

612.231:612.22-087.7:615.411

**POROVNÁNÍ MĚŘENÍ SPOTŘEBY KYSLÍKU V OTEVŘENÉM SYSTÉMU
KLASICKOU METODOU ODBĚRU VZORKŮ VYDECHOVANÉHO VZDUCHU
DO VAKŮ A DIAGNOSTICKOU APARATUROU JAEGER/DATASPIR I**

Jiří LESO, Václav BUNC

Odd. funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství ÚVN, Praha (náčelník: MUDr. Josef Pirič)
Výzkumný ústav FTVS UK, Praha (ředitel: prof. PhDr. S. Čelíkovský, DrSc.)

V současné době pracuje v naší republice okolo čtyřiceti diagnostických aparatur firmy Jaeger z NSR typu Dataspir. Některé výsledky získané na těchto zařízeních u fyzicky zdatných jedinců vzbuzovaly přinejmenším nedůvěru

v naměřené hodnoty. Domníváme se, že značnou část těchto pochybností je možné odstranit vhodným zacházením s aparaturou, to jest, dodržíme-li určitá pravidla, která jsou nezbytná pro provoz těchto zařízení. Pro posouzení

vhodnosti použití tohoto zařízení pro vyšetřování fyzicky zdatných jedinců jsme provedli porovnání měření spotřeby kyslíku v otevřeném systému klasickou metodou (odběr vzorků vydechovaného vzduchu do vaků) a následnou kvantitativní a kvalitativní analýzou na zařízení firmy Jaeger typ DATASPIR I na „Oddělení funkční diagnostiky a tělovýchovného lékařství v Ústřední vojenské nemocnici Praha“.

Metodika

Pro ověření použitelnosti aparatury Jaeger jsme zatěžovali sedm běžců rozdílné výkonnosti na běhacím koberci firmy Jaeger různou formou zatížení jak v rychlosti (6–16 km/hod), tak i ve sklonu (0–6 %). Po dosažení setrvalého stavu jsme střídavě prováděli odběr vzorků vydechovaného vzduchu do vaků (1, 3, 4) ke kvantitativní analýze na interferometru firmy Zeiss z NDR a k měření ventilačních objemů cejchovanými suchými plynovými hodinami a k měření na diagnostické aparatuře firmy Jaeger typu DATASPIR I. Tímto způsobem jsme získali 32 hodnot, které jsme zpracovali běžnými statistickými metodami. Výsledky jsou uvedeny v tabulce 1 a na grafech 1–6.

Výsledky

Pro statistické porovnání obou metod měření funkčních parametrů jsme použili párový t-test.

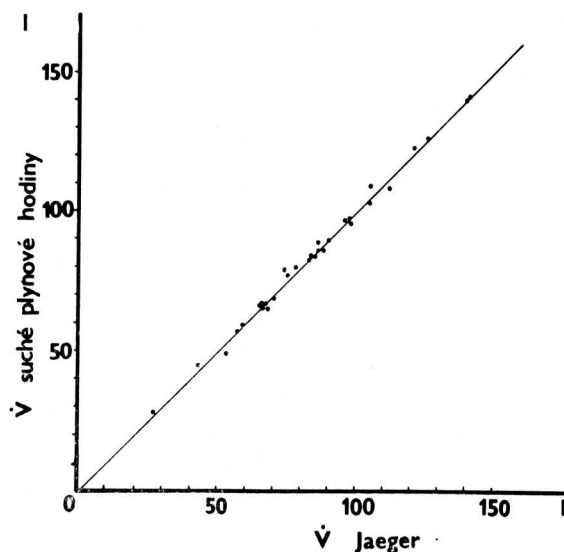
Pro případ ventilačních objemů je jeho hodnota 0,860. Tato hodnota je jak na 5%, tak i na 1% hladině statisticky nevýznamná. Rovněž tak z hlediska věcné významnosti při průměrné diferencí $\bar{d} = 0,35$ l/min a směrodatné odchylce $s = 2,23$ l/min je možné považovat oba způsoby měření ventilačních objemů za shodné, protože tato průměrná difference představuje chybu 0,45 % průměrné naměřené hodnoty, což je hodnota značně nižší, než jsou chyby obou testovacích zařízení. Suché plynové hodiny pracují s chybou 1 % a výrobce udává pro aparaturu Jaeger chybu 1,5 % (6). Naměřené hodnoty jsou uvedeny na grafu 1.

Srovnáme-li využití kyslíku naměřené klasicky s aparaturou Jaeger, je hodnota párového t-testu 2,54, která je na hladině 5 % statisticky významná, na hladině 1 % nikoliv. Průměrný rozdíl ve využití kyslíku, naměřený oběma metodami, je $\bar{d} = 0,08$ % při $s = 0,17$ %, což znamená, že aparatura Jaeger udává hodnoty ve využití kyslíku o 0,08 % vyšší. Vzhledem k chybě měření deficitu kyslíku na interferometru a na aparatuře Jaeger je možné tento rozdíl považovat za zanedbatelný. Chyba interferometru je 1 % a kyslíkového analyzátoru diagnostické aparatury Jaeger je 1,5 % (6). Průměrný rozdíl je 1,5 % z naměřené průměrné hodnoty deficitu kyslíku. Naměřené hodnoty jsou uvedeny na grafu 2.

Hodnota párového t-testu pro výdej kyslíku uhlíčitýho je 0,33, což je hodnota statis-

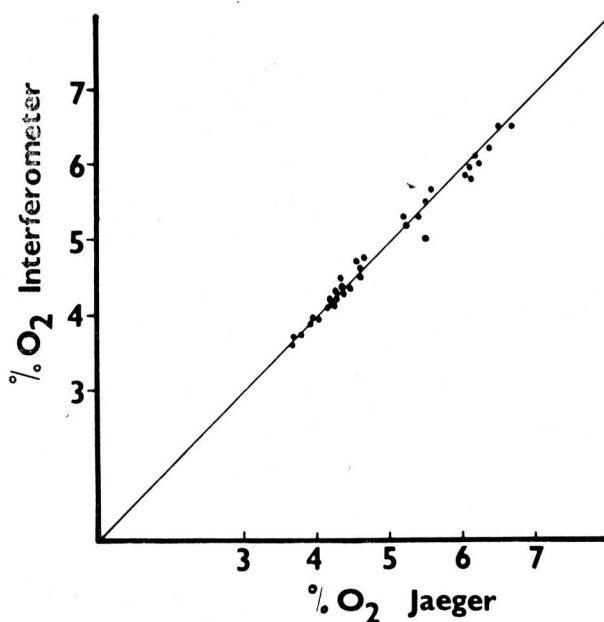
Graf 1

Naměřené hodnoty ventilačních objemů pomocí suchých plynových hodin a pneumotachografu aparatury DATASPIR I



Graf 2

Využití kyslíku určené z vaků pomocí interferometru a aparaturou DATASPIR I

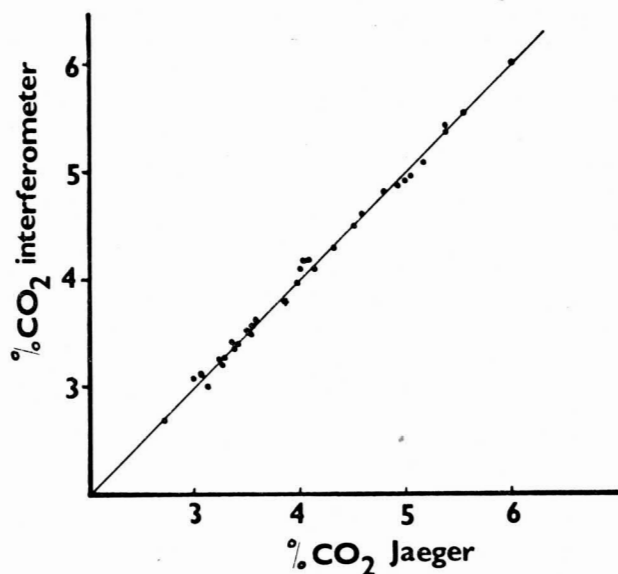


ticky nevýznamná jak na 5%, tak i na 1% hladině. Průměrná difference $\bar{d} = 0,01$ % se směrodatnou odchylkou $s = 0,1$ %. Tento rozdíl je možné z hlediska věcné významnosti zanedbat. Při chybě interferometru 1 % a diagnostické aparatury 1,5 % (6) je tento rozdíl 0,25 % z naměřené průměrné hodnoty. Naměřené hodnoty jsou uvedeny na grafu 3.

Vzhledem k tomu, že další hodnoty (kyslíková spotřeba — $\dot{V}O_2$; kyslíková spotřeba na kg tělesné hmotnosti za minutu — $\dot{V}O_2/kgR$ — respirační kvocient) jsou vypočteny z výše zmíněných, uvádíme pro úplnost článku je-

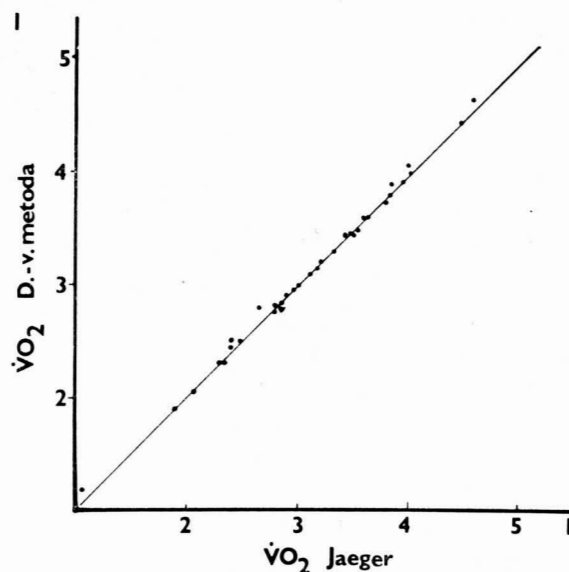
Graf 3

Využití kyslíčnicku uhličitého určeného z vaků pomocí interferometru a aparaturou DATASPIR I



Graf 4

Vypočtená spotřeba kyslíku z hodnot určených interferometrem a suchými plynovými hodinami z vaků a spotřeba kyslíku vypočtená pomocí aparatury Jaeger



Tab. 1

Přehled měřených hodnot $\dot{V}$, deficitu O_2 a CO_2 , $\dot{V}O_2$, $\dot{V}O_2/kg$ R pomocí klasické metody odběrem vydechovaného vzduchu do vaků a aparaturou firmy Jaeger

	$\dot{V}$ (l)		O_2 %		CO_2 %		$\dot{V}O_2$ (l)		$\dot{V}O_2/kg$ (ml)		R	
	Int	Jaeger	Int	Jaeger	Int	Jaeger	Int	Jaeger	Int	Jaeger	Int	Jaeger
$\bar{x}$	82,75	82,4	4,96	5,04	4,06	4,07	3,130	3,135	49,27	49,30	0,84	0,82
s	24,32	24,22	0,85	0,90	0,76	0,80	0,643	0,633	11,17	11,65	0,09	0,08
min.	28,7	26,9	3,60	3,72	3,12	3,06	1,18	1,10	19,2	18,6	0,66	0,67
max.	141,6	141,2	6,54	6,70	5,49	5,52	4,40	4,36	69,4	71,0	1,08	1,04
t-test	0,860		2,54		0,33		0,13		0,18		2,09	
$\bar{d}$	0,35		-0,08		-0,01		-0,005		-0,03		0,02	
s	2,23		0,17		0,10		0,191		0,97		0,03	

$n = 32$ vzorků
 $n_2 = 7$ lidí

$t_{0,05} = 2,042$
 $t_{0,01} = 2,750$

jich statistické zpracování v tabulce 1 a grafické znázornění na grafu 4, 5 a 6.

Z uvedených výsledků je patrné, že minimální difference mezi oběma metodami je v případě měření spotřeby kyslíku, je tedy možno konstatovat, že za dodržení určitých předpokladů, uvedených dále, je možno používat aparaturu firmy Jaeger pro sledování odezvy organismu na fyzickou zátěž.

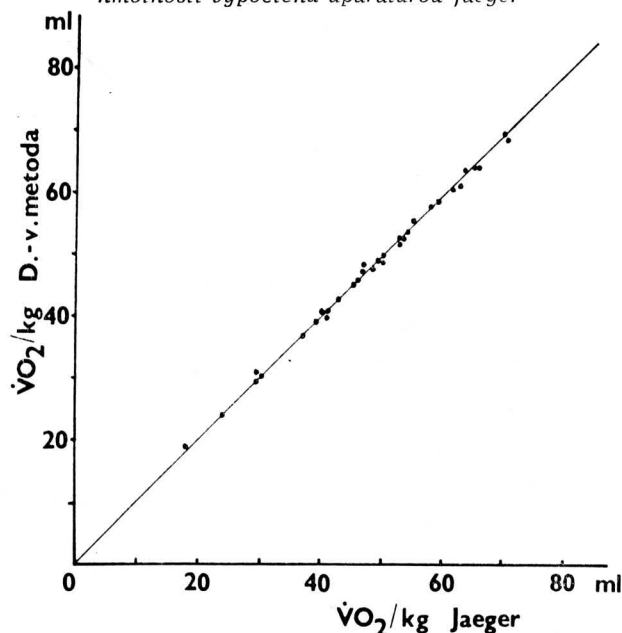
Závěr

Pro spolehlivou činnost aparatury Jaeger je nutno neustále kontrolovat stav analyzátorů plynů a měřiče ventilace. Nepostačí jen běžné cejchování před každým měřením, ale je nutné provádět větší komplexní kalibrace alespoň před každou sérií měření, jak uvedeme v dalším.

Z analyzátorů plynů je citlivější na změny vzhledem k době činnosti kyslíkový, který používá ke štěpení molekuly kyslíku poměrně vysokou teplotu (řádově 700 °C). Tento analyzátor s časem stárne, v prvé řadě se prodlužuje jeho reakční rychlost (tato je v případě dobrého analyzátoru 10–12 s.), to jest z měřené hodnoty koncentrace kyslíku ustálení na nule, až posléze dochází k nežádoucím oscilacím okolo skutečné hmoty a k narušení linearitě vlastního analyzátoru. Doporučujeme proto kontrolovat tento analyzátor před každou sérií měření nebo při trvalém provozu alespoň jednou za 14 dnů několika vzorky o různých koncentracích, které měříme kontrolními analyzátory a zároveň analyzátozem aparatury Jaeger. Tímto způsobem oceňujeme přesnost měření daného analyzátoru, ale hlavně při vhodně zvolených

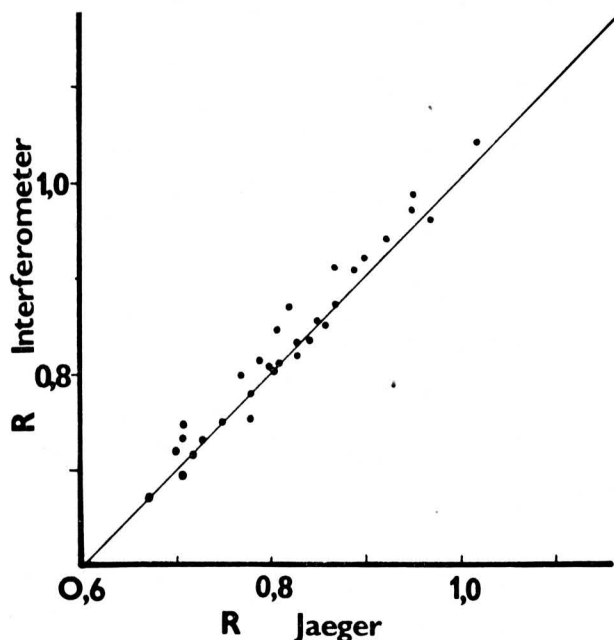
Graf 5

Vypočtená spotřeba kyslíku na kg tělesné hmotnosti z hodnot určených interferometrem a suchými plynovými hodinami z vaků a spotřeba kyslíku na kg tělesné hmotnosti vypočtená aparaturou Jaeger



Graf 6

Respirační kvocient stanovený pomocí hodnot naměřených interferometrem z vaků a vypočtený zařízením Jaeger



koncentracích linearitu analyzátoru. Rovněž tak, máme-li k dispozici pro kvalitativní analýzu plynu interferometer, umožňuje nám tento způsob stanovit poměrně přesně koncentraci cejchovacího plynu v dodávané tlakové lahvi, jejíž hodnoty se často liší od hodnot uvede-
ných výrobcem.

Analyzátor kyslíčnicku uhličitého, pracující na principu infračerveného absorbéru, nemění tak rychle svoje vlastnosti s časem, ale přesto

údaje o linearitě a přesnosti analyzátoru jsou poučné.

Pro měření ventilace využívá aparatura Jaeger pneumotachograf, který pro vytvoření pneumatického odporu používá Lillova principu (1, 2, 5), tedy síťka, pro vytvoření tlakové difference. Je proto nezbytně nutné, aby síťka bylo dokonale prostupné (pneumatický odpor čistého síťka je 10–15 kPa), nezanesené prachem a hlavně vodními parami (1, 2, 5). To má za následek jednak zvýšení pneumatického odporu, ale hlavně dochází ke zvýšení měřených ventilačních objemů. Chyba může být až 50 %. Proto doporučujeme měnit toto síťko zhruba po 1 až 2 provozních hodinách. Cejchování ventilace mimo běžného cejchování před každým měřením, kdy nastavujeme převod mezi litry a výstupním napětím, je vhodné provádět jednou za 2 měsíce z důvodů kontroly citlivosti a linearity převodníku tlaku napětí („Druckwandler dózy“) různými ventilačními objemy.

Zajistíme-li běžnou výrobcem doporučenou údržbu a postupy (6) a provádíme-li kontroly a cejchování výše uvedené, je možné s tímto zařízením získat rychle a přehledně výsledky s chybami, které jsou běžné u měření tohoto typu.

Souhrn

Pro měření odezvy organismu na fyzickou zátěž je u nás v mnoha laboratořích funkční diagnostiky používána aparatura firmy JAEGER z NSR. V případě klinického použití dává toto zařízení reprodukovatelné výsledky, jelikož se však při používání této aparatury vyskytly při vyšetřování osob fyzicky zdatných některé nesrovnalosti zaviněné nedostatečnou informovaností odborné veřejnosti o použití a způsobu zacházení s tímto zařízením, je v článku uvedeno porovnání měření odezvy organismu na tělesnou zátěž klasickou metodou odběru vzorků vzduchu do vaků s měřením pomocí aparatury Jaeger typ DATASPIR I a dále jsou popsány pracovní postupy při údržbě zařízení nezbytné pro dosažení reprodukovatelných výsledků s chybami běžnými u tohoto typu zařízení.

Literatura

1. Andrew, B. L.: Eksperimentalnaja fiziologija, Moskva, Mir 1974.
2. Vovickij, P. V. a kol.: Električeskije izmenenija neelektričeskich veličin. Leningrad. Energia 1975.
3. Naimark, A. - Wasserman, K. - Mc Ilroy, M. B.: Continuous measurement of ventilatory exchange ratio during exercise. J. Appl. Physiol. 24, 1964, s. 644.
4. Anchinclouse, J. H. jr. - Gilbert, R. - Bowman, R. P. - Baule, G. H.: Determination of maximal oxygen uptake with unsteady — state measurements. J. Appl. Physiol., 31, 1971, s. 191.
5. Dewhurst, D. J.: Physical instrumentation in Medicine and Biology. Oxford, Pergamon Press 1960.
6. Firemní katalogy firmy Erich Jaeger. Wuerzburg 1978.

MUDr. Jiří Leso
S. K. Neumanna 9

182 00 Praha 8