

律動的他動運動に関連する脳波振動帯域の探索

埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科 博士論文

指導教員 金村 尚彦, 濱口 豊太, 田中 健一

2023年3月

2091007 鈴木貴子

背景

リハビリテーションの領域では、患者があらたな身体運動を学習する時などに、セラピストが患者の身体を支持して他動的に誘導する方法が広く用いられてきた。運動麻痺などの運動機能障害によって受傷前と同じような身体運動が困難になった患者に対し、セラピストは対象者の機能レベルに合わせた身体運動の他動的誘導を反復して行うことで、日常生活への復帰に必要な運動技能の再獲得の促進を図る。

過去の研究では、律動的な自動運動に伴い、感覚運動皮質において運動リズムに関連した脳波振動が生じると報告されている。自動運動の実行前にはアルファ帯域とベータ帯域の事象関連脱同期が生じ、終了時にはこれらの周波数帯域が回復する。他動運動においては、随意的な運動計画や運動準備が行われなくても、自動運動と同様に感覚運動皮質が活性化するという報告があるが、自動運動の学習の準備として、他動運動のみでも効果があるとするものや他動運動の介助量によっては学習効果が低いとする報告もあり、他動運動の在り方において一定の見解は得られていない。律動的な他動運動は、セラピストによるものだけでなく、ロボティクスリハビリテーションにおいても採用される可能性が高いが、律動的な他動運動による脳波振動の変化については十分には明らかにされていない。本研究では、律動的な他動運動中の脳波振動の変化を定量的に特定することを目的とした。

方法

対象は20名の右利きの健常成人であった。上腕二頭筋のホットスポットを中心とした9か所に脳波電極を貼付した。電極間距離は2.5 cmであった。運動課題は、介助者による右肘関節の他動的な伸展と屈曲で、対象者の右前方に設置された2つのLEDランプの点滅に合わせて0.67 Hzのリズムで対象者の右示指先端をLEDランプの位置に合わせるというものであった。肘関節の関節運動は、電気ゴニオメータを用いて記録した。運動課題の実施中、対象者は安楽座位を取り、上肢を脱力させて前

方の固視点を見るように指示された。データ解析には、貼付した 9 個の脳波電極におけるパワースペクトルの Z スコアを平均化したうえで平滑化処理してコヒーレンス値を算出し、アルファ、低ベータ、高ベータ、低ガンマ、高ガンマ帯域間で比較した。

結果

電気ゴニオメータのデータより運動課題の律動性を評価した結果、標準誤差の値は小さく、運動課題は問題なく遂行できた。脳波パワースペクトルと肘関節の関節運動の律動性を視覚的精査したところ、高ガンマ帯域を除く周波数帯域において脳波振動と肘関節の他動運動リズムがおおむね一致しているように見受けられた。上腕二頭筋のホットスポット付近の高ベータ帯域および低ガンマ帯域の脳波振動と他動運動リズムのコヒーレンスは、アルファ帯域の脳波振動と他動運動リズムのコヒーレンスよりも有意に高かった。

考察

本研究では、上腕二頭筋のホットスポット付近の高ベータ帯域および低ガンマ帯域の脳波振動と他動運動リズムのコヒーレンスが高かった。律動的他動運動は運動の計画と準備を伴わない場合でも、皮膚の機械受容器や筋紡錘、関節受容器などからの求心性入力が生じる。本研究の結果の高ベータおよび低ガンマ帯域の脳波振動の変化は、これらによる求心性入力によって引き起こされている可能性が考えられた。

また、律動的な他動運動の場合、対象者は次に行われる運動のタイミングを予測することが可能である。過去の研究では、聴覚刺激や視覚刺激に対するタイミング予測にベータ帯域の脳波振動が関与していることが示唆されている。本研究において高ベータ帯域の脳波振動と他動運動リズムのコヒーレンスが高かった背景として、他動運動に伴う求心性入力を用いて運動のタイミングを予測する脳の情報処理プロセスが関与していた可能性がある。

本研究における脳波振動と他動運動リズムの関係性は、過去の自動運動を対象とした研究と同様の傾向を示した。このことから、運動の計画と準備を伴わない他動運動課題においても、自動運動と同様の脳振動を誘発することができる可能性があると考えられた。

キーワード：脳波、他動運動、事象関連同期、事象関連脱同期