

ÚSPĚŠNOST EXTERNÍ ELEKTRICKÉ KARDIOVERZE BIFÁZICKÝM REKTLINEÁRNÍM VÝBOJEM U PACIENTŮ S FIBRILACÍ SÍNÍ, VLIV IMPEDANCE HRUDNÍKU NA AKUTNÍ EFEKTIVITU KARDIOVERZE

Pavel Marcián¹, Jan Lukl², Jana Zapletalová³

¹Kardiochirurgická klinika FN Olomouc, LF UP Olomouc

²I. interní klinika FN Olomouc, LF UP Olomouc

³Ústav lékařské biofyziky, LF UP Olomouc

Účel studie: Hlavním cílem studie bylo zjistit efektivitu bifázického rektilineárního výboje při externí elektrické kardioverzi pacientů s perzistující fibrilací síní (FS). Vedlejším cílem bylo zhodnocení faktorů, které úspěšnost kardioverze ovlivňují, a to zejména impedanci hrudníku.

Použité metody: Ze souboru 244 pacientů, u kterých bylo provedeno celkem 439 externích elektrických kardioverzí s použitím defibrilátoru s možností podání bifázického rektilineárního výboje, byla retrospektivně i prospektivně shromážděna data z provedených výkonů za období od VII/2001 do X/2005, která byla dále statisticky zpracována. Byla sledována jak jednotlivá, tak kumulativní efektivita podaných výbojů ve verzi na sinusový rytmus (SR), dále vztah impedance a úspěšnosti verze na SR a konečně i hodnoty skutečně podané energie a proudu dodaného defibrilátorem.

Výsledky: Kumulativní efektivita externí elektrické kardioverze bifázickým rektilineárním výbojem v obnovení sinusového rytmu v našem sledování byla 93,6 %. Se stoupající velikostí energie (resp. proudu) výboje narůstá úspěšnost kardioverze na SR ($p < 0,0001$, $p = 0,001$). U pacientů vyžadujících větší počet výbojů pro úspěšnost kardioverze na SR byla zjištěna statisticky vyšší hodnota impedance hrudníku ($p = 0,004$). Také při srovnání skupiny nemocných s použitou vstupní energií 50 J byla u skupiny s neúspěšnou kardioverzí zjištěna statisticky vyšší hodnota impedance hrudníku ($p = 0,008$).

Závěry: Efektivita externí kardioverze FS bifázickým rektilineárním výbojem v našem sledování dosahuje 93,6 % a převyšuje tak literárně udávanou efektivitu monofázických výbojů. Jedním z faktorů, které mají významný vliv na úspěšnost elektrické externí kardioverze FS na SR je hodnota impedance hrudníku, kterou je možno mimo jiné ovlivnit důsledným používáním gelu a kvalitním tlakem defibrilačních pádel na hrudník.

Klíčová slova: fibrilace síní, bifázická kardioverze, impedance hrudníku.

SUCCESS RATE OF EXTERNAL ELECTRICAL CARDIOVERSION WITH BIPHASIC RECTILINEAR SHOCK IN PATIENTS WITH ATRIAL FIBRILLATION, INFLUENCE OF CHEST IMPEDANCE ON ACUTE EFFECTIVENESS OF CARDIOVERSION

Purpose of study: The main goal of the study was to determine the effectiveness of biphasic rectilinear shock during external cardioversion in patients with persistent atrial fibrillation (AF). An additional goal was to assess the factors which influence cardioversion success rate, in particular chest impedance.

Method: From a cohort of 244 patients, in whom a total of 439 external electrical cardioversions was performed using the Biphasic Defibrillator, data on the procedures performed between July 2001 and October 2005 were collected both retrospectively and prospectively and further statistically processed. Both individual and cumulative effectiveness of the shocks delivered in version to sinus rhythm (SR), the relation between impedance and success rate of version to SR, and the actual energy and current levels delivered by the defibrillator were studied.

Results: The cumulative effectiveness of external electrical cardioversion with biphasic rectilinear shock in recovery of the sinus rhythm (SR) is 93.6 %. The success rate of cardioversion to SR increases with an increasing amount of the energy (current) delivered ($p < 0.0001$, $p = 0.001$). In patients requiring a greater number of shocks for the cardioversion to SR to be successful, a statistically higher level of chest impedance was detected ($p = 0.004$). When patients in the group with an input energy of 50 J were compared, a statistically higher level of chest impedance was also detected in the unsuccessful cardioversion group ($p = 0.008$).

Conclusions: The effectiveness of external cardioversion of AF with biphasic rectilinear shock reaches 93.6 % and exceeds the effectiveness of monophasic shocks reported in the literature. One of the factors which significantly contribute to the success rate of electrical external cardioversion of AF to SR is the level of chest impedance which may be, among other things, affected by a consistent use of gel and adequate pressure of the defibrillator paddles on the chest.

Key words: atrial fibrillation, biphasic cardioversion, chest impedance.

Interv Akut Kardiolog 2006;5:67–72

MUDr. Pavel Marcián

Kardiochirurgická klinika FN Olomouc, LF UP Olomouc, I. P. Pavlova 6, 770 02 Olomouc
e-mail: pavelmancian@post.cz

Článek přijat redakcí: 20. 2. 2006
Článek přijat k publikaci: 21. 3. 2006

Úvod

Fibrilace síní (FS) je nejčastější arytmií v populaci s průměrnou prevalencí pohybující se kolem 0,5 %⁽¹⁾. Její výskyt stoupá s věkem, kdy v osmém deceniu prevalence dosahuje až 10 %⁽²⁾. Nemocní s FS jsou ohroženi jejími důsledky, jako např. trombembolickými příhodami⁽³⁾ nebo tachykardickou kardiomyopatií⁽⁴⁾, které nezávisle na základních srdečních chorobách zvyšují jejich mortalitu až dvojnásobně⁽⁵⁾. Také je prokázáno, že FS snižuje kvalitu života nemocných⁽⁶⁾. Potřeba léčby FS je dána nejen snahou zbavit pacienta obtěžujících symptomů, ale i nutností prevence vzniku nástěnných trombů, zlepšení hemodynamiky spočívající ve zvýšení systolického objemu síňovým přispěvkem a v neposlední řadě předcházení vzniku tachykardické kardiomyopatie, vedoucí ve svém důsledku k rozvoji srdečního selhání. Starší lidé mohou mít příčinou chybějícího síňového přispěvku při FS srdeční slabost i bez tachykardické kardiomyopatie. U nemocných s vážným srdečním onemocněním může i relativně krátký záchvat FS vést k akutní srdeční slabosti a vynutit si akutní provedení kardioverze.

Elektrická kardioverze FS je považována za jednu z nejúčinnějších terapií, přesto je její akutní efekt v případě použití monofázického výboje omezený na zhruba 70–90 % úspěšnost^(7, 8). Jako limitující faktory jsou uváděny především délka trvání FS, velikost levé síně a hodnota odporu (impedance) hrudníku, definovaná většinou nepřímo pomocí „body mass indexu“⁽⁹⁾.

Při znalosti těchto skutečností se v posledních letech hledaly účinnější formy elektrické kardioverze perzistující FS, jako např. použití vyšší energie monofázického výboje⁽¹⁰⁾, interní kardioverze⁽¹¹⁾, a nebo externí kardioverze s použitím bifázického výboje⁽⁹⁾. Účinnost interní kardioverze je v literatuře udávána mezi 75–100 %⁽¹²⁾. Účinnost externí bifázické kardioverze u perzistující fibrilace síní je udávána v několika existujících studiích v rozsahu od 93 do 95 % nemocných^(9, 13).

Jedním z hlavních faktorů úspěšnosti kardioverze je velikost proudu potřebného k defibrilaci příslušné tkáně myokardu. Tento proud je inverzně proporcionální k impedanci hrudníku. Čím je impedance vyšší, tím je nižší transmyokardiální proud a snižuje se šance úspěchu kardioverze^(18, 19, 20). Impedance hrudníku se u běžné populace pohybuje mezi 70–80 ohmů, nicméně u obezných jedinců nebo v přítomnosti emfyzému plic může impedance hrudníku dosahovat i více než 100 ohmů. Nárůst impedance můžeme očekávat i v případě nedostatečného přitlaku defibrilačních pádel na hrudník nebo při jejich insuficientním nagleování.

Soubor nemocných

K zevní bifázické elektrické kardioverzi byli indikováni nemocní s perzistující FS. V případě trvání FS déle než 24 hodin a méně než 48 hodin bez antikoagulační přípravy a v případě FS trvající déle než 48 hodin po třítydenní účinné antikoagulaci nebo vyloučení trombu pomocí transezofageální echokardiografie (TEE).

Vstupní kritéria:

1. FS trvající déle než 24 hodin a méně než 1 rok
2. věk nad 18 let.

Vylučovací kritéria:

1. prodělaný akutní infarkt myokardu nebo cévní mozková příhoda v posledním měsíci
2. flutter síní I. typu
3. FS z přechodných reverzibilních příčin (tyreotoxikóza, perikarditis, postkardiokirurgická FS, kardiopatie vhodná pro intervenční nebo chirurgickou korekci)

4. tachy-brady syndrom nebo AV blokáda 2. nebo 3. stupně dokumentované před vznikem FS
5. klinické příznaky digitalisové intoxikace nebo abnormálně vysoká hladina digoxinu v séru (nad 2,2 µg/l)
6. hyperfunkce štítné žlázy s výjimkou terapie amiodaronem
7. hypo/hyperkalemie či hypomagnezemie (normální hodnoty kalia: 3,6–5,4 mmol/l) (normální hodnoty magnezia: 0,8–1,05 mmol/l)
8. prokázaný trombus v levé síni nebo komoře
9. srdeční slabost NYHA IV
10. klinické kontraindikace perorální antikoagulace
11. implantovaný kardiostimulátor nebo defibrilátor

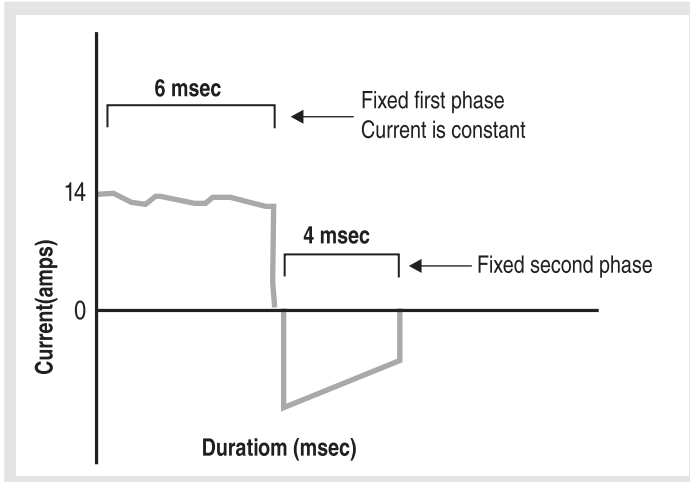
Celkem bylo zařazeno 244 pacientů, u kterých bylo provedeno 439 externích elektrických kardioverzí FS bifázickým rektilineárním výbojem. Z větší části (219 pacientů) pak byla zpětně dohledána dostupná data demografická (věk, pohlaví), data echokardiografická (ejekční frakce (EF), velikost levé síně (LS), stupeň mi-

Tabulka 1. Porovnání charakteristik skupin podle konečného výsledku kardioverze

	pacienti s obnověným srdečním rytmem (SR)	pacienti s fibrilací síní (FS)	signifikance
počet (N)	204	15	
muži/ ženy	118/86 (58%/42%)	11/4 (73%/27%)	0,239 ^a
věk (roky)	64,5 (21–85, SD 11,1)	66,2 (57–77, SD 6,5)	0,579 ^b
LS (mm)	46,4 (29–68, SD 7,5)	45,4 (40–55, SD 6,1)	0,717 ^b
MiR (stupně)	1,50 (0–4, SD 1,2)	1,33 (0–3, SD 1,2)	0,738 ^b
EF (%)	52,8 (15–81, SD 12,4)	49,8 (20–68, SD 15,3)	0,483 ^b

chi-kvadrát test, ^a dvoutýbýrový t-test

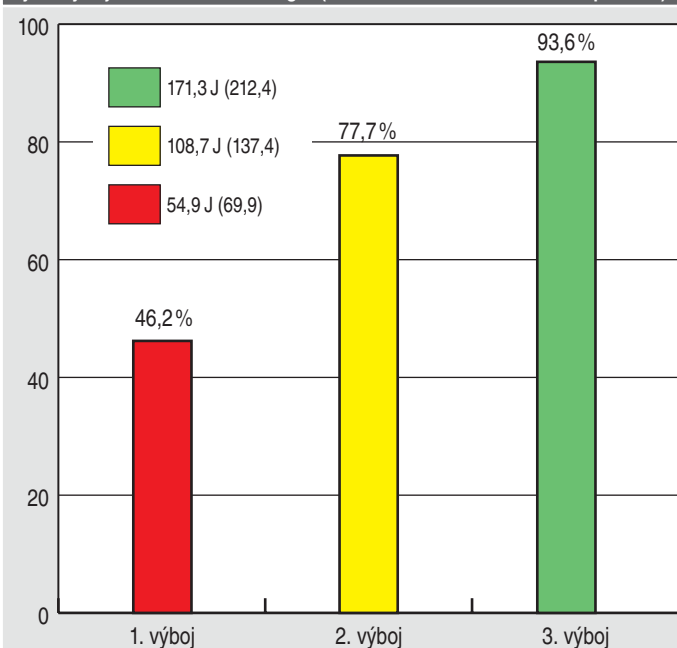
Obrázek 1. Znárodnění průběhu proudu u bifázického rektilineárního defibrilátoru (Zdroj: firemní materiály firmy Zoll)



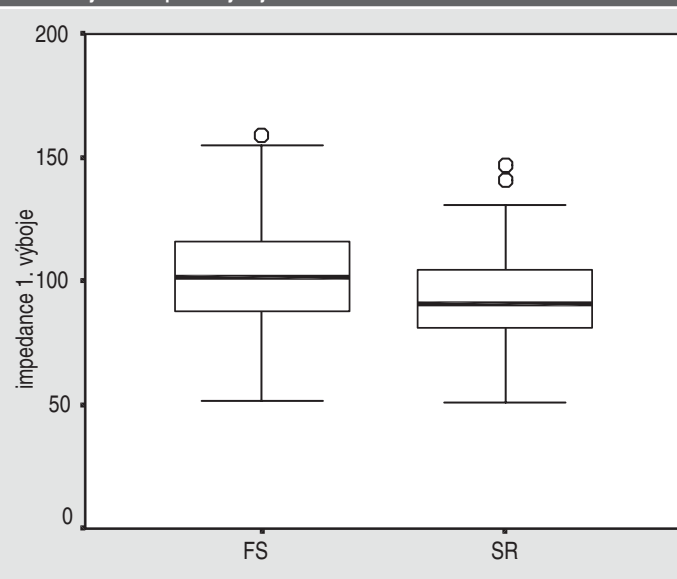
Obrázek 2. Ukázka výpisu z defibrilátoru po úspěšné kardioverzi FS na SR, velká šipka označuje průběh bifázického rektilineárního výboje, malé šipky označují kmit R (synchronizace)



Graf 1. Znázornění rostoucí úspěšnosti kardioverze FS na SR s počtem podaných výbojů a s velikostí energie (v závorce uvedena skutečně podaná)



Graf 2. Výsledek po 1. výboji



trální regurgitace (MiR) i data udávající charakteristiku výboje (proud, energie, skutečně podaná energie, impedance hrudníku). Sledované skupiny případů se nelišily statisticky signifikantně zastoupením podle pohlaví, věkem ani hodnotami parametrů LS, MiR a EF (tabulka 1).

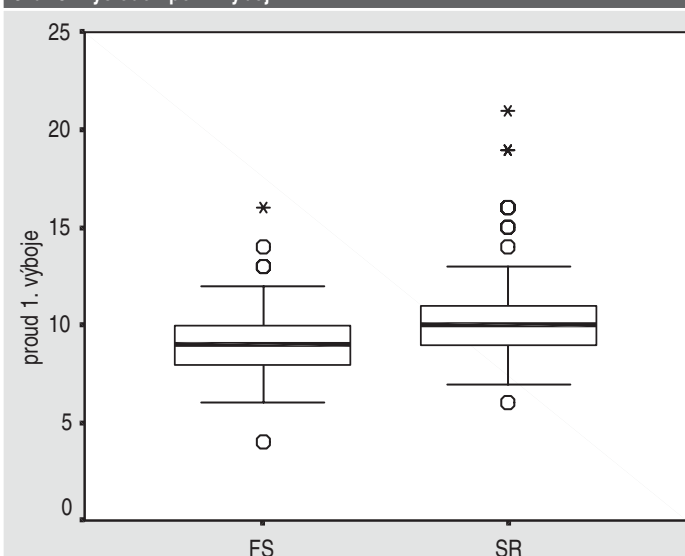
Použité metody

Externí elektrická bifázická kardioverze

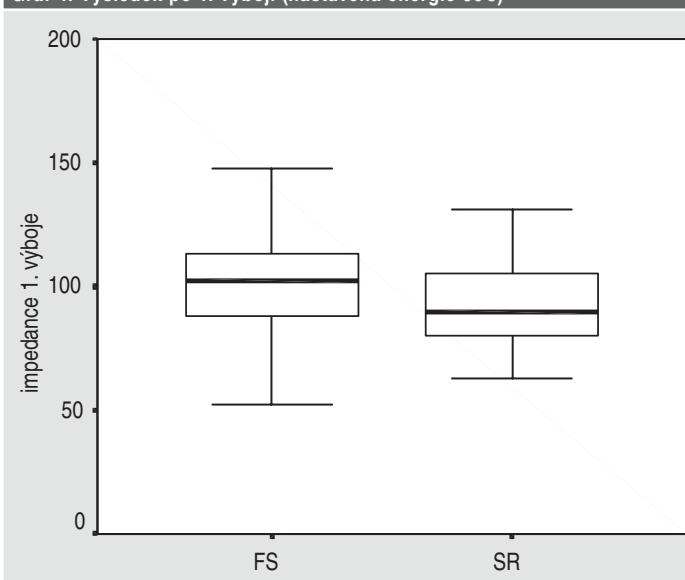
Byla prováděna na lačno, nejdříve 6 hodin po posledním jídle, a to v celkové anestezii (Fentanyl 2 ml i.v. + Hypnomidat 10–20 mg i.v., event. Diprivan 50–200 mg i.v.). K verzi byl používán defibrilátor Zoll M-Series s bifázickým rektilineárním výbojem o maximální energii 200 J (obrázek 1). Verze byla prováděna s anterolaterální konfigurací elektrod, a to ve 3 stupních výboje do maxima 200 J). Výboj byl vždy synchronizován s kmitem R. Před každým výbojem byla změřena za pomoci defibrilátoru impedance hrudníku pacienta.

Bifázický rektilineární výboj (obrázek 1 a 2) stejně jako jiné bifázické výboje využívá průběhu elektrického defibrilačního proudu mezi pádly ve dvou fázích.

Graf 3. Výsledek po 1. výboji



Graf 4. Výsledek po 1. výboji (nastavená energie 50 J)



V první fázi proudí od anteriorní elektrody k laterální a po velmi krátké pauze (tzv. time gap) v trvání 0,001 ms se proud obrací a proudí opačným směrem (druhá fáze). Obě fáze mají fixně nastavené doby trvání, fáze první 6 ms a fáze druhá 4 ms. To, že je tento výboj rektilineární („přímočarý“), znamená, že je v první fázi elektronicky udržována konstantní hodnota proudu.

Definice pojmů v souvislosti s kardioverzí

Verze byla považována za úspěšnou, jestliže se SR po výboji udržel déle než 5 minut.

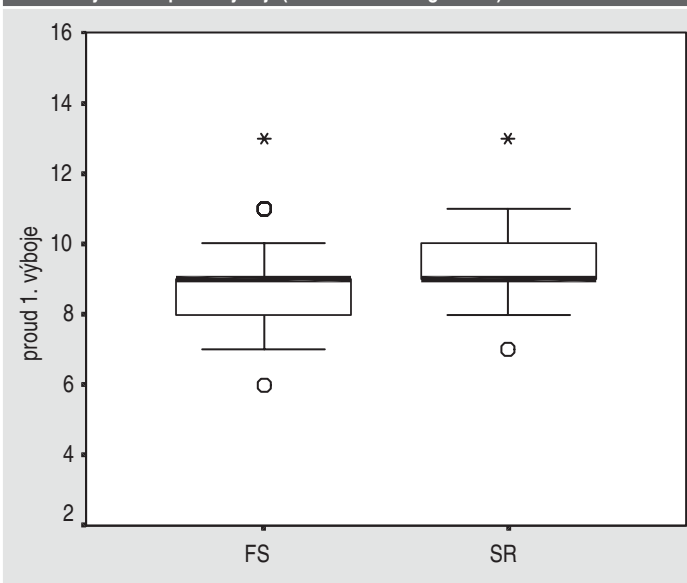
Verze byla považována za neúspěšnou, jestliže se SR neudržel déle než 5 minut po výboji o nejvyšší energii.

Po každé kardioverzi byl nemocný monitorován minimálně 1 hodinu.

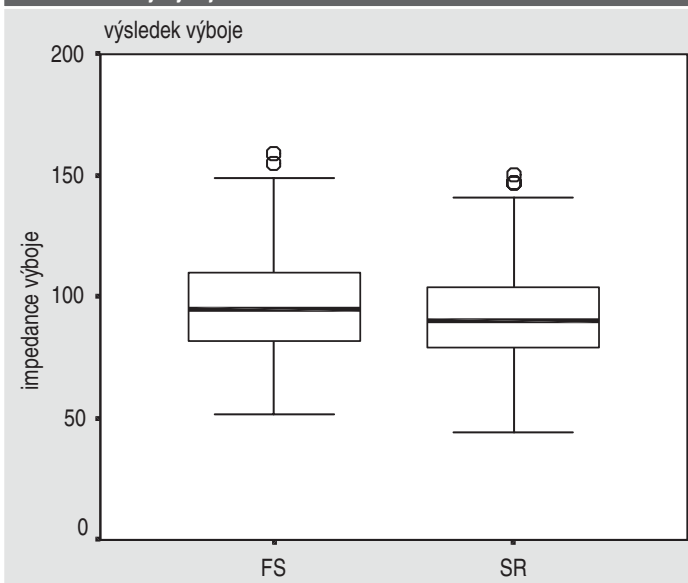
Antikoagulační terapie

Antikoagulační léčba nebyla nutná, pokud byla kardioverze provedena do 48 hodin od začátku FS. Pokud FS sínila trvala déle než 48 hodin, byla před kardioverzí nutná minimálně třítydenní perorální antikoagulace s účinnou hladinou INR v rozmezí 2–3, u valvulárních vad v rozmezí 2,5–3,5. Antikoagulační perorální příprava nebyla rovněž nutná, pokud byl transezofageální echokardiografií vyloučen trombus nebo spontánní echokонтast levé síně. Po každé elektrické

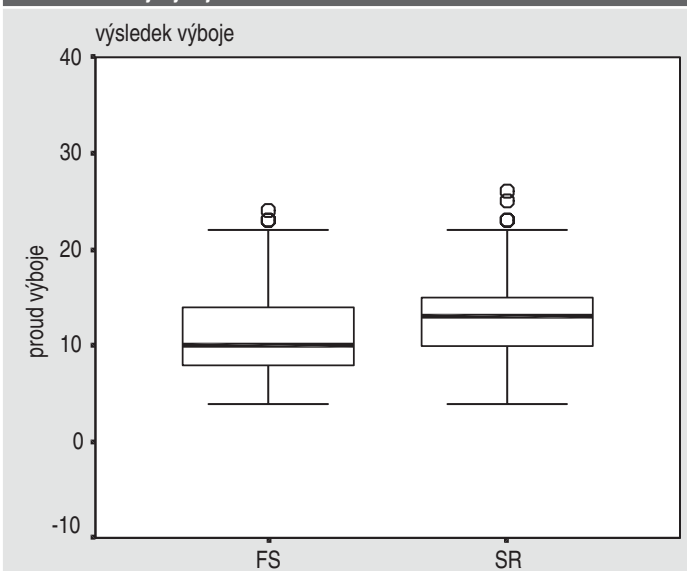
Graf 5. Výsledek po 1. výboji (nastavená energie 50 J)



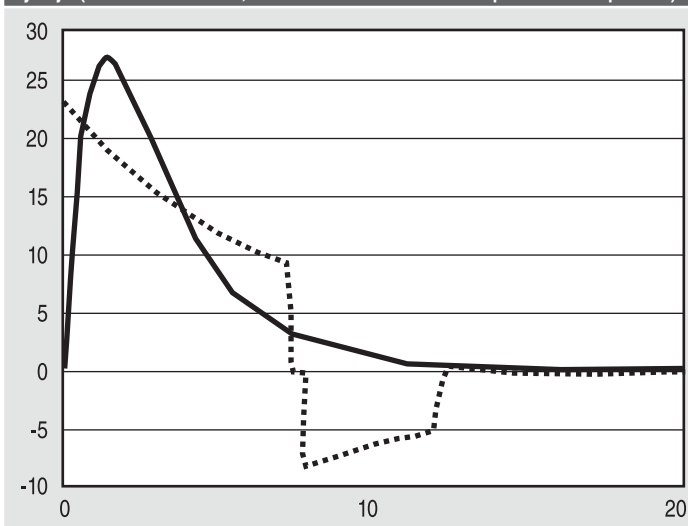
Graf 6. Všechny výboje



Graf 7. Všechny výboje



Obrázek 3. Znárodnění rozdílného průběhu monofázického a bifázického výboje (osa X – čas v ms, osa Y – hodnota velikosti proudu v ampérech)



kardioverzi byla nezbytná minimálně čtyřtýdenní perorální antikoagulace ve výše uvedeném rozmezí INR.

Sledování nežádoucích příhod

Závažné nežádoucí příhody: úmrtí nemocného, resuscitace nemocného, setrvalé komorové tachyarytmie, nově detekovaná asystole (delší než 4 vteřiny) nevedoucí k resuscitaci, synkopa, AV blokáda 2.–3. stupně, sinoatriální blokáda, cévní mozková či jiná tromboembolická příhoda do 1 měsíce po kardioverzi.

Méně závažné nežádoucí příhody

Prodloužení QT nad 520 ms nebo QRS více než na 150 % původní hodnoty bez vzniku torsad nebo setrvalé komorové tachyarytmie. Veškeré další vedlejší účinky, nevyměňované v závažných, které by mohly mít souvislost s kardioverzí, antiarytmiky, eventuálně antikoagulační terapií.

Statistické zpracování

K analýze dat byl použit Chí-kvadrát test (demografická data), dvouvýběrový t-test (demografická data, charakteristiky výboje) a neparametrický Mann-Whitney test (charakteristiky výboje). Za statisticky významné byly považovány rozdíly na hladině $p < 0,05$.

Statistické zpracování dat proběhlo na Ústavu lékařské biofyziky Lékařské fakulty Univerzity Palackého Olomouc. Ke zpracování byl použit statistický software SPSS v. 10.1 (SPSS Inc., Chicago, USA).

Výsledky

V období od července 2001 do září 2005 bylo provedeno celkem 439 elektrických externích bifázických kardioverzí u 244 pacientů s perzistující FS. Úspěšnost verze FS na SR narůstala s velikostí energie (a pochopitelně proudu), která byla dodána při výboji. Po 1. výboji o průměrné hodnotě 54,9 (69,9) J byla úspěšnost 46,2 %, při použití 2. výboje o průměrné hodnotě energie 108,7 (137,4) J byla úspěšnost 77,7 % a v případě potřeby 3 výbojů, kdy byla průměrná energie 171,3 (212,4) J narostla úspěšnost verze na SR až na 93,6 %. První hodnota energie je nastavená na defibrilátoru a druhá (v závorce) je skutečně podaná dle vyhodnocení přístroje (graf 1).

Impedanci, hodnoty proudu a nastavené i skutečně dodané energie se podařilo zjistit u 159 pacientů (223 kardioverzí). Dvouvýběrový t-test prokázal statisticky významné rozdíly mezi výboji úspěšnými (které vedly k normálnímu SR) a výboji neúspěšnými (trvajících či do 5 minut recidivující FS) ve všech charakteristikách výbojů, tj. energii, proudu (nastaveného i skutečně podaného) a impedanci (tabulka 2). Signifikanční rozdíl v proudu a impedanci me-

Tabulka 2. Porovnání charakteristik úspěšných a neúspěšných výbojů

	pacienti s obnoveným srdečním rytmem (SR)	pacienti s fibrilací síní (FS)	signifikance
energie nastavená (J)	108,3 (30–200, SD 53,6)	81,0 (30–200, SD 46,5)	< 0,0001 ^b , < 0,0001 ^c
energie vypočítaná (J)	129,4 (37–260, SD 60,8)	96,1 (32–245, SD 52,9)	< 0,0001 ^b , < 0,0001 ^c
proud (A)	13,0 (4–26, SD 3,9)	10,9 (4–24, SD 3,8)	< 0,0001 ^b , < 0,0001 ^c
impedance (Ω)	91,7 (44–150, SD 19,0)	97,7 (52–159, SD 21,6)	0,004 ^b , 0,006 ^c

^bdvouvýběrový t-test, ^cMann-Whitney test

Tabulka 4. Porovnání charakteristik 1. výboje

	pacienti s obnoveným srdečním rytmem po 1. výboji (SR)	pacienti s fibrilací síní po 1. výboji (FS)	signifikance
energie nastavená (J)	67,3 (30–200, SD 34)	52,2 (30–120, SD 13)	0,0001 ^b , < 0,0001 ^c
energie vypočítaná (J)	81,7 (37–242, SD 40)	63,8 (32–138, SD 15)	0,0001 ^b , < 0,0001 ^c
proud (A)	10,4 (6–21, SD 2,6)	8,8 (4–16, SD 1,7)	< 0,0001 ^b , < 0,0001 ^c
impedance (Ω)	94 (51–147, SD 18,3)	103 (52–159, SD 20,7)	0,002 ^b , 0,002 ^c

^bdvouvýběrový t-test, ^cMann-Whitney test

zi výboji úspěšnými a neúspěšnými je zobrazen také graficky pomocí box grafů (graf 6 a 7).

Porovnání skupin podle výsledků prvního výboje uvádí tabulka 3. Skupiny případů se podle výsledků prvního výboje neliší statisticky významně zastoupením podle pohlaví, věkem ani hodnotami parametrů LS, MiR a EF. Statisticky významné rozdíly byly zjištěny ve všech charakteristikách výbojů (tabulka 4). U výbojů vedoucích k obnovení normálního SR byly zjištěny signifikantně vyšší hodnoty impedance ($p = 0,002$, t-test), signifikantně nižší hodnoty proudu ($p < 0,0001$, Mann-Whitney test) a signifikantně nižší hodnoty nastavené i vypočítané energie ($p = 0,0001$, t-test). Signifikanční rozdíl v proudu a impedanci mezi výboji úspěšnými a neúspěšnými je zobrazen také graficky pomocí box grafů (graf 2 a 3).

Pokud byly pro statistickou analýzu vybrány pouze první výboje s nastavenou energií 50 J, tak dvouvýběrový t-test prokázal statisticky signifikantně vyšší hodnoty vypočítané energie u skupiny případů, u nichž byl obnoven normální srdeční rytmus po prvním výboji oproti případům, u nichž nebyl po prvním výboji normální SR obnoven ($p = 0,013$). U případů s obnoveným SR po prvním výboji 50 J byly dále zjištěny statisticky signifikantně vyšší hodnoty proudu ($p = 0,001$) a signifikantně nižší hodnoty impedance ($p = 0,008$). Závěry t-testu byly potvrzeny také neparametrickou metodou Mann-Whitney (tabulka 5). Výsledky analýz jsou zobrazeny pomocí box grafů (graf 4 a 5).

Z komplikací byly zaznamenány pouze přechodné atrioventrikulární blokády I. st. (12 pacientů), II. st. (1 pacient) a III. st. (2 pacienti), vždy s rychlou úpravou převodu bez nutnosti dočasné kardiostimulace.

Diskuze

Monofázický výboj je používán již několik desetiletí nejen k defibrilaci maligních komorových arytmií, ale i ke kardioverzi fibrilace síní. V případě verze fibrilace síní je jeho účinnost udávána v rozmezí 70–90 %^(7,8). Účinnost monofázické kardioverze je limitována např. trváním fibrilace síní, velikostí levé síně a hlavně odporem hrudníku, který je vyšší u nemocných s nadváhou a emfyzémem plicním. Zde se nabízí určité místo i pro použití interní elektrické kardioverze^(9,28). Interní elektrická kardioverze eliminuje vliv impedance hrudníku a umožňuje

Tabulka 3. Porovnání charakteristik skupin podle výsledků 1. výboje

	Pacienti s obnoveným srdečním rytmem po 1. výboji (SR)	Pacienti s fibrilací síní po 1. výboji (FS)	signifikance
počet (N)	94	126	
muži/ženy	49/45 (52%/48%)	80/46 (63%/37%)	0,090 ^a
věk (roky)	64,9 (21–85, SD 12,6)	64,4 (28–81, SD 9,4)	0,735 ^b
LS (mm)	45,5 (29–68, SD 7,9)	46,8 (31–68, SD 7,0)	0,309 ^b
MiR (stupně)	1,48 (0–4, SD 1,3)	1,51 (0–4, SD 1,2)	0,859 ^b
EF (%)	53,8 (15–81, SD 13,7)	51,8 (15–70, SD 11,7)	0,339 ^b

^achi-kvadrát test, ^bdvouvýběrový t-test

Tabulka 5. Porovnání charakteristik výbojů s nastavenou energií 50 J

	pacienti s obnoveným srdečním rytmem po 1. výboji (SR)	pacienti s fibrilací síní po 1. výboji (FS)	signifikance
energie vypočítaná (J)	63,1 (52–68, SD 2,3)	61,8 (39–67, SD 3,97)	0,013 ^b , 0,042 ^c
proud (A)	9,4 (7–13, SD 1,0)	8,7 (6–13, SD 1,2)	0,001 ^b , 0,0003 ^c
impedance (Ω)	93,2 (63–131, SD 16,3)	102,1 (52–148, SD 19,8)	0,008 ^b , 0,006 ^c

^bdvouvýběrový t-test, ^cMann-Whitney test

podání řádově menších výbojů (5–15 J), nicméně její častější provádění je limitováno hlavně tím, že jde o invazivní metodu.

Velký podíl na výzkumu bifázického výboje má i Česká republika. Vždyť už v sedmdesátých letech 20. století doc. Bohumil Peleška, který se výzkumem defibrilace a konstrukcí defibrilátorů zabýval, zformuloval „Peleškovy zákony“, které jsou platné dodnes^(22,23,24):

1. optimální defibrilační impuls vyvolá nejmenší funkční a morfologické poškození srdce při nejmenším prahovém napětí, nejmenším proudu a množství elektrické energie, která je ale určující pro úspěšnost defibrilace
2. nejdůležitějším parametrem určujícím optimální impuls je doba jeho trvání od 10 do 16 ms.
3. Účinnost trapezoidálního impulsu klesá s vyšším poklesem průběhu horní hrany impulsu.

Bohužel některé zákonitosti, které doc. Peleška objevil a publikoval, byly zapomenuty a po letech opět objevovány a potvrzovány⁽²⁵⁾.

Bifázický výboj je již po léta inkorporován v komorových implantabilních defibrilátorech, a to hlavně z důvodu nižšího defibrilačního prahu. Až o mnoho let později byly získány první zkušenosti s externí bifázickou defibrilací v rámci resuscitace při komorové fibrilaci, kde byla zjištěna vyšší účinnost v porovnání s monofázickým výbojem a také nižší výskyt postresuscitačních neurologických reziduí⁽¹⁶⁾.

Bifázický rektilineární výboj (obrázek 1 a 2), jak již bylo zmíněno, stejně jako jiné bifázické výboje využívá průběhu elektrického defibrilačního proudu mezi pádly ve dvou fázích. Rozdíl oproti monofázickému výboji je zřejmý při srovnání průběhu proudu v čase u jednotlivých typů výboje (obrázek 3). To, že je výboj rektilineární („přímočarý“), znamená, že je v první fázi udržována konstantní hodnota proudu a takto pravděpodobně dosaženo kvalitnější depolarizace většího množství myocytů. Keener a kol. ve své teoretické práci⁽²⁹⁾ dochází k závěrům, které se shodují se zjištěními doc. Pelešky a vysvětlují na teoretickém základě, proč je v praxi bifázický výboj účinnější než monofázický. Dle jejich zjištění není optimální dělit trvání fází 1:1, ale ponechat delší trvání první fáze (např. poměr 70:30). Dále uvádí, že se rozdíl mezi monofázickým a bifázickým

výbojem ztrácí při krátkém trvání impulzu (pod 5 ms), proto je doporučováno trvání od 10 do 16 ms.

Pravděpodobně jako jeden z prvních přímo porovnal defibrilační prahy při použití externí monofázické a bifázické kardioverze u fibrilace síní Niebauer et al.⁽¹⁷⁾, který zjistil, že defibrilační práh je při monofázické kardioverzi téměř třikrát vyšší než při bifázické externí kardioverzi. Přímým srovnáním účinnosti externí monofázické a bifázické kardioverze u perzistující FS pak další autoři zjistili, že sumární účinnosti bifázické verze je signifikantně vyšší než u verze monofázické (93 a 95 % oproti 88 a 79 %)^(9, 13). Mittal i Carboni^(9, 14) potvrdili, že neúčinnost bifázické externí kardioverze dobře koreluje s trváním fibrilace síní a body mass indexem, resp. aktuálním odporem hrudníku při výboji. Mittal použil ve své studii, srovnávající efektivitu monofázické a bifázické externí elektrické kardioverze čtyřstupňový protokol, kdy zvyšoval energii u monofázického výboje v sekvenci 100...200...300...360 J a u bifázického výboje v sekvenci 70...120...150...170 J. Přes poměrně velkou hodnotu kumulativní energie u monofázické skupiny (až 960 J) dosáhl maximálně 79 % úspěšnosti v kardioverzi na SR, zatímco u skupiny bifázické (510 J kumulativní energie) byla úspěšnost až 94 %. Prakticky stejné hodnoty úspěšnosti jsme dosáhli i v našem souboru a to dokonce při nižší kumulativní energii (průměrně 420 J). Srovnání s monofázickým výbojem jsme v našem souboru nepovažovali za nutné vzhledem k prokázanému rozdílu v efektivitě ve srovnání s bifázickým výbojem vyplývajícím z předchozích studií a také nám nepřipadalo etické zatěžovat pacienty vyššími hodnotami proudu (energie) u monofázického výboje a vystavovat je tak zbytečně větší pravděpo-

dobnosti nežádoucích účinků (myokardiální dysfunkce po výboji, podráždění kůže hrudníku)⁽³⁰⁾.

Lze uzavřít, že použití bifázického výboje při externí elektrické kardioverzi pro fibrilaci síní by na základě současných zjištění i našeho vlastního pozorování mělo být upřednostněno před monofázickým výbojem. To ovšem neznamená, že by monofázické defibrilátory měly být ihned nahrazeny bifázickými. Musíme si také uvědomit, že vyšší úspěšnost elektrické kardioverze ještě automaticky neznamená, že bude u těchto pacientů také vyšší udržení SR v dlouhodobém sledování. Toto vyžaduje jistě pokračování v observaci této skupiny pacientů se změřením na detekci recidiv FS.

Současně je třeba myslet (ať již u monofázické nebo bifázické elektrické kardioverze) na zajištění co nejnižší hodnoty impedance hrudníku, jejíž velikost lze snížit (a tak zvýšit pravděpodobnost úspěšné kardioverze) jednak dostatečně silným přitlakem na defibrilační pádla, použitím gelu v dostatečném množství, případně používáním jednorázových gelových nalepovacích elektrod (což řeší většinu problémů, ale je bohužel z ekonomického hlediska podstatně nákladnější). V případě výraznějšího ochlupení hrudi (převážně u mužů) je na místě i oholení hrudníku v místě kontaktu s elektrodami.

Ačkoliv je známo, že obě možné strategie v léčbě FS (tj. kontrola rytmu či kontrola frekvence) jsou prakticky rovnocenné (či dokonce má kontrola frekvence několik výhod oproti kontrole rytmu)^(26, 27), je u určité části pacientů i nadále indikováno provedení externí elektrické kardioverze za dodržení výše uvedených zásad a je-li to možné, s použitím bifázického výboje.

Literatura:

- Ostrander JR, Brandt RL, Kjelsberg MO et al. Electrocardiographic finding among the adult population of a total natural community, Tecumseh, Michigan. *Circulation* 1965; 31: 888–98.
- Furberg CD, Psaty BM, Manolio TA, et al. Prevalence of atrial fibrillation in elderly subjects (the cardiovascular health study). *Am J Cardiol* 1994; 74: 236–41.
- Wolf PA, Abbott RD, Kannel WB, et al. Atrial fibrillation as an independent risk factor for stroke: The Framingham study stroke 1991; 22: 983–8.
- Packer DL, Brady GH, Worley SJ, et al. Tachycardia induced cardiomyopathy" a reversible form of left ventricular dysfunction. *Am C Cardiol* 1986; 57: 563–70.
- Krahn AD, Manfreda J, Tate RB, et al. The natural history of atrial fibrillation: incidence, risk factors, and prognosis in the Manitoba follow-up study. *Am J Med* 1995; 98: 476–84.
- Hammer ME, Blumenthal JA, McCarthy EA, et al. Quality of life assessment in patients with paroxysmal atrial fibrillation or paroxysmal supraventricular tachycardia. *Am J Cardiol* 1994; 74: 826–9.
- Van Gelder IC, Crijns HJ, van Gilst WH, et al. Prediction of uneventful cardioversion and maintenance of sinus rhythm from direct-current electrical cardioversion of chronic atrial fibrillation and flutter. *Am J Cardiol* 1991; 68: 41–6.
- Lundstrom T, Ryden L. Chronic atrial fibrillation: long-term results of direct current conversion. *Acta med Scand* 1988; 223: 53–9.
- Mittal S, Ayati S, Stein KM, et al. Transthoracic cardioversion of atrial fibrillation. Comparison of rectilinear biphasic versus damped sine wave monophasic shocks. *Circulation* 2000; 101: 1282–1287.
- Saliba W, Juratli N, Chung MK, et al. Higher energy synchronized external direct current cardioversion for refractory atrial fibrillation. *J Am Coll Cardiol* 1999; 34: 2031–4.
- van de Kippe HA, Allaart CP, Ruiter JH. Initial experience with single lead intracardial cardioversion for refractory atrial fibrillation. *Netherlands Heart J* 2001; 9: 228–34.
- Boriani G, Bifi M, Camanini C, et al. Transvenous low energy internal cardioversion for atrial fibrillation: a review of clinical application and future developments. *PACE* 2001; 24: 99–107.
- Ricard P, Lévy S, Boccara G, et al. External cardioversion of atrial fibrillation: comparison of biphasic vs monophasic waveform shock. *Europace* 2001; 3: 96–99.
- Carboni A, Finardi A, Rolli A, et al. Safety and efficacy of transthoracic electrical cardioversion with biphasic shock in persistent atrial fibrillation (abstr). *Europace* 2001; 2: A16 (Suppl.).
- Schneider T, Martens PR, Paschen H et al. Multicenter, randomized, controlled trial of 150- J biphasic shock compared with 200- to 300-J monophasic shock in the resuscitation of out-of-hospital cardiac arrest victims. *Circulation* 2000; 102: 1780–7.

- Niebauer MJ, Bash D, Chung MK et al. Cardioversion thresholds of atrial fibrillation and atrial flutter using an external biphasic waveform defibrillator. *PACE* 2000; 23: 605.
- Adreghetti A, Scalese M. Safety and efficacy of low-energy cardioversion of 500 patients using two different techniques. *Europace* 2001; 3: 4–9.
- Mittal S, Stein KM, Markowitz SM et al. An update on electrical cardioversion of atrial fibrillation. *Card Electrophysiol Rev*. 2003 Sep; 7(3): 285–9.
- Walsh SJ, McCarty D, McClelland AJ et al. Impedance compensated biphasic waveforms for transthoracic cardioversion of atrial fibrillation: a multi-centre comparison of antero-apical and antero-posterior pad positions. *Eur Heart J*. 2005 Jul; 26(13): 1298–302. Epub 2005 Apr 11.
- Niebauer MJ, Chung MK, Brewer JE et al. Reduced cardioversion thresholds for atrial fibrillation and flutter using the rectilinear biphasic waveform. *J Interv Card Electrophysiol*. 2005 Jul; 13(2): 145–50.
- Rashba EJ, Gold MR, Crawford FA et al. Efficacy of transthoracic cardioversion of atrial fibrillation using a biphasic, truncated exponential shock waveform at variable initial shock energies. *Am J Cardiol*. 2004 Dec 15; 94(12): 1572–4.
- Peleška B. Teorie a praxe defibrilace srdce. *Doktorská disertační práce*. Praha 1963.
- Peleška B. Cardiac arrhythmias following condenser discharge and their dependence upon strength of current and phase of cardiac cycle. *Circ Res*. 1963 Jul; 13: 21–32.
- Peleška B. Optimal parameters of electrical impulses for defibrillation by condenser discharge. *Circ Res*. 1966 Jan; 18(1): 10–7.
- Walker RG, Melnick SB, Chapman FW et al. Comparison of six clinically used external defibrillators in swine. *Resuscitation*. 2003 Apr; 57(1): 73–83.
- Gronefeld G, Hohnloser SH. Towards a consensus in rate versus rhythm control for management of atrial fibrillation: insights from the PIAF trial. *Card Electrophysiol Rev*. 2003 Jun; 7(2): 113–7. Review.
- Mason PK, Wood MA, Lake D et al. Influence of the randomized trials, AFFIRM and RACE, on the management of atrial fibrillation in two University Medical Centers. *Am J Cardiol*. 2005 May 15; 95(10): 1248–50.
- Levy S. Internal Defibrillation: Where we have been and where we should be going? *J Interv Card Electrophysiol*. 2005 Aug; 13 Suppl 1: 61–6.
- Keener JP, Lewis TJ. The Biphasic Mystery: Why a Biphasic Shock is More Effective than a Monophasic Shock for Defibrillation. *J. theor. Biol.* (1999) 200: 1–17.
- Faddy S.C. Biphasic and monophasic shocks for transthoracic defibrillation: a meta analysis of randomised controlled trials. *Resuscitation* 58 (2003): 9–16.