

簡易下顎運動記録装置の試作

Simplified Measurement System for Jaw Movements

堀 久至, 山田 好秋*, 平野 秀利, 塩沢 恭郎, 野村 修一, 石岡 靖

Hisashi-Hori, Yoshiaki-Yamada, Hidetoshi-Hirano, Yasuo-Shiozawa, Shuichi-Nomura

Kiyoshi-Ishioka

新潟大学歯学部歯科補綴学第一教室

First Department of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Niigata University

*長崎大学歯学部生理学講座

Department of Oral Physiology, School of Dentistry, Nagasaki University

目次

- 1 はじめに
- 2 測定システム
- 3 実験方法および結果
- 4 考察
- 5 結論

ホール I C は松下電子工業製リニアタイプ D N - 8 3 5 (図 1) を使用した。

大きさは $7.2 \times 7.2 \text{ mm} \times 2.2 \text{ mm}$ で成人の中切歯唇面に取り付けるには十分小さい形状である。感度は 10 mv/gaus である。

1. はじめに

下顎運動機能を研究する際には下顎を動かしている筋の活動, すなわち筋電図と下顎運動とを同時に記録する事が理想的である。しかし, 現在使用されている高精度の下顎運動記録装置は操作が複雑で, 切歯部に大きな装置を装着するため, 下顎の運動を精密に測定できる反面, 咀嚼時には口唇の動きが障害されたり, 口腔前庭に食物が停滞するなど, 生理的な運動が困難なことがある。また, 下顎運動測定装置と筋電計との併用¹⁾²⁾は, 準備に要する時間が長くなり, 機械操作が複雑で被検者の負担が大きくなるように思われる。一方筋電図学的に下顎運動機能を研究する際には, 精度が若干悪くとも, 補助的データとしての運動軌跡の記録が有用である。

筆者らは, 今回 (1) 操作が簡単, (2) 咀嚼運動への影響が小さい, (3) 他の装置 (筋電計, 電気刺激装置) との同時記録が容易な簡易下顎運動記録装置を開発したので紹介する。

2. 測定システム

(1) 測定装置

本装置はホール I C と希土類を使用した小型で強力な磁石より構成される。

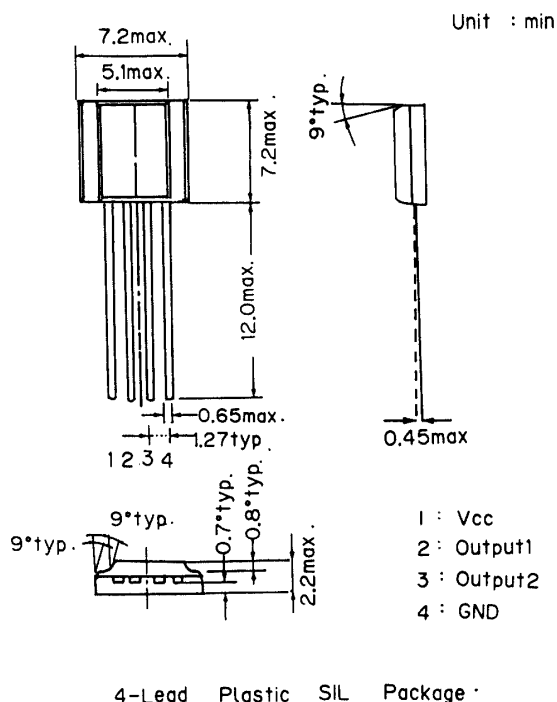


図 1 ホール I C D N 8 3 5

(2) 信号処理回路

磁気検出ブロックダイアグラムを図2に示す。ホールICと他の機器(オシロスコープ、ペンレコーダー)との接続を容易にし、0レベルを合わせするためDC-オフセットは除去した。ホールICからの出力は雑音成分をlow pass filter (30Hz)で除去し、100倍に増幅後、データレコーダに記録した。

(3) 測定方法

ホールICは上顎中切歯に、磁石は下顎中切歯にそれぞれ即時重合レジンで適切な位置に設定した後、デンタルシャノンにて接着した。

3. 実験方法および結果

(1) 実験方法

本装置は磁石の移動による磁束の変化をホールICで電圧変化に変換するので、測定点である磁石の設定位置ならびにその移動距離と方向によって磁束の変化量が影響される。そのため、ホールICと磁石の取り付け角度により出力電圧が大幅に異なったり、極性が逆転する事がある。そこで、今回使用したホールICの基本的な特性を調べるため、3次元読み取り顕微鏡、分度器等を用い、磁石との位置関係を種々変化した時の出力電圧の変化を調べた。今回行った基礎実験の項目は以下のとおりである。

1) 磁石とICの距離が出力電圧に及ぼす影響

- ① 垂直方向への移動 ② 水平方向への移動

2) 磁石とICのなす角度(α)が出力電圧に及ぼす影響

- ① 距離一定 ② α 一定(60°)
3) ICと磁石の運動路のなす角度(β)の影響
4) 時間的対応性(time delay)について

ホールICの出力電圧の変化はデジタルマルチメーターにて読み取った。金属性の3次元読み取り顕微鏡からの影響を避けるため、ホールICと磁石は、アクリル板を用いてそれぞれ顕微鏡から離して固定した。

(2) 結果

1) 磁石とICの距離が出力電圧に及ぼす影響

① 垂直方向への移動

磁石を垂直方向に移動させた時の出力電圧を図3に示す。これはホールICと磁石を直角となるように配置した時の、距離と出力電圧の関係である。磁界の強さは距離の2乗に反比例するため、約20mm以上距離が離れると出力電圧の変化が見られなくなる。

② 水平方向への移動

磁石とホールICの垂直距離を、3mm、5mm、10mmと一定にし、磁石を水平方向に移動させた時の出力電圧を図4に示す。磁石とホールICを直角に配置した時には、3mmでも5mmでも水平移動距離が ± 4 mmの範囲内では出力電圧の変化は比較的少ない。つまり中心咬合位付近ではあまり影響を受けないが、10mm開口時にはやや感度が低下し、水平移動距離の影響があらわれてくる。従って、 ± 4 mmの範囲内であれば、中心咬合位付近では水平方向の影響は無視できる。

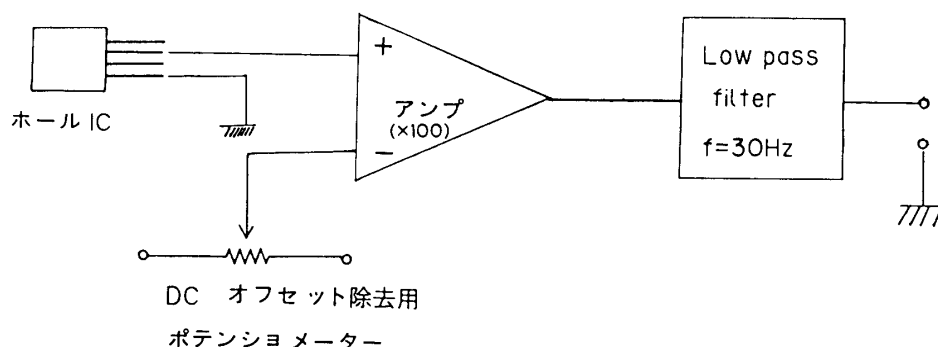


図2 磁気検出ブロックダイアグラム

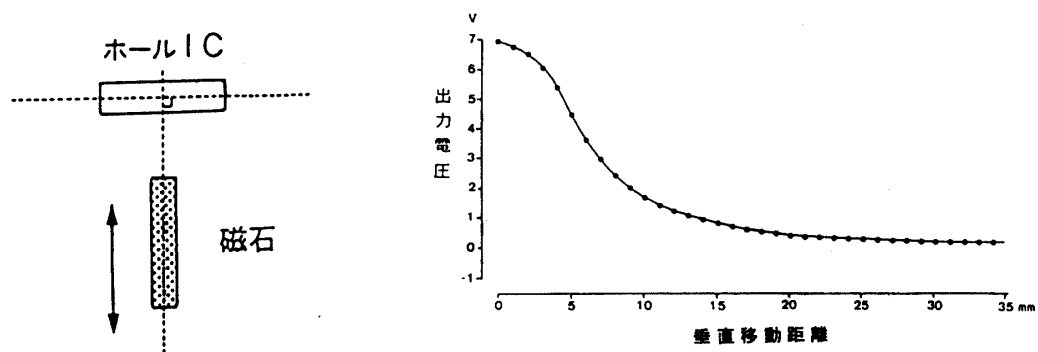


図3 磁石を垂直方向に移動させた時の出力電圧

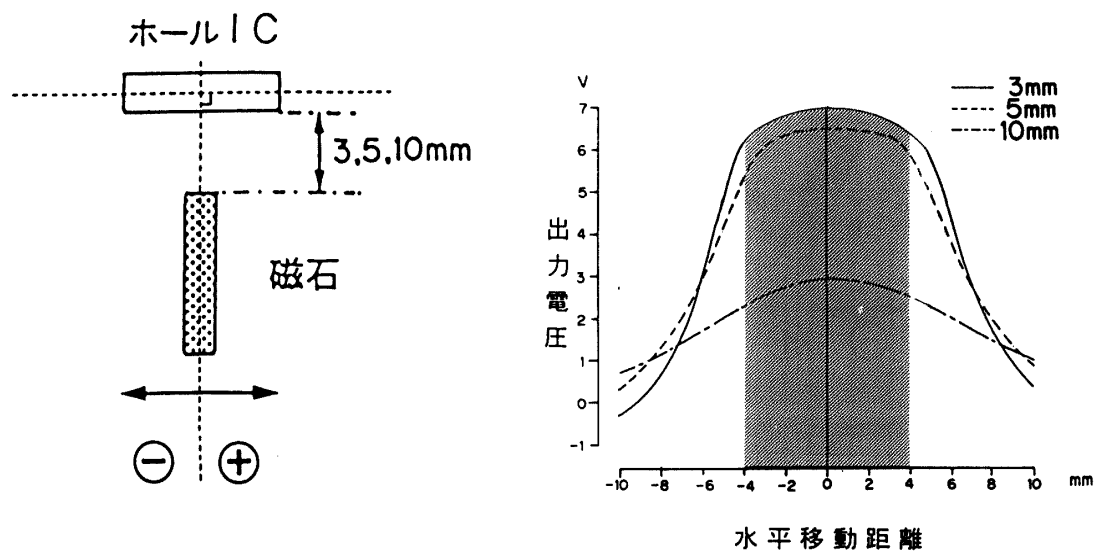


図4 磁石を水平方向に移動させた時の出力電圧

2) 磁石と I C のなす角度 (α) が出力電圧に及ぼす影響

① 距離一定

垂直距離を 3 mm で固定し、I C と磁石のなす角度 (α) が出力電圧に及ぼす影響を図 5 に示す。水平移動距離 0 ~ 5 mm の範囲内の出力電圧の変化に注目すると、この範囲では α が 30° 以上であれば出力電圧はほとんど変化しない事がわかる。

② α 一定 (60°)

角度を出力電圧への影響が小さい 60° に固定し、垂直距離を 3 mm, 5 mm, 10 mm と移動させた時の出力電圧の変化を図 6 に示す。結果は α が 90° すなわち I C と磁石とが理想的な位置関係にある時に得られたグラフが単に右方向にシフトしたものとなった。

3) I C と磁石の運動路のなす角度 (β) の影響

ホール I C と咬合平面のなす角度 (β) を 0° ~ 70° まで変化させ、I C と下顎切歯の運動路とのなす角度の影響を図 7 に示す。 β が 50° 以内でも、垂直移動距離が、咀嚼運動の最大開口にあたる 20 mm 位で開口相の認識は困難となるが、平均的咀嚼時開口量の約 15 mm の時の出力電圧は識別できる。従って 50° 以内を標準的取り付け角度とした。

4) 時間的対応性 (time delay) について

筋電図との同時記録には、速い時間経過の解析が必要となる。そこで時間的対応性を調べる目的で、タッピング運動時の咬合音と下顎運動を同時に記録した (図 8)。下顎が中心咬合位すなわち図中の縦の線に達すると咬合音の発生がほぼ同時に見られた。すなわち運動の測定には時間的な遅れがないことがわかる。

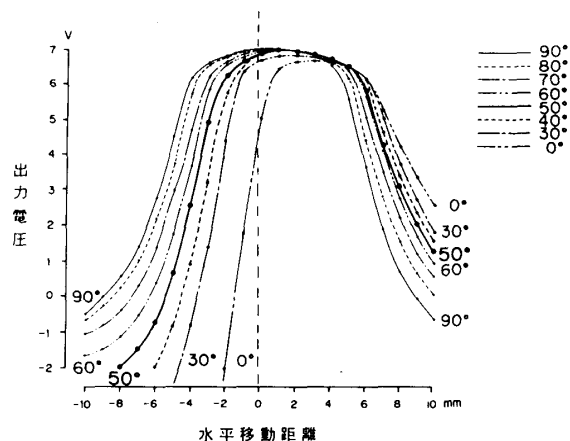
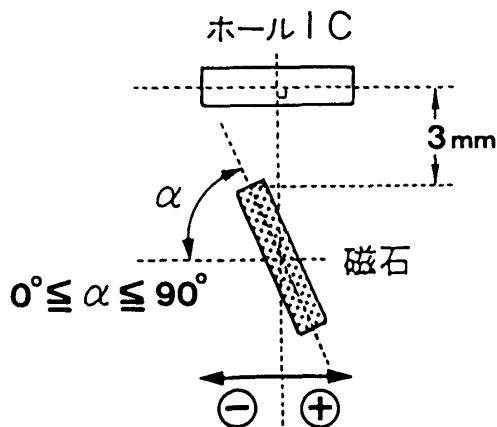


図 5 磁石と I C のなす角度 (α) の影響

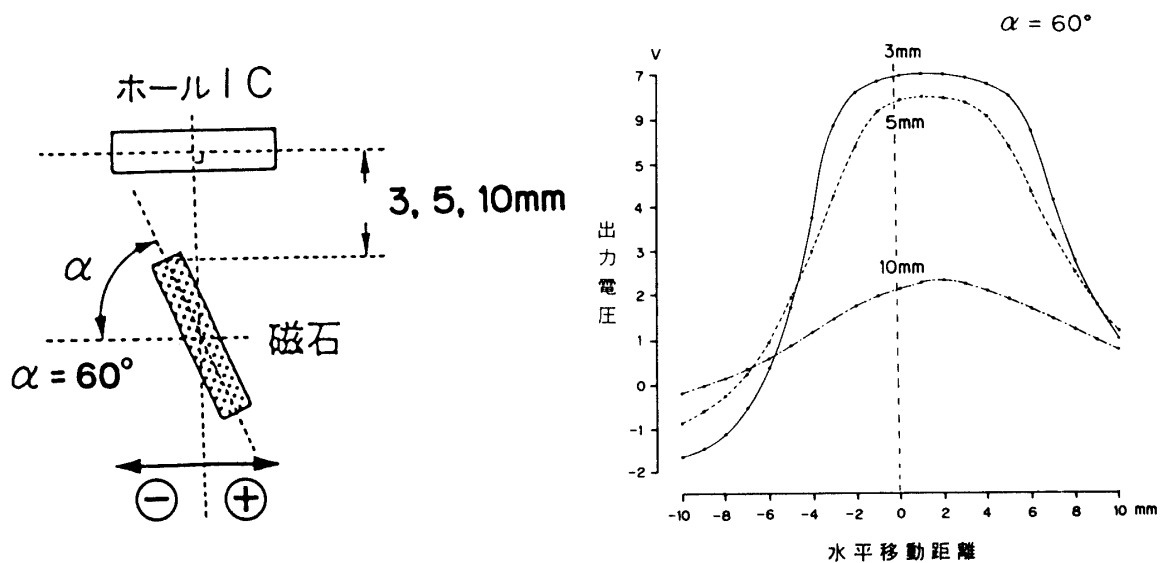


図6 磁石とICのなす角度の影響

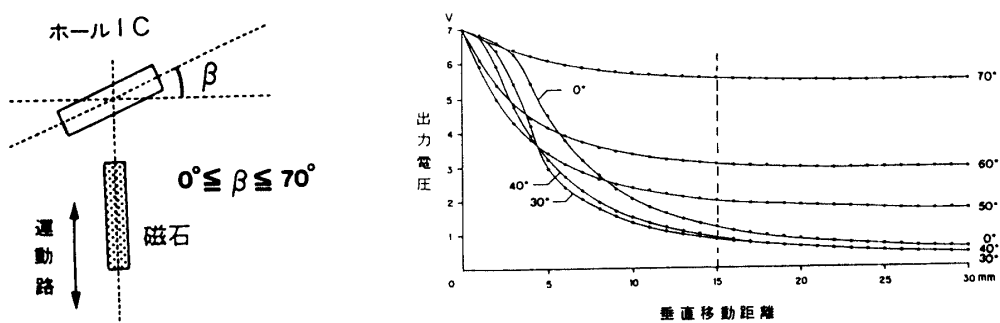


図7 ICと磁石運動路のなす角度(β)の影響

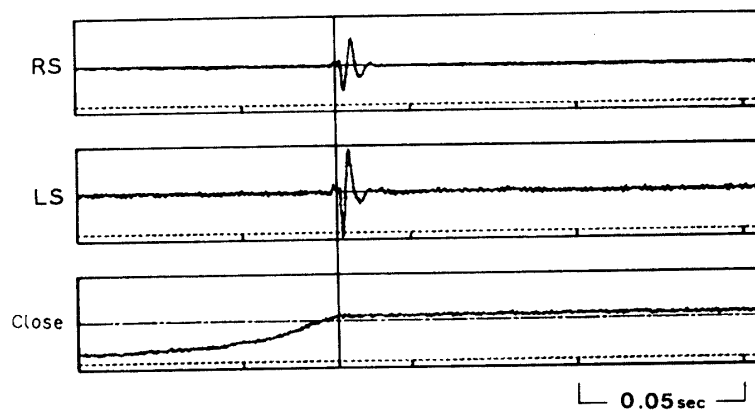


図8 下顎運動と咬合音との同時記録

4. 考察

(1) 簡易型測定装置の有用性について.

咀嚼運動時, 下顎運動には, あきらかな変化がみられるのに筋活動が小さいことがしばしばあり, 筋電図だけで咀嚼のリズム等を判断するのは危険である(図9). そのため下顎の垂直方向の軌跡は補助的データとして大いに価値がある. 例えば, 下顎開閉時に顎関節にクリック音と疼痛を伴う症例(図10)とクリック音に疼痛を伴わない症例(図11)を比較³⁾してみると, 疼痛を伴わない場合には, 開口筋, 閉口筋が交互に紡錘形に出現しており, 開口相, 閉口相は比較的容易に判定できる. 一方, 疼痛を伴う場合は開口筋, 閉口筋の活動は開閉口運動とは必ずしも一致しないことがわかる.

本症例の場合は, M K G の使用を試みたが, 疼痛が激しく, 頭部にセンサーアレイを装着できなかった. このような症例においては, 精度の上で若干問題があっても小型で簡単しかも操作が容易な, 下顎運動記録装置が必要となるべく.

(2) 装置の取り付け位置について

1) ①のように磁石を垂直方向に移動した実験結果より, 通常の咀嚼運動は約1cmの範囲内におさまる事が多いため, 取り付け位置による感度の低下を考慮しても十分実用になると考えられる. しかし, 歯面に付着したICと磁石が咀嚼運動時理想的な位置を保って移動する事はなく水平的なズレが生じるので, 1) ②のように磁石を水平方向に移動する実験結果より, ICと磁石を直角に付けた時には実用となる事がわかった.

しかし, 実際口腔内で磁石とホールICを直角に装着する事は非常に困難であり, そこでどの範囲内でどういう形で装着すべきかという問題が起きてくる. そのため取り付け位置をきめるための基礎実験を行った.

まず磁石とICのなす角度(α)の変化による影響を調べた実験結果より, 装着のための自由度は極めて大きく, 実際の装着の時は容易である事がわかった. さらにICと磁石の運動路のなす角度(β)の変化による影響を調べた実験結果も併せるとICと磁石の取り付け位置の状態は, 中心咬合位時ICは咬合平面に対して 50° 以内に付け, 磁石の中心はICのセ

ンターに向くようにし, そこから $\pm 40^\circ$ の範囲内に取り付けられればよい事がわかった. この口腔内装着状態を模式的に現したものと実際に口腔内に装着した状態を図12-1,2に示す.

さらに, もしこの取り付け状態に従わないとどうなるかを, (1) 磁石の取り付け角度(α)の変化による影響と, (2) ICの取り付け角度(β)の変化による影響で調べた.

(1) ICの取り付け角度は, 標準状態すなわち β を 40° に固定し磁石とICのなす角度 α を標準よりかなり大きく取った時のものを図13に示す. この時, 出力電圧の極性が逆転していることがわかる.

(2) 標準的な取り付け方法すなわち β が 40° の時のものを図14上段に示す. 磁石は標準状態のままで, ICを $\beta = 70^\circ, 80^\circ, 86^\circ$ と歯面に近付けていった時の顎運動の変化を2段目以下は現しており $\beta = 86^\circ$ の運動は, ほぼ歯面に平行に近付けた時のもので, 顎運動の極性がやはり α の角度を大きくした時のように逆になっていることがわかる. 以上の実験結果より開閉口相の識別が困難となったり, 極性が逆(磁石のN-Sが逆)になるので標準的な取り付け方法で設置する必要がある事がわかった.

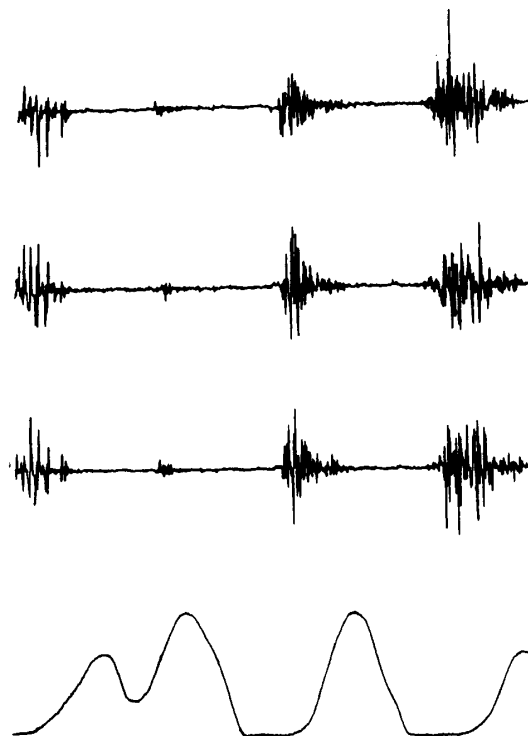


図9 咀嚼運動時の筋電図と顎運動

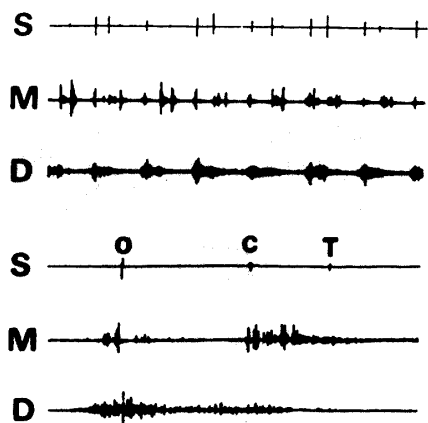


図10 Open-Close Movement with Painful Click



図11 Open-Close Movement with Painless Click

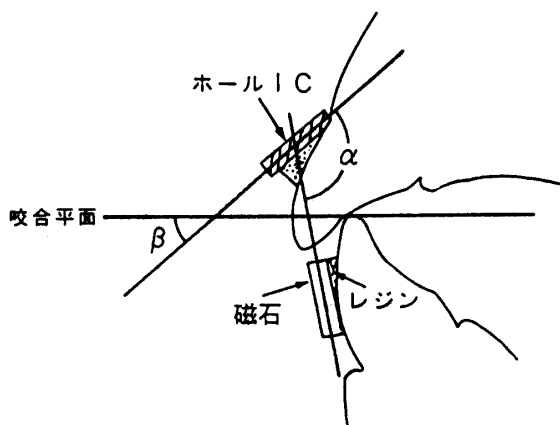


図12-1 ホールICと磁石の口腔内装着状態

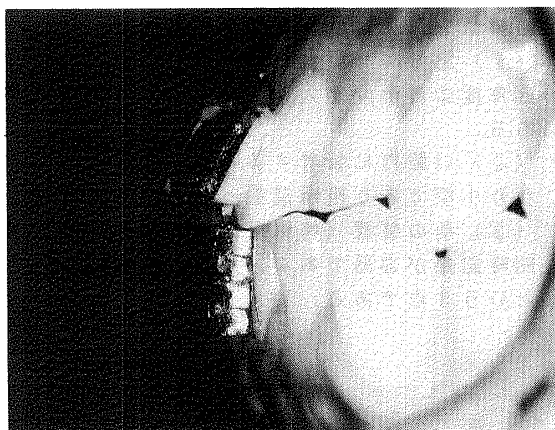


図12-2 ホールICと磁石の口腔内装着状態

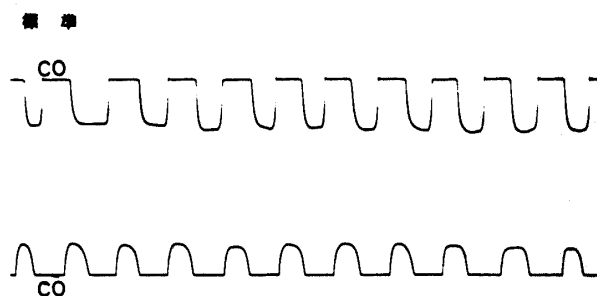


図13 磁石の取り付け角度(α)の変化による影響

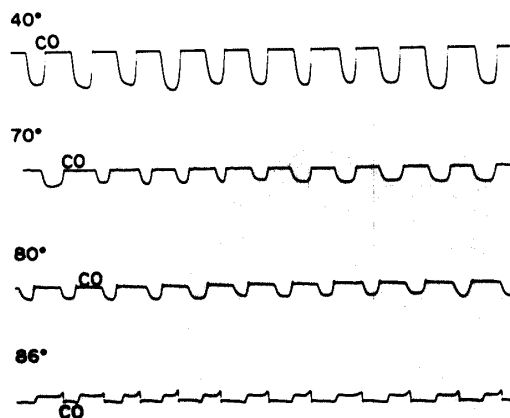


図14 ホールICの取り付け角度(β)の変化による影響

(3) 臨床応用について

本装置を装着し、口を閉じた状態を図15-1に示す。口腔外には1本のシールド線がみえるだけである。機能時の口唇に対する影響や違和感は比較的少ないと思われる。図15-2に示すように本装置の口腔内装着状態は、素子、磁石ともに極めて小型で、上下口唇部の閉鎖や、咀嚼時の妨げとならない事がわかる。

現在本装置は電気刺激装置と連動させる事で下顎開閉運動と同期した電気刺激を口腔内に与え、その時誘発される顎反射の研究にも使用している図16はその時の記録の一例である。

5. 結論

筋電図との同時記録の目的で簡易下顎運動記録装置を開発した。本装置の特徴は、

- (1) 記録に必要なホールICや磁石の取り付け角度に自由度が大きく、準備や操作が容易である。
 - (2) 口腔内に装着するホールICや磁石はかなり小型であり咀嚼運動への影響も小さい。
 - (3) 他の装置(筋電計、電気刺激装置)との同時記録が容易である。
- という3点である。

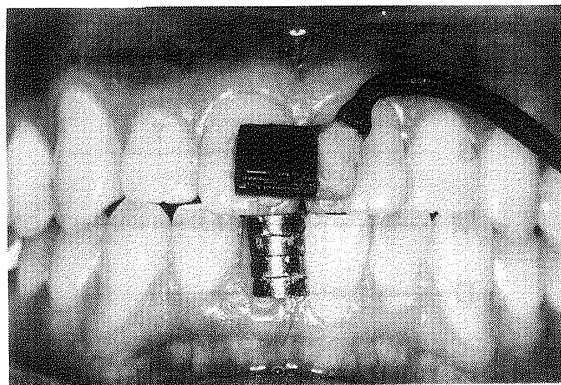


図15-2装置装着状態

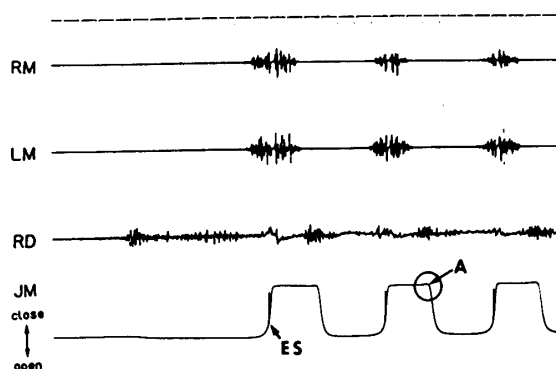


図16簡易下顎運動記録装置の応用例

参考文献

- 1) 加藤 均, 他: 多現象同時測定による咀嚼運動の解析法, 補綴誌, 28: 70~77, 1984
- 2) 竹内 智: 下顎開閉口運動の動態に関する研究, 補綴誌, 29: 30~46, 1985
- 3) C. Stohler/Y. Yamada/M. M. Ash, Jr.: Antagonistic Muscle Stiffness and Associated Reflex Behaviour in the Pain-Dysfunction State Helv. Odont. Acta 29, Nr. 2/1985: 13~20
- 4) 86 National electronic components 7C バイポーラ周辺回路(ディジタルIC偏), 480~483

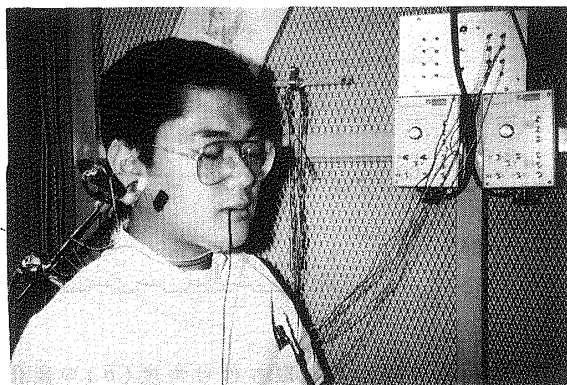


図15-1装置装着状態