

学位研究紹介

ウサギの咀嚼時に観察される下顎運動に
協調した頭部運動と頸筋活動Head Movements and Neck Muscle
Activities associated with the jaw
movement during mastication in the
rabbit

新潟大学歯学部歯科補綴学第一講座

五十嵐直子

Department of Removable Prosthodontics,

Niigata University School of Dentistry

Naoko Igarashi

緒 言

歩行、呼吸、咀嚼のような周期性運動は、中枢リズム発生器と呼ばれる神経回路網でコントロールされている。これらの神経回路網によって制御される運動には、直接その運動を行う部位だけでなく、間接的ではあるが同じように重要な部位の運動も含まれる。例えば、歩行においては四肢の運動と共に、体幹や頭頸部の運動も観察される。同じように、咀嚼においても顎運動だけでなく、頭部の周期的な運動が存在するといわれている。そのような周期性頭部運動の存在とその制御機構を明らかにすることを目的にした。

方 法

1 慢性実験

実験には覚醒ウサギを用いた。鼻骨に取り付けた加速度センサーを用いて上下方向の加速度を導出し、頭部運動を記録した。下顎運動は鼻骨に取り付けた磁気センサーと下顎骨に取り付けた磁石によって二次元的（開閉・左右）に記録した。また、頸筋（頭半棘筋SS・頭板状筋SPL・胸骨乳突筋SM）と咀嚼筋（咬筋Mass）から筋電図を記録した。記録は、無麻酔・無拘束下で動物が自発的にニンジン咀嚼している際に行った。

2 急性実験

ペントバルビツール（40 mg/kg i.v.）又はウレタン（1.0 g/kg i.v.）麻酔下で、ウサギを脳定位固定装置に固定し、下顎運動と頸筋（SS・SM）および咀嚼筋活動（Mass）を慢性実験と同様に記録した。下顎運動は、大脳皮質咀嚼野の連続電気刺激（単極、 < 1.5 mA, duration 200 μ sec, 30 Hz）によって誘発した。この顎運動中に、

上下臼歯間に厚さ2 mmの木片を挿入して、筋活動に対する咬合負荷の効果を検討した。

結 果

1 慢性実験

図1Aに1羽のウサギから得られたニンジン咀嚼している際の記録例を示す。また図1Bには、20ストロークのデータの加算平均を、さらに7羽につき加算して得られた値を示す。グラフの横軸が1ストロークに相当する。ウサギは右側でほぼ一定の周期（ 245.4 ± 20.3 ms, $n=7$ ）で開閉口を行っていた（図1A, V）。頭部加速度は、最大開口時から約30 ms遅れて下向きのピークを示し（図1A, accel）、ピーク周期は 245.1 ± 20.4 ms ($n=7$) で、下顎運動軌跡とほぼ等しい周期を持って変化していた。また、頭部加速度の積分から得られた頭部運動は、下顎運動と相反する軌跡を示した（図1B, V, HM）。すなわち、閉口時に頭部は下降し、開口時に頭部は上昇していた。

背側頸筋は基本的に持続的に活動していた。咀嚼ストロークの周期をnormalizeした上で、最大開口時を基準として筋活動量の加算平均を行ったところ（図1B）、頭半棘筋（SS）は、最大開口時には活動量は10.0%の減少（ $p < 0.001$ ）を示した。一方板状筋（SPL）の活動には顎運動に伴う変動はなかった。SMは、二峰性の活動を示し、二つのピークはslow closing phase（ピークは最大開口時から 82.5 ± 17.5 ms）と開口後期（同様に 225.8 ± 24.5 ms）に見られた。

2 急性実験

図2Aには麻酔ウサギにおける記録例を示す。また、図2Bには図1Bと同様、5羽の加算平均図を示す。ウサギは、皮質咀嚼野の電気刺激により周期的な顎運動を行った。胸骨乳突筋は、木片を臼歯で咬合している際には、閉口相で活動した。しかし、木片が除去されるとこの活動は消失または減少した。Slow closing phaseにおけるSMの活動量を木片のある場合とない場合で比較したところ、木片のある場合には筋活動は $43.1 \pm 32.3\%$ の増加（ $p < 0.001$ ）を示した。（図2B）。SSは持続的に活動しており、木片の有無に関わらず、顎運動に伴う変動はなかった。

考 察

ヒトにおいて、咀嚼やteeth tappingの際には、頭部に微小な周期性運動が存在し、その周期は下顎運動の周期と等しいことを観察してきた。頭部は開口時には上方へ閉口時には下方へ変位する。覚醒無拘束ウサギの咀嚼時にも周期性の頭部の変動が観察され、その周期は下顎

運動と合致し、また頭部の運動方向はヒトの場合と同様であった。

この咀嚼時頭部運動のメカニズムを探るため、頭部の動きに関与していると思われる頸筋の活動を観察した。背側頸筋群は、頭部を持ち上げる筋である。背側頸筋の一つであるSSは頭部が下降している閉口時に活動を増加させており、筋活動と頭部の運動が矛盾している。また、背側頸筋のSPLの活動には顎運動に伴うような周期的な変動は見られなかった。したがって、咀嚼時の微小頭部運動は、これらの頸筋によって能動的に駆動されてはいないだろう。さらに、頭部の運動と、下顎の運動の方向が相反していることから、リズムカルな頭部運動の成因が、力学的、あるいは反射性といった受動的なものにあることが示唆される。

覚醒ウサギのSSに見られた閉口時の活動の増加は、頭部が固定されている麻酔ウサギにおいては見られなかった。慣性によって生じた頭部の変位に伴って、前庭-顎反射や伸張反射によって二次的に生じていると推測される。一方、背側頸筋には三叉神経から最短で2シナプス性の興奮性の投射があることが知られており、ま

た口腔内の感覚神経が頸筋motoneuronに投射している可能性も示唆されている。したがって今回の実験で、背側頸筋に見られた活動の一部は、閉口時の咬むことによる入力（歯根膜や咀嚼筋紡錘）によって誘発されている可能性がある。

頭部を下垂させるSMは、開口時と閉口時の各々において活動を示す。このうち、閉口時には、SMは頭部を引いて下垂させるのに寄与していると思われる。閉口時の活動は麻酔ウサギにおいて木片を咬むことによって増強された。Nishimura et al.によればネコでは三叉神経系から副神経支配筋への多シナプス性の主に抑制性の投射が存在し、顔面の刺激に対して頭部を引く方向に作用するという逃避反射の一環として説明されている。しかし、今回の実験でSMが咬むことによる非侵害性末梢性入力（歯根膜機械受容器・咀嚼筋紡錘）によって興奮性の入力を受けることが推測される。咬むという非侵害刺激によって、背側頸筋も前屈筋も興奮性の入力を受ける可能性があるということは、三叉-顎反射が、口腔領域では逃避だけではなく頭部の固定という意義を持ち得ることを示唆している。

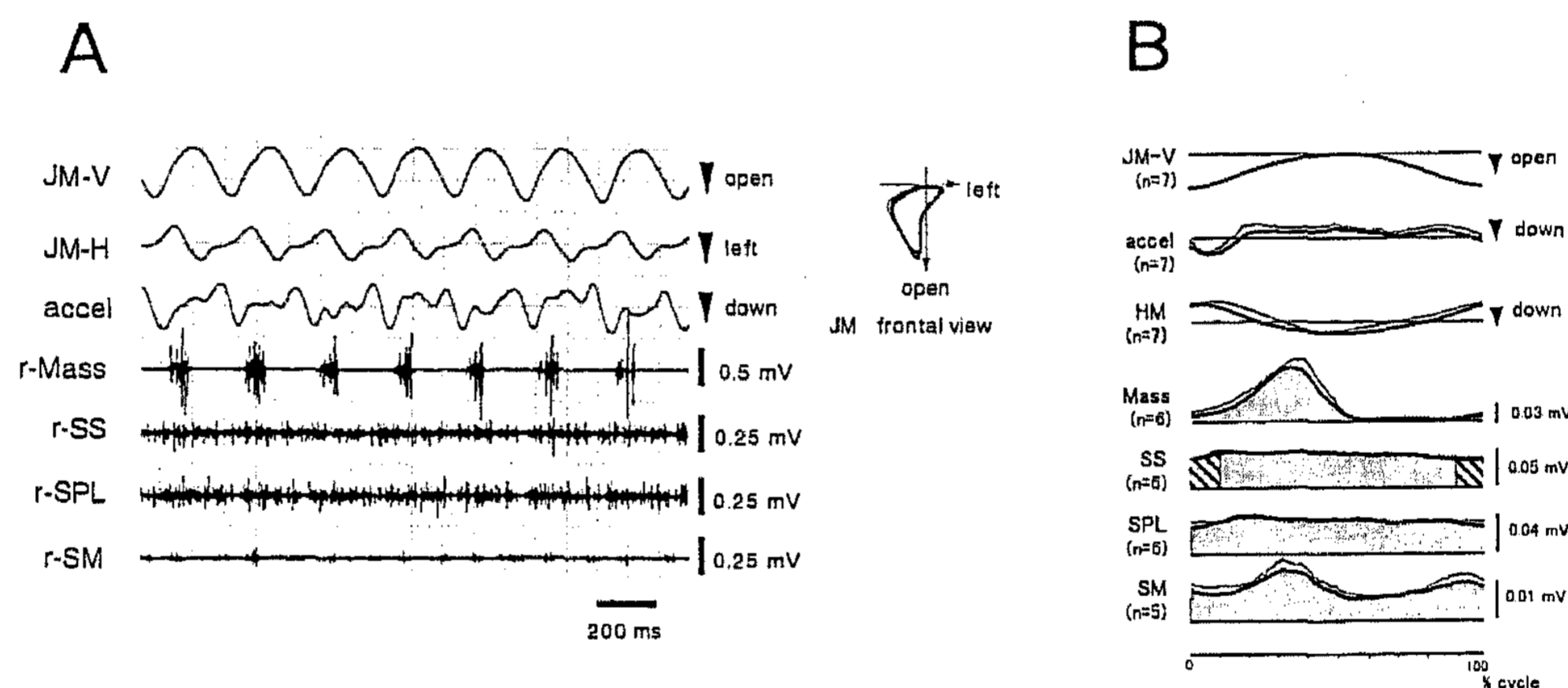


図1 覚醒ウサギの咀嚼時の頭部運動と頸筋活動

A: 1羽のウサギから得られた記録例。JM frontal viewは顎運動軌跡の前頭面投影図を示す。

B: 7羽、各20ストロークの加算平均から得られた、顎運動 (JM-V)、頭部運動(HM)および筋活動の時間的關係

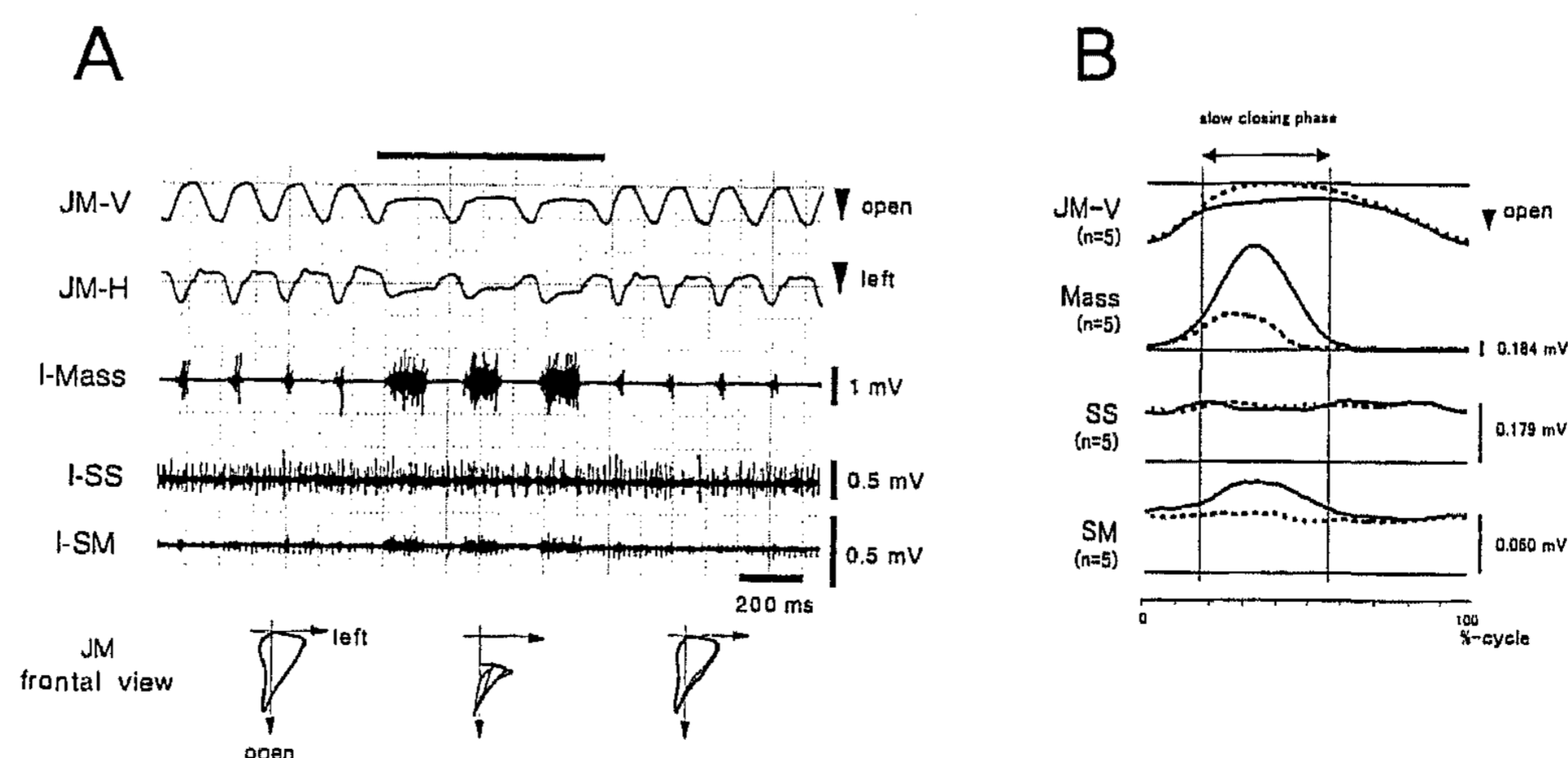


図2 麻酔ウサギの大脳皮質誘発性咀嚼様運動時の頸筋活動

A: 1羽のウサギから得られた記録例。太線は臼歯間で木片を咬合している期間を示す。

B: 5羽各20ストロークの加算平均から得られた、顎運動と筋活動の時間的關係。実線は木片咬合時、破線は空口咀嚼時の値を示す。