

論文内容要旨 (和文)

平成 13 年度入学 大学院博士後期課程 生体センシング機能工学専攻 生体計測科学講座

学生番号 01522410

氏 名 田 風



(英文の場合は、その和訳を () を付して併記すること。)

論文題目 姿勢制御における腰部の役割

四足動物が、接地面の傾きや揺動に関わらず、姿勢を保持するためには前肢により支えられる身体前部と後肢により支えられる身体後部の2つの姿勢制御系が動的に協調する必要がある。両者を連結している脊柱、特に可動性の高い腰椎部に由来する感覚入力に協調に重要な寄与をなすと考えられる。しかし、腰椎部の感覚入力がどのように身体前後の姿勢・運動協調に関わっているのか不明である。本研究では、ラット腰椎部の屈曲、回旋が後肢運動制御系に与える効果を検討した。実験1では後肢運動ニューロンに対する直接の効果を調べる。実験2では後肢運動制御系の一つ前庭脊髄路系を取り上げる。後肢関連前庭脊髄路ニューロンが腰の回旋にどんな応答をするのか単一ニューロン記録法を用いて調べた。実験3では空中立ち直り反射について腰部の感覚入力と運動出力の影響を観察した。

実験1 腰反射のバタンと潜時の実験には除脳7頭ラットを用いた。ウィスター系、雄、雌ラットをネンプター麻酔下で除脳し、動物の上半身を頭部、下位胸椎(T13)で固定し、下半身を上下、左右と回転の三つの方向へ動かした。その時の筋活動を左右後肢より記録した。感覚入力の同定にも、除脳ラットを用いた。脊椎骨 T13 と L4 を固定した後、各種の自然刺激を加えた。刺激は、各種背筋の筋腹の押圧、各背筋の引張、および脊椎骨の回転である。腰反射誘発に有効な刺激を同定した。実験2では8頭の除脳ラットを用いて、人工呼吸下で実験を行った。頭部、頸部(C3)及び腰部(T13)を固定し、腰の回旋刺激に対する後肢関連前庭脊髄路ニューロン応答を調べた。ニューロン活動はガラス管微小電極を用いて細胞外導出し後肢筋活動と同時に記録した。後肢関連前庭脊髄路ニューロンは、下位胸髄腹側索の電流刺激に対する逆行性応答により同定した。実験終了後記録電極を留置し、ホルマリンで灌流固定した。脳幹記録部位は氷結切片より再構成した。実験3ではウィスター系ラット(雄)に麻酔をかけ、腰感覚を遮断するため、両側の T13-L1 脊髄後根を切断した(1頭)。腰部感覚と運動の遮断するため、L2の周りの筋肉(最長筋、広背筋、腰方形筋、腰大筋)を脊椎1節分切断し(1頭)、T13-L1の両側の脊髄神経を切断した(2頭)。術前後約10回空中立ち直り反射をビデオ撮影し、画像解析した。

実験1は腰刺激に対する応答は伸筋大腿4頭筋にみられ、その他の筋では反応は見られなかった。三つの刺激では、回旋刺激に対する反射性応答が一番顕著であった。多くのラット(6/7)では下半身を右回旋(右足が下に向かう)すると右側後肢伸筋が活性化し、左回旋すると左側後肢伸筋が活性化した。1頭のラットでは逆のパターンが得られた(ただし、右回旋では左後肢伸筋活動は変化しなかった)。側屈では、下半身を左側屈させると右後肢伸筋が活性化するパターンが2頭のラットで見られた(ただし、右側屈では左後肢伸筋活動は変化しなかった)。腹背屈では、下半身を腹屈させると両側後肢伸筋が

活性化した(2/7)。腰反射を誘発する感覚入力として Latissimus dorsi 筋、Serratus dorsalis caudalis 筋、Longissimus thoracis and Spinalis thoracis 筋の伸張が有効であった。また L1、2、3 の脊椎骨の回転も有効であった。潜時は筋伸張刺激では 76 ± 8.2 msec、脊椎骨の回転刺激では 184 ± 6.4 msec であった。実験 2 は腰の回旋刺激に対する前庭脊髄路ニューロン応答があった。記録した 45 個の前庭脊髄路ニューロンの中 17 個のニューロンでは細胞体と同側に向かう腰の回転に応じて発火頻度が上昇した(パターン 1)。23 個のニューロンでは細胞体と対側に向かう回旋に反応し発火頻度が上昇した(パターン 2)。残り 5 個の前庭脊髄路ニューロンでは腰の回転に応じなかった。実験 3 は空中やり直し反射に対する腰部の神経と筋肉切断は腰の運動に影響した。上半身と下半身の回転に対して大きな変化が見られなかったが着地とき下半身の着地準備はなかった。あるいは腰を使って下半身を持ち上げることができないことがわかった。

ラットの腰反射では、回旋刺激に対して二つの応答が見られた。多く見られたパターンは、腰を右に回旋した時、右大腿伸筋が興奮するものであった。このパターンは他の動物の腰反射パターンと一致している。前庭脊髄路ニューロンは腰回旋に反応した。前庭脊髄路ニューロンは同側後肢伸筋に投射することから、反射経路を構成する可能性がある。腰部の神経と筋肉切断は空中やり直し反射に影響した結果から腰部の感覚と運動は、身体をねじる動作よりも腹屈や背屈への影響が大きいと考えられる

論文内容要旨 (英文)

平成 13 年度入学 大学院博士後期課程 生体センシング機能工学専攻 生体計測科学講座

学生番号 01522410

氏 名 田 風



論文題目 Functional roles of the lumbar joint in postural control

In quadrupeds, the lumbar joints linking the fore and hindquarters may take important roles to control balance during standing and walking. The lumbar reflex may be candidates for these neuronal substrates, but little is known about the reflex. We investigated characteristics of the lumbar reflex and examined relation of the lumbar reflex and the lateral vestibulospinal systems in decerebrate rats. While the head and the forequarter were rigidly clamped to a fixed metal frame, cyclic rotations of the hindquarter including rotations around the long axis of the vertebral column (roll rotation), lateral flexions in the horizontal plane, and vertical flexions in the sagittal plane, evoked reflex excitations in hindlimb muscles. Such reflex excitation was mainly observed in knee extensors. The most effective stimulation was roll rotation. The dominant pattern of reflex activation was such that the knee extensors, quadriceps femoris were activated when the hindquarter was rotated toward the recording limb. Nevertheless, the opposite pattern could be observed in some cases. Reflex latencies were 70-190 ms, which were obtained from electromyographic responses to single stretches of individual back muscles as well as quick, small rotations of vertebrates (L1-L3). Unit recordings from vestibulospinal neurons revealed some neurons were rhythmically activated during cyclic roll of the hindquarter. Rhythmically-modulated neurons were located in the lateral part of the Deiters' nucleus. It was suggested that the lumbar afferent input adjusted hindlimb motor activity by the lumbar reflexes; some of the reflex excitation could be transmitted via the lateral vestibulospinal nucleus, where the lumbar and vestibular inputs were integrated.

(12pt シングルスペース 300 語程度)

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成 17年 2月 18日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 山口 峻司



副査 赤塚 孝雄



副査 北嶋 龍雄



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 生体センシング機能工学専攻

氏名 田 風

2. 論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

姿勢制御における腰部の役割

3. 学位論文公聴会

開催日 平成17年 2月17日

場 所 9-300-2

4. 審査年月日

論文審査 平成17年 1月26日 ~ 平成17年 2月17日

最終試験 平成17年 2月16日 ~ 平成17年 2月18日

5. 学位論文の審査及び最終試験の結果 (「合格」・「不合格」で記入すること。)

(1) 学位論文審査 合格

(2) 最終試験 合格

6. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

7. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

別紙

専攻名	生体センシング機能工学	氏名	田 風
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本論文は6章で構成されており、第1章序論で、研究の背景を述べている。陸生四足動物の起立・歩行では、身体前部（前肢領域）と後部（後肢領域）が緊密に協調すること。両者は脊柱腰部で連結されていることから脊柱腰部が協調に重要であると推察されるが、協調の詳細は不明であること。脊柱腰部は脊柱筋、腹筋等によって能動的に回旋、側屈、前後屈の運動を行うが、前肢領域、後肢領域のそれぞれの姿勢と運動の状態によって受動的にも屈曲すること。脊柱腰部の受動的あるいは能動的屈曲運動は前肢領域、後肢領域の姿勢と運動に影響し、翻って、脊柱腰部の姿勢と運動に影響する。この相互作用の循環の制御に関する研究はほとんど見られないことなどを指摘している。第2章は実験方法である。実験は除脳動物あるいは慢性動物を用いている。動物標本の作製法、脊柱腰部の回転刺激の方法、前庭脊髄路ニューロンの記録法、慢性動物による実験法について述べられている。第3章では、脊柱腰部の動きによる後肢筋活動への影響について筋電図法を用いて解析している。除脳した7頭のラットの上半身を固定し、下半身を回転、左右側屈と腹背屈させて、両側後肢伸筋の大腿4頭筋と腓腹筋及び屈筋の前脛骨筋、大腿2頭筋の筋活動を記録した。腰刺激に対する応答は伸筋大腿4頭筋にみられ、その他の筋では反応は見られなかった。三つの刺激では、回旋刺激に対する反射性応答が一番顕著であった。多くのラット（6/7）では下半身を右回旋（右足が下に向かう）すると右側後肢伸筋が活性化し、左回旋すると左側後肢伸筋が活性化した。このパターンは他の動物の腰反射パターンと共通していたが、残る1例では逆のパターンを示した。従来から知られている緊張性腰反射ではあるが、筋活動パターンは従来考えられていたよりも複雑であることが示された。反射の潜時に関する研究は本実験が初めてのもので、潜時は脊髄反射と考えるには長く、脳幹を介している可能性が示唆された。そこで、第4章では、除脳ラットを用いて、前庭脊髄路ニューロン活動に対する脊柱腰部の回旋効果を解析した。後肢領域に投射する前庭脊髄路ニューロンが脊柱腰部の回旋に応答することを明らかにし、分布も外側前庭核内に限局していることを明らかにしている。この結果は前庭脊髄路ニューロンが緊張性腰反射の重要な出力系の少なくとも一部を構成していることを示唆した。第5章では、腰部感覚を機能的に遮断したとき、および、脊柱腰部の運動系に障害を加えたときの機能不全について、歩行運動、空中立直り反射を指標として調べている。第6章は総括と今後の展開について論じている。</p> <p>緊張性腰反射は姿勢制御の重要な機構の1つと考えられるが、その神経回路や動態の詳細は解明されてこなかった。本論文は緊張性腰反射を筋電図法により再評価し、その経路に関して前庭核が重要であることを示した。身体協調、運動協調は古くて新しい問題である。本研究は脊柱腰部に着目してこれを解明しようとするもので本論文は学術的、工学的に大いに価値あるものと本審査委員会は判断した。尚、本研究の成果は欧文誌に1編掲載され、国内学会で3編、国際会議で1編報告している。以上より本審査委員会は本論文が学位論文として十分であると認め合格と判定した。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>学位論文公聴会における質疑応答、及び、個別面接を通じて、関連する知識、理解力、洞察力、問題解決能力など博士（工学）として必要とされる能力を検査した結果、十分な能力を備えていると認められ、最終試験に合格と判定した。</p>			