

博士(人間科学)学位論文 概要書

ヒト前額部への機械的外乱に対する  
頸筋応答における神経筋制御機序

Neuromuscular Control Mechanisms of Neck Muscle Responses  
Induced by Mechanical Perturbations of the Human Forehead

2005年1月

早稲田大学大学院 人間科学研究科  
倉持 梨恵子  
Kuramochi, Rieko

研究指導教員：鈴木 秀次 教授

スポーツ活動や交通事故における頸椎の損傷は重篤な障害につながる危険性をおびている。特に頭部への衝撃が不意に起こると損傷が重度になることはよく知られている。これらの事故に対する予防方法を模索するためにも、実験的に基礎的資料を得ることはきわめて重要である。

ヒトの身体運動において四肢筋が外部刺激に対して応答する神経筋制御機序はこれまでの研究でかなり解明されている。一方、ヒト頸筋の外部刺激（機械的外乱）に対する神経筋制御機序は、現時点で十分明らかにされていない。頸筋の活動は頭部の姿勢維持と、外眼筋と協調して固視点を保持する働きがあることが報告されていることから、頸筋運動ニューロンへの投射様式は四肢筋のそれとはかなり異なる。特に、頭部が動くとき、頸筋運動ニューロンは筋紡錘からの刺激で起こる筋由来の反射活動だけでなく、前庭器官からの刺激によって起こる前庭頸反射活動が賦活される。いくつかの先行研究では、前庭頸反射は筋性反射に先行することが報告されている。

また、同程度の頭部加速度を生じさせる外乱でも、体幹以下への外乱による慣性力で頭部を揺らした場合に比べて、頭部に直接機械的外乱を与えた場合では、体性感覚入力と前庭感覚入力の相互関係により頸筋の反射応答は変化することが知られている。ヒト頸筋の反射応答を調べた先行研究の多くは自動車事故などを想定した前者の方法で調べられているが、後者の方法でその活動様式を報告した研究は殆ど知られていない。

したがって、本研究では、頭部へ直接機械的外乱を与えたときの頸筋の活動様式が、外乱の予測の可否、あるいは頭部の運動課題を変えたときにどのように応答するか、特に前庭器官と筋紡錘からの頸筋応答への関わりに着目して総合的に比較・検討した。

実験 1 では、被験者は前額部への外乱に対して抵抗しないという運動課題で、かつ予測があるか否かで頸筋がどのような応答を示すかをしらべた。その結果、胸鎖乳突筋（SCM）は外乱刺激によって潜時が約 15 ms で誘発され、その活動は約 100 ms まで続いたが、予測不可能な条件では予測可能のときに比べて全体的に活動量が大きく、特に外乱刺激後 45-100 ms 区間ではそれが顕著であった。この現象は、外乱による頭部伸展を妨げる動作となる。

実験 2 では、実験 1 で変化した潜時 45-100 ms 期間の活動が、筋由来の応答であるか前庭器官からの刺激応答であるかを明らかにするために、SCM の応答を体幹と頭部を固定した状態（SCM 伸展なし）で外乱を与え、かつ予測不可能な条件でしらべた。その結果、外乱刺激から潜時 45 ms 以降での SCM の活動が減衰したことから、実験 1 で見られた潜時 45-100 ms 区間の SCM の活動は伸張反射であることが示唆された。

実験3では、実験1・2で確かめられた頸筋の伸張反射応答の潜時が比較的長かったので、SCMの活動が単シナプス反射であるか多シナプス反射であるかを確かめるために、SCMへのタッピング刺激によって誘発される筋活動を記録した。その結果、刺激後10 ms前後にピークを持つ振幅の比較的小さい応答が誘発されたことから、実験1・2で変化した45 ms以降の伸張反射応答は、多シナプス性の伸張反射活動であることが明らかとなった。

実験4では、前額部への外乱があったときに被験者は意識的に頭部姿勢を保持する課題と保持しない課題において、かつ予測が不可能な条件でSCMの応答をしらべた。その結果、保持する課題ではSCMの活動が外乱刺激後20 ms以降で増大した。つまり、前庭頸反射と伸張反射によって頸部が屈曲するような調節が起きていることが示唆された。

実験5では、被験者は前額部への外乱に対して頭部姿勢を意識的に保持する課題について、かつ予測があるか否かで頸筋がどのような応答を示すかをしらべた。その結果、外乱刺激後20-40 msの期間においてSCMに大きな活動が現れ、それに続く活動は小さかった。

これら全ての結果を踏まえると、被験者が前額部への機械的外乱に対して頭部姿勢を保持しようとするとき、前庭頸反射経路では頸部屈筋支配の運動ニューロンの興奮性を増大させるような神経筋制御が取られており、外乱を予測することでその興奮性がより増大することによって素早い頸部屈曲に貢献することが明らかとなった。一方、筋由来の潜時の長い反射は運動課題に関わらず、機械的外乱の予測によって応答を減衰させるような様相を示したことから、これは頸椎に加わる圧力や剪断力の減少、すなわち、外乱の予測によって頸椎損傷の程度が軽減する機序につながる可能性を示唆する結果となった。

以上より、ヒト前額部への機械的外乱に対する頸筋の活動を評価することから、機能的に変化する頸筋神経筋制御機序の一端が明らかにされた。