

四肢協調運動の解析

村岡 哲郎¹, 大部 隆志², 石田 雄輝², 里見 祐介², 伊藤 立軌², 彼末 一之³
(¹早稲田大学生命医療工学研究所, ²早稲田大学大学院, ³早稲田大学スポーツ科学学術院)

Analysis of the coordinated movements in multilimbs

Tetsuro Muraoka¹, Takashi Obu², Yuki Ishida², Yusuke Satomi²,
Tachiki Ito², and Kazuyuki Kanosue³

(¹Institute for Biomedical Engineering, Waseda University, ²Graduate school of
Waseda University, ³Faculty of Sport Sciences, Waseda University)

【序論】高齢者の Quality of Life (QOL) 向上のために筋量を維持・増加させる事の重要性が強調されているが、QOL とより密接に関わる“動作をうまく遂行する能力”についても注目する必要があるだろう。動作をうまく遂行する、すなわち、四肢を協調して動作させる時、神経筋及び知覚系の制約により各肢の動作（各肢の筋）に相互作用が生じることが知られている (Swinnen, 2002)。先行研究 (Terada et al., 1995) から、筋弛緩には、筋収縮と類似した皮質での準備プロセスが必要とされることが示唆されている。このことから、協調動作において収縮と弛緩を同時に行う時には、収縮と弛緩の指令が相互に干渉し合い、目的とする協調動作の遂行を阻害しているかも知れない。この仮説を検証するため、本研究では同側二肢において、同時に手の筋収縮と足の筋弛緩を行ったときにそれらがどのように相互に干渉するかを、動作速度と筋電図の点から検討した。

【方法】被験者 (n=10) は座位をとり、動作が右手関節の背屈動作に限定されるような装置に右手を回内位で固定した。右足底背屈動作時に足が床等に触れないようにした。右手足の関節角度はゴニオメータにより記録し、手背屈筋（総指伸筋）、手掌屈筋（尺側手根屈筋）、足背屈筋（前脛骨筋）、足底屈筋（ヒラメ筋）から筋電図を取得した。被験者は目を閉じた状態で、脱力状態からの右手関節の背屈（タスク 1）、脱力状態からの右足関節の背屈（タスク 2）、能動的に軽く右足を背屈した状態からの受動的な足底屈（タスク 3）、タスク 1 とタスク 2 を同時に行う（タスク 4）、タスク 1 とタスク 3 を同時に行う（タスク 5）、の計 5 種のタスクを行った。被験者は、用意の合図の後にタスクを開始する姿勢（タスク 1,2,4 では手足を脱力した姿勢、タスク 3,5 では手は脱力し、足は軽く背屈した姿勢）をとり、合図の 2-4 秒後に

ランダムなタイミングで鳴るブザー音を聞いた後、全速でタスク動作を行うよう指示された。また、タスク 3,5 では、能動的な足底屈力を発揮しないよう指示された。

【結果と考察】受動的な足底屈動作の平均角速度は、タスク 3 ($238 \pm 83^\circ/\text{s}$, 平均 \pm 標準偏差) とタスク 5 ($272 \pm 106^\circ/\text{s}$) の間に有意な差は認められなかったが、最大角速度はタスク 5 ($383 \pm 160^\circ/\text{s}$) でタスク 3 ($329 \pm 128^\circ/\text{s}$) より有意に大きかった。この結果は、足底屈筋の筋電図から説明できる。“受動的な”足底屈動作における足底屈筋の筋電図はタスク 5の方がタスク 3 より有意に大きく ($p < 0.001$)、この意図的でない足底屈筋の筋収縮によりタスク 5 での“受動的な”足底屈動作の動作速度が速まったと考えられる。弛緩中の足背屈筋の筋電図平均振幅を見ると、タスク 3の方がタスク 5 より有意に小さかった ($p < 0.01$)。このことから、受動的な足底屈動作（足背屈筋の弛緩）は同時に起こる能動的な手背屈動作（手背屈筋の収縮）に阻害されたことが示唆された。一方、手背屈の平均および最大角速度は、タスク 1 ($280 \pm 61^\circ/\text{s}$, $409 \pm 99^\circ/\text{s}$) でタスク 4 ($249 \pm 56^\circ/\text{s}$, $363 \pm 87^\circ/\text{s}$, ともに $p < 0.05$)、タスク 5 ($232 \pm 61^\circ/\text{s}$, $342 \pm 93^\circ/\text{s}$, ともに $p < 0.001$) より有意に大きかった。タスク 1 の平均値で正規化した手背屈筋の筋電図平均振幅は、タスク 1 ($100 \pm 16\%$) よりタスク 5 ($85 \pm 23\%$, $p < 0.01$) で有意に小さかったが、タスク 4 ($92 \pm 17\%$) とその他のタスクの間には有意な差は認められなかった。従って、能動的な手背屈動作（筋収縮）は同時に起こる受動的な足底屈動作（筋弛緩）に阻害されたことが示唆された。

以上の事から、同時に行う手の筋収縮と足の筋弛緩は互いに阻害し合う事が示された。