

Behavioral correlates of corticomuscular coherence
and its underlying neural circuitry

August 2017

Ryosuke Matsuya

報告番号	㊦ 乙 第 号	氏 名	松谷 良佑
<p>主論文題名： Behavioral correlates of corticomuscular coherence and its underlying neural circuitry (脳波筋電図コヒーレンスの運動学的特性とその神経回路基盤)</p>			
<p>(内容の要旨)</p> <p>ヒトの随意運動は、大脳皮質運動野より発せられる運動指令が脊髄運動ニューロンに伝達され、筋収縮を引き起こすことで発現する。随意運動中、運動野近傍の脳波と対側筋の筋電図には、15-30 Hz (ベータ帯) の特徴的な律動が見られることが古くから知られており、この現象は脳波筋電図コヒーレンス (Corticomuscular Coherence, CMC) とよばれている。CMC は運動野から収縮筋へ向かう遠心性の神経活動だけでなく、筋紡錘等から大脳皮質へ向かう求心性神経活動も反映しており、感覚入力と運動出力の統合に関わる神経活動だと考えられている。</p> <p>CMC は運動学習、運動履歴、注意、年齢等のさまざまな要因でその強度が変動し、健常成人間で個人差が生じている。また、同一被験者内でも運動中に CMC 強度は変動し、それに伴って脳波と筋電図の双方に顕著なベータ帯の周期的神経活動が観察される。以上のことから、CMC は運動機能を規定する一因子である可能性が考えられる。本研究では、運動生理学的実験を通じて CMC の運動機能上の特性を明らかにするとともに、その神経基盤となる皮質脊髄内の神経回路の機能特性を検討した。</p> <p>第一章は序論である。まず、随意運動の発現に関わる神経系と、CMC に関するこれまでの生理学的知見をまとめ、その機能的意義について概説した。次に、CMC による皮質脊髄路のベータ律動が運動機能へ与える可能性について説明した。また、CMC の発生に関わると考えられる大脳皮質および脊髄内の神経回路と、その活動性の評価手法について説明した。最後に、本研究の目的と重要性を述べた。</p> <p>第二章では、CMC が運動機能へ与える影響について、反応時間課題を用いた運動生理学的アプローチによって検討した。被験者は15名の健常成人を対象とし、一定張力維持状態から聴覚刺激に対して素早く発揮張力を上昇させる課題をおこなわせた。このときに得られた脳波および筋電図を観察したところ、同一被験者内でもその活動様式は時々刻々と変化していることを認めため、運動反応前のベータ帯筋活動をもとに各試行を分類した。その結果、CMC が強い試行では反応時間が有意に延長していることを認めた。この結果は、CMC が運動神経系の活動を周期的に規定することで、新規の運動開始を遅らせることを示唆する。</p> <p>第三章では、CMC の個人差の原因となりうる皮質内と脊髄内神経回路を二つの電気生理学的アプローチによって定量し、その関連性を検討した。経頭蓋磁気刺激の実験では、被験者は健常成人11名とし、等尺性示指外転運動中に二連発刺激によって誘発された運動誘発電位から皮質内抑制を評価した。各被験者の皮質内抑制と CMC の強度との間には有意な相関は得られなかった一方で、皮質内抑制と運動野近傍脳波のベータ律動の間には有意な相関が得られた。つまり、皮質内抑制は皮質ベータ律動の生成に関与しているものの、必ずしもその律動が皮質脊髄路を通して筋へと伝わっていないことが考えられる。次に、12名の被験者に対して、ヒラメ筋の等尺性収縮中に二連発の末梢神経電気刺激を与え、誘発されたH反射から脊髄内の反回抑制を評価した。その結果、反回抑制と CMC との間には有意な相関が得られた。これは、反回抑制が強いほど CMC が小さいことを示しており、大脳皮質から伝わってきたベータ律動が脊髄内で反回抑制によって弱められながら筋へ伝わっていることが示唆された。</p> <p>第四章は、結論である。本研究の成果を総括し、その重要性と今後の展望を述べている。</p>			

Thesis Abstract

No. 1

Registration Number	<input checked="" type="checkbox"/> "KOU" <input type="checkbox"/> "OTSU" No. _____ *Office use only	Name	MATSUYA, Ryouске
Thesis Title			
Behavioral correlates of corticomuscular coherence and its underlying neural circuitry			
Thesis Summary			
<p>Human voluntary movements are provided when motor commands from the motor area in the cerebral cortex activate spinal motoneurons and cause muscle contractions. It is well known that a characteristic oscillation of 15-30 Hz (beta-band) is observed in the electroencephalogram (EEG) over the motor cortex and electromyogram (EMG) recorded from contralateral contracting muscle during isometric contraction. Such a correlated activity, named corticomuscular coherence (CMC), has been considered to reflect not only the efferent signal flow from the cortex to the muscle, but also the afferent feedback from muscle spindles to the cortex. CMC is therefore a possible physiological sign of the integrated sensori-motor activities.</p> <p>It has been reported that CMC magnitude is changed by various factors such as motor learning, sports experiences, attention and ages. In addition, there are individual differences in CMC among healthy young adults; the greater the CMC magnitude, the more remarkable beta-oscillations are observed in EEG and EMG. Such differences of neural activities in the corticospinal system are supposed to be associated with motor function. In this research, the behavioral impacts of CMC and the neural circuitry behind CMC phenomenon were clarified.</p> <p>Chapter 1 is an introduction. First, the nervous system related to the voluntary movement and the previous findings concerning CMC were summarized, and its functional meaning was outlined. Second, the potential influences that CMC and beta-oscillation in the corticospinal system have on the motor function were explained. Third, the neural circuits in cortex and spinal cord considered to be involved in generation of beta-oscillation and its assessment were explained. Finally, the purpose and importance of this research were described.</p> <p>In Chapter 2, the influence of CMC on motor function was investigated by kinesiological approach using reaction time task. Fifteen healthy adults were instructed to perform ballistic contraction in response to the auditory stimulus from maintaining constant contraction level. As a result, there was no significant relationship between CMC magnitudes and reaction time among the participants. However, the obtained EEG and EMG showed that the beta oscillatory activities were changing from moment to moment within the same participants. As a result of classifying each trial based on beta-band muscle activity before reaction, reaction times were significantly longer in the trial group with stronger CMC. This suggested that CMC prolongs the initiation of new movement.</p> <p>In Chapter 3, cortical and spinal circuits, which can be involved in CMC, were quantified by two electrophysiological approaches. In the experiment of transcranial magnetic stimulation, 11 healthy adults were recruited, and intracortical inhibition (ICI) was evaluated from motor evoked potentials induced by paired stimulation during isometric abduction of index finger. Although there was no significant correlation between ICI and the CMC magnitude among individuals, a significant correlation was observed between ICI and cortical beta-oscillation. This finding means that although ICI is involved in the generation of cortical beta rhythm, the oscillation is not necessarily transmitted to the muscles through the corticospinal tract. In the next experiment, 12 healthy adults were recruited, and recurrent inhibition (RI) in the spinal cord was evaluated from H-reflexes induced by paired peripheral nerve electrical stimulation during isometric contraction of soleus muscle. As a result, significant correlation was obtained between RI and CMC. This result means that the stronger the RI, the smaller the CMC. These finding suggested that the beta-oscillation descended from the cortex was weakened by RI in the spinal cord and transmitted to the contracting muscle.</p> <p>Chapter 4 is conclusions. The results of this research are summarized, and their importance and future prospects are described.</p>			