

学位論文内容の要旨

愛知学院大学

論文提出者

松永 知子

論文題目

咀嚼様運動中の下顎位と咀嚼側に依存した
低閾値開口反射の変調様式

I. 諸言

咀嚼運動のリズムは、脳幹に存在するパターンジェネレーターによって中枢性に形成されるが、咀嚼運動は末梢からの感覚入力による調整を受けている。その様な感覚情報に基づいた咀嚼運動の調節に重要な役割を果たしているのが顎反射であり、顎運動や咬合力の調節に関わる顎反射の一つに開口反射がある。開口反射には、高閾値刺激によって誘発されるものと、低閾値刺激で誘発されるものがあり、前者が侵害刺激に対する逃避反射であるのに対して、後者の生理的意義は必ずしも明らかではない。しかし、低閾値開口反射は咀嚼運動中に一貫して抑制されることから、低閾値開口反射の変調は、円滑な顎開閉口運動を遂行し、咀嚼時に強い咬合力を発揮するためのメカニズムである可能性が考えられている。

本研究では、低閾値開口反射の変調と咀嚼運動中の咬合力調整の関係をより明確にすることを目的として、咀嚼様運動中の異なる下顎位で低閾値開口反射を誘発し、咀嚼側や下顎位・開口量および顎運動の種類の違いが開口反射の変調に与える影響について検討した。また、咬合挙上装置を用いて人工的に咬合挙上を行い、咀嚼運動中の低閾値開口反射の変調が新たな咬合高径に適応するのかの検討を行った。

II. 試料および方法

1. 実験動物および外科処置

2.9 kg～3.5 kgの雄性ウサギを用い、実験中はイソフルランによるガス麻

酔にて麻酔を維持した。動物の頭部を脳定位固定装置に固定し、大脳皮質咀嚼野の連続電気刺激により咀嚼様運動を誘発し、刺激部位を変えることで、グライディングタイプおよびチョッピングタイプの顎運動を任意に誘発した。オトガイ部に磁石を接着して鼻骨に取り付けた磁気センサーで顎運動を検出し、左側顎二腹筋前腹筋 EMG 活動の記録を同時に行った。開口反射は、左側下歯槽神経の電気刺激(1.03~1.10T, duration 0.3ms, interval 2ms, 2発刺激)により誘発し、左側が作業側および平衡側になる場合の記録を同一の動物から行った。顎運動信号を刺激装置にフィードバックし、実験1ではグライディング運動中の咬合相中期 (mid-OC)、閉口相後期 (end-CL)、閉口相中期 (hal-CL)、最大開口位 (max-OP) の4つの下顎位と、チョッピング運動中の上部 (up-Chop)、中央部 (mid-Chop)、下部 (low-Chop) の3つの時点で開口反射を誘発・記録した。実験2では、グライディングタイプの左咀嚼様運動を誘発し、咬合挙上装置装着前の hal-CL、end-CL および咬合挙上装置装着後の閉口相後期 (end-CL with BP) の3つの下顎位で誘発した開口反射応答の記録を行った。

咀嚼運動中の開口反射応答は、安静時に記録した開口反射の振幅 (peak-to-peak) に対する百分比 (% of control) として評価した。

2. 咬合挙上

非磁性であるアルミニウムを用いた自家製の可撤式咬合挙上装置 (bite plate : BP) を、上下臼歯部間に介在させ、左咀嚼様運動誘発時に作業側と

なる左側の咬合を挙上した。end-CL with BP は、挙上前の hal-CL であった下顎位と同じ開口量になるように調整を行った。

III. 結果

実験 1 においてグライディングタイプの咀嚼様運動中に誘発された開口反射は、全ての顎位において安静時に誘発した開口反射よりも抑制された。下顎位の違いによる開口反射応答を比較したところ、作業側時における応答の変化は、8羽平均でそれぞれ mid-OC : 33.1 ± 4.1 %、end-CL : 12.7 ± 2.9 %、hal-CL : 33.6 ± 3.6 %、max-OP : 41.6 ± 5.5 %であり、咬合接触の前の end-CL が他の 3 つ下顎位よりも有意に強い抑制を受けた。一方、平衡側時における各顎位での開口反射の変化は mid-OC : 45.31 ± 4.2 %、end-CL : 24.8 ± 4.8 %、hal-CL : 39.4 ± 5.5 %、max-OP : 53.0 ± 7.1 %で、平衡側時では end-CL は mid-CL、max-OP よりも有意に強い抑制を受けた。

誘発した開口反射の変調を作業側時と平衡側時で比較したところ、すべての下顎位において作業側時の方が平衡側時よりも抑制された。特に、閉口相後期の end-CL と最大開口位 max-OP の下顎位では、作業側時の方が有意に強く抑制された。

チョッピングタイプの顎運動中に記録した開口反射応答を比較したところ、応答の変化は 8羽平均でそれぞれ up-Chop : 94.8 ± 16.4 %、mid-Chop : 99.8 ± 16.8 %、low-Chop : 134.2 ± 19.4 %であり、下顎位の違いによる開口反射応答に有意な差は認められなかった。

実験 2 において記録された開口反射応答の平均は end-CL : 21.9 ± 6.3 %、hal-CL : 64.7 ± 11.8 %、end-CL with BP : 36.9 ± 6.5 %で、これらを 8 羽で比較したところ、挙上前の hal-CL と end-CL では、有意差が認められた。また、開口量を同じに設定した咬合挙上前の hal-CL と咬合挙上後の end-CL with BP では end-CL with BP の方が有意に強く抑制された。

IV. 考察

1. 咀嚼側の違いが開口反射変調に与える影響

グライディングタイプの咀嚼運動は左右非対称な運動であり、咀嚼運動中の閉口筋の筋電図活動は平衡側よりも実際に食物を粉砕する作業側の方が大きい。本研究において、咀嚼サイクル中の同じ開口量の下顎位で誘発した開口反射の応答の変化を咀嚼側間で比較したところ、全ての下顎位において作業側時の方が平衡側時よりも強く抑制される傾向にあった。この変調は、円滑に咀嚼運動を遂行する上で、平衡側よりも作業側においてより大きな閉口筋の筋電図活動を起こすのに理にかなったものであり、咀嚼運動中の低閾値開口反射の変調が、咀嚼時に強い咬合力を発生させるためのメカニズムであることを強く示唆するものである。

2. 顎運動中の下顎位の違いが開口反射変調に与える影響

咀嚼運動中、低閾値開口反射が最も強く抑制されたのは作業側時、平衡側時のいずれにおいても end-CL であった。本研究で設定した end-CL は、上下顎臼歯が接触する前の下顎位として設定している。また、本実験では

咀嚼様運動時に臼歯間に食物が介在しないことから、この下顎位での変調は、歯根膜からの感覚入力によるものではなく、筋紡錘からの感覚入力による影響が大きいと推察される。また、グライディング運動時は、開口量に比例して低閾値開口反射の抑制量が大きくなるわけではなかったことから、低閾値開口反射の抑制が単純に開口量に比例して変化するわけではなく、咀嚼という機能運動中における下顎の相対的な位置に基づいて変調を受けていることを示していると考えられた。

3. 顎運動の種類が開口反射変調に与える影響

チョッピングタイプの運動は、自然咀嚼時の食物を口腔内に取り込む際の顎運動に類似しており、口腔内に食物を取り込み時には刺激物や異物の選別が重要である。チョッピング運動中に誘発した開口反射は、グライディング運動時に開口反射を誘発した刺激強度と同じであるにもかかわらず、いずれの下顎位においても開口反射の抑制は小さく、顎位間の有意差は認められなかった。この結果は、食物の取り込み運動時に異物の誤摂取を避けることに有利であると考えられる。また、低閾値開口反射の変調は単に開口量ではなく、機能的運動の種類による影響を強く受けていることを示している。

4. 咬合高径の変化に対する低閾値開口反射変調の適応

グライディング運動中に顎位間で見られた開口反射変調の違いが、咬合高径の変化に適応するのかを調べる目的で、作業側臼歯部に可撤式の咬

合挙上装置を装着して検討を行った。実験的に咬合高径を変化させたところ、開口反射が最も強く抑制を受ける下顎の位置は、新たな下顎位に適応した。これは矯正治療や全顎的な補綴治療により咬合高径を変化させたとしても開口反射の変調は新たな咬合高径に適応しうることを示唆している。また、本研究の hal-CL と end-CL with BP は垂直的な位置は同一に設定していることから、低閾値刺激開口反射の変調は絶対的な開口量のみによって決まるのではないことが示された。

以上の結果より、咀嚼中の低閾値開口反射の変調は、咀嚼運動中に強い咬合力を発揮するためのメカニズムとして合目的的であることが示された。

V. 結論

麻酔下のウサギ大脳皮質咀嚼野の連続電気刺激により誘発した顎運動中に、下歯槽神経への低閾値刺激により開口反射を誘発し、その応答の変調と咀嚼側および下顎位・開口量との関係を検討し、以下のような結論を得た。

- 1) グラインディング運動中に誘発した低閾値開口反射は、平衡側時よりも作業側時の方が強く抑制された。
- 2) グラインディング運動中に誘発した開口反射は、咬合接触前の閉口相後期の下顎位で最も強く抑制された。
- 3) 開口反射の変調は、開口量との間に比例関係はなく、むしろ顎運動の種類に依存していた。

4) 開口反射が最も抑制される下顎位は、人工的な咬合挙上による新たな下顎位に適応した。

このような咀嚼運動中の低強度開口反射の変調は、円滑な摂食運動を遂行する上で合目的的であり、食物粉碎時に強い咀嚼力を発揮するためのメカニズムであることを示唆している。本研究で得られた結果は咀嚼運動中の咬合力の調整に関わる制御機構を明らかにするうえで重要な知見であると考えられた。

論文審査の要旨および担当者

愛知学院大学

| | | | |
|--------------|-------------------------------------|--------|-------|
| 報告番号 | 甲 乙 第 566 号 | 論文提出者名 | 松永 知子 |
| 論文審査 委員氏名 | 主査 平場 勝成 副査 栗田 賢一 武部 純 | | |
| 論文題名 | 咀嚼様運動中の下顎位と咀嚼側に依存した 低閾値開口反射の変調様式 | | |

インターネットの利用による公表用

開口反射には、咀嚼運動中持続的に応答が抑制される低閾値開口反射の存在が知られている。しかし、その生理学的意義は必ずしも明らかではない。そこで申請者は、低閾値開口反射の変調と咀嚼運動中の咬合力調整の関係をより明確にすることを目的として、咀嚼運動中の開口反射を誘発する咀嚼側や下顎位・開口量および顎運動の種類の違いが低閾値開口反射の変調に与える影響を比較している。さらに、実験的に咬合挙上を行って、咀嚼運動中の低閾値開口反射の変調が新たな咬合高径に適応するのかの検討を行っている。

I. 試料および方法

実験動物はウサギを用い、大脳皮質咀嚼野の連続電気刺激による咀嚼様運動中に、左側下歯槽神経の電気刺激により低閾値開口反射を誘発し、その時の顎運動及び顎二腹筋の EMG 活動の同時記録を行っている。

実験 1 ではグライディング運動中の咬合相中期 (mid-OC)、閉口相後期 (end-CL)、閉口相中期 (hal-CL)、最大開口位 (max-OP) の 4 つの下顎位と、チョッピング運動中の上部 (up-Chop)、中央部 (mid-Chop)、下部 (low-Chop) の 3 つの時点で開口反射を誘発・記録することで、それらの咀嚼側や下顎位・開口量および顎運動の種類の違いが、開口反射変調に与える影響を調査している。

実験 2 では、自家製の可撤式咬合挙上装置 (bite plate : BP) を用いて左側の咬合を挙上し、グライディングタイプの左咀嚼様運動を誘発して、咬

合挙上装置装着前の hal-CL、end-CL および咬合挙上装置装着後の閉口相後期 (end-CL with BP : hal-CL と同じ開口量) の3つの下顎位で開口反射応答の記録を行い、咬合挙上前後で低閾値開口反射の変調が新たな咬合高径に適応するかの調査をしている。

II. 結果および考察

【実験1：グライディング運動時の比較】

グライディングタイプの咀嚼様運動中に誘発された開口反射応答の変化は、作業側時では mid-OC : $33.1 \pm 4.1\%$ 、end-CL : $12.7 \pm 2.9\%$ 、hal-CL : $33.6 \pm 3.6\%$ 、max-OP : $41.6 \pm 5.5\%$ で、平衡側時では mid-OC : $45.31 \pm 4.2\%$ 、end-CL : $24.8 \pm 4.8\%$ 、hal-CL : $39.4 \pm 5.5\%$ 、max-OP : $53.0 \pm 7.1\%$ と、いずれの咀嚼側においても end-CL で最も強く開口反射が抑制されることを明らかにしている。また、すべての下顎位において作業側時の方が平衡側時よりも強く抑制されることを明らかにしている。

以上のような結果は、グライディングタイプの咀嚼様運動時の作業側において、食物を粉砕する際に低閾値開口反射が最も強く抑制されることを示しており、咀嚼運動中、食物の粉砕時期に合わせて強い咬合力を発生させるメカニズムではないかと考察している。

【実験1：チョッピング運動時の比較】

チョッピング運動中の開口反射応答の変化は、up-Chop : $94.8 \pm 16.4\%$ 、mid-Chop : $99.8 \pm 16.8\%$ 、low-Chop : $134.2 \pm 19.4\%$ であり、下顎

位の違いによる開口反射応答に有意な差は認められないことを明らかにしている。

この結果は、食物を口腔内に取り込む際の開閉口運動時には、いずれの下顎位でも開口反射はほとんど抑制されないことを示しており、低閾値開口反射の変調は、単に開口量により決まるのではなく、機能的運動の種類による影響を強く受けていると考察している。

【実験2：咬合挙上時】

BP装着前後で記録された開口反射応答の平均は end-CL : $21.9 \pm 6.3\%$ 、hal-CL : $64.7 \pm 11.8\%$ 、end-CL with BP : $36.9 \pm 6.5\%$ で、開口量を同じに設定した咬合挙上前の hal-CL と挙上後 end-CL with BP では、挙上後の end-CL with BP の方が有意に強く抑制されたと報告している。

この結果は、実験的に咬合高径を変化させると、開口反射が最も強く抑制を受ける下顎の位置も変化したことを示しており、低閾値開口反射の変調は新たな咬合高径に適応すると考察している。

本研究は、咀嚼運動中に低閾値開口反射を誘発する咀嚼側や下顎位・開口量および顎運動の種類の違いが開口反射応答に与える影響を明らかにし、また、その変調が咬合高径の変化に適応することを示した。このことは咀嚼運動中の咬合力の調整に関わる制御機構を明らかにするうえで重要な知見であると考えられ、今後の口腔生理学、歯科補綴学、歯科矯正学並びに

(論文審査の要旨)

No.4.....

(2000字以内のこと)

愛知学院大学

関連諸科学の発展に寄与するところが大きい。従って、本論文は博士（歯学）の学位を授与するに値するものと判定した。