

両側性筋力低下に主働筋および関節角度の違いが及ぼす影響

身体運動科学研究領域

5007A054-4 福井俊太郎

研究指導教員： 矢内利政教授

【緒言】

左右の同一筋を同時に最大努力で収縮させた際の筋力は、片側ずつ収縮させた際の筋力の合計値より小さくなる(Ohtsuki 1983)。この現象は両側性筋力低下(bilateral deficit, BLD)と呼ばれている。これまでに BLD の原因として、大脳半球間抑制および筋紡錘の求心性信号による抑制機構が明らかにされている。また、主働筋群の筋線維組成や関節角度変化に伴う神経系の興奮水準および筋紡錘の興奮性の変化が BLD の程度(bilateral index, BI)に影響を及ぼすと考えられている。しかし、主働筋群および関節角度の違いが BI にどのように影響を及ぼすのかについては明らかにされていない。そこで、本研究は、主働筋群および関節角度の違いが BI に及ぼす影響について検討することを目的とした。

【方法】

被検者は、健康な成人男性 12 名(年齢:28.3±5.3 歳、身長:174.8±4.7cm、体重:68.7±7.1kg)とした。被検者は、足関節背屈力発揮課題(DF 課題)および足関節底屈力発揮課題(PF 課題)を 3 日以上の間隔をあけて実施した。両課題において、左右それぞれの足関節トルクを測定できる足関節トルクメータを用いた。試行は、右足のみの力発揮試行、左足のみの力発揮試行、両足同時力発揮試行を 2 回ずつ行うものであった。被検者には各試行で約 3 秒間、最大努力で力発揮し続けるよう指示した。力発揮中の腓腹筋内側頭(MG)、腓腹筋外側頭(LG)、ヒラメ筋(Sol)、前脛骨筋(TA)の表面筋電図(EMG)を計測し、全波整流した後に平均筋電位(mEMG)を算出した。PF 課題では、力発揮中およびそれに続く安静時に経皮的脛骨神経刺激を行うことにより神経系の興奮水準を算出した(Hales et al. 1988)。BI は次式より算出した。
$$BI(\%) = (1 - \text{両側同時に力発揮した際の左右の合計値} / \text{片側ずつ力発揮した際の左右の合計値}) \times 100。$$

主働筋群の mEMG の低下率は BI と同様の式から算出した。また、LG、MG および Sol の mEMG の低下率の平均値を下腿三頭筋における mEMG の低下率とした。足関節トルクの力発揮条件間比較には、対応のある二元配置分散分析(力発揮条件×関節角度)を行った。下腿三頭筋の mEMG の比較には対応のある三元配置分散分析(力発揮条件×筋×関節角度)、TA の mEMG の比較には対応のある二元配置分散分析(力発揮条件×関節角度)を行った。mEMG の低下率の協働筋間差の比較には、対応のある二元配置分散分析(関節角度×筋)を行った。BI、主働筋の mEMG の低下率における主働筋群および関節角度間差の比較には、対応のある二元配置分散分析(関節角度×力発揮課題)を行った。いずれも $p < 0.05$ をもって、有意とした。

【結果】

DF 課題では、片側ずつ力発揮した際に比べ、両側同時に力発揮した際に、両関節角度条件において背屈トルクおよび TA の mEMG は有意に低下した。PF 課題では、片側ずつ力発揮した際に比べ、両側同時に力発揮した際に、底屈トルクは背屈 10 度条件において有意に低下し、底屈 30 度条件では低下傾向であった($p=0.09$)。下腿三頭筋の mEMG および神経系の興奮水準は、両関節角度条件において、有意に低下した。神経系の興奮水準は関節角度間に有意な差はなかった。両関節角度条件において、下腿三頭筋間で mEMG の低下率に有意な差はなかった。両課題の両関節角度条件において、拮抗筋の mEMG に力発揮条件間差はなかった。BI および主働筋群における mEMG の低下率は、主働筋群間および関節角度間に有意な差はなかった。

【考察】

PF 課題の底屈 30 度条件のみ、トルクが低下傾向

であり、下腿三頭筋の mEMG の低下率は、平均値では底屈 30 度条件のほうが小さかった。これらの原因として、底屈 30 度条件では筋紡錘からの求心性信号による影響が小さかったことが考えられる。この結果から、PF 課題における BI は関節角度の影響を受ける可能性が残されたと推測される。

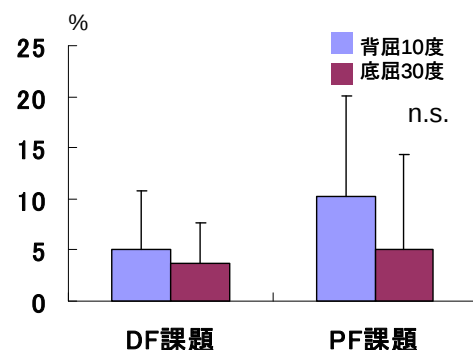
BI に課題間差はなかった。また、mEMG の低下率は協働筋間および下腿三頭筋と TA の間に差はなかった。これらの結果は、収縮した筋の筋線維組成は BI に影響を及ぼす要因でないことを示唆する。また、本研究の結果は、筋線維組成が異なる筋間で BI に差が生じた先行研究 (Ohtsuki 1983) の結果と相違した。結果が相違した原因の一つとして、大脳皮質運動野の活動水準の低下率が影響していると考えられる。発揮トルクおよび EMG の振幅と大脳皮質運動野の活動水準には正の相関関係があることから (Siemionow et al. 2000)、本研究で BI および mEMG の低下率に課題間差が無かったことは、大脳皮質運動野の活動水準の低下率が同程度だったことを示す。一方、Ohtsuki (1983) の研究において BI および EMG の振幅の低下率に課題間差があったことは、大脳皮質運動野の活動水準の低下率に課題間差があったことを示唆する。このことより、BI の筋群間差には、収縮した筋の筋線維組成の違いではなく、大脳皮質運動野の活動水準の低下率の違いが影響すると推測される。また、本研究と先行研究が相違した他の原因として、被検者の違いや拮抗筋の活動が関与した可能性がある。しかし、本研究および Ohtsuki (1983) の研究における被検者に特徴的な違いはなく、本研究の結果では、拮抗筋の活動は力発揮条件間で変わらなかった。そのため、被検者の違いおよび拮抗筋の活動は BI の筋群間差に影響を及ぼす要因ではないと考えられる。

両課題において BI および mEMG の低下率に関節角度間差はなかった。この結果は、両課題の両関節角度条件において大脳半球間抑制は同程度であることを示す。大脳皮質運動野の活動水準が高くなると大脳半球間抑制も大きくなり (Ferbort et al. 1992)、

神経系の興奮水準は大脳皮質運動野の活動水準が関連する (Siemionow et al. 2000)。これらより、本研究の結果は両課題において片側ずつ力発揮した際の大脳皮質運動野の活動水準および神経系の興奮水準に関節角度間差がないことを示唆する。本研究の結果が仮説と相違した原因に、末梢からの求心性信号による神経系の興奮水準および大脳皮質運動野の活動水準の抑制 (Ginanneschi et al. 2006) の影響が考えられる。求心性信号により、片側だけ力発揮した際の大脳皮質運動野の活動水準に関節角度間差が生じなかったことで、神経系の興奮水準に関節角度間差が見られなかったと思われる。また、大脳皮質運動野の活動水準に関節角度間差が生じなかったため、大脳半球間抑制も同程度になり、BI に関節角度間差が生じなかったと考えられる。これらのことから、同一力発揮動作において異なる関節角度で片側だけ力発揮した際の神経系の興奮水準が同程度ならば、BI も同程度になると考えられる。

【まとめ】

本研究では、足関節底屈および背屈力発揮において、主働筋群および関節角度の違いが BI に及ぼす影響について検討した。その結果、BI に主働筋群間および関節角度間差はなかった。これらの結果は、下腿の筋群において、主働筋群および関節角度の違いは BI に影響を及ぼす要因でないことを示唆する。



図、背屈10度条件および底屈30度条件で、足関節底屈および背屈力発揮した際の BI