原 著

Strain gauge を用いた簡便な 耳下腺分泌量測定装置の試作

猪股孝四郎 玉川恭子 伊藤克之
中村治雄 倉橋昌司

東日本学園大学歯学部生理学講座 同口腔生理学講座

〔受付：昭和57年4月21日〕

A convenient device for measuring a quantity of parotid saliva secretion using strain gauge

Koshiro Inomata, Kyoko Tamagawa, Katsuyuki Ito, Haruo Nakamura
and Masashi Kurahashi

*Department of Physiology and Oral Physiology, School of Dentistry
Higashi-Nippon-Gakuen University, Ishikari-Tobetsu,
Hokka-ido, 061-02*

〔Accepted for publication: April 21, 1982〕

Key words: saliva secretion / fluid / detector / strain gauge

Abstract: The strain gauge was used as a detector in this instrument without an optical system, so that the dark room was not necessary. Since this instrument was always operated in a light room, it was more convenient than the previous Inomata optical method. This instrument discriminated about $1\ \mu\text{l}$ (1 mg) and its sensitivity was almost the same as that of the Inomata method. Hence, this instrument may be more useful measuring the total flow and velocity of secretions from the external secretory organs and for measuring variations in the very small quantity of the fluid.

緒 論

微量な液体の増減を測定する方法は種々¹⁻⁷⁾あったが、猪股⁸⁾は Fig. 1 が示すような回路を用いて、微量な液体を測定し、しかも単位時間内の変化も記録した。その感度は $1\ \mu\text{l}$ の変動を検出できると述べている。これに用いる液量変化の検出装置は Fig. 1 でもわかるように、光学系および光電素子を用いるために、実験は暗室で行うと述べている。この点は実験を行うために不便である。そこで我々は明所で用いる装置はできないも

のかと考えた。それには strain gauge を用いることが適当と考え、下記の装置を試作し、これを用いて耳下腺の唾液分泌の測定を試みた。

実験方法および結果

これに用いた回路を Fig. 2 に示す。Fig. 1 と Fig. 2 とを比較してもわかるように、この両者の差は液体の増減の検出装置に光学系を用いず strain gauge を使用したことが大きな特徴となっている。この Fig. 2 の SG (strain gauge) には日本光電製の SB-IT (別名 TB-611T) を用いた。これの最大負荷は 20 g である。つぎに PA

Fig. 1 Block diagram using the optical detector

- L: tungsten lamp
 S: slit
 F: trough (glass)
 SB: solar battery
 VR: variable resistance
 Comp: compensator
 PA: pre-amplifier
 MA: main-amplifier
 HIIA: high input impedance amplifier (refer to interpolated figure)
 C: condenser (1 μ F)
 RS: relay switch
 Rectigraph: ink-writing rectigraph

は三栄製の 6M53 を用いた。この 6M53 は R バランスおよび C バランス共に調整用押ボタンスイッチを押すだけで自動的に調整されるので、実験に際しては非常に便利である。HIIA は Fig. 1 のものと同じものを用いた。これらの器具を用いて、実際に舌刺激時における耳下腺からの唾液分泌の状態を記録したものを Fig. 3 に示す。この結果は先に猪股⁸⁾の記録したものと同等なもので、唾液の総量の変化、および唾液の単位時間 (5 秒) における変動経過を記録しており、これを計測することによって唾液の分泌量を算出することができる。Fig. 2 の HIIA を用いなくとも一般に市販されている平衡型入力増幅器だけでも、このような動作はするはずで、そのためには入力回路に充分大きなコンデンサーを挿入すれば

良いことになる。このような方法で耳下腺からの唾液の分泌の状態を記録したものを Fig. 4 に示す。この図の▲印の部分 (約 1 秒くらい) は電位変動を示していない。これは入力の電位変動を忠実に記録していないことになるが、単位時間内のおおよその変動経過の様子はわかる。

考 案

今回試作した装置のうち、HIIA を用いた場合は猪股⁸⁾の報告した唾液の分泌経過の記録と同様な記録がえられた。すなわち、今回の装置を用いれば明るい所で唾液分泌の実験の記録を行うことができた。このことは被験者に器具を装着したり、機器の操作には非常に便利になった。また記録紙上の基線に記録ペンを戻す操作も猪股⁸⁾の場合と

Fig. 2 Block diagram using the strain gauge

F: trough (plastic, ca. 1.5g)

SG: strain gauge

PA: pre-amplifier for strain gauge (6M53 San-ei co.)

Amp: main-amplifier

HIIA: high input impedance amplifier

C: condenser ($1\mu\text{F}$)

RS: relay switch

Recorder: thermo-pen writing rectigraph

Fig. 3 Simultaneous recording curves of cumulated saliva volume and saliva volume per unit time (5 seconds) measured by HIIA pre-amplifier

↑: Stimulation by 5% tartaric acid

同じく、貯留器から液体を排出して行うこともできるが、貯留器から液体が溢水しない限り 6M53 の自動バランスを用いることで基線にペンを戻すこともできるので便利であった。

Fig. 4 Simultaneous recording curves of cumulated saliva volume and saliva volume per unit time (5 seconds) measured by conventional amplifier (input impedance: $1\text{M}\Omega$)

↑: Stimulation by 5% tartaric acid

▲: Charging time of condenser ($200\mu\text{F}$)

次に HIIA は市販の微細電極用の増幅器を用いることも可能であるが、できることなら HIIA を

用いなくても Fig. 3 と同様な記録がえられるのであれば好都合である。それで、HIIA を用いなくてえられた記録は Fig. 4 に示されている。このときには前述のように電位変動を示さない部分 (Fig. 4 の▲印の部分) があるが、これは入力回路に大容量のコンデンサー (Fig. 4 の場合 $200\mu\text{F}$) を入れたために、このコンデンサーに充電するのに時間がかかるためである。この実験に用いた増幅器は入力インピーダンスが $1\text{M}\Omega$ であるが、 $10\text{M}\Omega$ くらいのもも市販されているので、これを用いると電位変動を示さない期間を短くすることができて、Fig. 4 の場合よりきれいな記録がえられるはずである。いずれにしてもこれに用いるコンデンサーの充電に耐えるだけの電力増幅を行う必要がある。このための電力増幅器は多くの場合、手もとにある増幅器で間にあう。しかし記録上に多少の電位変動を示さない期間がみられるのはいたしかたないが、実験の種類によっては、このような装置でも充分使用できると考える。

次に、この装置の感度をどこまで上げることができるかを試みた。それは主に Fig. 2 の SG および PA の性能によって左右されるのであるが、まず入手できた strain gauge (SG) 3 種類を用いた。これらは東洋ボルドイン製: T7-8-240, 日本光電製: TB-612T, SB-IT 別名 TB-611T である。この結果を Fig. 5 の点線よりも上方に示す (このときの前置増幅 [PA] は日本光電製 IP-611P を用いて試みた)。T7-8-240 の最大負荷は 8g, TB-612T は 5g, SB-IT は 20g である。T7-8-240 を用いた場合には、 $1\mu\text{l}$ (1mg) を充分に区別できる能力を有し、これは猪股⁹⁾の装置とほぼ同じ能力を有している。しかし 8g 以上の負荷になるような実験には使用できない。この点では TB-612T は 5g であるが、過負荷に対しては比較的丈夫である。また SB-IT は 20g まで測定できるので唾液の分泌量を測定するには都合がよい。また T7-8-240 もこのような実験に使用はできるが、最大負荷が 15g くらいだとさらに使いやすい。

Fig. 2 の SG と PA とが一緒になったようなものに電子天秤がある。Fig. 5 の点線より下方の曲線はメトラーの PE 162 を用いた場合である。この PE 162 の出力には電氣的ノイズが多く含まれてい

Fig. 5 Comparison of sensitivity of three strain gauges (three curves upper dotted line) and one electronic balance (curve under dotted line)

て、ここに記録したものは出力を一担電氣的フィルターに通して記録したものであるが、このようにしてもまだノイズという点では問題があり、このままでは $1\mu\text{l}$ (1mg) の区別も不可能である。しかし、最大負荷は 200g でこの点は長所である。次に Fig. 2 の PA (strain gauge 用前置増幅器) として検討したものに日本光電製 AP-620G, IP-611P 三栄製 6M53, 6M71 などがある。感度は AP-620G, IP-611P, 6M53, 6M71, の順で低くなっている。AP-620G は R バランスと C バランスの両方とも手動であるため、唾液の分泌を測定するような実験には使用しにくい。IP-611P は R バランスのみの手動でよい。その点三栄の 6M53 は R バランス、C バランス共に調整用押しボタンを押すだけで自動的に調整するので、唾液の分泌の測定には非常に便利であった。最後になったが 6M71 は R バランスのみを手動で行うが、小型であるということが特徴である。また、感度は低いが測定するものによっては充分使用可能な機器と考える。なお、三栄で新しく出した 6M62 という増幅器は 6M53 に比して小型で感度もややよく、しかも R バランス、C バランス共に自動調整が可能で

あることは注目に価する。

Fig. 2 における RS は回路の上から見ればただ単に回路の開閉のみで、記録紙上の曲線には何等影響をおよぼさないように考えられるが、実際には誘導ノイズと思われるものが記録曲線にあらわれた。それで入手できる種々のリリーススイッチについて検査を試みた。その結果、良好なものは東亜電波製の CH-1、ほとんど同じく東亜電波製の CH-1M およびオキタの TRA-103である。NEC の SRF-4A および NEC の SRG-4 はあまり良いとはいえなかった。さらにオムロンの LA-1 はノイズが非常に大きく、CH-1の約10倍の大きさであった。この結果から実験には東亜電波製の CH-1

を用いた。

結 語

この装置を使用してみると、以前猪股⁸⁾の使用したものよりも使用しやすかった。この特徴をあげれば次のようになる。

1) 液量の増減の検出装置には、全く光源を用いていないのでこの装置は明所においても使用することができる。

2) 猪股⁸⁾の装置とほとんど同じ感度であるが、使用しやすいという点では優っている。

3) 実験の種類によっては入力インピーダンスの低い普通の増幅器を用いることも可能である。

抄録：微量な液体の増減を連続的に測定し同時に記録する装置は非常に高価であるにもかかわらず正確さに問題があった。また、液体の増減が単位時間にどのように変化するかについては、一旦記録されたものから測定し算出するという方法がとられていた。その後、猪股は光学系と光電素子を用いて、液体の増減を連続的に、さらに単位時間内における液量の変化も同時に自動的に記録できる装置を試作し、その性能は1 μ l の差を十分に弁別でき、しかも単位時間は1秒から300秒の間で任意の単位を選ぶことができる装置を試作した。しかしこの装置は光学系を用いているため、外部からの遮光を完全にするか、または暗室に置くかしなければならぬ欠点があった。これらの欠点を解決するために、液量の変化を strain gauge を用いて重さに変換して検出する方法を試みたのがこの試作装置である。

文 献

- 1) Iwama, K. & Shinjo, T.: A Method Leading off Action Currents from Human Salivary Gland and for Recording Velocity of Secretion. *Tohoku J. Exp. Med.* **52**: 223-229, 1950.
- 2) Hilton, S. M. & D. W. Lywood: A Photoelectric drop counter. *J. Physiol. London*, **123**: 64-66, 1954. (Proceedings of the physiological Society).
- 3) 塩野 博：味覚刺激による唾液分泌の生理学研究, (第1篇) 新たに考案せる電氣的唾液分泌量測定装置. *齒科月報*, **35**: 157-165, 1961.
- 4) 坂田三弥, 武田安子：新唾液測定器について. *齒科学報*, **61**: 158-164, 1961.
- 5) 市川裕一郎：各種薬物投与による家兎唾液分泌速度および血圧の変動について. *齒科月報*, **37**: 144-184, 1963.
- 6) 三好安典, 江上勝郎, 鴨川絃征, 齋木 稔, 吉谷 当, 陳 俊雄, 藤 雅治：分泌液測定装置(気泡追跡装置フォトセル導入)に関する生理学的基礎実験. *日大歯学*, **46**: 105-107, 1972.
- 7) 猪股孝四郎, 布川茂樹, 佐々木世知子, 武田武美, 鈴木伸六, 高木弘夫：微量液体測定装置の試作. *日大歯学*, **47**: 1-4, 1973.
- 8) 猪股孝四郎：微量液体の測定及びその記録装置の試作. *岩手医誌*, **27**: 494-497, 1975.