

NĚKTERÉ POZNÁMKY K POUŽÍVÁNÍ TESTŮ NA DŮKAZ ALKOHOLU VE VYDECHOVANÉM VZDUCHU

Inž. O. PROCHÁZKA, MUDr. V. DOLEŽAL, MUDr. F. VOREL
z Ústavu leteckého zdravotnictví, Praha

Stejně jako je problém nemírného a nemístného požívání alkoholu řešen v občanském životě na poli bezpečnosti práce, je nutno se touto otázkou zabývat i v armádě. Je nesporné, že nejde jen o problém morální, ale i politický a hospodářský. V podmínkách vojenských se pak k tomu připojuje i otázka bojeschopnosti. Při vybavení armády v nejširší míře moderní bojovou technikou jsou na vojáka kladeny i zvýšené požadavky po stránce psychosomatické. Tím spíše nesmí být schopnost vojáka plnit bojové úkoly nepříznivě ovlivněna alkoholem, zvláště v těch případech, kdy plnění těchto úkolů vyžaduje maximální pozornost a soustředění. Proto byla pozornost obrácena k tomu druhu vojsk, kde zvládnutí bojové techniky klade na vojáka maximální nároky, to je k letectvu.

Abychom předešli možnosti letecké nehody jako následku požití alkoholu a vyloučili ji, snažili jsme se nalézt, aplikovat nebo ověřit takovou metodu, která by mohla zjistit piloty, kteří se dostavili k předletové prohlídce po předchozím pití alkoholických nápojů. Metoda, která by nám pomohla splnit tento úkol, musí být:

1. technicky nenáročná a proveditelná přímo v terénu na letišti;
2. rychlá, abychom dostali výsledky v době co nejkratší, prakticky v několika minutách;
3. dostatečně citlivá, spolehlivá a pokud možno specifická.

Uvážíme-li tyto požadavky, nevyhovuje našim potřebám žádná z metod vyžadujících odběr biologických tekutin, tj. krve, moče apod. Nehodí se tedy klasická metoda Widmarkova ani její četné modifikace, ani metoda Cavettova, Niclouxova nebo Kozelkova a Hineova. Nelze použít metod interferometrických ani moderní metody enzymatické.^{1,2}

Zbývají tedy metody používající k důkazu a k orientačnímu stanovení alkoholu jako vyšetřovaného materiálu vydechaného vzduchu. Těchto metod používají v široké míře již pracovníci VB za obdobných podmínek při vyšetřování dopravních nehod.

Snaha po exaktním stanovení alkoholu ve vydechaném vzduchu byla podpořena zjištěním určitých zákonitostí mezi obsahem alkoholových par ve vydechaném vzduchu a hladinou alkoholu v krvi. Tento vztah vyjadřuje zákon Henryho. Vylučování alkoholu stejně jako jiných prchavých látek plicemi je totiž analogické vypařování těchto látek z vodného roztoku. Zdá se, že plicní tkáň se přitom chová inertně.

Je známo, že určitý vliv na hladinu alkoholu v krvi má kvantum a druh požití stravy.³ Při stravě bohaté na bílkoviny se část alkoholu (25+30 %) slučuje v zažívacím traktu s aminokyselinami a v této formě se již do krevního oběhu nedostává.⁴ Proto se i doba, po kterou lze detegovat alkohol ve vydechaném vzduchu, při takové potravě zkracuje. Podobný účinek má i požití většího množství tuků. Při vypití alkoholu nalačno hladina alkoholu v krvi prudce stoupá a fáze postresorptivní se lehce prodlužuje.

První použitelnou metodu na důkaz alkoholu ve vydechaném vzduchu publikoval v r. 1927 Bogen⁵, později teprve Harger a spol.⁶ vypracovali svou známou a rozšířenou metodu. V novější době se zjišťuje alkohol ve vydechaném vzduchu rovněž trubičkovými detektory založenými na redukci dvojchromanu nebo chromanu draselného absorbovaného na silikagel v kyselém prostředí.^{7,8}

Ve své práci jsme se pokusili

1. o prověření dvou metod na důkaz obsahu alkoholu ve vydechaném vzduchu v závislosti na množství vypitého alkoholu;

2. posoudit, která z těchto metod je použitelná v letecké medicíně.

První otázkou je, jak citlivá musí být tato orientační metoda, resp. jak velké je množství alkoholu, které je hranicí mezi kvantem tolerovaným a již risikovým. Při řešení této otázky můžeme alespoň rámcově aplikovat známá fakta a zkušenosti s řidiči motorových vozidel⁹, ovšem s patřičným ohledem ke zvláštnostem letecké problematiky.

Fysiologická hladina alkoholu, resp. těkavých redukcujících látek v krvi podle Widmarka je 0,03 až 0,1 ‰. Sachsenberger¹⁰ při pokusech s řidiči zjistil, že při hladině alkoholu v krvi kolem 0,6 ‰ již 49 % řidičů nebylo schopno ovládat spolehlivě svůj vůz. Při hladině 1,4 ‰ selhali prakticky všichni. Rovněž Bauer¹¹, který prováděl podobné pokusy, shodně zjistil, že při hladině mezi 0,7—0,9 ‰ mají všichni řidiči podstatné poruchy všech reakcí.

Shodná problematika, avšak v ještě ostřejších a vyhraněnějších rysech, přichází v otázkách pilotáže. Zvláště na strojích proudových při velkých rychlostech daleko nepatrnější porucha koordinace pohybové nebo minimální prodloužení reakční doby mohou vést k situaci končící nehodou. S ohledem na mnohem větší zatížení pilota ve srovnání s řidičem motorového vozidla a s ohledem na daleko citlivější řízení stroje musí být měřítko přísnější a tolerovaná resp. risiková hranice nižší než u řidičů běžných motorových vozidel.

Tuto dedukci podporuje i pozorování Manzovo¹², který uvádí, že při hodnotách 0,3—0,4 ‰ alkoholu v krvi dochází k poruchám vestibulárního aparátu. Při výzkumu v ústavu letecké medicíny v Oslo bylo zjištěno, že výkonnost pilota klesá již při 0,2 ‰ alkoholu v krvi, neboť při této hladině je porušena motorická koordinace¹³. Další faktor, který se v letectví uplatňuje, je hypoxie, jež účinek alkoholu zvyšuje. Při tom trpí některé z nejvyšších funkcí centrálního nervového systému. Byla dokázána nepřímá závislost mezi množstvím vypitého alkoholu a stupněm hypoxie: čím je větší hypoxie, tím menší množství alkoholu nepříznivě ovlivňuje výkonnost letce¹⁴.

Jelikož v našem případě nejde o posuzování stupně opilosti v běžném slova smyslu, nýbrž o to, aby z létání byli vyloučeni všichni, kteří požíli takové množství alkoholu, které odpovídá risikové hladině alko-

holu v krvi, stačí nám tato fakta k tomuto závěru: **risikovou hladinou alkoholu v krvi je již 0,2–0,3 ‰ při chybě Widmarkovy metody $\pm 0,1$ ‰.**

Z toho pro naši práci vyplývá, že citlivost orientační zkoušky musí být taková, aby bylo možno bezpečně zachytit ve vydechovaném vzduchu takové množství alkoholových par, které odpovídá alespoň 0,3 ‰ alkoholu v krvi podle Widmarka.

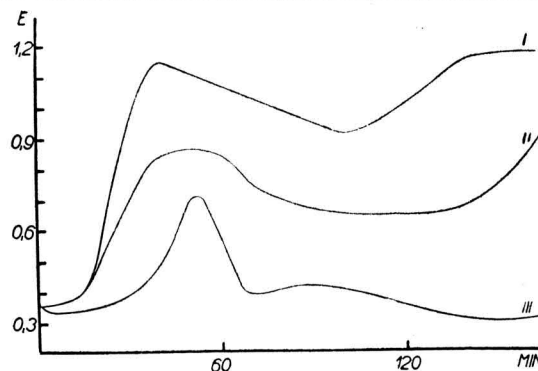
Experimentální část

Na základě těchto úvah bylo možno přistoupit k vlastním pokusům. Srovnávali jsme novější metodu detektorových trubiček výrobce Laboratorní potřeby n. p. Praha s metodou Hargerovou. Jako kontrola nám sloužilo sledování hladiny alkoholu v krvi metodou Widmarkovou*. Krev byla odebírána v příslušných časových intervalech za předepsaných kautel. Průběžně byly prováděny zkoušky trubičkovým detektorem, kterým prošly vždy 2 litry vydechovaného vzduchu (pokusná osoba naplnila dvakrát jednolitrový sáček z polyethylenu). Změnu barvy indikátoru u trubičkové metody jsme hodnotili jako pozitivní na (+), došlo-li pouze k zeslabení oranžové barvy do žluta, na (++) , objevil-li se zelený nádech a na (+++) při zřetelně zeleném tónu zbarvení. Rovněž průběžně jsme prováděli vyšetření Hargerovou metodou, poněkud modifikovanou podle našich potřeb. Do zábrusové promývačky bylo napipetováno 9 ml H_2SO_4 , zředěné vodou v poměru 4:3, a byl přidán 1 ml $N/20$ $KMnO_4$. Tímto roztokem procházel přímo vydechovaný vzduch po dobu 13–15 vt. a byl jímán do jednolitrového sáčku. Při klasické Hargerově zkoušce se vzduchem plní nejdříve dvoulitrový balónek a z něho je teprve probublávána reakční směs. Bylo však zjištěno, že pokles teploty o 10 st., ke kterému přitom dochází, a následná kondensace vodních par mají za následek snížení obsahu alkoholu ve vydechovaném vzduchu asi o 12 %. Proto jsme postup obrátili a měření objemu jsme prováděli až po zreagování alkoholu v Hargerově směsi. Rychlost probublávání byla regulována konstantním průsvitem sestupného ramene trubičky (1,5 mm) při maximální intenzitě jediného výdechu.

Změny v zbarvení indikačního roztoku jsme měřili na Pulfrichově fotometru při filtru S 53 ve dvoucentimetrových kyvetách do 10–20 vteřin po probublání. Tento maximální interval nebylo možno překročit, neboť s časem se barva roztoku rychle měnila. (Např. za 30 vteřin se E mění o 10–15 %.) Chyba takto upravené metody, ověřená u série standardních vyšetření ihned po sobě následujících nebyla však větší než ± 5 –10 %. Maximální individuální rozptyl po požití 100 ml vodky a průměr celé pokusné skupiny je znázorněn na obr. 1.

Celkem jsme provedli 5 pokusů s různým množstvím vypitého alkoholu. Pokusné osoby mužského pohlaví (skupiny po 5 lidech, stáří 25–30 let, váhového průměru 72 kg) vypily do 10 minut v jednotlivých pokusech 50, 100, 125 a 175 ml 40% vodky. 250 ml vodky požíly během 45 minut. Nulový čas byl dán okamžikem, kdy byl všechen alkohol zkonsumován.

* Děkujeme pracovníkům laboratoře Vojenského ústavu pro soudní lékařství při ÚNV a Protialkoholního oddělení SFN za ochotně provedenou sérii stanovení alkoholu v krvi.



Obr. 1

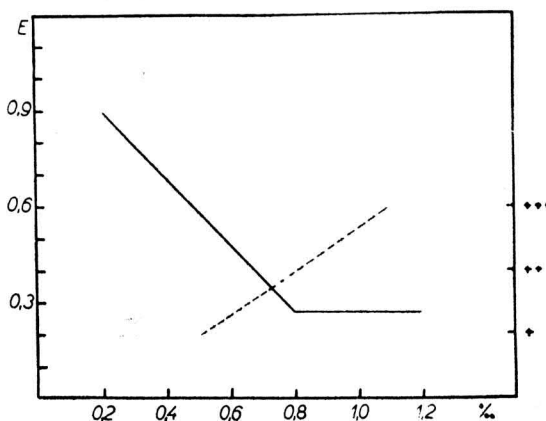
Slepé hodnoty ve vydechovaném vzduchu i v krvi byly odebrány jako kontrola před vlastním pokusem. Výsledky byly vyhodnocovány z průměrů hodnot u všech pěti pokusných osob ve skupině.

V pokusech jsme sledovali především závislost mezi hladinou alkoholu v krvi a hodnotami získanými měření oběma metodami v různých časových intervalech po vypití alkoholu. Za druhé jsme sledovali dobu, po kterou dávají obě metody ještě pozitivní nálezy při různé dávce alkoholu.

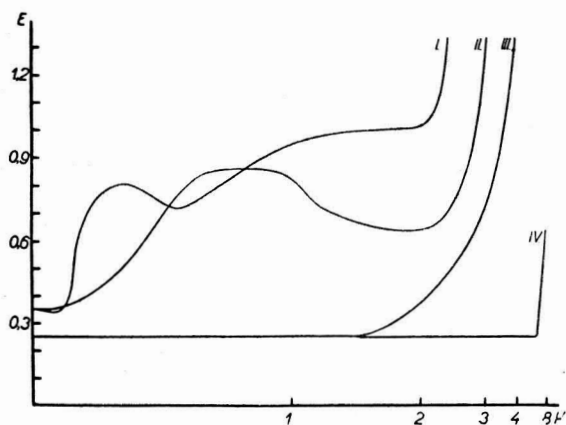
Množství vodky	Detektor trubičkový	Metoda Hargerova	Přepočet na absolutní alkohol
50 ml	15 min.	do 1 hod.	20 ml
100 ml	30–45 min.	1,5–2 hod.	40 ml
125 ml	1,5 hod.	2–2,5 hod.	50 ml
175 ml	2–2,5 hod.	3,5–4 hod.	70 ml
250 ml	5–7 hod.	6–9 hod.	100 ml

V tabulce je uvedeno srovnání obou metod se zřetel na dobu, po kterou dostaneme ještě zřetelnou pozitivní reakci po požití různého množství alkoholu. Je známo, že individuální rozdíly v době, po kterou je alkohol vylučován dechem, jsou značné. Na to konečně upozorňuje i Karu³ v kritice práce Mochova a Šikarenka.¹⁵ V našem případě však můžeme srovnávat obě metody s ohledem na dobu detegovatelnosti alkoholu v dechu, neboť měření oběma metodami byla prováděna současně u téže osoby za naprosto stejných podmínek během jednoho pokusu.

Z tabulky je patrné, že zkouška Hargerova je i v naší modifikaci téměř dvakrát citlivější než metoda trubičková. Klasicky provedená zkouška Hargerova se 2 litry vzduchu (v našem případě jsme odebírali pouze 1 litr) by tedy byla asi 3krát citlivější.



Obr. 2



Obr. 3

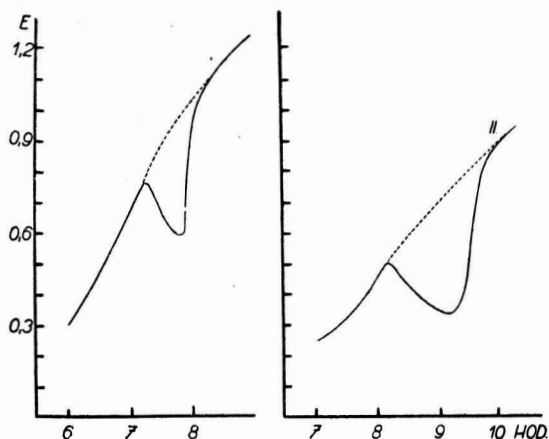
Rovněž srovnání alkoholu v krvi naměřenými hodnotami obou orientačních zkoušek ukazuje na vyšší citlivost zkoušky Hargerovy. Její hranice citlivosti leží při našem provedení zhruba na hranici $0,3\text{ ‰}$ alkoholu v krvi, hranice citlivosti metody trubičkové je $0,5\text{--}0,6\text{ ‰}$ (obr. 2).

Z křivek na obr. 3, udávajících závislost extinkce Hargerova roztoku na čase při různém množství požitého alkoholu, zřetelně vyplývá známá nutnost vyčkat s odběrem vzorku vzduchu při dopravních nehodách minimálně 20 minut. Tento čas se však podle našich zjištění zdá poněkud krátký. Totéž platí pochopitelně i pro detektorové trubičky. Maximální pokles extinkce Hargerova roztoku stejně jako úplné zezelenání indikátoru v trubičce v prvních minutách po požití je způsobeno alkoholem, který zbyl při pití v horních partiích zažívacího traktu.

Jak je zřejmé z obr. 4 (I) má požití potravy vliv na průběh zaznamenaných křivek extinkcí při Hargerově zkoušce. Po jídle dochází k poklesu křivky, tedy k vylučování většího množství těkavých redukcujících látek, s následným vzestupem převyšujícím hodnotu před jídlem. Charakter tohoto výkyvu je závislý na druhu potravy. Zdá se však, že celková tendence průběhu křivky není jídlem narušena. I na slepé hodnoty bez předchozího požití alkoholu má potrava vliv. Dochází sice také k výkyvům kolem $20\text{--}30\%$ z odečtených extinkcí, avšak v mezích hodnot nad $E=1,0$. Na výsledky s trubičkovým detektorem nemá požití potravy prakticky vliv, což je způsobeno malou citlivostí metody.

Obr. 4. (II) znázorňuje podobné pozorování. Pokusné osoby byly kontrolovány elektroencefalograficky. Při přikládání elektrod se otírá pokožka alkoholetherem. I jeho páry vdechované po dobu asi $\frac{1}{2}$ hod. vyvolávají dočasný pokles hodnot extinkce. I zde se však zdá, že celkový průběh křivky není podstatně narušen. Doba poklesu s následným vzestupem ad normam netrvá v průměru déle než $\frac{3}{4}$ hod. Rovněž tuto výchytku nebylo možno trubičkovou metodou zachytit.

Naproti tomu kouř z cigarety v 1 litru vydechovaného vzduchu již vyvolává u trubičkové metody maximálně pozitivní reakci, ačkoli Hargerova zkouška je za stejných podmínek bez prokazatelných změn. Obdobné pokusy s Hargerovou zkouškou provedl již Vámoší¹⁶. Zabýval se rovněž stejně jako Mochov a Šikarenko vlivem různých ovocných šťav a potravin



Obr. 4

obsahujících aromatické látky, eventuálně stopy alkoholu. Zjistili, že v množství, ve kterém se běžně tyto potraviny požívají, prakticky nezpůsobí falešnou pozitivitu Hargerovy nebo detektorové zkoušky, počkáme-li s jejich provedením asi $20\text{--}30$ minut.

Sledovali jsme rovněž, jak dlouho přetrvává pozitivní reakce Hargerova i trubičková při večerním, resp. při nočním požití 250 ml 40% vodky. Pokus byl modelován tak, aby odpovídal večernímu popíjení, krátkému $4\text{--}5$ hodin trvajícímu spánku a rannímu nástupu do práce. Zjistili jsme, že při spánku zůstává hladina alkoholu v dechu o něco déle zvýšena než během denní činnosti a že poměrně rychle klesá po probuzení k normálu. Tento jev můžeme vysvětlit zpomaleným metabolismem v době odpočinku.

Souhrn

Na pokusných osobách, které pily 40% alkohol ve stoupajících dávkách od 50 do 150 ml , byla sledována závislost mezi množstvím alkoholových par ve vydechovaném vzduchu, stanovených metodou Hargerovou a trubičkovým detektorem, a hladinou alkoholu v krvi se zřetelem k citlivosti obou metod. Bylo pozorováno, že požití potravy, kouření cigaret a vdechování alkoholových par zůstává při zachování $20\text{--}30$ minutového intervalu od expozice do doby měření u obou zkoušek bez podstatného vlivu.

a) Prověřením trubičkového detektoru a Hargerovy zkoušky jsme zjistili, že Hargerova metoda v našem provedení dává pozitivní reakci při hladině $0,3\text{ ‰}$ alkoholu v krvi podle Widmarka, zatím co trubičkový detektor teprve při hladině $0,5\text{--}0,6\text{ ‰}$. Rovněž doba od požití alkoholu, po kterou je Hargerova zkouška pozitivní, je téměř dvojnásobná než u detektoru.

b) Pro potřeby letecké medicíny je možno doporučit provádění Hargerovy zkoušky modifikované tak, že se vydechovaný vzduch bude prohánět přímo indikačním roztokem a objem vzduchu bude standardisován 1litrovým sáčkem z polyethylenu. Tím se sníží chyba ve srovnání s klasickou metodou. Bude tak možno zjistit a vyloučit z létání piloty, kteří požili alkohol v množství, které odpovídá hladině od $0,3\text{ ‰}$ alkoholu v krvi výše.

Резюме

На подопытных лицах, вводивших 40% алкоголь в повышающихся с $50\text{--}250\text{ мл}$ порциях

выяснялась зависимость между количеством паров алкоголя в выдыхаемом воздухе, определяемом методом Гаргера и трубчатым детектором, и уровнем алкоголя в крови; при этом принималась во внимание чувствительность обоих методов. Измерения, проведенные в момент экспозиции и через 20—30 минут после нее показали, что прием пищи, курение папирос и вдыхание паров алкоголя не оказывает существенного влияния.

Summary

In experimental subjects, who drank 40% alcohol in doses from 50—250 ml, the alcohol content of the exhaled air, determined by Harger's method and by the tube detector method, was compared with the blood alcohol level in order to gain knowledge about the sensitivity of both methods. The following conclusions were drawn: Harger's method is more sensitive—it gives positive results at an alcohol level of 0,3 ‰ (Widmark), the tube detector method is positive only at an level of 0,5—0,6 ‰.

Písemnictví

1. Tesař, J.: Knížnice pro kriminalistiku 5, 488, 1955.
2. Michon, R., Michon, P.: Ann. Med. Leg. Criminol. 37, 136, 1957.
3. Karu, E. J.: Žur. něvropat. i psichiatr. 58, 344, 1958.
4. Ebel, H.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Beurteilung von Blutalkoholbefunden, Leipzig 1937.
5. Bogen, E.: J. A. M. A. 89, 1508, 1927.
6. Harger, R. N., Forney, R. B., Barnes, H. B.: J. Lab. Clin. Med. 36, 306, 1950.
7. Mochov, L. A., Šikarenko, I. P.: Prikaz po ministěrstvu zdravoochran. SSSR, No 3, 1956, Moskva.
8. Grosskopf, K.: Polizeitechnikverkehr, 3, März 1957, Lübeck.
9. Vámoši, M.: Zisťovanie a posudzovanie opilosti, SAV, Bratislava 1955.
10. Sachsenberg, E.: (cit. podle Vámošiho sub. 5).
11. Bauer, H.: Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 29, 763, 1938.
12. Manz, R.: Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med. 32, 301, 1939-40.
13. Sjezd evropské větve letecké medicíny, Stockholm 1957.
14. Čapek, D.: Fysiologie letce, Naše vojsko, Praha 1954.
15. Mochov, L. A., Šikarenko, I. P.: Sov. med. str. 67, 1955.
16. Vámoši, M.: Soudní lékařství 2, 147, 1957.