		$U_{ss}$ [V]	$I_{ss}$ [A]	$t_{pulz}$ [ms]	BPM[tep//min ]
defibrilátor	analyzátor				
20	18,2	421	8,4	10	80
50	46,2	671,5	13,4	10	80
Range: 1000 J max					
$E_{def}$ [J]		$U_{ss}$ [V]	$I_{ss}$ [A]	$t_{pulz}$ [ms]	BPM[tep//min ]
defibrilátor	analyzátor				
100	91,2	945	18,9	10	80
200	185,6	1352,5	27,1	10	80
360	327,5	1800	36	10	80

Tabulka 3: Parametry pulzu defibrilátoru pro různé hodnoty proudu

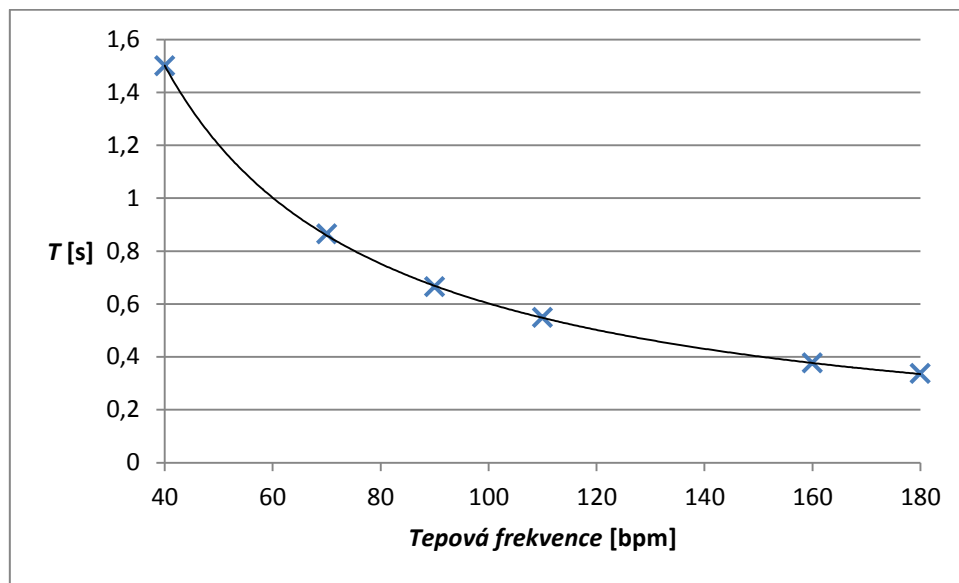
Měření	I [mA]	T [ms]	U <sub>pp</sub> [V]	Δt [s]	Energie stim. pulzu [J]
1	50	45	0,480	1,2	0,001
2	75	40	0,680	1,2	0,002
3	100	40	0,820	1,2	0,003
4	125	40	1,04	1,2	0,005
5	150	40	1,22	1,2	0,007
6	200	42	1,56	1,2	0,013



Obrázek 2: Graf závislosti výstupního napětí na velikosti stimulačního proudu.

Tabulka 4: Parametry pulzu defibrilátoru pro různé tepové frekvence

Měření	I [mA]	Tepová frekvence [bpm]	T [s]	U <sub>pp</sub> [V]	Δt [ms]	Energie stim. pulzu [J]
1	200	40	1,500	1,52	40	0,456
2	200	70	0,864	1,54	40	0,266
3	200	90	0,664	1,56	40	0,207
4	200	110	0,548	1,58	40	0,173
5	200	160	0,376	1,58	20	0,119
6	200	180	0,336	1,54	20	0,103



Obrázek 3: Graf závislosti frekvence opakování (perrody) na velikosti tepové frekvence.

Tabulka 5: Porovnání dvou různých defibrilátorů a jejich naměřené parametry.

	E [J]		U <sub>šš</sub> [V]	I <sub>šš</sub> [A]
	defibrilátor	analyzátor		
defibrilátor CardioServ	50	49,3	1117,5	22,4
defibrilátor BeneHeart D3	50	46,2	671,5	13,4

**POMŮCKY:**

- digitální osciloskop Agilent Technologies a propojovací BNC kabel
- defibrilátor CardioServ, GE HealthCare
- defibrilátor BeneHeart D3, Mindray
- převodník pro pacing (ČVUT v Praze)

**ZÁVĚR:**

V této úloze jsme porovnávali pomocí analyzátoru defibrilátoru hodnoty naměřené s nastavenými hodnotami a parametry defibrilačního pulzu. Hodnoty energií se se vzrůstající požadovanou energií zvyšují a chyba měření tedy vzrůstá. Tento rozdíl bude pravděpodobně způsobený chybou defibrilátoru.