—臨床・実験報告—

超小型 pressure transducer を使用した マノメーター使用経験

清水 洋一・清水 暢夫・川辺 一男

日本医科大学眼科学教室 (主任: 清水由規教授)

Manometer with a very small pressure transducer

Yoichi Shimizu, Nobuo Shimizu, and Kazuo Kawabe

Department of Ophthalmology, Nippon Medical School

Due to the recent remarkable progress in electronics, it was possible to develop a small, light, high-powered pressure transducer, which has been put to practical use in many fields. We experimentally developed a manometer by using the P 37 type pressure transducer (manufactured by Gould Statham, USA) and confirmed that this manometer is very useful when animal experiments are performed. The results have already been reported to be satisfactory.

The pressure transducer is handy because it is small, light, and high-powered. Because it can be sterilized with solutions, it can be used clinically.

Key words : pressure transducer, manometer, intraocular pressure, glaucoma

結 言

これまでにマノメトリーに関する報告は、本邦においていくつか発表されている¹⁻⁷⁾。しかし近年エレクトロニクスの進歩はめざましく、pressure transducerにおいてもより小型化、高性能化、軽量化された pressure transducer が開発され種々なる方面において実用化されてきている。われわれは P 37 型 pressure transducer (米国, Gould Statham 社製) を使用したマノメーターを試作し、動物実験に十分使用できることを確認し眼圧測定実験を行った。その結果はすでに報告⁸⁾してあるが、今回われわれの使用した pressure transducer の特徴および実験方法、それに若干の考察を加えて報告する。

装置および測定方法

(1) 装置

1) 使用した P 37 型 pressure transducer の特徴

Present address : Department of Ophthalmology, Nippon Medical School First Hospital, 3-5-5, Iidabashi, Chiyoda-ku, Tokyo, 102 Japan

(図 1)

①小型で軽量である。②透明なドームが使用されているので気泡を除去するのに便利である。③耐蝕性があり、防水構造になっているので薬液滅菌もできる。④フラッシュチューブを使用したフラッシュ機構で簡単にフラッシュできる。⑤高性能で信頼性がある。⑥可動容積が小さいので測定される流体からの最良の周波数特性が得られる。感度は定格励起電力が与えられた場合圧力 300 mmHg で $11.25 \text{ mV} \pm 1.0\%$ となる

図 1 P 37 型 pressure transducer の外観

ように標準化されている。

2) 性能および仕様

圧力範囲; 0~300 mmHg, 最大許容圧力; $\pm 300\%$, 定格励起電力; 7.5 V, 出力; $11.25 \text{ mV} \pm 1.0\% / 300 \text{ mmHg}$, 非直線性とヒステリシス; $\pm 0.5\%$ フルスケール, 全可動容積; $12 \times 10^{-4} \text{ mm}^3 / \text{mmHg}$, 材質, トランスデューサー; モネル合金, ダイアフラム; エルジロイ合金, ドーム; 透明プラスチック, 重量; 4 g.

3) 増幅・記録装置

増幅には日本光電製ひずみ圧力用プリアンプ AP-3000 を使用し, 記録には日本光電製医療用コーダ PMP-3004 を使用した。両装置は図 2 のように実験が行いやすいよう一つのラックにまとめた。増幅器のキャリブレーションは水銀柱および水柱を使用して行い, 正確であることを確認した。ペンの振れは 1 mm/mmHg になるように調整し, 記録紙の速度はともに 1 cm/min で行った。

(2) 測定方法

実験には体重 3~4.5 kg の白色ウサギを使用し, 20% ウレタン $1.0 \sim 1.5 \text{ g/kg}$ を耳静脈より注射を行い全身麻酔をした。またフィブリン析出を防ぐためにヘパリン 1000 IU/kg を静注した。局所には 0.4% 塩酸ベノキシネートを点眼し麻酔を行った。眼瞼は外角切開を約 2 mm 程度行い, 眼瞼が約 5 mm 程度開くようにした。また瞬膜も切除した。

前房穿刺針は富士の報告⁹⁾にあるように 23 ゲージの針を改良した。つまり針の先端の穴はふさぎ, 先端より約 5 mm の所に開口部を作製したものを使用した。針は挿入に先立って, 針と pressure transducer をビニールチューブにて接続し, pressure transducer のドームおよびチューブ, そして針の先端まで生食水を十分に付属のフラッシュチューブで注入し, これに

もヘパリンを混入してフィブリン析出を防いだ。

針の挿入は角膜輪部より前房内へ挿入した。この際, 眼球を圧迫しないようピンセットで 2 カ所, 約 5 mm の間隔にて角膜輪部近くの結膜をつまみ, その中央にて前房内へ刺入し虹彩, 水晶体に接触しないよう注意深く行った。針先は対側の隅角部に進めるようにし, 開口部が瞳孔縁の中央にきて, さらに角膜頂点の方を向くようにした。刺入後直ちに, 房水の漏出を防ぐため最少量の生体接着剤アロンアルファ(東亜合成化学)にて針と角膜を接着固定させた。この方法で房水の流出は見られないと考えられる。眼圧は挿入後数分で安定し, 連続的に記録することができた。

実験結果

前述の装置, 測定方法にて 0.125% および 0.25% カタプレサン点眼の眼圧下降効果をウサギにおいて検討し, すでに報告⁹⁾してあるのでその結果を簡単に述べる。

(1) 0.125% カタプレサン 1 滴点眼 (6 例)

初圧は $18 \sim 24 \text{ mmHg}$ (平均 20.7 mmHg), 降圧値は $2.5 \sim 5.0 \text{ mmHg}$ であり, 平均 3.8 mmHg の降圧となった。降下率で表すと $13.6 \sim 23.7\%$ となり平均 18.1% であった。降圧開始は点眼後 3~9 分で起こり, 最低値には $24 \sim 54$ 分で到達した。効果は平均 6.7 分で現れ, 最低値には平均 43.0 分で到達した。

(2) 0.25% カタプレサン 1 滴点眼 (7 例)

初圧は $12 \sim 29 \text{ mmHg}$ (平均 22.3 mmHg) であり, 降圧値は $3 \sim 7 \text{ mmHg}$ (平均 4.6 mmHg) であった。降下率では $14.8 \sim 28.0\%$ (平均 21.0%) であった。降圧開始は点眼後 2~9 分で起こり, 最低値には $23 \sim 55$ 分で到達した。効果は平均 4.1 分で現れ, 最低値には平均 39.7 分で到達した。

考 察

眼圧を測定するにはトノメトリーとマノメトリーの二つの方法が考えられる。最近のエレクトロニクスの進歩は眼科における医学器械にも影響を及ぼし, トノメトリーでは, 臨床的には pneumatic applanation tonometer や non-contact tonometer が現れ現在, 広く使用されている状態である。マノメトリーでは pressure transducer の高性能化, 小型化されたものが出現して, これを使用したものが報告されている。

マノメトリーは経時的な眼圧変動をより精密に測定できるため有利である。しかし直接前房ないし硝子体

図 2 増幅・記録装置

に針を刺入するので臨床では難しい点があるが、動物実験で薬物の眼圧に与える影響を連続的に直接測定できるので有用である。しかし前房内に針を直接刺入するために起きる問題もあり、これを解決するために cannula gun の使用も試みられている¹⁰⁾。

次にマノメーターの歴史を簡単にみると¹¹⁻¹³⁾、1908年に Wessely がヘーベル式水銀マノメーターによって眼圧の変化、呼吸波、および脈波を記録することに成功している。わが国でも矢田(1925年)が、眼圧を同様な器械で初めて記録した。次に光線マノメーターがヘーベルの慣性と煤紙上の摩擦を除くために、Duke-Elder(1931年)によって作られた。宇山ら¹⁾(1949年)、須田ら²⁾(1950年)はそれぞれに、さらに鋭敏な電気マノメーターを考案し、使用して現在の電気マノメーターの基礎を作った。また東城ら³⁾(1958年)は Darson 水柱マノメーターを改良した閉鎖型水柱マノメーターを使用した。原田⁷⁾(1962年)は Statham 社製 P₃Db を使用したマノメーターを発表している。

その後報告されている、主な電気マノメーター装置に使用されている pressure transducer を調べてみると、Hetland-Eriksen¹⁴⁾(1960年)、Langham¹⁵⁾(1967年)、増田¹⁶⁾(1970年)は Sanborn 267 B を使用している。富士⁹⁾(1968年)、高塚¹⁷⁾(1972年)は日本光電 LPU-01 型を使用した装置を作製している。北沢ら¹⁸⁾(1970年)は日本光電 MPU-05 型を使用している。

今回われわれが使用した、Gould Statham 社製の pressure transducer P 37 型は、超小型、高性能、軽量のものである。この pressure transducer を使用したマノメーターの特徴および可能性を考えてみる。従来の pressure transducer は重く、直接針を接続して前房内に刺入することができなかったが、この pressure transducer は約 4 g と非常に軽量であるので直接針を接続し測定が可能である。接続チューブを使用しなくてもよいのでより誤差が少なくなり、またドーム内の容積が従来のものと比較して小さいのでより正確である。また付属のフラッシュチューブにて生食水を充えいできるので便利である。トランスデューサー全体、フラッシュチューブを含めて薬液消毒できるので臨床での応用の可能性がある。

結 論

今回われわれは、P 37 型 pressure transducer

(Gould Statham 社製)を使用したマノメーターを作製し、動物実験に使用し良好な結果を得ることができた。この pressure transducer は超小型、軽量で実験が行いやすく高性能であった。また薬液消毒できるので臨床応用の可能性が考えられる。

なお、本論文の要旨は昭和 55 年、第 48 回日本医科大学医学学会総会において発表した。

文 献

- 1) 宇山安夫, 久富良雄, 高木義博, 鈴木一三九: 電気的
眼圧測定法に就て。日眼会誌, 53, 195~198, 1949.
- 2) 須田経宇, 鎌尾保: 眼圧測定用電気マノメーターに就
て。医学, 8, 221~225, 1950.
- 3) 宇山安夫, 鈴木一三九: 眼圧の電気的測定法について。
臨眼, 8, 853~857, 1952.
- 4) 須田経宇: 眼圧測定用電気マノメーター。臨眼, 6, 859
~861, 1952.
- 5) 須田経宇, 金田招重: 改良電気マノメーター。日眼会
誌, 56, 1269~1272, 1952.
- 6) 東城初治, 樋口新次郎, 保田正三郎, 上野山謙四郎:
Manometer の試作。日眼紀, 9, 170~173, 1958.
- 7) 原田勲: 眼圧回復曲線の検討。日眼紀, 13, 387~391,
1962.
- 8) 清水暢夫, 細田淳雄, 中山義章, 安井由美子, 川辺一
男, 中村福志, 鎌田みゆき, 清水洋一: カタプレサン
点眼の眼入および家兎眼における眼圧下降効果。日眼
紀, 28, 233~243, 1977.
- 9) 富士和夫: Succinylcholine chloride の眼圧に及ぼす
影響についての臨床的実験的研究。日眼会誌, 72,
1587~1603, 1968.
- 10) Sears, M.L.: Miosis and intraocular pressure chan-
ges during manometry. Arch. Ophthalmol., 83, 707
~714, 1960.
- 11) 河本正一: 日本眼科全書。第25巻, p. 120~121, 金原
出版, 1959.
- 12) 大塚任, 鹿野信一編: 臨床眼科全書。第6巻, p. 45,
金原出版, 1970.
- 13) Duke-Elder, S.: System of ophthalmology. Vol. IV,
p. 228~231, Henry Kimpton, London, 1968.
- 14) Hetland-Erikson, J.: On Tonometry. Acta Ophtha-
lmologica, 44, 5~11, 1966.
- 15) Langham, M.E.: Manometric, Pressure-Cup, and
Tonographic Procedures in the Evaluation of Intra-
ocular Dynamics. Glaucoma, Symp. Tutzing Castle
1966, p. 126~150, Karger, 1967.
- 16) 増田寛次郎: 房水産生測定法, いわゆる Pseudofacility
測定法について。日眼会誌, 74, 504~510, 1970.
- 17) 高塚忠宏: 眼圧の変動が網膜微小循環に及ぼす影響に
関する実験的研究。日眼会誌, 78, 1532~1544, 1972.
- 18) 北沢克明, 能勢晴美, 金木良夫: 眼圧減衰曲線に基づ
く房水動態測定の一方法。日眼会誌, 73, 2659~2663,
1969.
- 19) 秋谷忍, 高塚忠宏: 網膜微小循環に関する実験的研究。
日眼会誌, 75, 1810~1824, 1971.

(受付: 1981 年 4 月 9 日)