

## 精神的ストレスの咀嚼器官・機能に与える影響の研究

### Effect of mental stress on mastication

代表研究者	東北大学歯学部教授 Prof., School of Dentistry, Tohoku Univ. Haruhide HAYASHI	林 治 秀
協同研究者	東北大学歯学部教授 Prof., School of Dentistry, Tohoku Univ. Kiyoshi Ooya	大 家 清

Two types of bite force meters were produced and the bite force 6 loaded onto 3 teeth were simultaneously and continuously measured during resting and non-mastication states.

The electric conductor printed on the plastic film was used as one of the types of the load sensor. To increase its allowable force and protect film from pin-point load the sensing film was mounted inside the force absorbing device. Although this sensor had wide sensing surface, it increased the occlusal vertical dimension significantly from the normal centric occlusion. To improve this point, a micro-load cell was prepared using a strain gauge embedded in the resin crown. This type of sensor could detect load ranging about 0.1 to 10 kgf even if pin point contact. In addition, it enabled to reduce the thickness of the sensor less than 1 mm and to record simultaneously from multi-tooth.

Bite force recorded during light desk work was always fluctuated slowly between 0.5 and 1 kg. During harder work such as operation of a computer, summations of short peaks reaching 2 kgf were observed sometimes. Although not measured in this study, it could be anticipated that intense and long term mental stress such as driving car increased occlusal stress which possibly caused occlusal disorder or TMJ arthrosis.

#### 研究目的

近代の臨床歯学は、単なる齧触の治療のような欠損の修復のみならず機能の回復、審美性の改善などにも重きを置き、これらを目的とする治療法は新素材の開発とも相俟って目ざましい進歩を遂げてきた。しかしながら、最近目だって増加しつつある歯周病および顎関節症に対する治療法は遅れており、特に後者に対しては、原因を特定するのが困難なこともあって治療法が未だに確立していない。これらを引き起こす原因は咀嚼器官の不全や咬合異常、精神的ストレスとされているが詳細な基礎研究は開始されたばかりである。

本研究はいわゆる精神的ストレスの咀嚼器官・機能に対する影響を解明するための基礎研究として、歯根膜の機械受容器にかかる動的圧力変化を

計測し、精神的ストレスとの関連を解析する。このような基礎的研究の成果は、逆に咀嚼機能がストレスに与える影響を探る研究の導入ともなりうる。

歯に加わる圧力の測定は咀嚼圧として、または定計化された機械刺激については研究されてきたが、それ以外の経時的な変化はほとんど記録されていない。したがって、従来全く注目されていなかった非咀嚼時における動的圧力変化を継時的・定量的に調べ、しかも、1歯のみではなく多数歯の咬合圧を同時に計測することはたいへん意義がある。本研究は、この研究のための咬合圧測定器を新たに開発し、それを用いて軽作業従事中等など非咀嚼時の咬合圧を計測し解析することを目的とした。

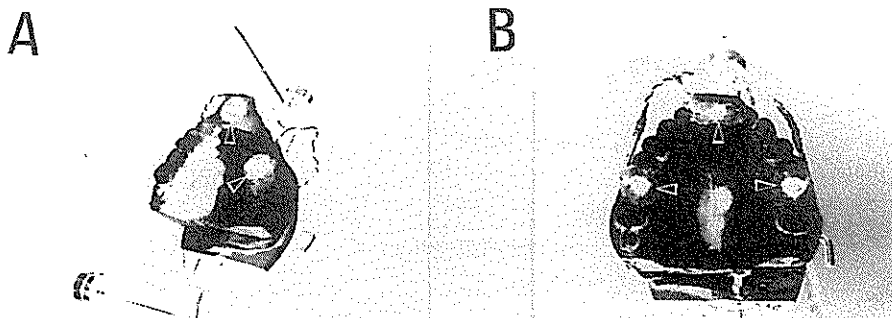


図1. 上顎の歯列模型にとりつけた咬合圧センサー（矢尻）  
 A. 導電感圧素子を用いたセンサー、白い円板が受圧面である。  
 B. ストレインゲージを用いたセンサー、レジン冠の白く見える部分が受圧面である。

## 研究経過

### (1) 感圧抵抗素子を用いた咬合圧測定器の開発

本研究用のセンサーに要求される性能は以下のとおりである。

- ①少なくとも前歯、および左右の臼歯合計3本以上の咬合圧を同時に計測できる。
- ②0.01 mm<sup>2</sup> ほどの小面積に対する約 100 g～20 kgf の加重を誤差約 5% 以下の精度で、しかも数 Hz 以上の周波数特性で計測できる。
- ③被検歯に窩洞を形成することなく、しかも咬合高径をできるだけ低く抑え、中心咬合位（咬頭嵌合位）の近くに顎位を保つ。
- ④数時間の連続測定でもドリフトが少ない。
- ⑤被験者にとってセンサー装着が運動の妨げにならず、またあまり気にならない。

近年種々の負荷センサーが開発されているが、超小型でしかも数 10 kgf の荷重に耐えるセンサーはほとんどない。従来、咬合圧センサーとしてストレインゲージを金属板に貼つけたロードセルタイプのものが使われてきたが、咀嚼時の咬合圧測定が目的のため測定範囲は 1～50 kgf 程度であり、しかも、①、③、⑤を満足させることはむずかしい。そのためまず最初に、感圧導電性インキをセルロイド板にスクリーン印刷した感圧抵抗素子（東芝シリコン(株)）を用いたセンサーの試作を行った。これは厚さ約 0.5 mm、感圧部直径 10 mm のフィルムで、シルタッチ 300 では約

100 gf から数 kgf の計測が可能である。感圧部が広く任意の形状に加工でき、しかも押圧子の形状の影響を受けにくい利点があるが、咬合圧計への応用に対しては許容加圧力が小さすぎ、クリープを生じやすい欠点がある。また防湿を確実に行わなければならない。許容加圧力を上昇させ、また点加圧にも耐えるために、圧力を直接フィルムに加え、発泡ゴムでフィルムに伝える緩衝方法をとった。これにより 5～10 kgf までクリープなしで測定できるようになった。

センサーは上顎左右中切歯間、左右第 1 大臼歯咬合面へ固定することにした。そのため被験者の上下顎石膏模型を製作し、咬合採得を行って咬合器にとりつけた。センサーをとりつけると咬合高径が上がることを想定して、できる限り生理的状态に近い咬合位に設定するため、まず、レジンでスプリントを製作した。これを被験者に装着して咬合調整を行い、装着したままで再び咬合採得をし、模型を咬合器に再装着した。この模型上で各歯ごとにレジン冠様のものをつくりこれにセンサーをとりつけた（図 1A）。

この抵抗素子は 10 Ω から数 100 MΩ の大きな抵抗変化をするので市販の DC アンプは使用できず、OP アンプを利用した DC アンプを試作した。抵抗素子を定電圧で駆動するが出力は力に比例しないため、終段部に対数増幅器を入れて補正した。

その結果、100 gf から 5～6 kgf の範囲で誤差

約 5% 以下のしかも広い面積（直径約 10 mm）の感圧部をもつ咬合圧計ができた。しかしながら、緩圧部とこのような広い受圧部をつけたため咬合高径が前歯部で 5~6 mm 上がり、中心咬合位から生理的にずれすぎる恐れがある。

## (2) ストレインゲージを用いた咬合圧測定器の開発

ロードセルのように金属性ダイヤフラムにストレーンゲージを貼る方法を試みたが、超小型で 10 kgf 以上の点接点加圧に耐えるものは製作困難で、しかも点状の受圧面に加わる力しか測定できない。そこでレジン冠に直接ストレーンゲージを埋め込む方法をとった（図 1B）。この構造により厚さ 1 mm 以下で 20 kgf 以上の加圧に耐え、しかも感圧中心点から 1 mm 加圧点がずれても 5% 程度の誤差に収まるセンサーができた。厚さ 1 mm 以下に抑えることができたため受圧面は臼歯咬合に沿った形状となり、中心咬合位に近い位置で嵌合し、生理的条件に近い顎位で滑走運動ができるようになった。また周波数特性は DC アンプ側で補償することにより数 Hz 以上に追従する。しかしアクリル樹脂を用いているため、直線性は多少悪くなりヒステリシスを生ずるが、咬合圧測定では大きな問題とならない。

## (3) 校正用加圧器

上記のセンサー及び DC アンプの校正のため加圧器を製作した。ロードセル（共和電業、LM-50KA）を力の検出に用い、垂直方向に加圧する形式で、加圧は分銅又は手で行い、300 gf から最大 50 kgf まで可能である。押圧子先端は真鍮を臼歯咬頭の形状に削り出している。

## (4) 咬合圧測定

3 歯上のセンサーの咬合面形状は、大臼歯咬合面様で咬合器上で中心咬合位に近くなるように調整してあるが、さらに被験者に装着した状態で咬合調整を行った。特に 3 歯のバランスに注意した。その後、模型上で加圧器を用いてアンプの校正を行った。再度被験者に装着して数分間アイドルを行った後、零点調整をとり咬合圧を加えることを数回繰り返してクリープをとり、ドリフトを低減した。

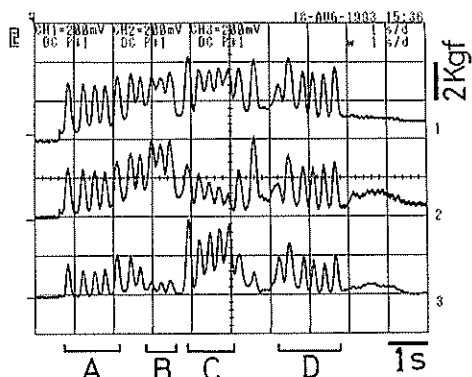


図 2. 随意的に咬合した時の 3 歯の咬合圧の連続記録例。

トレース 1, 上顎中切歯; トレース 2; 左第 1 大臼歯; トレース 3, 右第 1 大臼歯。A. 全体に力を加えた場合; B. 左側で咬んだ場合; C. 右側で咬んだ場合; D. 前歯に力を入れて咬んだ場合。D は A とほとんど差がない。

咬合圧計測は、1 歯および 3 歯にセンサーを取りつけた場合、また随意的に咬合した状態と安静時について行った。

なお被験者は 46 才男性で上下顎とも 1~7 まであり、上顎左右 6 番はクラウンである。咬合は正常咬合であるが咬耗がみられる。

## 研究成果

### (1) 咬合圧測定器

従来用いられてきたような咀嚼中または最大咬合圧を計測するための咬合圧測定器では困難であった多歯の同時測定が可能で、中心咬合位近くで計測できる咬合圧測定器を完成した。しかも、レジンの咬合面のため形状を容易に変えることができる。一般のロードセルに比べて誤差が大きいですが、咬合圧測定においては問題はない。

### (2) 安静時および非咀嚼時の咬合圧

センサー厚が安静時空隙 (2~3 mm) より薄いため、意図的に「安静」に保っている時は 0 となっているが、事務的な軽い作業に入ると咬み合った状態となった。咬合圧は 0 から線形に上昇するのではなく、500 gf~1 kgf に飛躍し、この範囲で変動していた。

安静時に頭部の角度を変化させたところ、約 30°前後傾ではそれぞれ前歯部、臼歯部の咬合圧

が約 1 kgf 上昇し、逆に、臼歯部、前歯部の咬合圧は約 1 kgf 減少した。なお嵌合部位も多少ずれるが 1 mm 以内であった。左右への頭部傾斜の効果はなかった。

意識的に中程度の強さ（楽にかむ強さ）で咬み合わせを行うと 3 歯とも約 2 kgf で咬合する（図 2A）。咬合位置を変えずに左右 1 ヶ所にのみ力を入れたところ、入れた方の咬合力は少し増加し、反対側の咬合力が大きく減少した（図 2B, C）。また前歯のみに力を入れた場合は全体に力を入れた場合と同じようなバランスの咬合力しか出なかった（図 2D）。

### (3) 1 歯および 3 歯咬合の比較

センサーを 1 歯のみ装着して中程度の咬合を行わせると、臼歯部においては約 5~6 kgf と約 3 倍の力が加わった。3 歯装着で臼歯 1 歯の咬合面を約 0.2 mm 上げると、歯根膜による緩圧作用のため 3 倍は上昇しなかったが他の各 2 歯の約 2 倍の力が加圧された。このことは早期接触では歯根膜に過大な力が加わることを示す。

### (4) 緊張時における咬合圧

軽いストレスとしてパソコン操作時における咬合圧を測定してみた。安静時空隙は生じなかったが常時 0.5~1 kgf の範囲で変動し、時々（1 分間に 2~3 回）約 2 kgf 咬み込む現象が見いだされた。

なお、自動車運転のような高度緊張時またはストレス下における咬合圧は未だ測定していない。

## 今後の課題と発展

### (1) 咬合圧測定器

金属性ダイヤフラムの代わりにアクリル樹脂を使用したことにより予想以上に小型で使いやすく、必要な精度を有するセンサーが完成した。今後、測定歯を 3 歯以上に増加することは容易であり、解析する意義がある。精度については、必要

ならばセンサーの非直線性をコンピュータで補正すれば容易に上げることができる。なお、得られたデータをパソコンで解析するために、AD 変換ボードと Turbo Pascal による信号解析・表示プログラムを既に開発済みである。これにより、FFT 解析やフィルタリングが容易にできる。

### (2) 非咀嚼時の咬合圧

被験者は一人であるが、軽く上下顎が接触した状態（約 100 gf）はほとんどなく、また作業時には安静空隙もほとんど見られなかった。また随意的に単純に（中程度に）咬むと 2 kgf ほどの大きな力が出て、しかも咬合時間とリズムが比較的一定であった。さらに軽く咬もうとするには集中力を必要とする。これは、歯が軽く咬んだ状態では開口反射と歯根膜咬筋反射、さらに下顎張反射の抑制が複雑に関与しているための結果と思われる。将来、3 反射の関与のバランスについて筋電図の記録と合わせて解析することは意義がある。

### (3) ストレスとの咬合圧

非常に軽い緊張から中程度の緊張までは、咬合圧は常にかかり、しかも増加することがわかった。自動車の運転など精神的ストレスと呼べる状態ではさらに歯に負担がかかることが予想されるが、これは今後の課題として残された。また過度で長期にわたるストレスは咬合障害、さらには顎関節症を引き起こす可能性があることが示唆される。

謝 辞 感圧抵抗素子は東芝シリコン株式会社（東京都港区）より提供を受けました。被験者の歯列模型製作、咬合採得、スプリント製作に当たっては東北大学歯学部高齢者歯科学講座渡辺教授の援助を受けました。咬合圧測定に関する助言と併せて厚く感謝いたします。