様　式　Ｃ－１９、Ｆ－１９－１、Ｚ－１９　（共通）

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　５年　６月２３日現在

機関番号：１３６０１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2019～2022
課題番号：１９Ｋ１１４８９

研究課題名（和文）抽象表現での関節角度呈示下における位置覚および関節角度調節とメカニズムの解明

研究課題名（英文）Joint angle control, position sense and its mechanism under the equivocal angle presentation

研究代表者
速水　達也（Hayami, Tatsuya）

信州大学・学術研究院総合人間科学系・准教授

研究者番号：５０５５１１２３

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　2,900,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、抽象表現による口頭での関節角度呈示における関節角度調節の正確性を明らかにするとともに、その際の筋活動および上位中枢の活動を解明することを目的とした。上肢の関節角度調節は位置覚と関係性があり、伸展角度が大きい場合にその精度が低下することが示唆された。また、「少し」という曖昧な表現は運動実施者の角度イメージを混乱させ、それにより関節角度調節が困難となる可能性が考えられた。さらに、筋活動動態と上位中枢の興奮性には一貫性が見られなかった。一方で、下肢に関しては、異なる関節角度における位置覚の変化は認められず、抽象表現呈示下における関節角度調節との関係性はないことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義
本研究の結果は、先行研究で多く行われているあらかじめ設定されていた客観的な数値としての関節角度に対する位置覚や関節角度調節の様相ではなく、抽象表現によって関節角度の程度を呈示した場合において対象者がどのように関節角度をイメージするか、また、その際の関節角度調節の正確性に関節位置覚がどのように影響を及ぼしているかを明らかにした点で学術的意義がある。社会的意義として、体育、スポーツの教育・指導場面において多用される抽象的な表現での関節角度呈示について、「少し」の表現が曖昧さを助長し、目的とした身体運動を効果的に実現することが困難となることを裏付ける根拠になると思われる。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study was to investigate the influence of abstract expression on the joint angle adjustments, muscle activities and central activities. As results, joint angle adjustments were correlated to the position sense. Especially, increasing of the extension angle decreased the sensitivities of position sense in the elbow. Additionally, it was considered that the abstract expression such as "little" were confused subject's image of joint angles. EMG activities and central activities didn't have consistently phenomenons. The position sense were not change depending on joint angle in the lower limbs. There were no correlations between the position sense and joint angle adjustments in the lower limbs.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：位置覚　関節角度調節　筋電図

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景

体育・スポーツの指導現場では、フォームや適切な動作を習得するための指導方法として、「少し伸ばして」や「さらに曲げて」など、口頭での抽象的な表現方法が多用されている。しかしながら、その表現を対象者がどの程度正確に把握し実現できているかは、指導者の主観的な評価が主となっており、客観性に欠ける。すなわち、抽象表現での運動強度呈示下における関節角度調節の正確性や、運動感覚の鋭敏さとの関係性については未だ明らかになっておらず、且つ、筋活動動態や上位中枢の活動などの制御メカニズムについても未解明であるのが現状である。

ヒトの関節角度調節には、筋紡錘由来の求心性入力によって知覚される運動感覚の 1 つである「位置覚」が寄与している。筋収縮の程度や同時収縮比によって位置覚は変化し（速水、バイオメカニクス研究、2018; 金子と速水、バイオメカニズム、2011）、筋出力の増減等の運動調節の善し悪しにも関係することが分かっており（速水ら、体力科学、2010）、運動強度のグレーディング能力や運動の正確性、再現性に寄与するものと考えられている。

諸家らの先行研究も含め、これまでの運動感覚は運動調節に関する基礎知見はすべて正確に実現した運動強度に対する誤差や運動制御機構を解明しているものである。一方で、実際の教育・指導場面では、指導者が設定する運動強度と実施者が主観的に目標として設定した運動強度との整合性がとれているか否かが不明である。さらに、大人数が対象となることも考慮すると、指導者が口頭で運動強度を呈示する方法を取らざるを得ないのが現状である。したがって、そのような状況下で対象者が実際にどの程度正確性に関節角度調節をしているか、さらに、その運動調節が神経科学あるいは電気生理学の観点からどのような運動制御機構によって成り立っているかを解明する必要があると考えた。

２．研究の目的

本研究では、抽象表現による口頭での関節角度呈示における関節角度調節の正確性を明らかにするとともに、その際の筋活動および上位中枢の活動を解明することで、制御メカニズムについても検証することを目的とした。将来的には、体育・スポーツの指導場面における種々の運動形態に応じた運動強度の呈示に関して、効果的且つ合目的な方法を確立するための実践研究へと発展させる。

３．研究の方法

目的を達成するために、下記の 3 つの事項を明らかにすることとした。

① 異なる目標角度における位置覚
② 抽象表現での口頭による運動強度呈示下における関節角度の正確性と位置覚との関係性およびその際の筋活動動態
③ 抽象表現での口頭による運動強度呈示下における関節角度調節時の皮質脊髄路興奮性

なお、対象者はすべて対象者は、整形外科的および神経学的な既往がない成人男性とした。

3-1. 異なる目標角度における位置覚

運動課題は、上肢の運動として肘関節屈曲/伸展、下肢の運動として足関節底屈/背屈とした。手順は、これまで申請者が実施してきた方法（速水ら、2008；速水ら、2014）を採用した。目標角度は、上肢では肘関節 90°屈曲位から屈曲/伸展方向それぞれ 10°間隔で計 6 条件（肘関節屈曲）とした。下肢では、中間位から底屈/背屈それぞれ 10°間隔で計 6 条件とした。目標角度と実際に再現した関節角度との誤差を算出し、誤差の程度を位置覚の鋭敏さとした。

3-2. 抽象表現での口頭による運動強度呈示下における関節角度の正確性と位置覚との関係性およびその際の筋活動動態

運動課題は、位置覚測定同様に上肢の運動として肘関節屈曲/伸展、下肢の運動として足関節底屈/背屈とした。運動強度の呈示は、上肢では 90°屈曲位を基準とし、下肢では背屈 90°位を基準として、各々「少し伸ばす」、「少し曲げる」、「曲げる」等の条件を呈示した。対象者が調節した関節角度を測定し、呈示された角度と実際の角度との誤差を定量化した。

筋活動動態を明らかにするために、表面筋電図を用いて主動筋および拮抗筋の筋活動を測定した。得られたデータから、各筋の筋活動量および主導/拮抗の割合を算出した。筋活動の導出には、アクティブ電極を使用した。被験筋は、上肢運動では上腕二頭筋と三頭筋、下肢運動では腓腹筋、ヒラメ筋、前頸骨筋とした。筋活動量は、最大随意収縮に対する相対値で規格化した。

得られた結果から、関節角度調整の正確性に筋活動動体がどのように影響を及ぼしているか検証した。

3-3. 抽象表現での口頭による運動強度呈示下における関節角度調節時の皮質脊髄路興奮性

経頭蓋磁気刺激の二連発刺激によって誘発された運動誘発電位から、上位中枢の興奮性と抑

制性の作用について検証した。

４．研究成果

4-1. 異なる目標角度における位置覚

目標角度と実際に再現した関節角度との誤差に関して絶対値を算出し、位置覚の指標とした。その結果、上肢では伸展位に近づくほど誤差が大きい傾向が認められた（図 1)。下肢では、角度の相違による位置覚の相違は認められなかった。

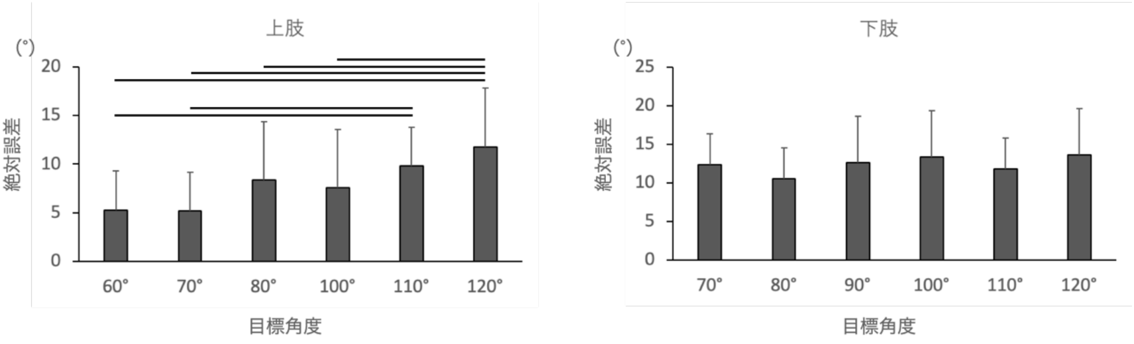

図 1. 上肢と下肢における異なる関節角度の位置覚：上肢の-は、
関節角度間における有意な相違を表す（$p<0.05$）

4-2. 抽象表現での口頭による運動強度呈示下における関節角度の正確性と位置覚との関係性およびその際の筋活動動態

口頭による抽象表現での関節角度提示をし、各自の主観で角度調節を行うよう指示した。また、試技毎でその関節角度を何度としてイメージしたかを聴取した。その結果、上肢では位置覚の精度と抽象表現による角度提示下での関節角度調整の正確性には有意な正の相関関係（r=0.516, p<0.05）が認められた。また、抽象表現における「少し」という表現が付与されると、対象者がイメージする角度に大きなばらつきが観察された。さらに筋活動計測の結果から、対象者によって調節戦略が異なり、主動筋優位かあるいは同時収縮の程度を調節しているのかによって知覚される関節角度の精度が異なる可能性が考えられた。

なお、下肢に関しては上肢で得られた結果とは異なり、位置覚と関節角度調節の正確性との関係性や抽象表現の条件が結果に及ぼす傾向は認められなかった。

表１　抽象表現呈示下における対象者がイメージした関節角度とイメージした角度に対する絶対誤差

		曲げる	少し曲げる	少し伸ばす	伸ばす
上肢	イメージした角度	42.3±8.5°	78.0±19.3°	118.7±21.6°	124.4±10.9°
	絶対誤差	11.8±9.7°	12.7±11.8°	13.4±10.8°	12.8±12.9°
下肢	イメージした角度	48.4±11.0°	75.6±10.8	102.7±10.2	136.4±13.4
	絶対誤差	15.6±10.2°	13.8±12.9°	14.2±11.8°	15.3±13.4°

4-3. 抽象表現での口頭による運動強度呈示下における関節角度調節時の皮質脊髄路興奮性

これまでの結果を基に上肢を対象に皮質脊髄路の興奮性について調べることとした。「少し」という表現が関節角度調節を困難にする可能性が示唆されていたため、当該の表現に焦点を絞ることとした。その結果、主導筋並びに拮抗筋の抑制性と興奮性には対象者間でばらつきが見られ、一貫性は見出せなかった。

以上のことから、上肢の関節角度調節は位置覚と関係性があり、伸展角度が大きい場合にその精度が低下することが示唆された。また、体育・スポーツの現場で用いられる抽象的な表現で角

度の大きさを提示する場合、「少し」という曖昧な表現は運動実施者の角度イメージを混乱させ、それにより関節角度調節が困難となる可能性が考えられた。さらに、筋活動動態から見積もられる運動戦略は千差万別であり、それにより上位中枢の興奮性にも一貫性が見出せなかった可能性が考えられた。

　一方で、下肢に関しては、異なる関節角度における位置覚の変化は認められず、抽象表現呈示下における関節角度調節との関係性はないことが示唆された。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計0件

〔学会発表〕　計1件（うち招待講演　0件／うち国際学会　1件）

１．発表者名 Hayami, T., Hirono, J.
２．発表標題 EFFECT OF ABSTRACT EXPRESSION ON THE ACCURACY OF JOINT ANGLE MATCHING
３．学会等名 European College of Sports Science（国際学会）
４．発表年 2020年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

－

６．研究組織

	氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考

７．科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕　計0件

８．本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関