

2005年1月11日

人間科学研究科長 殿

### 倉持 梨恵子氏 博士学位申請論文審査報告書

倉持 梨恵子氏の学位申請論文を下記の審査委員会は、人間科学研究科の委嘱をうけ審査してきましたが、2004年12月8日に審査を終了しましたので、ここにその結果をご報告します。

#### 記

1. 申請者氏名 倉持 梨恵子

2. 論文題名 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

3. 本論文の目的と構成

スポーツ活動における頭部へのコンタクトによ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、実験的に基礎的資料を得ることはきわめて重要である。

ヒト頸筋の外部刺激（機械的外乱）に対する神経筋制御機序に関する現時点までの研究をみると、四肢筋の外部刺激応答に関する研究ほど進んでおらず、現時点で十分明らかにされていない。これまでに、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、そして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ことが示唆されている（Wilson et al. 1995）。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入力で起こる筋由来の反射活動だけでなく、前庭器官からの入力によって起こる前庭由来の反射活動が伸張反射に先行して賦活されることが報告されている（Ito et al. 1995）。また、同程度の頭部加速度を生じさせる外乱でも、頭部に直接機械的外乱を与えた場合と床面に外乱を与えて慣性力で頭部を揺らした場合とでは頸筋の反射応答が異なることも報告されている（Horak et al. 1994）。また、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もので、直接頭部に外乱を与えてその反射応答をしらべた神経筋制御機序に関してはまだ十分明らかにされていない。

そこで本論文では、直接頭部に機械的外乱を与えたときの頸筋反射応答を検討するために5種類の実験を行っている。最初の実験では、前額部への外乱に対して抵抗しないといった運動課題で、予測が有るか否かで頸筋がどのような応答を示すかを明らかにするために測定・解析を行っている。2番目の実験では、実験1の課題で得られた筋活動が前庭器由来によるものかあるいは筋固有受容器由来によるものかを明らかにするために測定・解析を行っている。3番目の実験で

は、実験2で記録された筋活動が単シナプス性の反射活動であるか、あるいは多シナプス性の反射活動であるかを明らかにするために測定・解析を行っている。4番目と5番目の実験では、前額部への外乱に対して抵抗するといった運動課題で、予測があったときと無かったときで頸筋の反射応答がどのように異なるかを明らかにするために測定・解析を行っている。

#### 4. 本論文の内容と評価

本研究では、5種類の実験を行っているが、結果と考察をまとめると以下の通りである。

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ている。その結果、頸部の屈筋である胸鎖乳突筋の筋活動は外乱刺激によって潜時が約15msで誘発され、その活動は約100msまで続くが、予測不可能な条件では予測可能なときに比べて全体的に活動量が大きく、特に外乱刺激後45-100ms区間ではそれが顕著であったことを明らかにしている。予測によって筋活動が少なくなる現象を実証したことは、予測することで神経性の調節に抑制作用があることを示唆するもので、貴重な研究であり高く評価できる。

実験2では、実験1で差の著しかった胸鎖乳突筋の潜時45-100ms期間の活動が、筋由来の応答であるか前庭器由来の応答であるかを明らかにするために、体幹と頭部を固定した状態（胸鎖乳突筋の伸展なし）で同様の実験をしてしらべている。その結果、外乱刺激から潜時45ms以降での胸鎖乳突筋の活動が減衰したことから、実験1で見られた潜時45-100ms区間の活動は筋由来の伸張反射であるとしている。

実験3では、実験1・2で観察された頸筋の伸張反射応答の潜時の長いところに着目し、胸鎖乳突筋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、胸鎖乳突筋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、検討している。その結果、刺激後10ms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とし、実験1・2で観察された45ms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を示唆している。頸筋では単シナプス性反射が多シナプス性の反射活動より小さいといった現象を発見したことは、独創的であり高く評価できる。

実験4では、予測が不可能な条件で、前額部への外乱があったときに頭部姿勢を保持する運動課題と保持しない運動課題で胸鎖乳突筋の応答がどのように現れるかをしらべた。つまり、運動前の準備状態が異なる課題における頸筋活動の違いを明らかにすることを目的としている。その結果、保持する運動課題では胸鎖乳突筋の活動が外乱刺激後25ms以降で増大していた。つまり、前庭頸反射と伸張反射の両方の反射活動で頸部が屈曲するような調節が起こるとした。

実験5では、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ている。その結果、予測によって胸鎖乳突筋の予備収縮が起こるが、外乱入力後の応答は全体として小さいとした。

これら全ての結果から、前額部への外乱に対し胸鎖乳突筋の活動は、予測無しでかつ抵抗する

運動課題の条件のとき最も大きく現れる。次に予測無しで、抵抗しないときが大きく、予測が有るときは胸鎖乳突筋の活動は減衰することが明らかとなった。予測することで脳内で抑制機構が働くことを示唆している。このように外乱刺激に対して頸筋活動が減衰することは頸椎への剪断力や圧力を軽減させる機序にもつながる。また、外乱刺激による胸鎖乳突筋の活動のうち、活動の前半は前庭器由来の、そして後半成分が筋由来の多シナプス性の伸張反射による活動であることを明らかにした。これまでの研究を一步前進させた先駆的研究となるものと高く評価できる。

## 5. 結論

本論文は、スポーツ活動における頭部へのコンタクトによって起こる頸椎の損傷を予防するための資料を得るために、電気生理学的手法を用いて「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」について定量的・体系的にまとめている。上述5つの実験結果より、1) 頭部への外乱に対する頸筋活動は姿勢保持としての修正機能がある、2) 外乱入力情報として前庭器と筋紡錘が関与し、胸鎖乳突筋活動の前半は前庭器から、そして後半が筋由来の多シナプス性の反射活動である、3) 予測で頸筋活動を減衰させる機能が存在することを明らかにしたことが本論文の機能的意義として高く評価される。今後、本研究で示された結果は、主にスポーツ場面における頸椎の損傷のメカニズムとその予防に大きく貢献し、また、頭部姿勢の制御が関与する多くの運動場面においても貴重な資料となる論文である。

本論文に記載された研究成果のいくつかは既に学術論文として公表(第1実験及び第2実験は第一著者として国際誌に掲載)されている。

以上の事由により、本論文が博士(人間科学)の学位論文として十分価値あるものと認める。

以 上

倉持 梨恵子氏 博士学位申請論文審査委員会

主査審査員 早稲田大学 教授 医学博士(千葉大学) 鈴木 秀次

審査 委員 早稲田大学 教授 博士(医学)(筑波大学) 福林 徹

審査 委員 早稲田大学 教授 工学博士, 医学博士(大阪大学) 彼末 一之

審査 委員 国立身体障害者リハビリテーションセンター

研究所 室長 博士(教育学)(東京大学) 中澤 公孝