[Note]

A Measurement of Body Volume of Mouse

Hiroshi UCHIDA and Akira MORI

Miyagi Agricultural College, Sendai

Nobuo GOTŌ

Aizu Junior College of Fukushima Prefecture, Aizu

(Accepted for publication : June 19, 1973)

This experiment, by the application of Boyle's law that the product of a given gas volume and its pressure are constant, aimed at contriving the apparatus for measuring body volume of mouse and investigating its accuracy, precision, and sensitivity. In this experiment we used a known volume of water (5, 10,, 50 ml) as our subject, and the result is as follows.

- 1) Every measuring value is about 1 ml more or less than the known value.
- 2) The coefficient of variation in every measuring value has a tendency to decrease as the subject volume increases.
- 3) To keep the sensitivity of the apparatus constant by using many kinds of subject volume, it is necessary to keep gas volume in the subject chamber constant by putting the object of the known volume besides the subject volume in the subject chamber. [Exp. Animals, 22 (3), 267-270, 1973]

マウスの体積測定方法

内 田 宏 ・ 森 彰

宮城県農業短期大学

後 藤 信 男

福島県立会津短期大学

動物体は、成長中、体重の増加とともに体積も増大しているが、体積の加量的変化について観察がほとんど行なわれていない。これは、その測定方法が難しいからと思われる。動物体の体積が生体で測定できるならば比重も算出でき、体重・体積・比重の加量的変化が把握されることになり、動物の体組成の推定、栄養要求量の決定、育種における選抜の指標などとして有効と思われる。

動物体の体積測定方法には、液体置換法、気体置換法および写真測量法〔8〕がある。これらのうち液体置換法は、動物体を液体に一定時間沈めるために動物に加わるストレスが大きいのので、適当な方法とは思われない。これに反し、気体置換法は動物に加わるストレスが少ないために、多くの研究者によって検討されている。Walser

and Stein〔10〕は一定容積の試料容器に一定量のヘリウムガスを注入する装置を考案し、次式からネコの体積を測定している。

動物の体積＝

$$\text{試料容器の容積} - \frac{\text{ヘリウムガスの注入量}}{\text{注入したヘリウムガスの最終濃度}}$$

しかし、最も多く行なわれている方法は、一定量の気体の圧力と体積の積は一定であるという関係を利用した方法である〔1, 2, 4, 5〕。たとえば Loh〔5〕および Hix 〔3〕は、同一容積の容器を2個用意し、一方には既知体積の物体を、他方には被検物体をいれて、両容器を同一のマノメーターに連結して両容器内の気体の圧力差から体積を求める方法で、それぞれ人間および豚の体積を測

定している。最近では, Purchas and Pearson[9]が, Loh[5]と Hixら[3]の方法を改良し, その有効性を検討している。

著者らは, 上記諸氏らと同様に, 気体の圧力と体積の関係を利用した容積計を試作し, その正確度, 精度, 感度などについてしらべ, 本装置がマウスの体積測定に有効であるか否かを検討した。

材 料 と 方 法

材料: あらかじめ容積をホールビペットで測定した水を試料として, 5, 10, 15ml……のごとく 5 ml きざみに 50ml まで, 各容積について 5 回ずつ繰り返し測定した。

容積計: 第1図のような容積計を試作した。本装置は, ガラス器 A-B と C をユニ管で連結し水銀をいれたものである。

Fig. 1 Diagram of apparatus for measuring body volume of mouse

測定方法: はじめに試料容器 A のふたをとり, C を下して B の水銀面が a にきたときにふたをする。そのまま C を C' まで下げ B の水銀面が a' にくるようにするが, このとき C' の水銀面は b' まできたものとする。ここで A 内の空気の a より上方の体積を V, a と a' 間の体積を v, 大気圧を水銀柱 P_o , a' と b' との鉛直距離

を h とする。つぎに体積 V_s の被検物体を A 内に入れて同様に操作し, h の値が h', V の値が V' になったとすると Boyle の法則により次式がえられる。

$$VP_o = (V + v)(P_o - h) \quad (1)$$

$$V'P_o = (V' + v)(P_o - h') \quad (2)$$

(1), (2) 式より

$$V_s = V - V' = vP_o \left(-\frac{1}{h} - \frac{1}{h'} \right) \quad (3)$$

結 果 と 考 察

第1表は, 本装置を利用して被検物体(水)の各容積を測定した結果を示したものである。なお, 本装置のガラス器 A と B の容積はそれぞれ $V = 173.35\text{ml}$, $v = 50.90\text{ml}$ である。また大気圧 P_o は 76.00cm Hg としている。

表から明らかなように, 各容積とも測定値が実容積を 1 ml 前後うわまわり, 標準偏差も 1 ml 前後の値を示している。変動係数は実容積の少ないものほど大きく, 容積の増加にともない減少する傾向がみられる。このように, 現段階では, 本装置の正確度と精度は必ずしも高いとはいえない。容積の測定値の誤差は, 水銀面間の鉛直距離の読みとり誤差, 温度, 気圧などの測定条件の変化によると考えられる。たとえば, ここでは大気圧 P_o を 76.00cm Hg として測定値 V_s を算出しているが, 実験を行なった場所が海拔約 100m のところであり, 大気圧 P_o は 76.00cm Hg 以下であることが推定される。第1表のごとく, 測定値 V_s が実容積を 1 ml 前後うわまわっているのは, このことが一因となっていると考える。今後さらに, 正確度と精度を高めるには, 水銀をはいるガラス器の管の内径を細くしたり, 水銀面間の鉛直距離を測定するスケールの精度を高めたり, 温度や大気圧の変化を補正することなどが必要である。

つぎに, v と V の比率をかえたばあいの被検物体の単位容積変化 dV_s 当りの試料容器 A 内の圧力の変化 $d(h' - h)$, すなわち容積計の感度を検討し, その理論値を求めた。その結果を試料容器 A 内の圧力 $P_o - h'$ とともに第2表に示す。

容積計の感度は, (1), (2) 式より次式のようになる。

$$\frac{d(h' - h)}{dV_s} = \frac{P_o v}{(V - V_s + v)^2} \quad (4)$$

ここでは, V_s は V の 20% としている。表によれば $\frac{v}{V} = 0.8$ のときに容積計の感度が最も高くなり, これをさかいにして $v : V$ 比が開くともない感度が低下する。一方, 試料容器内の圧力は $\frac{v}{V}$ が小さくなるにしたがって高くなる。

一般に, $\frac{v}{V} = m$, $\frac{V_s}{V} = n$ としたばあい, これらを

Table 1. Means, standard deviations and coefficients of variation for every measuring value obtained by determination^{a)} using the known volume of water

A known volume of water (ml)	Mean (ml)	Standard deviation (ml)	Coefficient of variation (%)
5	5.60	1.14	20.36
10	10.85	1.00	9.22
15	16.21	0.74	4.57
20	21.06	1.38	6.55
25	26.56	1.95	7.34
30	31.04	1.15	3.70
35	36.21	1.36	3.76
40	41.18	1.25	3.04
45	46.22	1.35	2.92
50	51.62	1.45	2.81

a) Every determination is repeated 5 times.

Table 2. Change in sensitivity $\left[\frac{d(h'-h)}{dV_s} \right]$ and see copy subject chamber ($P_o - h'$) with change in the ratio v : V when $V_s = 0.20V$

$\frac{v}{V}$	$\frac{d(h'-h)}{dV_s}$	$P_o - h'$
100.00	0.0098 $\frac{P_o}{V}$	0.0079 P_o
10.00	0.0857	0.0714
5.00	0.1724	0.1379
1.00	0.3086	0.4444
0.80	0.3125	0.5000
0.50	0.2959	0.6154
0.10	0.1235	0.8889
0.01	0.0152	0.9877
0.00	0.0000	1.0000

(4) 式に代入すると、容積計の感度 $\frac{d(h-h')}{dV_s}$ は m の関数として次式のように表わせる。

$$f(m) = \frac{mP_o}{(m+1-n)^2V} \quad (5)$$

(5) 式の一次導関数をとることにより、 $f(m)$ は $m = 1 - n$ のときに最大となることがわかる。第2表のば $n = 0.2$ であるから、 $m = 0.8$ すなわち v が V の80%のときに容積計の感度が最高となる。一方、最高感度を得るときの m の値は、被検物体の試料容器A内に占める割合 n によってきまる。したがって、実際にマウスを被検物体とするばあい、その体積はさまざまであるので常に最高に近い感度を得るためには、試料容器A内に被検マウスの他に既知体積の物体をいれるなどして試料容器A内の空気の体積 V' になるべく一定になるようにする

ことが必要である。また、最高感度では、第2表のように試料容器内の圧力 $P_o - h'$ は大気圧 P_o の1/2に減圧するが、モルモット[4]およびラット[6,7]での減圧実験の結果からみて、マウスでもこの程度の減圧は生体にさほどの生理的悪影響をおよぼさないと考えられる。

以上から、本装置は操作がきわめて簡便であり、今後さらに測定 of 正確度、精度および感度を高めるように改良すれば、マウスの体積測定に有効であるといえる。

要 約

一定量の気体の圧力と体積の積は一定であるという Boyle の法則を利用して、マウスの体積を測定する装置を考案し、その正確度、精度および感度を検討した。試料としては既知容積の水 (5, 10, 15, ..., 50 ml) を用いた。1) 実測値は、各容積とも試料容積を 1 ml 前後うまわっている。2) 実測値の変動係数は、試料容積が大になるほど小になる傾向がみられる。3) 種々容積の試料を用いて一定の感度を得るには、試料容器に試料の他に既知体積の物体をいれるなどして、試料容器内の気体の体積をつねに一定にする必要がある。

文 献

- [1] Fomon, S. G., Jensen, R. L. and Owen, G. M. : Determination of body volume of infants by a method of helium displacement. Ann. N. Y. Acad. Sci., 110, 80-90 (1963).
- [2] Gnaedinger, R. H., Reineke, E. P., Pearson, A. M., Van Huss, W. D., Wessel, J. A. and

- Montoye, H. J. : Determination of body density by air displacement, helium dilution, and underwater weighing. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 110, 96-108 (1963).
- [3] Hix, V. M., Pearson, A. M., Reineke, E. P. and Gillett, T. A. : Determination of specific gravity of live hogs by suppressed zero techniques. *J. Animal Sci.*, 26, 50-57 (1967).
- [4] Liuzzo, J. A., Reineke, E. P. and Pearson, A. M. : Determination of specific gravity by air displacement. *J. Animal Sci.*, 17, 513-520 (1958).
- [5] Loh, Y. C. : Measurement of human body density. pp. 4-28, Ford Motor Company Sci. Lab. Rep., Dearborn, Michigan, U. S. A. (1956).
- [6] 万木良平・飯塚道彦・秋山明子 : Hypoxia によるラットの体温降下とガス代謝との関係。 *J. J. Aerospace Med. & Psy.*, 5, 29-36 (1968).
- [7] ————・—————・————— : ハイポキシアによるラットの体温降下現象。航空医学実験報告, 9 (2), 100—107 (1968).
- [8] Pierson, W. R. : A photogrammetric technique for the estimation of surface area and volume. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 109-112 (1963).
- [9] Purchas, R. W. and Pearson, A. M. : A comparison of two system for measuring volume by air displacement. *J. Animal Sci.*, 33, 1237-1241 (1971).
- [10] Walser, M. and Stein, S. N. : Determination of specific gravity of intact animals by helium displacement ; compasison with water displacement. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 82, 774-777 (1953).