

TEORETICKÉ ZÁKLADY ELEKTRICKÉ DEFIBRILACE SRDCE KONDENZÁTOROVÝM VÝBOJEM

Sdělení II. Srdeční arytmie vznikající po kondenzátorových výbojích a jejich závislost na napětí, množství elektrické energie a na fázi srdečního cyklu

B. PELEŠKA

Technická spolupráce: Z. Blažek, N. Rábl, E. Sládková

Statistické zpracování: Inž. Z. Roth

Výzkumný ústav pro elektroniku a modelování v lékařství v Praze, ředitel doc. dr. B. Peleška, DrSc.

1. Úvod

Podráždění srdečního svalu je závislé nejen na intenzitě elektrického impulsu, na době jeho trvání, ale také na fázi srdečního cyklu [Brooks a spol. 1955, Schütz 1958]. Je značný rozdíl v tom, chceme-li podráždit srdce v dráždivé fázi (DF) nebo v relativní refrakterní fázi (RRF). Při fibrilaci komor i předsíní však potřebujeme provést synchronizaci excitability všech vláken, a tudíž potřebujeme dosáhnout optimálního podráždění a převedení do absolutní refrakterní fáze (ARF) všech srdečních vláken. Proto impuls vyvolávající synchronizaci musí být tomuto stavu přízpůsoben.

O vhodnosti různých elektrických impulsů jak střídavého proudu, tak impulsů kondenzátorových, bylo od doby prvních pokusů Prevosta a Battelliho (1899) publikováno mnoho experimentálních a klinických zkušeností [Akopjan a spol. 1954, Gurvič 1954, 1957, 1961, Hooker a spol. 1933, Kouwenhoven a spol. 1957, 1960, 1961, Peleška 1957—1963, Vanremoortere a Dalem 1950, 1954, Wégria a Wiggers 1940, 1953]. Zvláště pozoruhodná je srovnávací studie o defibrilační účinnosti impulsů střídavého proudu a kondenzátorových impulsů, kterou provedl Lown a spol. [1962].

Trend současného výzkumu problému defibrilace se jasně ubírá k metodě kondenzátorových výbojů, jak o tom svědčí i poslední práce Judeho a spol. [1962], Lefemina a spol. [1962], Mackaye a Leedse [1951, 1953, 1960] a jiných. Je to dáno potřebou přenosných defibrilátorů s vlastním zdrojem [Kouwenhoven a Knickerbocker 1962, Peleška a spol. 1962], které by mohly v terénní praxi zajistit moderní resuscitační metody vypracované Judem a spol. [1960, 1961], Kouwenhovenem a spol. [1960, 1961], Safarem a spol. [1961] a dalšími pracovníky [Benichoux a spol. 1962, Gurewich a spol. 1961, Hosler a Wolfe 1959, Hossli 1960, Hudon a spol. 1962, Moss a spol. 1962, Redding a Cozine 196x1, Rivkin a spol. 1962, Ryan a Cayler 1962].

Proto rozpracování otázek účinku kondenzátorových výbojů na myokard v různých fázích srdečního cyklu, zacílené na využití komorové a síňové defibrilace a přerušení síňové a komorové tachykardie, má v současné době nejenom teoretický, ale především klinický význam. Při komorové fibrilaci je použití elektrického výboje dáno vitální indikací,

a nemůže být proto o jeho aplikaci ani pochyb, ani rozporů.

Složitější je však otázka jeho použití při síňové a komorové tachykardii nebo při síňové fibrilaci, kde se jedná o zachovanou činnost komor a jejich normální excitabilitu. Z prvních výsledků předběžného hodnocení naší práce vyplynulo, že čistý kondenzátorový výboj může vyvolat fibrilaci ve všech fázích srdečního cyklu. Při použití takových kondenzátorových výbojů při fibrilaci předsíní anebo při komorové tachykardii může být dosaženo žádoucího účinku, avšak stejně tak může být vyvolána i komorová fibrilace.

Z tohoto hlediska naskytá se otázka, je-li možné najít defibrilační impuls, který by nejenom nepoškozoval myokard, ale který by také nebyl schopen vyvolat komorovou fibrilaci. I když z prací Alexandra a spol. [1961], Bouvraina a spol. [1961, 1962], Cordaye a spol. [1962], Crehana a spol. [1962], Friese [1962], Lowna a spol. [1962, 1963], Paula a Millera [1962], Zolla a Linenthala [1962] je zřejmé, že již bylo využito elektrických výbojů k zastavení komorové tachykardie i předsíňové fibrilace, považovali jsme za nezbytné před klinickou aplikací důkladně objasnit shora uvedené otázky.

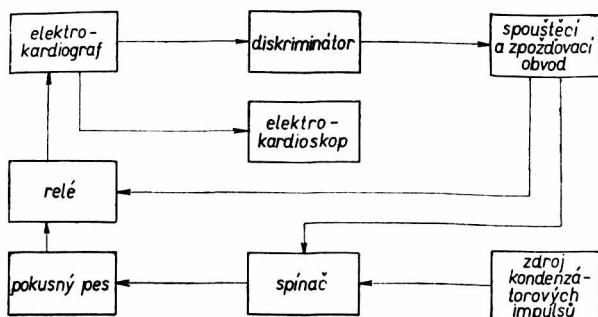
K dosažení jmenovaných cílů rozvrhli jsme výzkumnou práci na čtyři hlavní úkoly:

1. Sledování srdečních arytmií po kondenzátorových výbojích v různých fázích srdečního cyklu.
2. Sledování srdečních arytmií po kondenzátorových výbojích vedených přes indukci, rovněž ve třech různých fázích srdečního cyklu. Po dokončení obou etap provést statistické zhodnocení obou pokusných skupin.
3. Na základě zhodnocených výsledků najít nejvhodnější parametry kondenzátorových impulsů pro přímou i nepřímou defibrilaci srdce.
4. Navrhnout a vyzkoušet vhodné hodnoty LC obvodů pro výstupy kondenzátorových defibrilátorů.

V této kapitole budou uvedeny pracovní postupy týkající se obou pokusných skupin, jež jsou pod bodem 1 a 2. Aparatura, jakož i metodika, byly u obou skupin stejné, a proto budou popsány podrobně u skupiny první. U druhé skupiny, jejíž výsledky jsou v následujícím sdělení, budou popsány pouze odchylky v metodice nebo v hodnocení.

2. Aparatura na aplikaci kondenzátorového výboje, synchronizovaná s fází srdečního cyklu

K naší výzkumné práci sestavili jsme si aparaturu, která nám umožňovala aplikovat kondenzátorový



Graf 1. Blokové schéma elektronické aparatury použité k přesné aplikaci kondenzátorového výboje do určené fáze srdečního cyklu. Podrobný popis je v textu

vý výboj v kterékoli fázi srdečního cyklu. Její základní blokové schéma je na grafu 1. Sestává z těchto částí:

1. elektrokardiograf, elektrokardioskop (použit byl upravený Mingograf 42 s osciloskopem).

2. diskriminátor, zpožďovací a spouštěcí obvod (přístroje naší konstrukce).

3. elektronicky řízený spínač a zdroj kondenzátorových impulsů (použit upravený, standardně vyráběný síťový defibrilátor Prema) a relé.

Aparatura pracuje následujícím způsobem: pomocí elektrokardiografu jsou snímány elektrické potenciály činnosti srdeční a zesílené přiváděny do diskriminátoru, propouštějícího pouze nejvyšší amplitudu biopotenciálu, tj. R-vlnu. Tato zesílená R-vlna je dále využita jako impuls pro další zpožďovací obvod, jen je zároveň spouštěcím obvodem. Na tomto obvodu se řídí zpoždění impulsu, který je aplikován na psa elektronicky řízeným spínačem ze zdroje impulsů.

Elektrokardiograf je před poškozením chráněn elektrickým relé, jež odpojuje vodiče od elektrod. Je rovněž elektronicky řízeno ze zpožďovacího obvodu a synchronizuje vypnutí elektrokardiografu během výboje. Aparatura se uvádí do chodu spouštěcím obvodem, který po provedení impulsu zablokuje další činnost přístroje proti náhodným impulsům. Aplikace impulsu v předem stanovené

fázi srdečního cyklu je kontrolována na elektrokardioskopu a na záznamu EKG pořizovaném během pokusu.

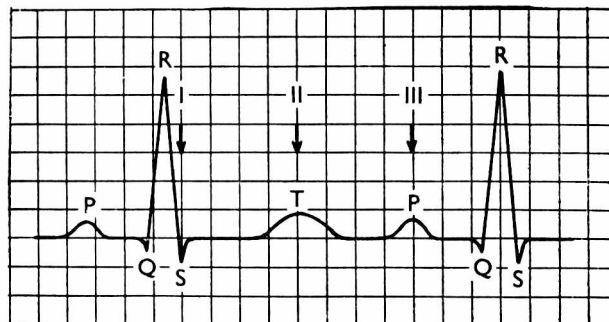
Touto aparaturou jsme sledovali působení kondenzátorových výbojů na činnost srdeční ve třech fázích srdečního cyklu, jak to ukazují šipky na grafu 2. I — aplikace ve vlně S odpovídá absolutní refrakterní fázi, II — aplikace ve vlně T odpovídá relativní refrakterní fázi, III — aplikace ve vlně P odpovídá dráždivé fázi.

Popsaná aparatura byla sestavena z Mingografu 42, standardně vyráběného defibrilátoru Prema, takže jsme zkonstruovali pouze diskriminátor, spouštěcí a zpožďovací obvody, kterými byl řízen olejový stykač defibrilátoru a relé. Hodnotu kondenzátoru u defibrilátoru jsme měnili podle potřeby a stejně tak jsme mohli měnit i hodnotu tlumivky. Tato sestava nám poskytovala široké možnosti experimentování.

3. Metoda pokusných sledování

Pokusy jsme prováděli na psech různé rasy o váze od 20 do 25 kg, protože tato zvířata se fyziologií srdce, podle našich i literárních zkušeností, (Konwenhoven a spol. 1957) blíží nejvíce fyziologii lidského srdce. Psi byli narkotizováni Pentotalem a udržováni v této narkóze po celou dobu pokusu. Registrovali jsme standardní končetinové svody a tepovou křivku na Mingografu 42.

Olověné elektrody pro aplikaci kondenzátorového výboje o velikosti 15—17 cm jsme přiložili na přední a zadní stěnu hrudníku. Na těchto místech jsme psa oholili a elektrody před přiložením na-



Graf 2. Schéma EKG a rozdělení do fází, ve kterých byl výboj aplikován. Šipky označují místa přesných aplikací. I — ARF, II — RRF, III — DF

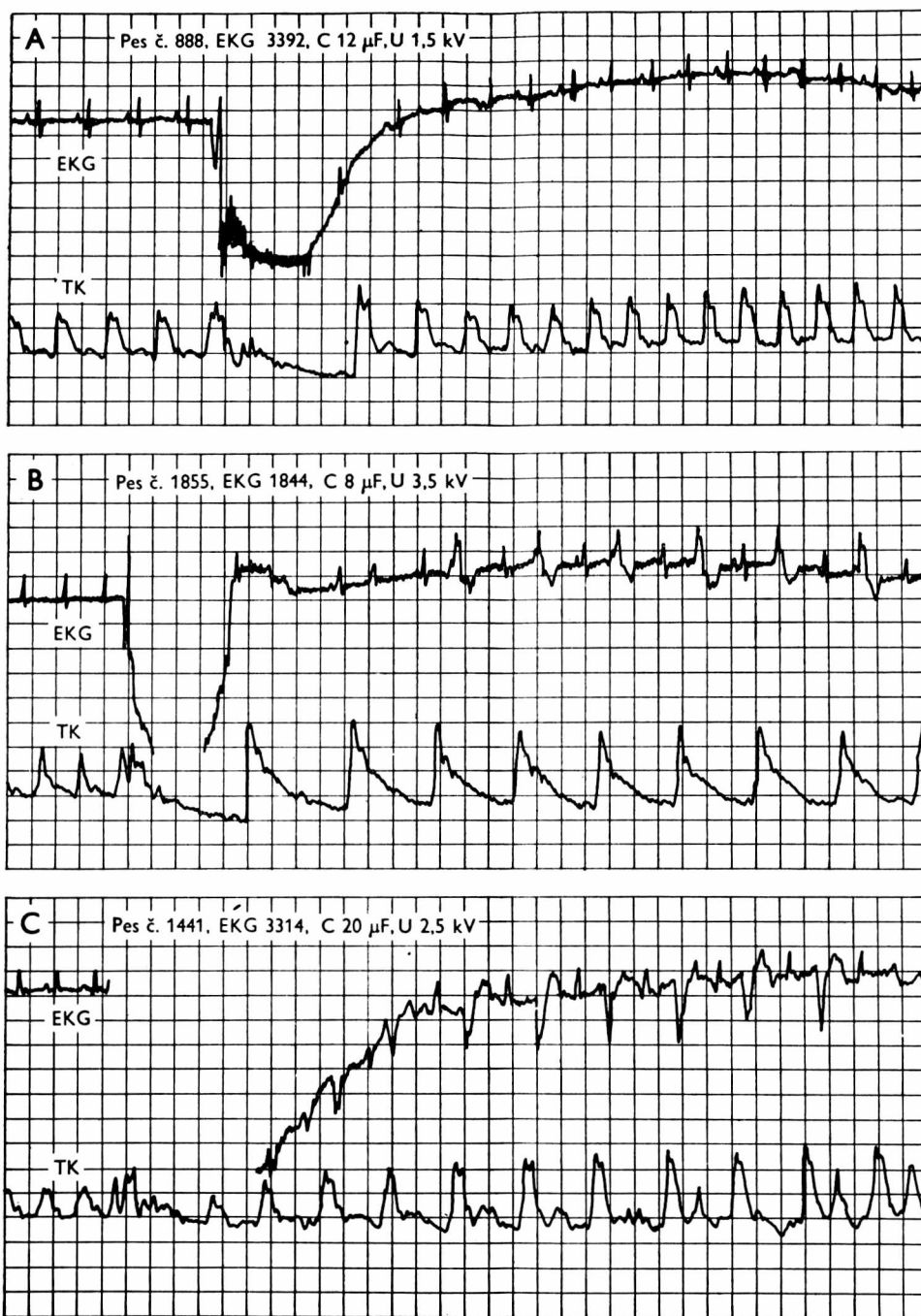
Tabulka 1. Hodnoty elektrické energie v joulech použité při experimentálních výbojích

kV	0,5 μ F	1 μ F	2 μ F	4 μ F	8 μ F	12 μ F	16 μ F	20 μ F	24 μ F	32 μ F	50 μ F	100 μ F
0,5	0,06	0,12	0,25	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	4,0	6,25	12,5
1,0	0,25	0,5	1	2	4	6	8	10	12	16	25	50
1,5	0,56	1,12	2,25	4,5	9	13,5	18	22,5	27	36	56,25	112,5
2,0	1	2	4	8	16	24	32	40	48	64	100	200
2,5	1,56	3,12	6,25	12,5	25	37,5	50	62,5	75	100	156,25	312,5
3,0	2,25	4,5	9	18	36	54	72	90	108	144	225	450
3,5	3,06	6,12	12,25	24,5	49	73,5	98	122,5	147	196	306,25	612,5
4,0	4	8	16	32	64	96	128	160	192	256	400	800
4,5	5,06	10,12	20,25	40,5	81	121,5	162	202,5	243	324	506,25	1012,5
5,0	6,25	12,5	25	50	100	150	200	250	300	400	625	1250
5,5	7,56	15,12	30,25	60,5	121	181,5	242	302,5	363	484	756,25	1512,5
6,0	9	18	36	72	144	216	288	360	432	576	900	1800

třeli elektrokardiografickou pastou, aby tak byl dosažen dobrý kontakt a snížení kožního odporu. Krevní tlak jsme měřili a registrovali přímou metodou v arteria femoralis.

kusný pes tak snesl více výbojů. Po provedení každého výboje následovala přestávka 5–15 minut, aby se srdeční rytmus zvířete normalizoval.

V případech, že se objevily v srdečním rytmu změ-



Graf 3. Záznam EKG a TK před a po kondenzátorovém výboji. A — záznam bez podstatné změny — bez arytmie, B — několik interpolovaných extrasystol — příklad lehké arytmie, C — komorový rytmus a bigemie hodnotené jako změny středně těžkého stupně. Bližší vysvětlení je v textu

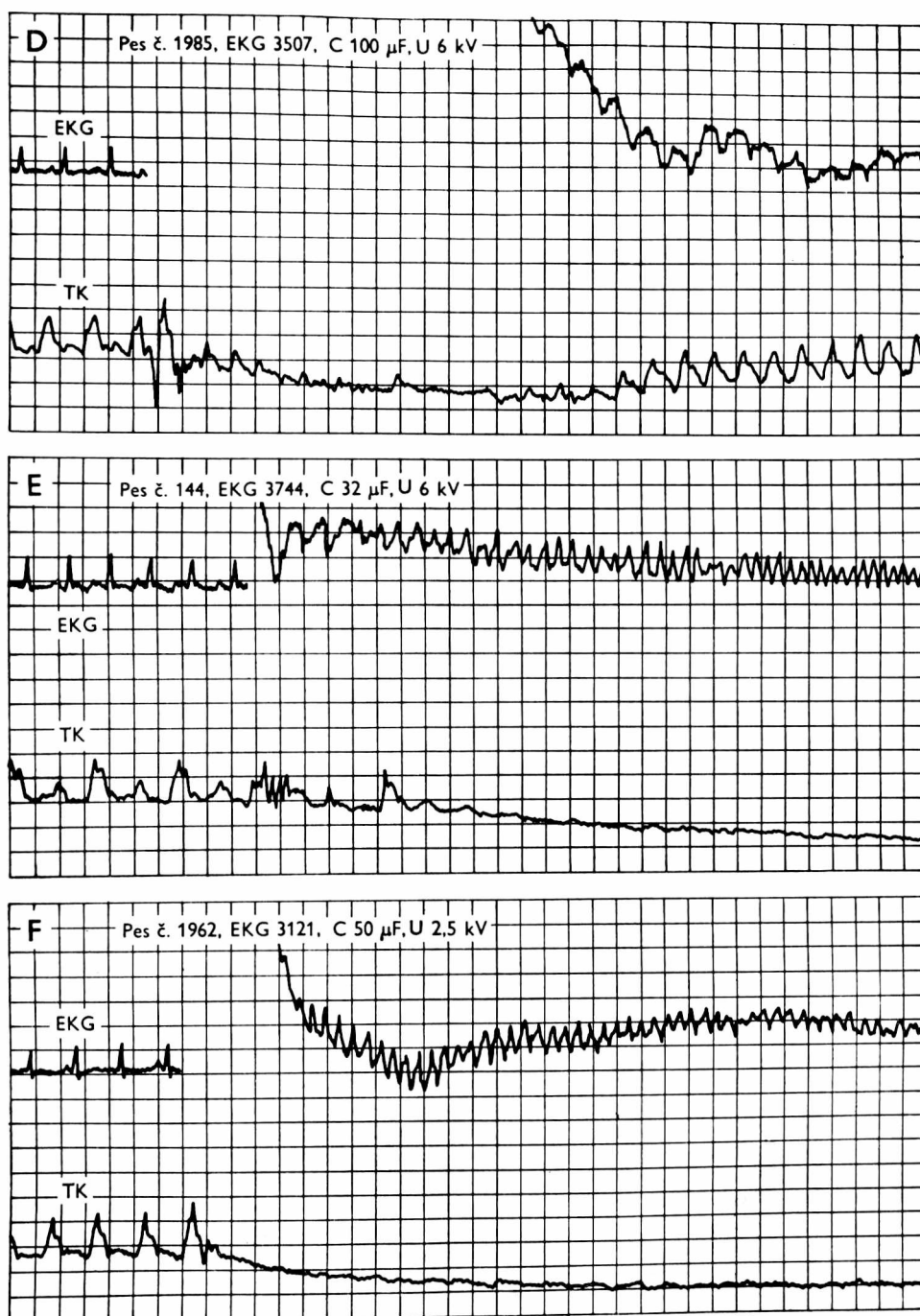
Na začátku pokusu jsme pořídili elektrokardiogram a nastavili parametry zpožďovačného obvodu zkušebním výbojem do umělé zátěže tak, aby výboj byl aplikován do předem zvolené fáze srdečního cyklu. Teprve po přesném nastavení zpožďovačného obvodu aplikovali jsme výboj na psa. Na jednom psu jsme provedli okolo 12 výbojů. Postupovali jsme vždy tak, že nejdříve jsme aplikovali výboje s vysokou energií a postupně jsme energii snižovali. Po-

ny trvalého charakteru nebo dlouhou dobu trvající, nebyl již pokusný pes dále zkoumán. Rovněž tak nebyli již používáni psi, u nichž po výboji nastala fibrilace srdečních komor. (U nich je potom větší pohotovost k fibrilaci, což by zkreslovalo konečné výsledky.) Vcelku jsme provedli a statisticky hodnotili v první pokusné skupině 2160 výbojů na 240 psech. Ve druhé skupině (další sdělení) jsme hodnotili stejný počet výbojů na 214 psech.

Aby naše práce mohla zahrnout většinu dosud užívaných parametrů defibrilačních výbojů, vybrali jsme velmi široké rozmezí jak energie (od 0,06 J do 1800 J), tak napětí (od 500 V do 6000 V). Po-

4. Způsob hodnocení arytmií

Změny srdečního rytmu jsme hodnotili z elektrokardiografických záznamů pořízených před pokusným výbojem a po něm. Zaregistrované arytmie



Graf 4. Záznam EKG a TK před a po kondenzátorovém výboji, D — hrubá deformace EKG, komorový rytmus, alterace TK po výboji — hodnoceno jako těžké změny rytmu. E — komorový rytmus přecházející ve fibrilaci po několika kontrakcích. F — komorová fibrilace vznikající okamžitě po výboji. Bližší vysvětlení v textu

užili jsme kondenzátorů s kapacitou od 0,5 μF do 100 μF, což je dostatečné rozmezí dosud užívaných kapacit pro defibrilaci. Vypočtené hodnoty energie pro určité hodnoty napětí a kapacit ukazuje tabulka č. 1. Počítali jsme je podle vzorce

$$J = U^2 \cdot \frac{C}{2}$$

J = energie v joulech, U = napětí, C = kapacita.

jsme rozdělili podle jejich závažnosti do pěti skupin, při čemž v první skupině jsou všechny případy, kdy po výboji nedošlo k žádným změnám rytmu a hned se objevil pravidelný sinusový rytmus, jak ukazuje záznam A na grafu 3.

Do druhé skupiny lehkých arytmií jsem zařadil jenom krátkou dobu trvající přechodné změny rytmu, jako např. několik extrasystol, přechodnou ta-

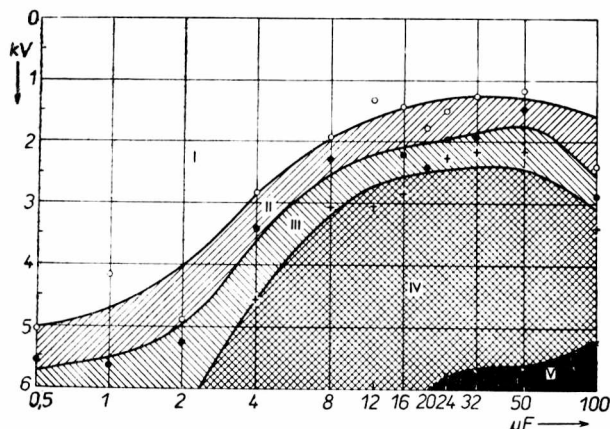
kV	Fáze srdečního cyklu											
	I II III	I II III	I II III	I II III	I II III	I II III	I II III	I II III	I II III	I II III	I II III	I II III
0,5												
1,0												
1,5												
2,0												
2,5												
3,0												
3,5												
4,0												
4,5												
5,0												
5,5												
6,0												
	0,5µF	1µF	2µF	4µF	8µF	12µF	16µF	20µF	24µF	32µF	50µF	100µF

chykardií nebo bradykardií. Příklad lehkých změn rytmu je na grafu 3, záznam B.

Mezi arytmií středního stupně jsme počítali delší dobu trvající změny rytmu, jako bigemii, komorovou extrasystolií, komorový rytmus, komorovou tachykardií, bradykardií, síňokomorovou disociací atd. Středně těžké změny srdečního rytmu jsou na grafu 3, záznam C.

Jako těžké změny, jejichž příklad je na grafu 4, záznam D, jsem hodnotili hrubé deformace EKG a komorový rytmus trvající delší dobu, někdy i několik minut. Tyto změny měly obyčejně za následek pokles krevního tlaku.

Zvláštní skupinu, která však nebyla hodnocena jako samostatná, tvořily těžké arytmie, přecházející v komorovou fibrilaci. Na grafu 4, záznam E, je příklad arytmie, přecházející celkem asi po 2 kontrakcích ve fibrilaci. Ve většině případů však přechod ve fibrilaci trval několik vteřin nebo i minut. Na posledním záznamu F, graf 4, je uveden příklad komorové fibrilace vznikající ihned po aplikaci kondzátorového výboje.



Graf 6. Statistické zhodnocení 720 pokusných výbojů a jejich účinků na srdeční rytmus v ARF. I — oblast bez arytmií, II — oblast lehkých arytmií, III — oblast středně těžkých arytmií, IV — oblast těžkých arytmií, V — oblast vzniku fibrilace nebo přechodu těžkých arytmií ve fibrilaci

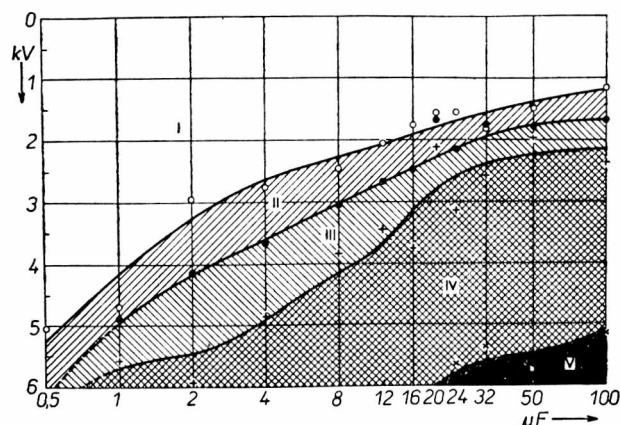
Pro jednu hodnotu napětí a kapacity provedli jsme pět výbojů, vždy na jiném pokusném psu. Tak jsme získali pro každou hodnotu U a C potřebný počet údajů pro statistické zpracování.

5. Metoda statistického hodnocení a přehled výsledků

Pro obě pokusné skupiny použili jsme ke statistickému zpracování Kőrberovy metody pro LD 50 a výsledky vyhodnocovali znaménkovým testem podle Dixon a Mooda (1957) a podle Malého (1958). Podle klasifikace arytmií popsané v předešlé stati označovali jsme je následujícími čísly udávajícími počet bodů:

- 1 — žádné arytmie
- 2 — lehké arytmie
- 3 — střední arytmie
- 4 — těžké arytmie
- 5 — fibrilace anebo těžké arytmie přecházející ve fibrilaci.

Další zpracování pokračovalo tak, že byla pro každou kapacitu od 0,5 μF do 100 μF vypočtena střední účinná hodnota napětí (Kőrberovou metodou) a její 95% meze spolehlivosti pro podíly ze skupin 1:2+3+4+5, 1+2:3+4+5, 1+2+3:4+5 a

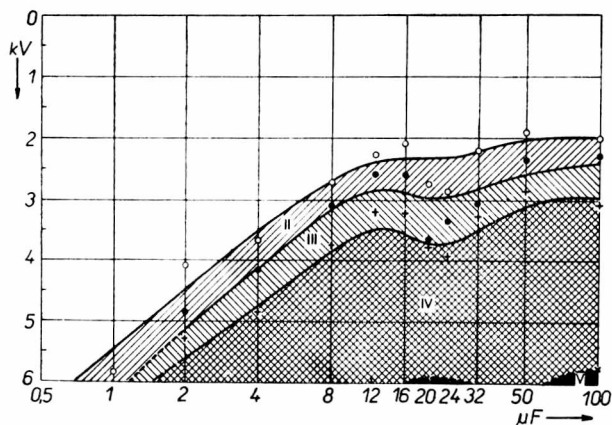


Graf 7. Statistické zhodnocení 720 pokusných výbojů a jejich účinků na srdeční rytmus v RRF. I — oblast bez arytmií, II — oblast lehkých arytmií, III — oblast středně těžkých arytmií, IV — oblast těžkých arytmií, V — oblast vzniku fibrilace nebo přechodu těžkých arytmií ve fibrilaci

1+2+3+4:5. V prvním případě byla považována skupina 2+3+4+5 za jednu skupinu, ve druhém případě byla hodnocena skupina 1+2 proti skupině 3+4+5, ve třetím případě jsme hodnotili skupinu 1+2+3 proti skupině 4+5 a ve čtvrtém případě 1+2+3+4 tvořily jednu skupinu.

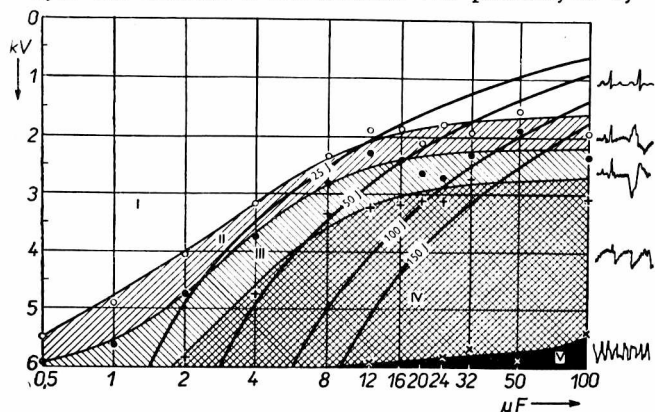
Znamená to, že LD 50 v prvním případě je mez mezi stavem bez arytmií a lehkými arytmiemi, v druhém případě je to mez přechodu mezi lehkými a středními arytmiemi a ve třetím případě mez mezi středními a těžkými arytmiemi. Ve čtvrtém případě je to pak mez mezi těžkými arytmiemi a komorovou fibrilací.

Přehled jednotlivých výsledků a klasifikovaných arytmií podle shora uvedených kritérií je na grafu 5. (Význam znaků je uveden na grafu.) Pro hod-



Graf 8. Statistické zhodnocení 720 pokusných výbojů a jejich účinků na srdeční rytmus v DF. I — oblast bez arytmií, II — oblast lehkých arytmií, III — oblast středně těžkých arytmií, IV — oblast těžkých arytmií, V — oblast vzniku fibrilace nebo přechodu těžkých arytmií ve fibrilaci

nocení, jak již uvedeno, bylo získáno vždy pět hodnot od různých pokusných zvířat, které jsou zakresleny v jednom sloupci i se stejnými parametry napětí a kapacity. Pro každou fázi srdečního cyklu bylo tak získáno a zhodnoceno 720 pokusných vý-

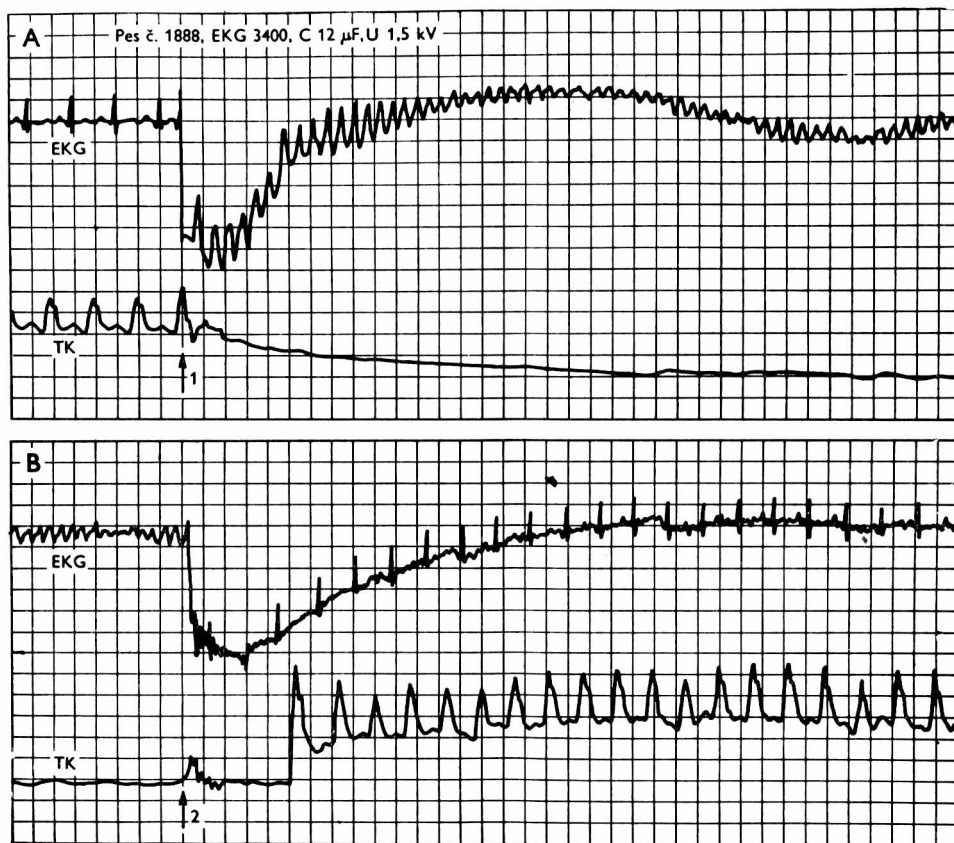


Graf 9. Statistické zhodnocení 2160 pokusných výbojů a jejich účinku na srdeční rytmus bez ohledu na fázi srdečního cyklu. I — oblast bez arytmí, II — oblast lehkých arytmí, III — oblast středně těžkých arytmí, IV — oblast těžkých arytmí, V — oblast vzniku fibrilace nebo přechodu těžkých arytmí ve fibrilaci. Křivky proložené grafem probíhají oblastmi energií 25, 50, 100 a 150 joulů

bojů. Graf na první pohled ukazuje, že závažnosti arytmí přibývá úměrně s napětím a energií po úhlopříčce z levého horního do pravého dolního rohu.

Na tomto grafu je také možno sledovat dvojí mechanismus vzniku fibrilace. V prvním případě vznikají při relativně malých napětích okolo 1 kV a jsou povahy benigní, snadno resuscitovatelné. Fibrilace vznikající při velkých napětích a velkých energiích nad 5 kV a nad 300 J, jsou svým charakterem velmi závažné, protože se již jedná o větší poškození jak vzruchové aktivity, tak i převodního systému a o poškození morfologické. Jsou těžko resuscitovatelné a jeví po elektrické defibrilaci tendenci k častým recidivám.

Grafické zpracování statisticky zhodnocených výsledků provedl rovněž inž. Roth. Na grafu 6 jsou zakresleny výsledky výbojů v absolutní refrakterní fázi (ARF). Na ose Y jsou kV lineárně a na ose X μF v logaritmicky stoupající řadě. Jednotlivé křivky vymezují oblasti různého stupně funkčního poškození myokardu. Tohoto rozdělení jsme dosáhli statistickým zpracováním tak, že pro každou kapacitu bylo vypočteno napětí (Körberova metoda pro LD 50), při kterém má 50 % zvířat arytmiu těžší než 1 bod, respektive 1 a 2 (vysvětlení pojmu bod bylo v předešlém odstavci), respektive 1, 2 a 3 body atd. Pro každou kapacitu byly získány až čtyři hodnoty, které spojeny a proloženy souvislou čarou udávají v grafu pět oblastí arytmí, v nichž vždy převládá jeden typ arytmiie. Oblast označovaná I — je bez arytmí, oblast II — lehké arytmiie a oblast III — středně těžké arytmiie. Podstatnou část grafu zaujímá oblast těžkého poškození, označená IV, a nejmenší je oblast V — tj. fibrilace srdečních komor.

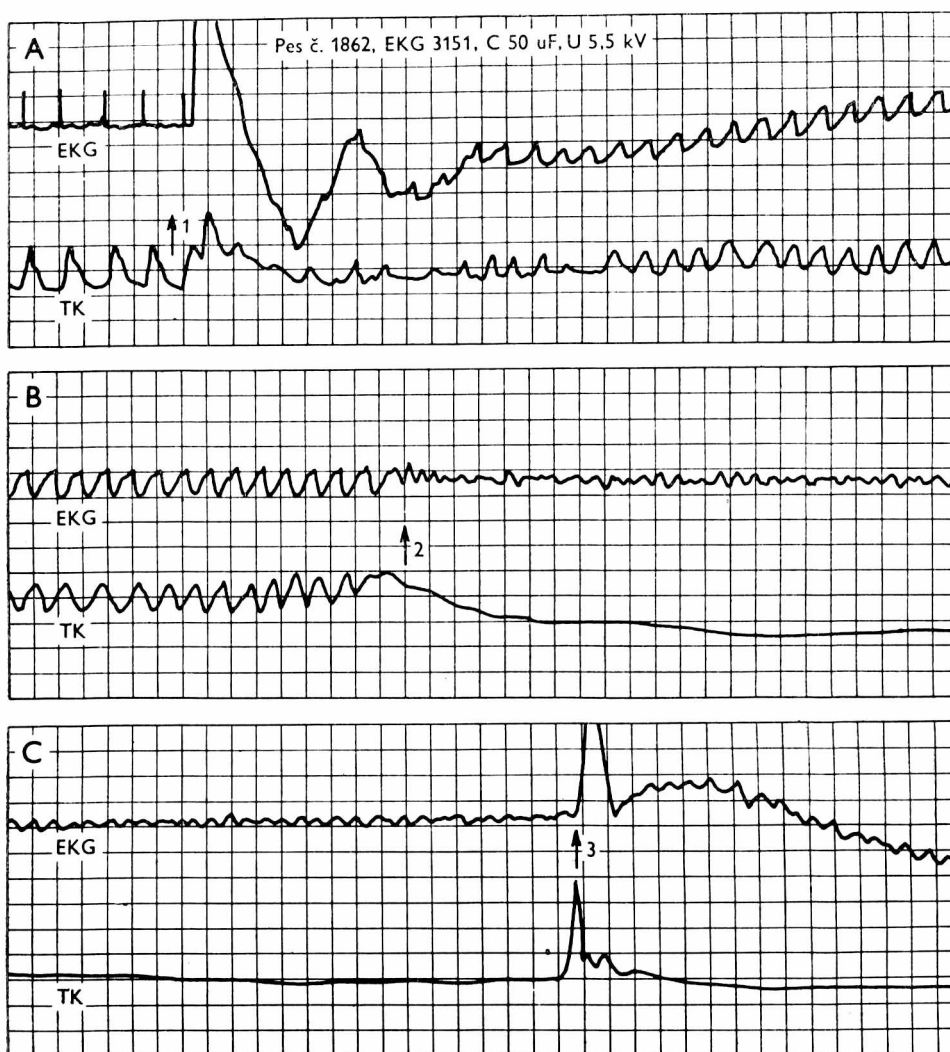


Graf 10. A — záznam vzniku komorové fibrilace po kondenzátorovém výboji (napětí 1500 V, kapacita 12 μF) a úspěšná defibrilace po prvním výboji (záznam B) aplikovaném za několik vteřin. 1 — aplikace výboje a vznik fibrilace, 2 — aplikace defibrilačního výboje a obnovení normální srdeční činnosti

Graf 7 ukazuje statistické zhodnocení výbojů aplikovaných v relativní refrakterní fázi (RRF) a graf 8 shrnuje výsledky v dráždivé fázi (DF), zhodnocené a vyjádřené stejným způsobem.

7. Zhodnocení vztahů arytmií k napětí a energii

Arytmie vyvolané působením elektrického proudu na myokard jsou závislé na dvou faktorech. Prvním



Graf 11. A — záznam vzniku komorové tachykardie po kondenzátorovém výboji (napětí 5500 V, kapacita 50 μ F) a její přechod ve fibrilaci na záznamu B. Neúspěšnou defibrilaci po prvním výboji ukazuje záznam C. 1 — aplikace výboje, 2 — přechod tachykardie ve fibrilaci, 3 — defibrilační výboj (3 kV); fibrilace trvá

6. Statistická významnost působení výboje v jednotlivých fázích srdečního cyklu

Testovali jsme hypotézu, že výbojem vyvolaná arytmie není závislá na fázi. Test byl proveden takto: odpověď bez arytmie — 1 bod, lehká arytmie — 2 body, střední arytmie — 3 body, těžká arytmie — 4 body a fibrilace — 5 bodů. Pro každou skupinu bylo vypočteno bodové skóre. Při testování bylo zjišťováno, které bodové skóre je větší ve dvou srovnávaných fázích pro totéž napětí a kapacitu. Použili jsme znaménkového testu podle Dixona a Mooda (1957) a podle Malého (1958).

Bylo zjištěno, že skóre u DF se statisticky významně liší od ARF a RRF ($p < 0,01$). Rozdíly mezi ARF a RRF nejsou významné. Lze tedy říci, že arytmie vyvolané kondenzátorovým výbojem stejné intenzity jsou v DF značně menší než ARF nebo RRF.

z nich je amplituda napětí. Tato závislost je mnohem výraznější než závislost druhá, tj. celkové množství energie působící na srdce. Oba tyto vztahy nejlépe ilustruje graf 9, který je statistickým zhodnocením všech tří fází srdečního cyklu, jehož bylo dosaženo stejným způsobem zpracování jako na obrazech předešlých.

Proložíme-li tímto grafem křivky vedoucí oblastmi stejných energií v J, pak vidíme, že jedna a táž křivka protíná téměř všechny oblasti arytmií od těžkých změn až k oblastem beze změn. Jestliže ze stupně funkčního narušení činnosti srdeční můžeme usuzovat i na analogii morfologického poškození, pak nám to dává jasnou představu o tom, v jakých parametrech se mají pohybovat impulsy kondenzátorových defibrilátorů. Morfologická sledování, která jsme současně prováděli ke korelaci funkčních změn, ukázala, že lze najít paralelní

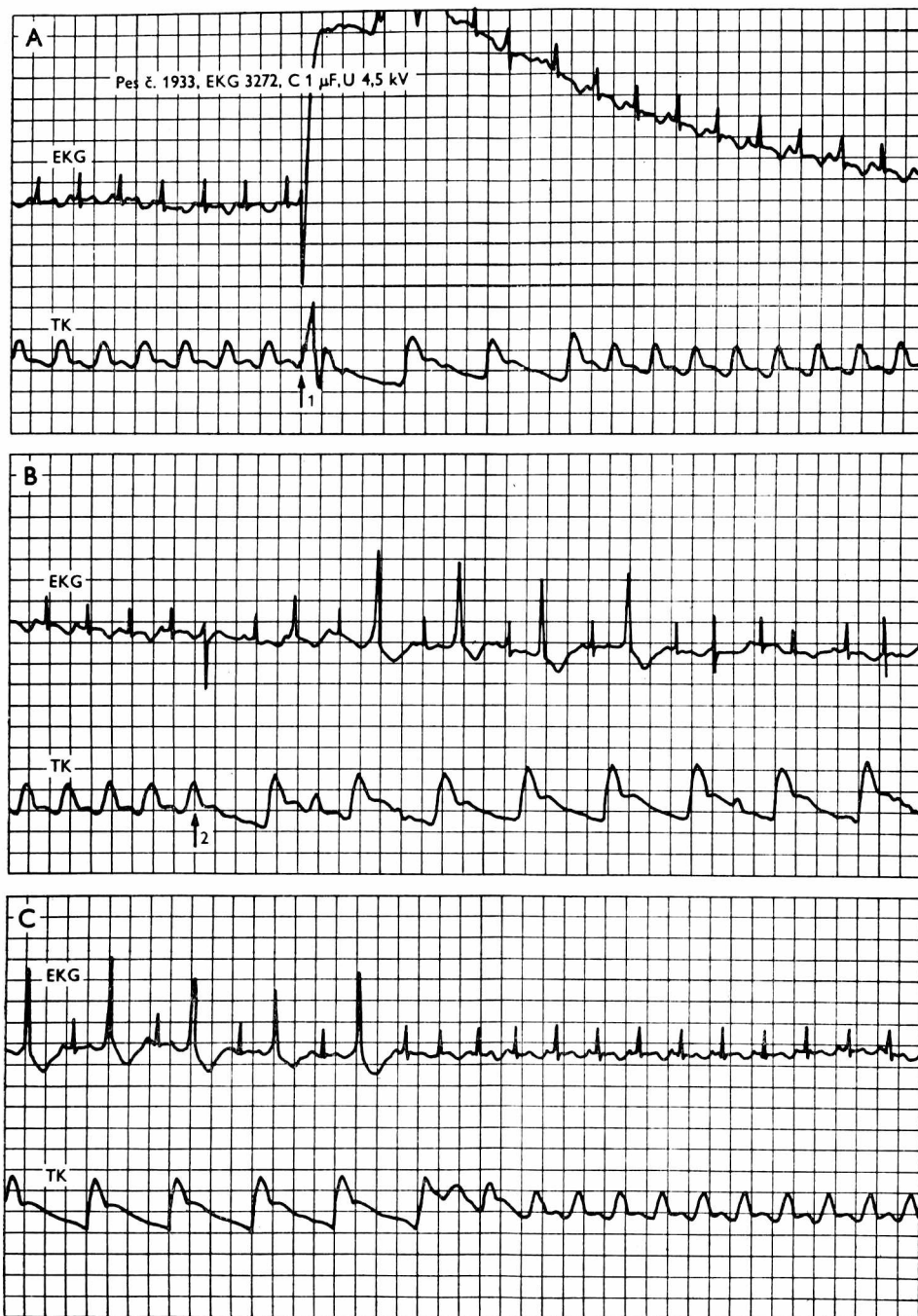
vztahy mezi těmito dvěma patologickými stavy. Je tedy důležité, aby defibrilační impuls měl takové parametry, jež se pohybují v oblastech nejmenšího funkčního poškození srdečního rytmu.

Další hledisko sledované v této kapitole je dynamika, eventuálně následky vyvolaných srdečních arytmí. Úrazy elektrickým proudem, zejména pak časté úrazy způsobené nevybitými kondenzátory při opravě vysílačů a jiných vysokovoltových zdrojů, ať již v laboratořích, nebo v průmyslových podnicích, mají svůj zvláštní časový průběh.

Jak ukazuje graf 5, může vzniknout po kondenzátorovém výboji dvojí druh komorové fibrilace. První

okamžitá fibrilace se nejčastěji vyskytuje při působení menších napětí a menších energií. Jsou to fibrilace v horní polovině grafu 5. Podle našich zkušeností lze tyto fibrilace lehce zrušit jedním adekvátním defibrilačním impulsem. Recidiva fibrilace většinou nenastává. Takový případ fibrilace vzniklé ihned po výboji a převedené jedním defibrilačním výbojem na normální rytmus ukazuje graf 10.

Závažnější jsou fibrilace vzniklé po aplikaci vysokých napětí 5–6 kV a vysokých energií od 300 J. Ty vyvolávají těžké změny rytmu jako bradykardii, někdy i útlum elektrické srdeční aktivity, jindy těžkou komorovou tachykardií, přecházející často



Graf 12. Vývoj srdečních arytmí po kondenzátorovém výboji o nízké kapacitě. A — aplikaci výboje označuje 1. Po výboji je normální sinusový rytmus. B — za 8 sec po výboji začínají první extrasystoly, označuje je šipka 2. C — záznam ukazující přechod bigemie v sinusový rytmus, ve čtvrté minutě po výboji

ve fibrilaci. Příklad komorové tachykardie přecházející ve fibrilaci ukazuje graf 11. Na stejném grafu je vidět, že po prvním defibrilačním výboji (3kV) se obnovil normální rytmus. Zrušení takové fibrilace vyžaduje mnohdy většího počtu výbojů.

V mnoha případech jsme pozorovali také po výboji s velkou energií normální sinusový rytmus, který byl po několika vteřinách inaterpolován supraventrikulárními nebo komorovými extrasystolami. Z takové arytmie se někdy až za několik minut obnoví normální rytmus, jak to ukazuje graf 12. Někdy se však postupně vyvíjel obraz těžké arytmie, končící během jedné nebo více minut fibrilací. Přechodů těžkých arytmií ve fibrilaci jsme ve své pokusné sérii zaznamenali 28.

Po některých výbojích jsme registrovali elektrickou srdeční aktivitu, avšak kontrakce myokardu byla chabá nebo se neobjevila, krevní tlak setrval na nízkých nebo nulových hodnotách. Tyto mechanismy srdečního „selhání“ nám retrospektivně objasňují některé případy smrti po úraze elektrickým proudem, které jsme měli sami možnost analyzovat, nebo jak je známe z popisů četných autorů. jako Bissig (1960), Frucht a Töppich (1959), Linke (1959), Mackay (1960), Osypka (1960) aj.

Vztahujeme-li dobu počátku působení elektrického výboje k fázi srdečního cyklu, pak pro vznik fibrilace se nejnebezpečnější zdá být lokalizace výboje do úseku T-vlny. V naší pokusné sérii vznikla fibrilace v RRF 56krát a v ARF 37krát, zatímco v DF pouze 15krát. Že tato fáze srdečního cyklu je pro vznik fibrilace nejnebezpečnější, potvrzuje Hoffman a spol. (1951, 1955), Kouwenhoven a spol. (1959), Lown a spol. (1962), Mackay-Leeds (1951, 1953, 1960), Milnor a spol. (1958), Wiggers (1940). Naproti tomu dráždivá fáze je nejméně náchylná ke vzniku fibrilace a stupeň poškození srdečního rytmu je zde nejnižší.

Výsledky této etapy experimentální práce daly nám ucelenou představu o působení čistých kondenzátorových výbojů na myokard. Byly potřebné k tomu, abychom mohli dále rozvíjet otázky patofyziologie a účelné terapie srdeční fibrilace a elektrické defibrilace.

Je nutné dodat, že při konstrukci kondenzátorových defibrilátorů se užívá indukční cívky různé hodnoty, která je součástí vybíjecího obvodu. Tento induktivní odpor mění tvar a délku kondenzátorového výboje a značně snižuje napětí impulsu. Ohmická složka cívky snižuje i energii impulsu na objektu. Stupeň arytmií vyvolaných kondenzátorovým výbojem je jiný, je-li v jeho obvodu zařazena indukce. Těmito otázkami jsme se zabývali v další etapě experimentální práce popsané v následujícím sdělení.

S o u h r n

Studovali jsme vývoj srdečních arytmií po kondenzátorových výbojích v rozsahu napětí od 0,5 do 6 kV a v rozsahu kapacit od 0,5 do 100 μ F. Celkové množství elektrické energie se pohybovalo od 0,06 do 1800 Ws. Výboje jsme pomocí elektronického zařízení aplikovali synchronizovaně ve třech různých fázích srdečního cyklu. Arytmie, které po výbojích vznikaly, jsme rozdělili do pěti skupin podle stupně

jejich závažnosti. Nejvíce, 56, jich vzniklo v RRF a nejméně, 15, v DF. Také v ARF vznikaly fibrilace a to v 37 případech.

Po statistickém zhodnocení jsme zjistili, že stupeň srdečních arytmií je závislý jak na výšce napětí, tak na celkovém množství elektrické energie, avšak závislost na napětí je daleko výraznější. Komorové fibrilace po kondenzátorových výbojích vznikaly ve všech fázích srdečního cyklu.

В ы в о д ы

П е л е ш к а Б.: Сердечные аритмии, возникающие после разряда конденсатора и их зависимость от напряжения, количества электрической энергии и фазы цикла сердечной деятельности

Автор изучал развитие сердечных аритмий после разряда конденсатора в пределах напряжения 0,5—6 кВ и в пределах емкостей 0,5—100 микрофарад. Общее количество электрической энергии колебалось в пределах от 0,06 до 1800 ваттсек. Разряды применялись при помощи электронного устройства синхронно на трех разных фазах цикла сердечной деятельности. Возникшие после разряда аритмии разделяются на 5 групп на основании степени тяжести. Наибольшее количество, 56 возникло в RRF и наименьшее, 15, в DF. Мерцание появилось также в ARF, а именно в 37 случаях.

На основании статистического анализа было установлено, что степень сердечной аритмии зависит как на высоте напряжения, так и на общем количестве электрической энергии, однако зависимость от напряжения является гораздо более выразительной. Мерцание желудочков после разряда конденсатора появлялось на всех фазах цикла сердечной деятельности. С.

Čas. Lék. čes., 105, 1966, 1: 19—30.

S u m m a r y

P e l e š k a B.: Cardiac Arrhythmias Due to Condenser Discharge and its Dependence on Voltage, Quantity of Electric Energy and on the Phase of the Cardiac Cycle

We studied the development of cardiac arrhythmias after condenser discharges in the voltage range from 0,5 to 6 kV and capacity range from 0,5 to 100 μ F. Total quantity of electric energy ranged from 0,06 to 1800 y. Discharges were applied by means of an electronic device synchronously in three different phases of the cardiac cycle. Arrhythmias occurring after discharges were divided into 5 groupes according to the degree of their severity. Most arrhythmias, 56, occurred in RRP, least, 15, in EP Fibrillation occurred also in ARP, in 37 instances.

Statistical appraisal showed that the degree of cardiac arrhythmias depends on the voltage as well as on the total electric energy, but the dependence on voltage is by far more conspicuous. Ventricular fibrillation after condenser discharges occurred in all phases of the cardiac cycle. Z-n

Čas. Lék. čes., 105, 1966, 1: 19—30.

Résumé

Peleška B.: Arrhythmies cardiaques dues aux décharges de condensateur et leur dépendance de la tension, de la quantité de l'énergie électrique et de la phase du cycle cardiaque

L'auteur étudiait la naissance des arrhythmies cardiaques dues aux décharges de condensateur dans l'étendue de tension de 0,5 à 6 kV, et dans l'étendue de capacité de 0,5 à 100 μ F. La quantité totale de l'énergie électrique variait de 0,06 à 1800 y. Les décharges étaient appliquées par l'intermédiaire d'un appareil électronique en synchronisation en trois phases diverses du cycle cardiaque. Les arrhythmies naissant suivant les décharges étaient réparties en 5 groupes suivant le degré de leur sévérité. La plupart, 56, s'est développée dans PhRR, la moindre part, 15, dans PhE. Les fibrillations se développaient de même dans PhRA en 37 cas.

Après l'évaluation statistique il était trouvé que le degré des arrhythmies cardiaques dépend tant du niveau de la tension que de la quantité totale de l'énergie électrique, la dépendance de la tension est cependant de beaucoup plus prononcée. Les fibrillations ventriculaires dues aux décharges de condensateur naissaient dans toutes les phases du cycle cardiaque. Ja

Čas. Lék. čes., 105, 1966, 1: 19–30.

Literatura

1. Akopjan, A. A., Gurvič, N. L., Žukov, I. A., i Nėgovskij, V. A.: O vozmožnosti oživlenija organizma pri fibrilljacii serdca vozđejstvlem impulsnogo toka. *Električestvo*, 1954, 10: 43. — 2. Alexander, S., Kleiger, R., Lown, B.: Use of External Electric Countershock in the Treatment of Ventricular Tachycardia. *J. Amer. med. Ass.*, 1961, 177: 916. — 3. Benichoux, R., Thibaut, G., Marchal, G.: Valeur expérimentale du massage cardiaque a thorax fermé. *Anesth. Analg.* 1962, 19: 251. — 4. Bissig, H.: Über Niederspannungsfälle. *Elektromedizin*, 1960, 5: 154. — 5. Bouvrain, Y., Zacouto, F., Guedon, J., Cavaillès, J.: Deux cas de tachycardies ventriculaires traités avec succès par choc électrique externe. *Bull. Soc. méd. Hôp. (Paris)*, 1961, 77: 1041. — 6. Bouvrain, Y., Guedon, J., Zacouto, F.: Le traitement de la tachycardie ventriculaire par choc électrique externe. *Arch. Mal. Coeur*, 1962, 55: 257. — 7. Brooks, Ch., McC., Hofmann, B. F., Suckling, E. E., Orias, O.: Excitability of the Heart. New York and London, Grune & Stratton 1955. — 8. Corday, E., Irving, D. W., Gold, H., Bernstein, H., Jaffe, H. L.: Recent Advances in the Treatment of Arrhythmias and Conduction Defects. *Amer. Heart J.*, 1962, 64: 126. — 9. Crehan, J. P., Nicholson, M. J., Krockner, E. J.: Further Application of Electric Countershock in Ventricular Tachycardia. *J. Amer. med. Ass.*, 1962, 181: 727. — 10. Dixon, W. J., Mood, A. M.: The Statistical Sign Test. *J. Amer. Stat. Ass.*, 1957, 41. — 11. Friese, G.: Die Behandlung des Herzstillstandes und des Herzkammerflimmerns bei geschlossenem Thorax. *Anaesthesist*, 1962, 11: 263. — 12. Frucht, A. H., Töppich, E.: Zur Behandlung und Beurteilung von Unfällen durch elektrischen Strom. *Z. ärztl. Fortbild.*, 1959, 53: 967. — 13. Gurewicz, V., Sasahara, A. A., Quinn, J. S., Pfeffer, C. J., Littmann, D.: Aortic Pressures during Closed-chest Cardiac Massage. *Circulation*, 1961, 23: 593. — 14. Gurvič, N. L.: Vosstanovlenije žizněnnych funkcij organizma posle smėrtėlnoj elektrotravmy. Trudy konferencij, posvjaščennoj probleme patofiziologii i terapii terminalnych sostojanij. Moskva, Medgiz 1954. 127 s. — 15. Gurvič, N.

L.: Fibrilljacija i defibrilljacija serdca. Moskva, Medgiz 1957. — 16. Gurvič, N. L.: Sovremennye metody oživlenija organizma i pervaja pomošč pri elektrotravme. 2 vsesojuznaja konferencija po patologii i terapii terminalnych sostojanij. Tezisy dokladov Medgiz, 1961: 47. — 17. Hoffman, B. F., Gorin, E. F., Wax, F. S., Siebens, A. A., Brooks, Ch. McC.: Vulnerability to Fibrillation and the Ventricular-Excitability Curve. *Amer. J. Physiol.*, 1951, 167: 88. — 18. Hoffman, B. F.: Vulnerability of the Dog Ventricle and Effects of Defibrillation. *Circulat. Res.*, 1955, 3: 147. — 19. Hooker, D. R., Kouwenhoven, W. B., Langworthy, O. R.: Current Flowing through the Heart under Conditions of Electric Shock. *Amer. J. Physiol.*, 1933, 103: 444. — 20. Hosler, R. M., Wolfe, K.: Closed-chest Resuscitation. *Arch. Surg.*, 1959, 79: 31. — 21. Hossli, G.: The Effect of the Various Methods of Artificial Respiration in First Aid with Special Reference of the Mouth-to-mouth Method. *Helv. med. Acta*, 1960, 27: 603. — 22. Hudson, F., Dery, R., Clavet, M.: Cardiac Resuscitation by the External Route. *Laval méd.*, 1962, 33: 328. — 23. Jude, J. R., Kouwenhoven, W. B., Knickerbocker, G. G.: Clinical and Experimental Application of a New Treatment for Cardiac Arrest. *Surg. Forum*, 1960, 11: 252. — 24. Jude, J. R., Kouwenhoven, W. B., Knickerbocker, G. G.: A New Approach to Cardiac Resuscitation. *Ann. Surg.*, 1961, 154: 311. — 25. Jude, J. R., Kouwenhoven, W. B., Knickerbocker, G. G.: An Experimental and Clinical Study of a Portable External Cardiac Defibrillator. *Surg. Forum*, 1962, 13: 185. — 26. Kouwenhoven, W. B., Milnor, W. R., Knickerbocker, G. G., Chesnut, R. W.: Closed-chest Defibrillation of the Heart. *Surgery*, 1957, 42: 550. — 27. Kouwenhoven, W. B., Knickerbocker, G. G., Chesnut, R. W., Milnor, W. R., Sass, D. J.: A-C Shocks of Varying Parameters Affecting the Heart. Communication and Electronics. 1959. (May issue). — 28. Kouwenhoven, W. B., James, R. J., Knickerbocker, G. G.: Closed-chest Cardiac Massage. *J. Amer. med. Ass.*, 1960, 173: 1064. — 29. Kouwenhoven, W. B., Jude, J. R., Knickerbocker, G. G.: Heart Activation in Cardiac Arrest. Modern Concepts of Cardiovasc. Disease, 1961, 30: 639. — 30. Kouwenhoven, W. B., Knickerbocker, G. G.: The Development of Portable Defibrillator. Power Apparatus and System, 1962, 62: 428. — 31. Lefemine, A. A., Amarasingham, R., Harken, D. E., Berkovitz, B., Lown, B.: Defibrillation by Direct and Alternating Currents at Normal and Reduced Temperatures. *Surg. Forum*, 1962, 13: 183. — 32. Linke, H.: Der elektrische Unfall und seine Behandlung. *Z. ärztl. Fortbild.*, 1959, 53: 971. — 33. Lown, B., Neuman, J., Amarasingham, E., Berkowitz, B. V.: Comparison of Alternating Current with Direct Electroschock Across the Closed Chest. *Amer. J. Cardiol.*, 1962, 10: 223. — 34. Lown, B., Kaithey, S., Perlroth, M. G., Abe, T.: Comparative Studies of Ventricular Vulnerability to Fibrillation. *J. Clin. Invest.*, 1963, 42: 953. — 35. Mackay, R. S., Mooslin, K. E., Leeds, S. E.: The Effects of Electric Currents on the Canine Heart with Particular Reference to Ventricular fibrillation. *Ann. Surg.*, 1951, 134: 173. — 36. Mackay, R. S., Leeds, S. E.: Physiological Effects of Condenser Discharges with Application to Tissue Stimulation and Ventricular Defibrillation. *J. Appl. Physiol.*, 1953, 6: 67. — 37. Mackay, R. S.: Some Electrical and Radiation Hazards in the Laboratory. *IRE-Trans. on Medical Electronics*, 1960, 7: 111. — 38. Mackay, R. S., Leeds, S. E.: Physiological Effects of Condenser Discharges with Application to Tissue Stimulation and Ventricular Defibrillation. *IRE-Trans. on Medical Electronics*, 1960, 7: 104. — 39. Malý, V.: Někteřé neparametrické testy pro statistické hodnocení ve zdravotnickém výzkumu. *Acta Univ. Carol. (Praha)*, 1958, 5: 641. — 40. Milnor, W. R., Knickerbocker, G. G., Kouwenhoven, W. B.: Cardiac Responses to Transthoracic Capacitor Discharges in the Dog. *Circulat. Res.*, 1958, 6: 60. — 41. Moss, A. J., Osborne, R. K., Baue, A. E., Lees, R. S., Jamison, R. L., Spann, J.: Closed-chest Cardiac Massage in the

Treatment of Ventricular Fibrillation Complicating Acute Myocardial Infarction. New Engl. J. Med., 1962, 267 : 679. — 42. **Osyčka, P.**: Bericht über zwei Tödliche Unfälle durch elektrischen Strom bei Spannungen von 70 Volt. Elektromedizin, 1960, 5 : 213. — 43. **Paul, M. H., Miller, R. A.**: External Electrical Termination of Supraventricular Arrhythmias in Congenital Heart Disease. Circulation, 1962, 25 : 604. — 44. **Peleška, B.**: Transthorakální a přímá defibrilace. Rozhl. Chir., 1957, 36 : 731. — 45. **Peleška, B.**: La défibrillation transthoracique et directe à haute tension. Anesth. Analg. Reanim., 1958, 15 : 238. — 46. **Peleška, B.**: A High Voltage Defibrillator and the Theory of High Voltage Defibrillation. Proceedings of the Third International Conference on Medical Electronics, (London) 1960 : 265. — 47. **Peleška, B., Pohanka, J., Blažek, Z.**: Un défibrillateur portatif, destiné à la défibrillation transthoracique ou directe, indépendant du réseau et pourvu d'un convertisseur transistorisé. Anesth. Analg. Reanim., 1962, 19 : 837. — 48. **Peleška, B.**: Teorie a praxe defibrilace srdce kondenzátorovým výbojem. Doktorská disertační práce. Praha, ÚKECH 1963. — 49. **Peleška, B.**: Cardiac Arrhythmias Following Condenser Disch. and Their Dependence upon Strength of Current and Phase of Cardiac Cycle. Circulat. Res., 1963, 13 : 21. — 50. **Prévost, J. L., Battelli, F.**: La mort par les courants électriques. Courants alternatifs à haute tension. J. de Physiol. et de Pathol. gén. Par. I : 427, 1899. — 51. **Prévost, J. L., et Battelli, F.**: La mort par les décharges électriques. J. Physiol. Path. gén., 1899, 1 : 1089, 1114. — 52. **Redding, J. S., Cozine, R. A.**: A Comparison of Opened-chest and Closed-chest Cardiac

Massage in Dogs. Anesthesial., 1961, 22 : 280. — 53. **Rivkin, L. M., Roe, B. B., Gardner, R. E.**: Closed-chest Cardiac Resuscitation. Amer. J. Surg. 1962, 104 : 283. — 54. **Ryan, N. J., Cayler, G. G.**: Ventricular Fibrillation during Cardiac Catheterization Successfully Treated with External Defibrillation and Closed Chest Cardiac Massage. Amer. J. Cardiol., 1962, 10 : 120. — 55. **Safar, P., Brown, T. C., Holtey, W. J., Wilder, R. J.**: Ventilation and Circulation with Closed-chest Cardiac Massage in Man. J. Amer. med. Ass., 1961 : 176 : 574. — 56. **Schütz, E.**: Physiologie des Herzens. Berlin, Göttingen, Heidelberg, Springer-Verlag 1958. — 57. **Vanremoortere, E.**: Nouveau défibrillateur électrique avec mesure de la résistance du coeur. Arch. int. Physiol., 1950, 57 : 347. — 58. **Vanremoortere, E., Dalem, J.**: Défibrillation électrique et impédance cardiaque. Acta cardiol. (Brux.), 1954, 9 : 43. — 59. **Wégria, R., Wiggers, C. J.**: Factors Determining the Production of Ventricular Fibrillation by Direct Currents (with a note on chronaxie). Amer. J. Physiol., 1940, 131 : 104. — 60. **Wiggers, C. J., Wégria, R.**: Ventricular Fibrillation Due to Single Localized Induction and Condenser Shock Applied During the Vulnerable Phase of Ventricular Systole. Amer. J. Physiol., 1940, 128 : 500. — 61. **Wiggers, C. J.**: Defibrillation of the Ventricles. Circulat. Res., 1953, 1 : 191. — 62. **Zoll, P. M., Linenthal, A. J.**: Termination of Refractory Tachycardia by External Countershock. Circulation, 1962, 25 : 596.

B. P., Praha-Krč, Budějovická 800

Do redakce došlo v lednu 1965.

LÉKAŘSKÉ SPOLEČNOSTI

SPOLEK ČESKÝCH LÉKAŘŮ V PRAZE, všeobecná sekce Čs. lékařské společnosti J. Ev. Purkyně, koná v měsíci lednu 1966 své pravidelné pondělní schůze v sále Lékařského domu v Praze 2, Sokolská 31, začátek vždy přesně v 18.30 hodin s těmito pořady:

Dne 17. ledna 1966

Teoretický a aplikovaný výzkum patogeneze epilepsie.

— Koordinátor večera prof. MUDr. Zdeněk Servít, DrSc., ředitel Fyziologického ústavu ČSAV. — Servít Z.: Srovnávací patofyziologie záchvatového elektroencefalogramu. — Popek K., Musil F., Holub V., Zouhar A.: Pokus o prevenci posttraumatické epilepsie — předběžné sdělení. — Diskuse.

Dne 24. ledna 1966

Refrakterní anémie. — Koordinátor večera doc. MUDr. František Heřmanský, DrSc., pracovník I. interní kliniky fakulty všeobecného lékařství KU v Praze. — Heřmanský F., Friedmann B., Palek J.: Ke klasifikaci a klinicko-hematologickému obrazu primárních refrakterních anémií. — Friedmann B., Brabec V., Brousil J.: Erytropoetická aktivita u primárních refrakterních anémií. — Palek J., Brabec V., Volek V., Mirčevová K.: Biochemické změny v červených krvinkách u primárních refrakterních anémií. — Volek V., Heřmanský F., Bednář B.: Jaterní změny u primárních refrakterních anémií. — Heřmanský F., Palek J., Friedmann B.: Léčebné problémy u primárních refrakterních anémií. — Diskuse.

Dne 31. ledna 1966

Přínos nových poznatků imunologie pro medicínu.

Koordinátor večera doc. MUDr. Jaroslav Šterzl, DrSc., pracovník Mikrobiologického ústavu ČSAV. — Šterzl J.: Směry moderní imunologie a její podněty pro biologii a medicínu. — Holub M., Kruml J.: Dynamická morfolgie stimulovaná imunologickým výzkumem a její význam pro experimentální patologii a hematologii. — Rejnek J.: Význam studia struktury protilátek pro poznání jejich funkce v imunitě a alergii. — John C.: Význam nových imunologických poznatků pro kliniku. — Diskuse.

Rentgenologická sekce Čs. lékařské společnosti J. Ev. Purkyně

pořádá společně se sekci onkologickou ve dnech 8.—10. června 1966 v Českých Budějovicích celostátní pracovní sjezd. Téma sjezdu: Rentgenologické projevy a léčba hemoblastóz. Kromě toho budou na programu volná témata. Přednáška i s promítáním nesmí překročit 15 minut. Přihlášky přednášek s udáním jména autora a názvu přednášky zašlete do 31. ledna 1966 na adresu jednatele: Dr. Robert Poch, Praha 10, Šrobárova 50.

PŘEDSEDNICTVO ČESKOSLOVENSKÉ LÉKAŘSKÉ SPOLEČNOSTI J. EV. PURKYNĚ. NOSITELE ŘÁDU REPUBLIKY, vypisuje soutěž na udělení Purkyňovy ceny podle statutu schváleného v roce 1961.

Cena se uděluje za vynikající práci objevného charakteru, která je na mezinárodní úrovni obsahově i formálně. Uděluje se každoročně u příležitosti Purkyňova dne v Libochovicích na návrh kterékoliv sekce.

Vzhledem k tomu, že vynikající práce v oblasti základního výzkumu jsou předmětem i jiných cen, může být Purkyňova cena udělena i pracím z jiných oblastí než z tak zvaného základního výzkumu.

Návrhy podají výbory sekcí předsednictvu společnosti do 15. února 1966.