

- Centralbl. f. Bakt. u.s.w., 1. Abt. Orig., Bd. 84, H. 5. 4) Dörr u. Pick, Wien, klin. Wochenschr., 1919, No. 13. 5) Landsteiner u. Hausmann, Med. Klin., 1918, No. 21. 6) Nicolle u. Blaizot, Refer. Münch. med. Wochenschr., 1916. 7) Friedberger u. Schiff, Zeitschr. f. Imm. u. Exp. Therap., Jena I. Teil, Orig., Vol. 35. 8) Hach, Zeitschr. f. Hyg. u. Inf., Vol. 104, pp. 319—336, 337—346, 1928. 9) Weil & Breinl, J. Inf. Dis., Vol. 33, 1923. 10) Castaneda, J. Exp. Med., Vol. 53, 1930. 11) Mooser, Varela & Pilz, J. Exp. Med., Vol. 59, 1934. 13) Maxcy, Publ. Health Rep., Vol. XI, No. 1, 1929. 14) 小河, 滿洲醫學雜誌, 第 7 卷, 第 10 卷, 昭 2, 4. 15) 中村, 日本病理學會々誌, 第 15 卷, 大正 15. 16) 二木, 細菌學雜誌, 第 403 號, 昭 4. 17) 兒玉 他 1 名, 細菌學雜誌, 第 403 號, 昭 4. 18) 兒玉 他 1 名, 滿洲醫學會雜誌, 第 12 卷, 昭 5. 19) 濱田 他 4 名, 第 15 回聯合微生物學會記錄, 昭 16. 20) 北野 他 4 名, 滿洲醫學雜誌, 昭 18. 21) 岡本 他 1 名, 第 15 回聯合微生物學會記錄, 昭 16. 22) 岡本 他 1 名, 第 16 回聯合微生物學會記錄, 昭 17. 23) 中村, 第 7 回日本醫學會第 20 分科會衛生, 微生物, 傳染病學會聯合會, 大正 15. 24) Barikin 他 3 名, Centralbl. f. Bakt., II. Abt., 329—338, 1927.

余等の創案せる中耳腔壓力測定用「マンメーター」 並に夫により測定したる所謂耳管中耳加答兒の 陰壓値に就て

高 原 滋 夫
谷 豊

岡山醫科大學耳鼻咽喉科教室

中耳腔の氣體の壓力は、正常人に於ては大氣の壓力と略同じであるが、或種の中耳疾患に於ては中耳腔内の氣體の壓力は大氣壓に比し陽壓に又は陰壓に傾く事が多い。例へば化膿性中耳炎の多くの場合に於て中耳腔内の壓力は陽壓を示し、又所謂耳管中耳加答兒なる疾患の大多數に於ては陰壓を示す事が経験されている。

我々が此の中耳腔の氣體の壓力を任意に正確に測定する事が出来るとすれば、種々の耳疾患の本態に關し何等かの知見を加え得るのみならず、又臨床上に於ても必ずや有意義な事を考える。

扱て所謂耳管中耳加答兒は耳疾患の約 15 乃至 20% の頻度に見られ、我々耳科醫が日常屢々遭遇するものであるが、多くの先人の努力にも拘わらず今日に於ても尙其の本態に關し不明の點の尠くない洵に不可思議な興味

深き疾患である。之を假令えば、本症の中耳腔陰壓は一體如何程であるか、又本症の特徴である中耳内瀰溜液は如何にして發來し陰壓と如何なる因果關係があるか、又本症の聽力障礙並に鼓膜内陷、鼓膜萎縮等は陰壓と如何なる關係にあるか等の諸點に就ては未だ一致したる見解に達していない。

之は惟るに、本症の成立に當り最も重要な役割を演じていると惟われるところの中耳腔陰壓が正確に測定されていない事に基因する所と考えられる。

本症中耳腔の陰壓値に就ては過去に於て既に 2, 3 の學者(鰐淵, デシエツク等)により測定が試みられているが、測定に當り或は推測が混えられ、或は聽力に關する患者自身の判斷に基礎が置かれていて、夫等を吟味するに未だ正確に測定されたと信じられるものが無い。

茲に於て余等は所謂耳管中耳加答兒の中耳腔陰壓の實數値の測定を念願し、苦心の末次の如き特殊の耳用氣壓計(高原・谷)を創案したので次にその概要を報告したい。尙製作の目的は陰壓値測定であつたが、此の氣壓計により陽壓値をも測定出来る點を附記して置く。

創案せる耳用氣壓計に就て

1. 本耳用氣壓計の原理

物理學に於て氣體の「モル」數を m 、體積を V 、壓力を P 、絶對溫度を T とせば

$$PV = mRT \quad (R \text{ は氣體恒數}) \dots (1)$$

扱、體積 V_0 なる氣體の壓力を P_0 とし、其體積が $(V_0 + V_1)$ となりし時の壓力を P_1 とし、其間に溫度の變化が無かりしとせば、(1) 式より次式が成立す。

$$P_0 V_0 = P_1 (V_0 + V_1) \dots (2)$$

$$P_1 = \frac{P_0 V_0}{V_0 + V_1} \dots (3)$$

第1圖に於て硝子管 A-B 間に大氣の壓のもとに體積 V_0 なる空氣を封入し B 端を閉づ。A-C 間は指示液滴を充て壓の變動によ

第 1 圖



り自由に移動し得るが如くにす。次に之を以て針尖(E)を鼓膜(T)を通して鼓室(M)に刺入せしむると、A 點は移動し鼓室の氣壓と平衡して F 點にて停止せりとす。其の際その歩みによる封入氣體の體積の増加 V_1 を目盛りにて讀み取る。其の時の封入氣體の壓力を P_1 とし、この間恒溫のもとに操作せりとせば即ち(2)式が成立し、從て(3)式に於て P_0 、 V_0 を既知とせば V_1 の讀みより P_1 を算出し得る譯にて、之は即ち中耳腔壓を示すものにして、(若干の誤差に就ては後述す) 從て中耳腔陰壓を P_n とせば

$$P_1 = \frac{P_0 V_0}{V_0 + V_1} \dots (3) \text{ より}$$

$$\begin{aligned} P_1 - P_0 &= \frac{P_0 V_0}{V_0 + V_1} - P_0 \\ &= \frac{P_0 V_0}{V_0 + V_1} - \frac{P_0 (V_0 + V_1)}{V_0 + V_1} \\ &= \frac{P_0 V_0 - P_0 V_0 - P_0 V_1}{V_0 + V_1} \\ &= - \frac{P_0 V_1}{V_0 + V_1} \end{aligned}$$

$$\therefore \text{陰壓 } P_n = P_1 - P_0 = - \frac{P_0 V_1}{V_0 + V_1} \dots (4)$$

となりて(4)式よりは直接に中耳腔陰壓を算出し得るなり。

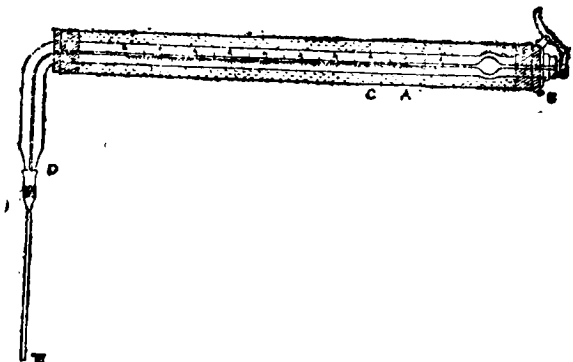
2. 本耳用氣壓計の製作並に使用法

(本氣壓計作製に當りては廣島文理科大學硝子工作室主任故山田貞之助氏に負ふ所大なり茲に誌して謝意を表す。)

材料としては半徑 0.03 乃至 0.05 mm の毛細管を通ずる外直徑約 5 mm の寒暖計用硝子管長さ約 30 cm. 及び内徑約 1 cm なる硝子管長さ約 20 cm (之は外套用硝子管)。「フクシン」にて着色したる無水酒精少量、内徑 1/4 mm 注射針にして、針の長さ約 5 cm のもの。「ゴム」栓若干。

第2圖の A-B 間の容積 V_0 は 1000 乃至 2000 $\pi r^2 \text{ cm}$ なる如く作製す。但し π は圓周率、 r は毛細管半徑にして 0.03 乃至 0.05 mm なり。 r の測定は其の毛細管の任意の長さに水銀を満たし、其の水銀の重さを化學天

第 2 圖



秤にて可及的精密に秤りて夫より算出せり。本半徑は大略の數値を知り得れば充分にして、其の數値は陰壓測定そのものには必要な

らず。唯後述の如く誤差の項にて必要なるなり。次に本氣壓計作製の順序方法に就て説明すれば次の如し。長さ約 30 cm の寒暖計用毛細管の略三等分點の一つに一致して其外壁上に A 點を定め、其れより中央部に向ひ第 2 圖の如く約 10 cm の長さに亘りて 0.5 mm の目盛を刻む。次に其の毛細管(半徑 r)を用ひて豫め $1000 \pi r^2 \text{ cm}$ 容積の水銀を量り取り、(又は化學天秤にて秤量しても可)その水銀球の大きさに似せて第 2 圖の如く壺腹部を作る。(本工作は甚だ熟練せる技術を以てしても尙壺腹部を丁度 $1000 \pi r^2 \text{ cm}$ の大きさに製作することは先づ不可能にして次の如く V_0 は改めて測定する要あり)。次に A 點より壺腹部及び其外方適當なる長さに亘りて水銀を吸引充滿し、其の水銀を適當なる容器に吹出さしめ、再び本器毛細管の目盛を刻みたる部分を用ひて此水銀を十數回に分割吸引して夫が體積を精密に測量し V_0 が果して幾倍 $\pi r^2 \text{ cm}$ となりぬるやを決定す。此等の測定に先立ちて、毛細管は重「クローム」硫酸によりて清淨ならしめ置くを要す。又之に用ふる水銀は純粹にして脂肪なきことを要し、廣島赤十字病院藥局にて精製せる齒科用水銀を用ひたり。然らざれば V_0 の測定は圓滑に且正確に行はれ難し。B 端は V_0 が後の計算に便宜なる數となる如く適宜に切斷し之を定む。次に第 2 圖の如く D 端より約 5 cm の所にて直角に曲げる。D 部に於ける毛細管と注射針との接合は特に意を用ひて、可及的に空隙を無からしむるが如くに磨合せを爲し且氣密用の「グリス」によりて氣密ならしむ。毛細管は再び重「クローム」硫酸を用ひて清淨ならしめ、且充分に乾燥せしめ、指示液滴の運動を碍げること無き様注意する必要あり。A-C 間の指示液滴には「フクシン」にて着色せる無水「アルコール」を用ひたり。其の長さは適當にて可なるも C-D 間に必要以上の空間を無からしむ様意を用ひ、其の長さを適當になしたり。B 端の閉鎖は何を用ふるも可なるも度々開閉する要あるにより第 2 圖にては麻醉用「クロールエチル」(三共)の容器の口金を利用したる

も、絆創膏比較的便利なり。次に注射針の長さは約 5 cm のものを特別に注文製作せしめたり。穿刺測定の際從來のものにては短かきに過ぎる故なり。注射針の尖端 E は長軸に對し 45° に切り且尖端の一部を残して滅菌「ワゼリン」を塗り且鼓膜面には滅菌「オリーブ」油を塗布し、陰壓測定の際鼓膜の穿刺は一舉に爲し、其の際空氣の漏入するを防ぐ注意をなしたり。尙 B-D 間の大分部は内經約 1 cm の硝子管中に收め、其の間に水を滿して測定の際中封入氣體を恒溫(室溫)に保たしめ得るが如くにしたり。尙鼓膜を穿刺する際は可及的に氣壓計を水平に保持し、重力によりて指示液滴の移動するを防ぐ注意が必要なり。

3. 誤差に就て

上述に於ては(3)式によりて與えらるる P_1 の値を以て直ちに中耳腔壓と見做したるも、之は實は測定の際爲穿刺といふ操作を加えたる後の中耳腔壓を示すものにして、測定前の眞の中耳腔壓 (P_m とす)は P_1 によりて與えらるる P_1 値よりも幾何か小なるべき事が豫想され、穿刺前後の中耳腔壓の變化を考ふる時は(1)式より次式が成立す、

$$\begin{aligned} & \frac{P_m V_m}{T_m} + \frac{P_0 V_\Delta}{T_0} \\ & \text{(穿刺前)} \\ & = \frac{P_1}{T_m} (V_m + V_\Delta - V_1) \dots \dots (5) \\ & \text{(穿刺後)} \end{aligned}$$

但し T_m , T_0 は夫々中耳腔の溫度並に室溫を絶対溫度にて表はせるもの。 V_m は中耳腔容積、 V_Δ は C-E 間の容積とす。上式の左邊は穿刺直後、右邊は注射針を鼓室に穿刺し、指標の移動後の状態を示すものなり。(5)式により

$$\begin{aligned} \therefore P_1 (V_m + V_\Delta - V_1) & \\ & = P_m V_m + \frac{P_0 V_\Delta T_m}{T_0} \\ \therefore P_1 (V_m + V_\Delta - V_1) - P_m V_m & \\ & = \frac{P_0 V_\Delta T_m}{T_0} \\ \therefore P_1 V_m + P_1 V_\Delta - P_1 V_1 - P_m V_m & \\ & = \frac{P_0 V_\Delta T_m}{T_0} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore P_1 V_m - P_m V_m &= \frac{P_0 V_\Delta T_m}{T_0} + P_1 V_1 - P_1 V_\Delta \\ \therefore V_m (P_1 - P_m) &= \frac{P_0 V_\Delta T_m}{T_0} + P_1 V_1 - P_1 V_\Delta \\ \therefore P_1 - P_m &= \frac{1}{V_m} \left(P_1 V_1 - P_1 V_\Delta + \frac{P_0 V_\Delta T_m}{T_0} \right) \\ \therefore P_1 - P_m &= \frac{1}{V_m} \left\{ (V_1 - V_\Delta) P_1 + P_0 V_\Delta \frac{T_m}{T_0} \right\} \dots (6) \end{aligned}$$

而して中耳腔陰壓の測定値 P_n と其の陰壓 (P_n' とす) との差を考ふる時は, 其の差 (P_n とす) が即ち誤差を與ふるものにして,

$$\begin{aligned} P_a &= P_n - P_n' = (P_1 - P_0) - (P_m - P_0) \\ \therefore P_a &= P_1 - P_m \dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

(6) (7) 式より

$$\therefore P_a = \frac{1}{V_m} \left\{ P_1 (V_1 - V_\Delta) + P_0 V_\Delta \frac{T_m}{T_0} \right\} \dots (8)$$

(8) 式に於て示さるゝ如く, 誤差 P_a を可及的小ならしむる爲には V_1, V_Δ を可及的小ならしめざる可からず. 余等の本氣壓計創作に當りて拂はれたる幾多の苦心, 改良は悉く之實に茲に存するものなり. 即ち V_1 を小ならしむる爲には氣壓計毛細管の半徑 r を小ならしめざるべからず. 依て 0.03 乃至 0.05 mm なる繊細なる毛細管を用ふるに至りたるなり. 而して r を之以上小ならしむる時は所謂毛細管現象愈々強く出現し, 作製途上水銀を用ふる操作愈々困難を加ふる以外に, 指示液滴たる無水酒精「フクシン」液の移動碍げられ夫による誤差を生ずるに至る故を以て r は此程度のもので選定使用せるなり. 猶 V_1 を小ならしむる他の一法としては V_0 を小ならしむるにあり. 然れども V_0 を過度に小ならしむる時は AF は夫に比例して小となり, AF の讀みの誤差大となる可し. 依て全體として却て誤差大となるにより V_0 は 1000 乃至 2000 πr^2 cmm とせり. 次に V_Δ を小ならしむる爲に C-D 間を必要以上大ならしめざる様指示液滴の長さを加減して C-D 間を約 40 mm とせり. 且穿刺針と硝子管との接合部にて, や

やもすれば大なる空間をつくりて從て V_Δ を大ならしむる結果となるにより, この間隙を可及的小ならしむる爲に特に意を用ひ, 兩者を完全に密着せしむべく努力せり. 次に穿刺針腔も亦 V_Δ を大ならしむる要因なるを以て細くして (1/4 mm 規格) 且使用に必要な長さ 5 cm のものを特に注文製作せしめたり. 以上 V_1, V_Δ を合理的に益々小ならしむる事によりて本器の誤差は益々小ならしめ得るなり.

次に然らば其の誤差は凡そ如何なる程度のものなりやを考ふるに (8) 式の右邊に於て V_Δ は C-D 間を今假に 40 mm とせば其の間の容積 $40 \pi r^2$ cmm に加ふるに穿刺針腔容積 $50 \times \pi \left(\frac{1}{3}\right)^2$ cmm の和を以つて表はされ, 尙室溫を 15°C, 中耳腔溫を 37°C とし, 本器を以て陰壓を測定したる時, AF の讀みが假に 27 mm でありたりとし, 尙 V_0 を假に 1000 πr^2 cmm とし, 且 $r = 0.05$ mm とせば (8) 式より

$$P_a = \frac{242 \cdot 4257}{V_m} \dots \dots \dots (9)$$

(9) 式に於て今假に中耳腔容積 V_m を 1 cc とせば

$$P_a = \frac{242 \cdot 4257}{1000} \therefore 0.2 \text{ (mm Hg)}$$

2 cc とせば $P_a = 0.1$ mm Hg, 0.5 cc とせば $P_a = 0.4$ mm Hg となる譯なり. 即ち本器に依る測定陰壓値 -20 mm Hg (AF=27 mm なる時 (3) 又は (4) 式より計算せり) に對して眞の陰壓は -20.2 乃至 -20.4 mm Hg 程度となるなり. この誤差の値は各陰壓値に就て計算し見るに夫々の陰壓の 0.5 乃至 3% の範圍を出でざる事を知りたり.

次に (4) 式に於て大氣の壓 P_0 は常に 760 mm Hg とは限られずして, 普通我々の遭遇するものは 740 乃至 780 mm Hg なる故に (4) 式に於て $P_0 = (760 \pm 20)$ mm Hg とせば (4) 式より

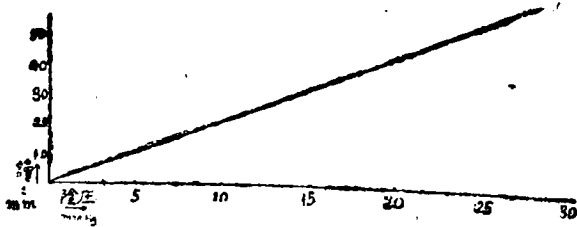
$$\begin{aligned} P_n &= -\frac{(760 \pm 20) V_1}{V_0 + V_1} \\ &= -\frac{760}{V_0 + V_1} V_1 \mp \frac{20 V_1}{V_0 + V_1} \dots (10) \end{aligned}$$

今假に $V_1 = 27 \pi r^2$ とせば (10) 式より

$$\begin{aligned} P_n &= \frac{760 \times 27 \pi r^2}{(1000 + 27) \pi r^2} \mp \frac{20 \times 27 \pi r^2}{(1000 + 27) \pi r^2} \\ &= \frac{760 \times 27}{1027} \mp \frac{20 \times 27}{1027} \\ &= -20 \mp \frac{20 \times 27}{1027} \\ &= -20 \mp 0.5 \end{aligned}$$

即ち陰壓 -20 mm Hg に對して僅か $\mp 0.5 \text{ mm Hg}$ なる誤差を生ずるのみにして、斯かる範圍内の大氣壓の變動に對しては P_0 を常に 760 mm Hg として計算するも各陰壓値に對して大略夫々 2 乃至 3% 以内の誤差を生ずるに過ぎざることを知る。依て P_0 を常に 760 mm Hg と假定し V_1 (實際は AF の読み) の各値に對する陰壓 P_n の値を (4) 式より計算し、夫を細密なる方眼紙上に「グラフ」に描きたるに大略第 3 圖に示さるゝ如き一種の双曲線を得たり。(V_0 は各氣壓計によりて値が異なる故にこの曲線は夫々の氣壓計に就て各個に作製する要あり)。此「グラフ」より前述の如く直ちに陰壓値を知り得るなり。

第 3 圖



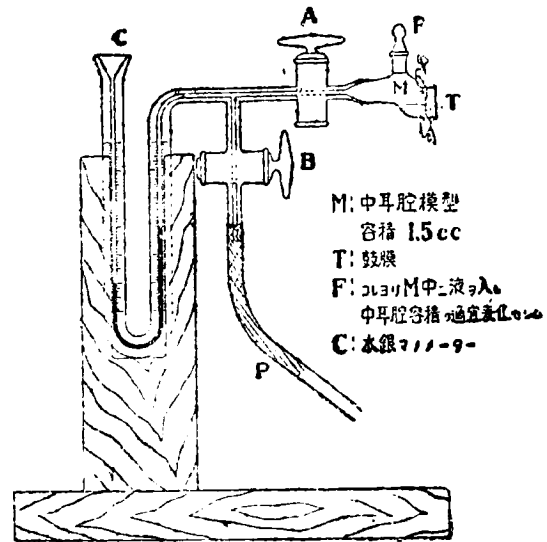
4. 本耳用氣壓計の性能檢定に就て

次に本耳用氣壓計が理論上に於けるが如く實際に中耳腔陰壓測定に際しても能く眞實の數値を正確に示し得るものなりや否や? その性能を檢定せんが爲に第 4 圖の如き中耳腔模型を作製したり。第 4 圖に於て M は中耳腔模型にして容積約 1.5 cc 、T は鼓膜にして膀胱氷囊片を用ひたり。F は栓にして之より M 中に液體を入れて中耳腔容積を任意適宜に變化せしむ。C は「U」字型水銀壓力計なり。

活栓 A・B を開き P より吸引し M に任意の陰壓を來さしめ、其の壓を C にて讀取り置

き、A・B を閉づ。然れば中耳腔模型 M 内に任意所要の陰壓を保持せしめ得る理なり。今中耳腔 M を任意の陰壓にしたる後、鼓膜 T を本耳用氣壓計によりて穿刺して指示液滴の移動を目盛で讀み取り、其の讀みより「グラフ」から中耳腔 M の陰壓値を計算し、夫と C なる水銀壓力計の讀みとを比較するに、兩者能

第 4 圖



く一致するを知りたり。即ち本耳用氣壓計は模型にて實際に其の性能を檢するに中耳腔容積を如何に變ずるも能く其の陰壓の實數値を正確に測定し得る所の甚だ良好なる性能を有することを確認し得たるなり。尙中耳腔模型 M に本症患者より採取したる中耳腔滿溜液を入れて、其の液中に鼓膜を通して本耳用氣壓針を穿刺するも能く實數値を測定し得ることを實證したり。

尙本器は豫め液滴 CA の位置を CD の方向に移す事により、陰壓測定と同様の原理により陽壓をも測定し得る事を確め得たり。

所謂耳管中耳加答兒の中耳腔陰壓値に就て上記耳用氣壓計を用いて本症患者の中耳腔壓力を正確に測れたと信じられる症例が 170 例あるので、夫の數値に就て一括報告すると次の如くである。即ち陰壓零のもの 2 例存したが、他は多少に拘わらず明に陰壓の存在を確認した。最大陰壓値は 30 mm Hg 、 28 mm Hg の各 1 例で、爾餘を總括すると

1.	5.1~10 mm Hg	74 例	43.5%	} 68.8%
2.	10.1~15 mm Hg	43 例	25.3%	
3.	0~5 mm Hg	37 例	21.8%	
4.	15.1~30 mm Hg	16 例	9.4%	

の如くである。之よりして5.1~15 mm Hgが最も多く見られる事となる。

之等陰壓實数値の詳細並に夫等陰壓値と本症の他の諸症状との關係に就ては別稿に詳記する事とする。

結 語

余等の中耳腔の壓力を測定する目的の爲に特殊の中耳腔壓力計を創案したので、その原理、製法、使用法、誤差、性能檢定に就て述べ、更に之を所謂耳管中耳加答兒患者に應用して得た中耳内陰壓値に就て一括報告した。

(本文の要旨は日本耳鼻咽喉科會第45, 48回總會に於て演述せる處である。)