

617.57/58-005.3-005.757

## DOČASNÁ BEZKREVNOST KONČETIN V PROBLEMATICE TUKOVÉ EMBOLIE

J. KROUPA, J. UHER, F. ÚTRATA

Výzkumný ústav traumatologický v Brně (ředitel: prof. dr. VI. NOVÁK)

V chirurgickém písemnictví se objevily na začátku tohoto století práce zdůrazňující možnosti turniketu (škrtidla) v ochraně organismu před traumatickou tukovou embolií (Aberle, Bisgard, Bürger, Caldwell, Büttner a Stich, Peltier, Sauerbruch, Watson-Jones aj.). V praxi se však uveřejněná doporučení dosud zvlášť nerozšířila.

Tuto otázku jsme zkoumali pokusně v našem ústavu s tím, že jsme se chtěli přesvědčit také o úloze následků zaškrcení v celkové odpovědi organismu se zvláštním zřetelem na tukovou embolii. Již dříve bylo známo, že po dočasné umělé bezkrevnosti jedné nebo více končetin vznikne celá řada změn jak funkčních (Kaulbach, Cegielski), biochemických (Duncan, Johnson a Walstrom, Mallory a spol., Rosenthal aj.), vznikají poruchy v oblasti srdečně cévní (zpomalení oběhu, výstup plazmy z krevních cest), v oblasti dýchání, mění se teplota těla, porušuje se vyšší nervová činnost atd. (Eufinger, Wiggers, Kuško a spol., Paletta a spol., Rosenthal aj.).

V pokusech na králících jsme si ověřovali odpověď na tyto otázky:

1. Objeví se tukové vmetky po uvolnění škrtidla přiloženého na zdravou končetinu pokusného zvířete?

2. Existují vztahy mezi množstvím tukových vmetků a délkou bezkrevnosti zdravé končetiny pokusného zvířete?

3. Jak se projevuje rozdílná zevní teplota během dočasné bezkrevnosti končetiny a také případné ovlivňování končetiny v době bezkrevnosti — na množství tukových vmetků v organismu?

K pokusům jsme vybrali králíky, převážně samce, o váze 2,5–3,2 kg, přibližně stejného stáří, vždy do 5členných — 10členných skupin. Krevní oběh jedné, popřípadě obou dolních končetin jsme dočasně zastavovali stažením 6 otoček gumového drénu o průměru 4 mm Esmarchovou technikou. Teplota pokusné místnosti byla udržována při 20° C, popřípadě cíleně vyšší nebo nižší. Králíci byli přivázaní na měkce podložené pokusné prkno, vždy dvě hodiny před začátkem pokusu. Akutní fáze pokusu trvala vždy 10 hodin a králíci byli dále pak sledováni nejméně 14 dní za stejných podmínek. Během akutní fáze pokusu králíci nedostali potravu.

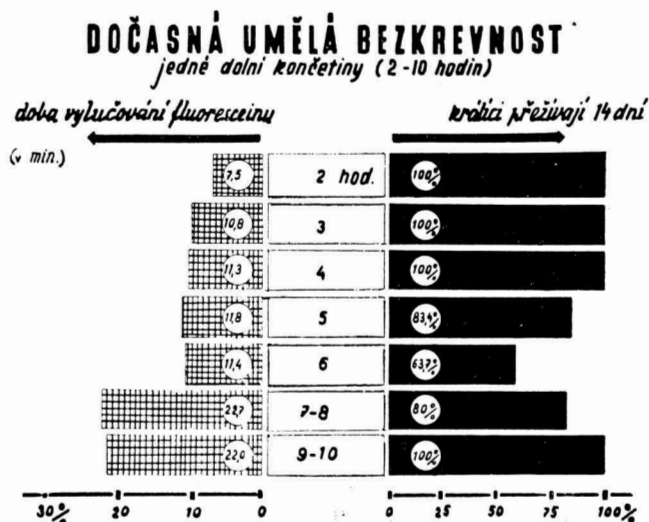
Nejdříve jsme se zaměřili na sledování místních i celkových změn po škrcení jedné dolní končetiny na 2–10 hodin při teplotě zevního prostředí 19–21° C. Při umělé bezkrevnosti trva-

jící déle než 5 hodin jsme průkazně zaznamenávali růst paréz postižené končetiny a jejich přetrvávání nejméně po dobu 4 týdnů. V těchto skupinách se objevily také jednotlivé ztráty zvířat uhynutím během prvních 24 hodin až 7 dní po obnově krevního zásobení končetiny. Sem také patří přírůstek vlhkých gangrén končetiny.

Zvláštní důraz jsme kladli na sledování výkyvů kožní teploty, měřených termistorovým teploměrem (Prema) na symetrických bodech na obou končetinách, kde jsme zjišťovali rychlost spádu teploty zaškrcené končetiny ve vztahu k teplotě zevního prostředí. Naše výsledky ukazují, že teplotní spád má přímý vztah k výchozí teplotě těla a zároveň k zevní teplotě ovzduší.

Pravý sloupec tab. 1 ukazuje zajímavou skutečnost, která spočívá v tom, že úmrtnost králíků nestoupá v přímé závislosti na době bezkrevnosti končetiny. Všechna zvířata, jimž byl přiložen turniket na 4 hodiny na jednu dolní končetinu, přežívají. Největší úmrtnost je u zvířat s šesti-hodinovým zaškrcením jedné dolní končetiny. Toto pozorování je statisticky významné (na 5% stupni významnosti), pokud připustíme možnost užitou statistickou metodou porovnávat menší čísla vyjadřovaná v procentech. V každém případě však zde zdůrazňujeme nápadný početní rozdíl). Zaškrtí-li se končetina na dobu delší než 6 hodin, je potom úmrtnost zase nižší. Tento paradoxní jev vysvětlujeme tak, že po delší době zaškrcení dojde ve větší míře k trombózárnímu cév, hlavně v oblasti žilního řečiště, je porušen odtok

Tab. 1



Tab. 2

## Zaškrcení jedné dolní končetiny králíků.

Rozdíly v pokusných skupinách v závislosti na teplotě pokusné místnosti.

	KOŽNÍ TEPLOTY				Vylučování fluoresceinu		Otoky končetin		Váha		
	Teplota na začátku pokusu	Pokles pod 25 °C po zaškrcení	Vzestup na výchozí teplotu po uvolnění	Doba vzestupu na nejvyšší teplotu 1. den	Teplota na konci pokusu 14. den	1. den pokusu	14. den pokusu	Největší přírůstek objemu	14. den	1. den	14. den
15 °C	25,2 °C 25,7 °C	za 20 min.	1a za 4 min.	2a za 27 min. 38,2 °C	31,4 °C 35,6 °C	za 9 min. 3a	za 4,8 min. 4a	2,4 cm 5a	0,5 cm 6a	3,25 7a 3,10	
20 °C	34,5 °C 34,5 °C	za 92 min.	1b za 16,1 min.	2b za 65,8 min. 36,8 °C	37 °C 40,05 °C	za 9 min. 3b	za 7,6 min. 4b	3,5 cm 5b	2,0 cm 6b	2,53 7b 2,40	
25 °C	39 °C 39 °C	pokles pod 25 °C nenastal	1c za 81 min.	2c za 120 min. 40 °C	36,4 °C 40,2 °C	za 9,5 min. 3c	za 9,0 min. 4c	4,0 cm 5c	3,5 cm 6c	2,75 7c 2,72	

Statistické zhodnocení příslušných údajů v tabulce pod čísly v kroužcích a vzájemné srovnání významnosti rozdílů a) údajů na 1. řádku k údajům 2. a 3. řádku, b) údajů 2. řádku k 3. řádku pomocí t-testu na 5% hladině významnosti. Čísla v závorkách označují hodnoty t-testů.

1a : 1b nevýznamný rozdíl	(1,66)	2a : 2b nevýznamný rozdíl	(1,61)
1a : 1c významný rozdíl	(3,08)	2a : 2c významný rozdíl	(6,54)
1b : 1c významný rozdíl	(2,58)	2b : 2c rozdíl na hranici významnosti	(2,08)
3a : 3b statisticky i početně		4a : 4b významný rozdíl	(5,50)
3a : 3c nevýznamné		4a : 4c významný rozdíl	(2,25)
3b : 3c rozdíly		4b : 4c rozdíl na hranici významnosti	(2,23)
5a : 5b nevýznamný rozdíl	(1,89)	6a : 6b statisticky nehodnoceno	
5a : 5c významný rozdíl	(2,82)	6a : 6c pro menší počty	
5b : 5c nevýznamný rozdíl	(1,99)	6b : 6c přežívajících zvířat	
7a : 7b statisticky i početně			
7a : 7c nevýznamné			
7b : 7c rozdíly			

z končetiny a tím je také porušeno odvádění rozpadových produktů a jiných nox, které působí nepříznivě na celkový vývoj poúrazové odezvy organismu.

Určitou informaci o stavu oběhu v období bezprostředně po uvolnění škrtidla a v průběhu dalších dnů nám dává vylučování 2,5% fluoresceinu vstříkovaného do svalů v oblasti dočasné bezkrevnosti končetiny v množství 0,2 ml vždy 10 minut před uvolněním škrtidla. Sloupec na levé straně tabulky ukazuje, že vylučování fluoresceinu se opožďuje v přímé závislosti na době dočasné bezkrevnosti statisticky významně odlišné až ve skupinách s prodloužením doby bezkrevnosti nad 6 hodin, a to nejen měřeným nástupem vylučování, ale také prodlouženým vylučováním až do 48 hodin po uvolnění škrtidla ve skupinách, v nichž jsme dočasně zastavili oběh v končetině na dobu delší než 6 hodin.

Dále jsme se zaměřili ve svých pokusech na standardní dobu škrcení 6 hodin. Přitom jsme postupovali stejně, jak je popsáno shora, ale udržovali jsme během akutní fáze pokusu zevní teplotu na třech různých úrovních (15° C, 20° C a 25° C).

Na tab. č. 2 předvádíme několik údajů, z nichž vyplnou rozdíly v rychlosti poklesu teploty při škrcení a v rychlosti vzestupu kožní teploty po

povolení škrtidla, rozdíly v maximálních rozměrech otoků a rozdíly doby, za níž je vylučován fluorescein.

Pokles teploty končetiny zbavené dočasně krevního oběhu odpovídá obecně tomu, co bylo řečeno shora. Zvláště vyniká rychlost a míra vzestupu teploty po obnově krevního zásobení. Nejlépe reagují končetiny při zevní teplotě 15 stupňů, nejlépeji při zevní teplotě vzduchu 25 stupňů.

V další části práce jsme vyšli z těchto relativně nejhorších výsledků, dosažených při šesti-hodinovém škrcení při 25° C zevního vzduchu. Pokus jsme upravili tak, že u dvou skupin zvířat jsme chladili končetinu pod škrtidlem v době bezkrevnosti, jednak nepřetržitým proudem vody z vodovodu rozváděným hadičkami z umělé hmoty, jednak opakovaně vyměňovanými vácčky s ledem. Tab. 3 ukazuje výsledky příznivého ovlivnění, zvláště na otocích končetin a na zkracování doby vylučování fluoresceinu. V těchto pokusných skupinách se snížily také ztráty zvířat uhynutím během pokusu a rovněž se zmenšil počet, popřípadě rozsah kožních nekrotů v místě přiložení škrtidla. Ještě lepších výsledků jsme dosáhli, když jsme prodloužili dobu chlazení vácčky s ledem ještě o další hodiny po uvolnění škrtidla.

Tab. 3

## Zaškrčení jedné dolní končetiny králíků.

Rozdíly v pokusných skupinách v závislosti na chlazení zaškrčené končetiny.  
Teplota pokusné místnosti 25 °C.

	KOŽNÍ TEPLOTY				Vylučování fluoresceinu		Otoky končetin		Váha	
	Teplota na začátku pokusu	Pokles pod 25 °C po zaškrčení	Vzestup na výchozí teplotu po uvolnění	Doba vzestupu na nejvyšší teplotu 1. den	Teplota na konci pokusu 14. den	1. den pokusu (po uvolnění zaškrčovadla)	14. den pokusu	Největší přírůstek objemu	14. den	1. den 14. den
Kontrola	39 °C	pokles pod 25 °C nenastal	81 min. 1a	120 min. 2a 40 °C	36,4 °C	9,5 min.	9,0 min.	4 cm	3,5 cm	2,75 7a
	39 °C				40,2 °C	3a	4a	5a	6a	2,72
Chlazení vodou	37,4 °C	29,4 min.	25 min. 1b	96,6 min. 2b 40,2 °C	31,8 °C	9 min.	6,2 min.	4,5 cm	0,8 cm	2,46 7b
	37,5 °C				37,2 °C	3b	4b	5b	6b	2,37
Chlazení váčky s ledem	34,6 °C	10,0 min.	23 min. 1c	50 min. 2c 35,9 °C	35,7 °C	8,8 min.	4,4 min.	3,6 cm	0,7 cm	2,51 7c
	35,0 °C				39,5 °C	3c	4c	5c	6c	2,31

Statistické zhodnocení příslušných údajů v tabulce pod čísly v kroužcích a vzájemné srovnání významnosti rozdílů a) údajů na 1. řádku k údajům 2. a 3. řádku, b) údajů 2. řádku k 3. řádku pomocí t-testu na 5% hladině významnosti. Čísla v závorkách označují hodnoty t-testů.

1a : 1b rozdíl na hranici významnosti	(2,21)	2a : 2b nevýznamný rozdíl	(1,35)
1a : 1c významný rozdíl	(2,28)	2a : 2c významný rozdíl	(5,07)
1b : 1c rozdíl na hranici významnosti	(2,21)	2b : 2c významný rozdíl	(3,46)
3a : 3b statisticky i početně		4a : 4b významný rozdíl	(2,86)
3a : 3c nevýznamné		4a : 4c významný rozdíl	(6,89)
3b : 3c rozdíl		4b : 4c významný rozdíl	(3,33)
5a : 5b nevýznamný rozdíl	(1,27)	6a : 6b nehodnoceno pro menší	
5a : 5c nevýznamný rozdíl	(1,18)	6a : 6c počet přeživších zvířat	
5b : 5c nevýznamný rozdíl	(1,16)	6b : 6c nevýznamný rozdíl	(0,33)
7a : 7b statisticky i početně			
7a : 7c nevýznamné			
7b : 7c rozdíl			

Ochlazení končetin snížilo výměnu látkovou v postižených končetinách, vyvolalo určitý stupeň anestézie, zpomalilo krevní oběh a tím také zpomalilo a příznivě ovlivnilo transport rozpadových produktů z postižené končetiny do celého oběhu.

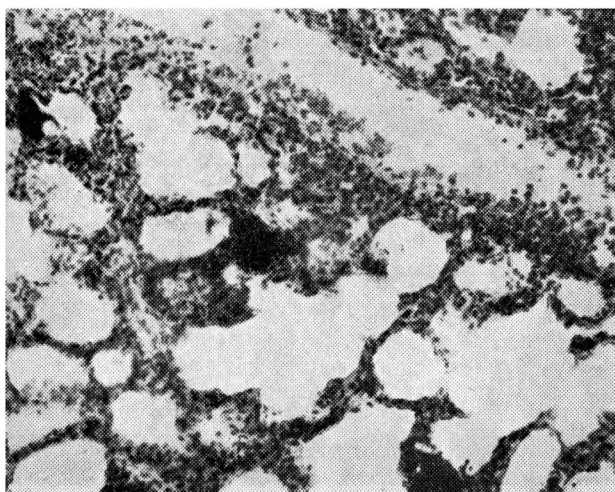
V další sérii pokusů jsme si ověřovali vlivy šestihodinového zaškrčení obou dolních končetin při 30 °C zevní teplotě v pokusné místnosti. Pro srovnání jsme zařadili do této série také skupinu králíků s dočasnou bezkrevností obou dolních končetin při zevní teplotě pokusné místnosti 20 °C.

Pokusná zvířata chovaná během akutní fáze pokusu při zevní teplotě vzduchu 30 °C jsme rozdělili do tří skupin, z nichž dvě byly ovlivněny, a to jednak příkládáním váčky s ledem po dobu dočasné zástavy krevního oběhu v končetinách a dalších 5 hodin po uvolnění krevního oběhu jednak Višněvského obalovou blokádu 15–20 minut před uvolněním oběhu.

Všechny čtyři skupiny zvířat dostaly během akutní fáze pokusu, tj. během 11 hodin, 3 injekce izotonického roztoku 0,9% NaCl v dávce 5 ml/kg váhy pod kůži mimo oblast zaškrčení (čtvrtá skupina dostala 2 injekce roztoku).

Tab. 4 ukazuje v procentech přežívání králíků v jednotlivých 6členných pokusných řadách za 48 hodin a za 14 dní. Nejhorší výsledky jsme zaznamenali ve skupině, kde akutní fáze pokusu probíhala za teploty zevního prostředí 30 °C. Statisticky významně odlišné výsledky jsme zjistili v té skupině, kde jsme chladili dolní končetiny v době umělé bezkrevnosti opakovaně příkládanými váčky s roztloučeným ledem. Statisticky podobné výsledky jsme zaznamenali ve skupině ovlivněné Višněvského obalovou blokádu 0,25% prokainem v množství 5 ml/kg váhy. Prokain jsme rozředili v teplém, hypotonickém Višněvského roztoku (5,0 g NaCl, 0,125 g CaCl<sub>2</sub>, 0,075 g KCl na 1 litr destilované vody s příměsí 1 ml adrenalinu 1 : 1000) a vstříkli ze dvou vpichů až do těsné blízkosti okostice stehenní kosti nad škrtidlo a navíc ještě v proužku do podkoží celého objemu končetiny nad škrtidlem. Uvedené výsledky jsme hodnotili nejen podle procenta přežívání, ale také podle teplotních ukazatelů, podle doby začátku vylučování fluoresceinu a doby přetrvávání jeho vylučování, podle velikosti otoků a podle kožních nekrot, popřípadě gangrén částí končetiny.

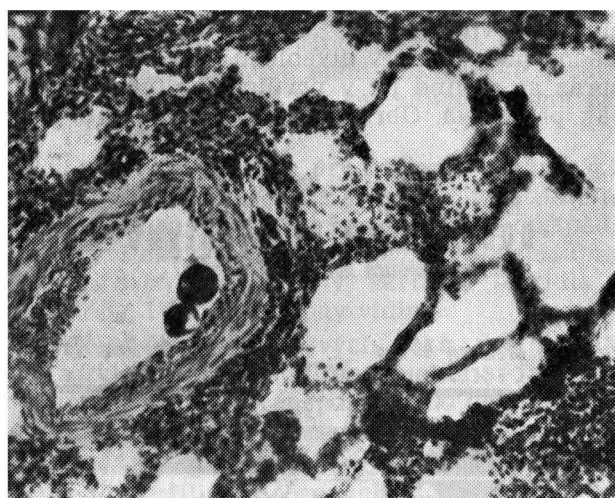
Celkový obraz změn nám dokreslilo histologic-



Obr. 1

Za 12 hod. jsou na tuk pozitivní látky v menších cévách a kapilárách. V blízké cévě vidíme hromadění a kupení polynukleárů a erytrocytů poblíž míst, kde kapiláry jsou vyplněny na tuk pozitivními látkami. Barveno olejovou červení a hematoxylinem. Zvětšeno 160krát.

ké sledování časných i pozdních tkáňových obrazů. Na plicích v prvních hodinách a dnech po uvolnění škrtidla vidíme obraz následků poškozené cévní propustnosti s výstupy tekutých částí krve do intersticia a do alveolů. K těmto změnám později přistupuje výrazná polynukleární a lymfocytární reakce. Na ledvinách v prvních hodinách vidíme známky zbobtnání Bowmannova váčku a celkové překrvení kory ledvin. V dalších hodinách a dnech se projevují změny také ve dřeni. V mozkové tkáni zastihneme v některých těžších případech perivaskulární a pericelulární otok. Změn přibývá se stoupající dobou zaškrcezení, v závislosti na stoupající teplotě zevního prostředí a v závislosti na rozsahu zaškrce-



Obr. 2

Na jiném místě stejného preparátu jsou na tuk pozitivní látky ve větší cévě s prosáklou, rozvolněnou intimou. Poblíže jsou na tuk pozitivní látky v kapilárách, místy i v intersticiu a jsou i v alveolárních epiteliích. V pravém dolním rohu je zmnožená lymfatická tkáň. Zvětšeno 160krát.

ných tkání. Histologický obraz potvrdil, že ochlazování končetin a použití Višněvského blokády jsou vhodná opatření na zmírnění celkových škod organismu po uvolnění škrtidla.

Látky na tuk pozitivní jsme nacházeli v plicních kapilárách, v intersticiu, v alveolárních buňkách a také v alveolech přibližně do 7 dnů po uvolnění škrtidla. Nález tukových látek přetrvává déle v závislosti na poškození cév a parenchymových struktur po uvolnění škrtidla.

V druhém oddílu práce jsme chtěli získat podklady pro odpověď na další otázky:

1. Sleduje embolizace tukových částí zlomeniny stehenních kostí pokusných zvířat?

2. Může zabránit škrtidlo vniknutí tukových částí po zlomenině kostí do parenchymatózních orgánů?

3. Jak se od sebe odlišují nálezy tukových vmetků u pokusných zvířat se zlomeninami stehenních kostí v oddílech se současným škrcezením obou dolních končetin a bez tohoto škrcezení?

Základem této části práce byly pokusy na 51 králících. Jedné části pokusných zvířat jsme v éterové narkóze zlomili obě stehenní kosti páčidlem tak, aby vznikaly kominutivní zlomeniny. Druhé části pokusných zvířat jsme před zlomením končetin přiložili nad místa zlomenin škrtidla na dobu 3—5 hodin. Tato doba byla vybrána po rozboru výsledků pokusů uvedených v první části této práce jako doba, při níž sice dochází k výrazným škodám na organismu pokusných zvířat po uvolnění škrtidla, ale zároveň jsou tyto škody takového rozsahu, že se v průběhu 3—4 týdnů upraví. Další části pokusných zvířat jsme přiložili samotná škrtidla. Poslední skupina pokusných zvířat sloužila za kontrolu.

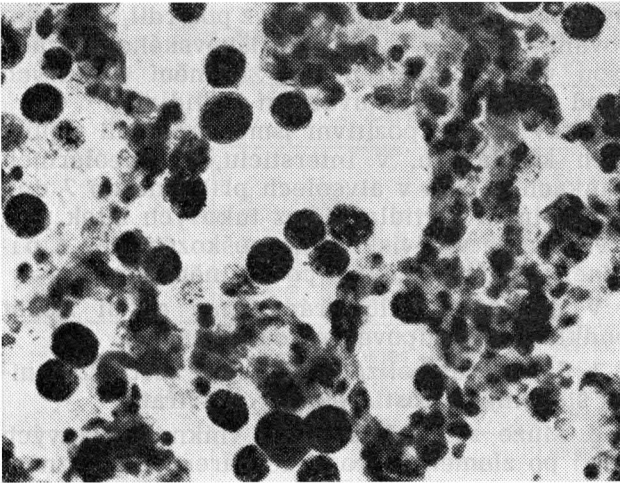
Králíci ve 3členných — šestičlenných skupinách byli zabití v thiopentalové narkóze vykrváčením za 3,5 hodin, 12 hodin a 48 hodin po začátku pokusu.

V uvedených pokusných skupinách jsme sledovali změny dechu, tepu, kožní teploty, vnitřní prostředí, histologické obrazy plic, mozku a ledvin a u části zvířat také změny na ekg.

Nejvýraznější změny po stránce frekvence tepla a dechu, po stránce výkyvů kožní teploty vykazovaly skupiny králíků po uvolnění škrtidel i v oddíle samotných škrtidel, i v oddíle, kde byly zlomeny stehenní kosti a také přiložena škrtidla.

Tep při probuzení z narkózy lehce stoupl, potom se však zpomaloval. Ve třetí hodině po přiložení škrtidla opět se částečně vracel k výchozí hodnotě, aby po uvolnění škrtidla opět klesl ve své frekvenci. Hodnoty dechu v prvních hodinách pokusů stoupaly a jenom pomalu se upravovaly. Na elektrokardiogramech jsme zastihli známky ischemie pravé komory v oploštěných T<sub>II</sub>, III po 30 minutách po uvolnění škrtidla.

Ve skupinách pokusných zvířat, jimž byly zlomeny obě stehenní kosti, jsme nenacházeli tak významné změny, jaké jsme popsali v předcházejícím odstavci.



Obr. 3

Lipofágy v alveolech a prosáklá interveolární septa. Barveno olejovou červení a hematoxylinem. Zvětšeno 320krát.

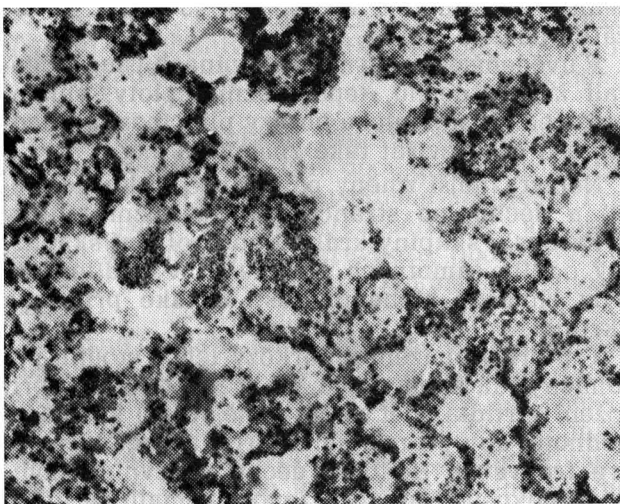
Ve skupinách pokusných zvířat se samotnými škrtidly popisujeme v histologických obrazech tyto změny:

a) Plíce — cévní propustnost je poškozena. Dochází k alveolárnímu a intersticiálnímu otoku. U jednotlivých případů zjišťujeme i výstup erytrocytů (hlavně v období 12 hodin). Poškození intimy cév vede k hojným trombózám.

b) Ledviny — změny vidíme až za 12 hodin a později ve formě překrvení a prosáknutí glomerulů a zmožení lymfocytů v glomerulech.

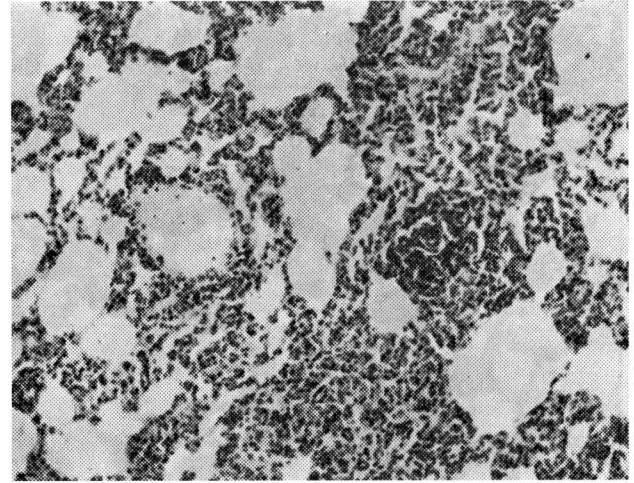
c) Mozek — v mozkové tkáni nacházíme známky otoku, zvláště patrné v období 12 hodin.

Ve skupinách pokusných zvířat se samotnými zlomeninami stehenních kostí popisujeme tyto změny:



Obr. 4

Na tuk pozitivně se vybarvující látky v menších cévách a kapilárách. (12 hod.). Okolní septa jsou hojně prosáklá, zpřetřhaná, místy s výstupem bílkovin a erytrocytů do alveolů a s deskvamací alveolárních výstelkových buněk. V septech je kulatobuněčný infiltrát a ojedinělé polynukleáry. Barveno olejovou červení a hematoxylinem. Zvětšeno 60krát.



Obr. 5

Monoalveolární pneumonická ložiska. Barveno hematoxylin eozinem. Zvětšeno 160krát.

a) plíce — v plicním parenchymu je jen lehký intersticiální otok. Později se zmnožují polynukleáry v septech;

b) ledviny — teprve za 12 hodin je v ledviněm parenchymu nápadnější překrvení kory a zbotbnání Bowmannových váčků. Na tuk pozitivní látky nacházíme převážně v plicích a ojediněle také v ledvinách. Maximum nálezu (+++++) v plicích je za 12 hodin po zlomeninách, avšak ještě za 48 hodin je v plicích značný nález (++++). Látky na tuk pozitivní jsou v kapilárách, v intersticiích, v alveolech, ale jsou také již fagocytovány v lipofázích a nacházejí se také v lymfatických uzlinách. Obr. 1, 2, 3.

Ve skupinách pokusných zvířat se zlomeninami stehenních kostí a se současně přiloženými škrtidly popisujeme tyto změny (závažnější co do výskytu i co do doby přetrvání těchto změn):

a) plíce — cévní propustnost je poškozena; dojde k intersticiálnímu otoku. Ojediněle vystupují bílkovinné hmoty do alveolů. Jenom výjimečně nacházíme v alveolech erytrocyty. Tento obraz se vyvine již v prvních hodinách a dále pak přetrvává. Obr. 4. V septech nacházíme za

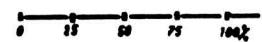
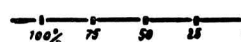
Tab. 4

### DOČASNÁ UMĚLÁ BEZKREVNOST obou dolních končetin (6 hodin)

Králci přežívají 48 hod.  
(%)

Králci přežívají 14 dní  
(%)

60%	19°C	40%
60%	30°C	0%
100%	CHLAZENÍ OBOU DOLNÍ 30°C	60%
60%	VŠÍ. OVAL. BI. OKARA 30°C	60%



Tab. 5

**Průměrné hodnoty některých ukazatelů ve vnitřním prostředí králíků.**  
(Hodnoty nahoře v séru, dále v plicní tkáni.)

Králíci 9členné skupiny	Cel. tuky	$\beta$ Lipoproteidy	SVP — reakce	Cholesterol	Fosfolipidy	Tributyriňaza	Laktikodehy- drogenáza	Fosfatáza alkal.	Fosfatáza kys.	Coeruloplasmin
kontrolní skupina (6členná)	<b>406,7</b> ± 118,9 <b>357,3</b> ± 72,3	<b>125,0</b> ± 50,8	<b>0,069</b> ± 0,02 <b>0,043</b> ± 0,008	<b>161,0</b> ± 24,3	<b>158,6</b> ± 36	<b>275,0</b> ± 56,6 <b>351,6</b> ± 49,6	<b>9,3</b> ± 6,29 <b>494,0</b> ± 299	<b>1,90</b> ± 0,76 <b>301,0</b> ± 153	<b>1,41</b> ± 0,29 <b>145,0</b> ± 66	<b>0,23</b> ± 0,05 <b>0,043</b> ± 0,004
zlomeniny obou stehenních kostí	<b>464,4</b> ± 140,5 <b>301,9</b> ± 15,7	<b>199,9</b> ± 43	<b>0,067</b> ± 0,01 <b>0,035</b> ± 0,008	<b>108,0</b> ± 8,1	<b>157,8</b> ± 38	<b>239,5</b> ± 47,9 <b>250,4</b> ± 33,1	<b>8,5</b> ± 1,1 <b>410</b> ± 120,5	<b>0,94</b> ± 0,28 <b>345,2</b> ± 45,4	<b>1,47</b> ± 0,12 <b>74,7</b> ± 14	<b>0,278</b> ± 0,099 <b>0,045</b> ± 0,014
dočasná bezkrvnost obou dolních končetin	<b>556,3</b> ± 84,4 <b>325,0</b> ± 48,7	<b>361,0</b> ± 170	<b>0,124</b> ± 0,036 <b>0,040</b> ± 0,009	<b>127,0</b> ± 38,4	<b>229,2</b> ± 109,1	<b>95,7</b> ± 22 <b>241,0</b> ± 51,5	<b>31,6</b> ± 5,7 <b>475,0</b> ± 123,2	<b>0,74</b> ± 0,11 <b>260,0</b> ± 60,0	<b>1,64</b> ± 0,21 <b>78,0</b> ± 15,1	<b>0,231</b> ± 0,097 <b>0,245</b> ± 0,091
kombinace zlomenin a dočasná bezkrvnost	<b>520,2</b> ± 184,3 <b>303,0</b> ± 22,1	<b>303,8</b> ± 115,2	<b>0,124</b> ± 0,03 <b>0,045</b> ± 0,01	<b>129,1</b> ± 16,7	<b>205,6</b> ± 49,2	<b>126,1</b> ± 29,2 <b>246,7</b> ± 41	<b>13,19</b> ± 6,4 <b>381,1</b> ± 79	<b>0,63</b> ± 0,15 <b>347,2</b> ± 46,2	<b>1,67</b> ± 0,21 <b>88,1</b> ± 18,4	<b>0,200</b> ± 0,048 <b>0,044</b> ± 0,008

12 hodin zmnožení lymfocytů a buněk fibroblastického charakteru. Lymfatická tkáň je aktivovaná. Cévní změny jsou na intimě a také na adventicii. Za 48 hodin jsou v plicním parenchymu monoalveolární a někde i lobulární pneumonická ložiska. Obr. 5.

b) ledviny — již v časném údobí za 3,5 hodiny po povolení škrtidel nacházíme překrvení glomerulů a lymfocyty v glomerulech;

c) mozek — v mozkové tkáni je patrný otok již v časném údobí po uvolnění škrtidel. Na tuk pozitivní látky nacházíme jenom v plicích s maximem za 12 hodin (+++). Tyto látky setrvávají ještě za 48 hodin v kapilárách, v intersticiích, část se dostává do alveolů.

Biochemickým sledováním jsme si chtěli objasnit, do jaké míry se mění obsah tuků v séru a v plicních tkáních a jak se vzájemně mění některé jiné ukazatele.

Tab. 5 ukazuje na průměrných hodnotách známky porušeného metabolismu (kvantitativní změny metabolismu a změny aktivit, popřípadě i množství enzymů), odstupňované ve vzestupné řadě za sebou: zlomeniny, škrtidla, škrtidla a zlomeniny. Uvedené změny vidíme:

1. Na vzestupu celkových tuků, fosfolipidů, SPV a zvláště také beta-lipoproteidů at jako následku porušeného transportu nebo odbourávání tuků anebo změny enzymatických aktivit.

Ve zvýšení beta-lipoproteidů a fosfolipidů můžeme vidět příliv přirozených emulgátorů, jako odpověď organismu na vzniklý tuk.

2. V poklesu tributyrinázy, signalizujícím těžký stav organismu, zvláště po poškození škrtidly. V této souvislosti upozorňujeme také na snížení plazmatického vápníku.

3. Ve snížení alkalické fosfatázy v séru. Toto snížení je možným ekvivalentem poškození jaterní buňky. Současně zjišťujeme zvýšenou hladinu anorganického fosforu v séru.

4. Ve vzestupu ceruloplasminu. Vzestup jeho hladiny provádí v našich sledováních v pokuse i v klinice závažné odpovědi na poškození.

Celkový obsah tuků v plicní tkáni neukazuje nápadnější rozdíly. Aktivita tributyrinázy v plicní tkáni je proti kontrolám nižší, zvláště ve skupinách s dočasnou bezkrvností končetin. Z ostatních hodnot měřených v plicní tkáni nás obzvláště zaujaly alkalická fosfatáza a laktikodehydrogenáza (LD). Oba tyto fermenty jsou pravidelně zvýšeny ve skupinách po zlomeninách kostí. Snad jde o specifickou odpověď plicní tkáně v souvislosti s embolizovaným tukem.

Naše pokusy dovolují odpovědět na všechny uvedené otázky:

1. Dočasná bezkrvnost dolní končetiny má za následek mírný stupeň embolizace plic tukovými kapénkami. Embolizace nastává až po povolení škrtidla. Nález tukových vmetků v plicích je v analogických pokusech větší v závislosti na množství tkáně s dočasně vyřazeným krevním oběhem (nálezy tukových vmetků jsou větší po přiložení škrtidel na obě dolní končetiny).

2. Tukových vmetků přibývá v závislosti na době dočasné bezkrvnosti (v našich pokusech do 6 hodin).

3. Celková reakce organismu na dočasně vyřazení končetin z krevního oběhu se projevuje plně v době po uvolnění škrtidel, a to tím závažněji, čím je doba škrcení delší a čím je vyšší teplota zevního prostředí. V přímé závislosti na

těchto údajích jde také stupeň embolizace plic tukovými kapénkami.

4. Chlazení postižené končetiny v době po přiložení škrtidla, během škrcení a po uvolnění škrtidla má významný vliv na snížení celkových následků v odpovědi organismu na zaškrcení. V této souvislosti nacházíme také menší množství tukových vmetků v plicích.

5. Po zlomeninách stehenních kostí pokusných zvířat nacházíme na tuk pozitivní látky v plicích a ojedinele také v ledvinách. Nálezy těchto látek jsou v těchto skupinách podstatně četnější než ve skupinách se samotnými škrtidly. Tyto látky se objevují v plicích již v prvních minutách po zlomeninách (v našich pokusech za 30 minut) a dosahují maxima za 12 hodin po zlomení stehenních kostí.

6. Dočasné zastavení oběhu na končetinách pokusných zvířat má ochranný účinek proti embolizaci tukových kapének v plicích a v jiných parenchymatózních orgánech. Tento protektivní vliv klesá, stoupá-li doba škrcení končetiny nad 3 hodiny v pokuse.

7. První známky reakce na embolizovaný tuk v tkáních jsou patrné za 12 hodin po embolizaci. V době kratší než 12 hodin nelze reakci tkání na úraz oddělit od reakce na embolizovaný tuk. Tkáňové změny jsou vyjádřeny více u zvířat, jimž byla přiložena zároveň škrtidla.

8. Souvislost mezi výskytem a počtem tukových vmetků a mezi tkáňovým poškozením v závislosti na cévní reakci po škrcení končetin u pokusných zvířat po zlomeninách stehenních kostí není náhodná. Ukazuje se úzký vztah mezi odpovědí organismu na škody vyvolané škrtidlem a poškozením vyvolaným tukovými vmetky jednak v době bezprostředně po úraze, jednak v době později po úraze (v našich pokusech nálezy pneumonických ložisek za 48 hodin po zlomení stehenních kostí se současným dočasným vyřazením oběhu v oblasti dolních končetin).

Pokusy zpracované v této práci mají několik praktický dosah, který dále formulujeme v druhém bodě, také na základě zhodnocení písemnictví a dosavadní praxe.

1. Z hlediska našich pokusných výsledků je nutno přehodnotit nálezy tukových vmetků v plicích poraněných zemřelých po úraze. Histologické nálezy z ústavů patologické anatomie potvrzují skutečnost, že tukové vmetky, třebaž v malé míře, doprovázejí prakticky každý větší úraz spojený se zlomeninami nebo s otřesem kostí, popřípadě se zhmožděním tukových tkání. Samotný nález malého počtu vmetků znamená sám o sobě poměrně málo. I malý takový histologický nález má však větší význam v těch případech, když se setká s cévní a tkáňovou reakcí, odrážející celkové poškození organismu po úraze.

V prvních hodinách po úraze nelze ovšem rozdělit škody vzniklé z celkové pouřazové odezvy od škod, jejichž příčinou by mohly být prokázané tukové vmetky. Úzká souvislost mezi

celkovou pouřazovou odezvou a tukovou embolií však nekončí ani v prvních hodinách po úraze. Na mohutnosti této odezvy v přímé závislosti na reaktivitě organismu totiž také záleží, jak se rozvine dále průběh tukové embolie.

2. Šetrně přiložené škrtidlo, nejlépe nafukovací manžetou, je důležitým preventivním opatřením před možnými tukovými vmetky:

a) při výkonech na kostech, zvláště při známých kostní osteoporózy po týdnech a měsících při porušeném hojení zlomené kosti,

b) při všech ostatních chirurgických výkonech na kostech, při nichž chirurg užívá hrubších nástrojů (zvláště při osteotomiích),

c) při násilné úpravě nevýhodného osového postavení úlomků kostí,

d) v těch případech během doléčování následků po úrazech, kdy chirurg používá značné síly k uvolnění pohybu ztuhlých, popřípadě částečně ztuhlých kloubů v souvislosti s léčením zlomenin a poraněných kloubů,

e) jako součást opatření po excizi podezřelých nádorů na končetinách.

Škrtidlo nemá být přiloženo déle než 1½ hodiny. Před přiložením škrtidla je výhodné provést Višněvského obalovou blokádu. Škrtidlo je třeba pomalu uvolňovat ještě před chirurgickým uzavřením rány. Je velice výhodné po sundání škrtidla chladit končetinu opakovaně přikládáním vaky s ledem nejméně 6—12 hodin. Škrtidlo v uvedených doporučeních se hodí při výkonech v oblastech kolenního a loketního kloubu a distálně od těchto kloubů. Je nevýhodné přikládat škrtidla současně anebo v krátké době po sobě na dvě a více končetiny. Konečně je nebezpečné přikládat škrtidlo na končetiny s poruchami cévního zásobení a při kornatění tepen na končetinách.

### Souhrn

V pokusech na 201 králíciích byla zkoumána úloha následků dočasné bezkrevnosti jedné i obou dolních končetin pro místní i celkové změny na organismu, se zvláštním zřetelem na tukovou embolií. Byl prokázán úzký vztah mezi celkovou reakcí organismu na škody způsobené škrtidlem a mezi reakcí organismu na tukové vmetky. Místní i celková reakce organismu po dočasné bezkrevnosti končetin je přímo úměrná délce této bezkrevnosti (až do 6 hodin). Místní i celkovou reakci organismu se podařilo utlumit místním ochlazením končetin pod škrtidlem, během dočasné bezkrevnosti a po uvolnění oběhu v končetině. Místní a celkové škody rostou úměrně se zvyšovanou teplotou zevního prostředí.

Současné přiložení škrtidel na končetiny s pokusnými zlomeninami stehenních kostí zabránilo popřípadě podstatně omezilo počet tukových vmetků prováděných samotné zlomeniny v pokuse. Tohoto poznatku je možno použít v otevřených i zavřených výkonech na kostech a kloubech v souvislosti s úpravami pouřazových následků po zlomeninách a poraněných kloubů (repozice a fixace kostních úlomků při současných známkách kostní osteoporózy, osteotomie, uvolňování hybnosti kloubů apod.).

### Резюме

В опытах на 201 кролике изучались местные и общие изменения организма, развивающиеся после временного обескровливания одной или обеих нижних конечностей, с особым учетом жировой эмболии. Была выявлена тесная связь между общей реакцией организма на повреждение, вызванные жгутом-закруткой, и между реакцией организма на жировые эмболы. Местная и общая реакция организма на временное обескровливание конечностей пропорциональна длительности обескровливания (сроком до 6 часов). Местную и общую реакцию организма удалось ослабить путем местного охлаждения конечностей ниже места наложения жгута, осуществляемого в течение временного обескровливания и после восстановления кровообращения в конечности. Местные и общие повреждения возрастают пропорционально повышению температуры окружающей среды.

### Summary

In experiments on 201 rabbits followed the author the sequences of transient ischemia of one or both lower extremities causing local or general organic changes in connection with fat embolies. A close relation between the general reactions of the organism to damages caused by tourniquet and the reactions of organism caused by fat embolies was found. The local and general reaction of the orga-

nism after a transient ischemia of the limbs is in direct proportion to its length (until 6 hours). They succeeded to suppress the local and general reaction of the organism through local refrigeration of the limb below the tourniquet during the transient ischemia and after releasing the circulation in the limb. The local and general lesions increase directly with the raise of the temperature of the external environment.

### Literatura

1. Aberle R.: Zschr. Orthop. 19, 89—114, 1908.
2. Bisgard J. D., Baker Ch.: Amer. J. Surg. 47, 466—478, 1940.
3. Bürger L.: J. Amer. Med. Assoc. 65, 1494, 1915.
4. Büttner A., Stich W.: V knize: Stich R., Bauer K. H.: Fehler und Gefahren bei chirurgischen Operationen. Band II. Jena 1954.
5. Caldwell G. T., Huber H. L.: Surg. Gyn. Obst. 25, 650—663, 1917.
6. Cegielski M.: Pol. Przegl. chir. sv. 31, 6, 657—671, 1959.
7. Duncan G. W.: Arch. Surg. 46, 214—223, 1943.
8. Eufinger H.: Langenbecks' Arch. f. klin. Chir. 301, 96—109, 1962.
9. Johnson S. R., Wadström L. B.: Scand. J. Clin. Lab. Investig. 8, 4, 323—328, 1956.
10. Kaulbach W., Benninger K.: Langenbecks' Arch. f. klin. Chir. 300, 48—70, 1962.
11. Kuško V. M., Balaba T. J.: Sbornik naučnych rabot kafedry biochimii: Reakcija organizma na vzdějstvije k. ž. Medgiz, Moskva 1958.
12. Mallory T. B., Sullivan E. R., Burnett C. H. et al.: Surgery 27, 629—644, 1940.
13. Milch L. J., Redmont R. F., Calhoun W. W.: J. Lab. Clin. Med. 43, 4, 603—614, 1954.
14. Paletta F. X., Willmann V., Ship A. G.: J. Bone Jt. Surg. 42A, 945—949, 1960.
15. Peltier L. F.: J. Bone Jt. Surg. 38-A, 4, 835—840, 1956.
16. Rosenthal S. M.: Postgrad. med. 14, 4, 273—281, 1953.
17. Sauerbruch F.: V knize: Bier-Braun-Kümmell: Chirurgische Operationslehre. 6. vyd., 1. díl. Barth, Leipzig 1933.
18. Šok i terminalnyje sostojanija. Trudy naučnoj sessiji posvjaščenoj pamjati. J. J. Dženelidze. Leningrad 1960.
19. Watson-jones R.: Fractures and joint injuries. Vol. 1. Edinburgh-Livingstone-1955.
20. Wiggers C. J.: Physiology of Shock. Commonwealth Fund. New York 1950.