

平成21年 4月22日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19500545

研究課題名（和文） カー速度－パワー関係におよぼす両側性機能低下

研究課題名（英文） The Effect of Force, Velocity and Power on Bilateral Deficit

研究代表者

田路秀樹（TOJI HIDEKI）

兵庫県立大学・環境人間学部・教授

研究者番号：50118014

研究成果の概要：両側性および一側性の肘屈曲運動によるパワー発揮特性をカー速度関係から検討した結果、カー速度、カーパワー関係においても両側性機能低下が認められると共に、最大筋力、最大速度、最大パワーにおいても有意な両側性機能低下が認められた。また、両側性・一側性によるレジスタンス・トレーニングでは、両側トレーニングにより両側運動が、一側トレーニングにより一側運動が増加し、特に筋力の特異的な増加が見られた。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,500,000	450,000	1,950,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ、スポーツ科学

キーワード：トレーニング科学

1. 研究開始当初の背景

歩行動作や走動作は腕や脚を交互に一側ずつ動かすことにより、床から荷物を持ち上げる場合は腕や脚を両側同時に動かすことにより、それぞれ動作を遂行する。一般に、腕と脚を一側ずつ単独で動かすと「筋力」(Howard and Enoka, 1991; Oda and Moritani, 1995; Vandervoort et al. 1984) や「反応時間」(Jeeves, 1969; Ohtsuki, 1981b; 谷口・関, 1998) は最大の能力を発揮できるが、両側で腕や脚を同時に動かすと、単独で動かした場合と比較して低下することが報告されており、これを両側性機能低下 (bilateral

deficit) と呼んでいる。また、レジスタンス・トレーニングにおける両側性機能低下は、両側性トレーニングにより小さくなり、一側性トレーニングにより大きくなるとする lateral specificity が報告されているが (Hakkinen et al., 1996; Taniguchi, 1997)、反応速度短縮のためのトレーニングにおいては、lateral specificity が見られなかったことも報告されている (Taniguchi, 1999)。しかしながら、これまでの両側性機能低下に関する研究は、筋力および反応時間を中心とした研究が多く、特にカー速度関係からみた筋パワーについての研究はほとんどな

れていない。筋パワーの発揮能力は、競技力の向上や、日常生活においても重要不可欠な体力要素の一つであることから、筋パワーの両側性機能低下の有無を明確にし、有効なトレーニング法を明らかにすることは重要な課題と考えられる。

2. 研究の目的

(1) 実験 1

両側性・一側性による肘屈曲運動が力-速度関係とパワー発揮におよぼす影響

実験 1 の研究では、両側性および一側性の肘屈曲運動によるパワー発揮特性を力-速度関係から、両側性機能低下現象におよぼす影響を筋電図活動の測定を加えて検討することを目的とした。

(2) 実験 2

両側性・一側性のレジスタンス・トレーニングが筋パワー発揮特性におよぼす影響

実験 2 の研究では、両側性・一側性によるレジスタンス・トレーニングが、力-速度-パワー関係におよぼす影響を筋電図活動の測定を加えて検討することを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 実験 1

①被験者

被験者は健康な男子学生 14 名である。彼らの身体的特徴は平均身長が 172.6 ± 7.5 cm、平均体重 65.7 ± 7.6 kg、平均年齢 20.5 ± 1.2 歳であった。なお、被験者には、事前に研究内容の説明し、同意書によって了解を得た。

②装置および屈曲運動

肘屈曲運動のテストは Wilkie (1950) の使用したものと同機構の改変型エルゴメーターを用いた。すなわち、被験者はエルゴメーターを前方にして椅子に座り、腰・両肩の 3 箇所をシートベルトで固定し、肩・上腕を机上において前腕を直角に立て、両肩を結ぶ線が水平位で腋下部が台に密着するよう椅子の高さを調節し、手頸部と装置を台と水平になるよう結合した状態で肘屈曲を行なわせた。

等尺性最大筋力 (F_{max}) は、肘関節角度を 90° にした状態で鉄製の長アームを固定し、手頸部と長アームの間に力量計 (共和電気社製: LUR-A-SA1) を取り付け、右・左・両手と各 2 回ずつ測定し、最大値をその代表値とした。

等張性収縮の場合は、肘関節 40° の伸展位から 140° の屈曲位まで全力で瞬発的に屈曲させた。この肘屈曲により長アームが前腕と平行して回転し、短アームに吊るされた荷重が引き上げられる荷重法を用いた。

③テスト方法

等尺性最大筋力 (F_{max}) は、肘関節 90° で右・左・両手と各 2 回ずつ測定した。短縮性収縮時におけるテスト負荷は F_{max} の 0、10、20、30、45、60% とし、軽い負荷から重い負荷へ 3 試行ずつ右・左・両手の順で行った。この際、実験結果に疲労要因が関係しないように、被験者には十分な休息を与えた。

速度は肘関節が 90° を通過する時の速度を直線型速度計 (Trans・TEK:0122-0001) で読み取り、3 試行の平均値を各負荷条件下における速度とした。得た力と速度の値を Hill (1938) の特性方程式にあてはめ、力-速度関係を求めた。

$$(F + a)(V + b) = (F_{max} + a)b \dots (1)$$

(F は力、V は速度、 F_{max} は最大筋力、 $a \cdot b$ は定数)

また、(1) 式から導かれる (2) 式からパワー (P) を算出し、(2) 式を微分した (3) 式より、最大パワー (P_{max}) の出現する負荷 (F_m) を知り、最大パワーを求めた。

$$P_{max} = b F \left\{ \frac{(F_{max} + a)}{(F + a)} - 1 \right\} \dots (2)$$
$$F_m = a \left(\sqrt{1 + \frac{(F_{max} + a)}{a}} - 1 \right) \dots (3)$$

④筋電図の測定と解析方法

筋電図 (EMG) の測定は表面筋電図法により、The Bagnoli-2 EMG System (DELSYS 社製) を用いて計測した。被験筋は左右の上腕二頭筋とし、測定部位は肩峰点より上腕長の遠位 60% の位置における左右の上腕二頭筋の筋腹より導出した。

最大収縮時は最大値に達してから 1 秒間、各負荷での動的収縮時には 80° から 100° までの区間の筋電図積分値 (iEMG 値) を AD 変換器 (MP100systems; BIOPAC System) を介してパソコンに取り込み分析した。また、最大筋力発揮時の筋電図積分値を 100% とし、各負荷条件で得られた筋電図積分値の割合 (% iEMG) を求めた。

⑤統計処理

両側性・一側性の比較には、t 検定における等分散を仮定した 2 標本の検定を用い、5% 未満の危険率を有意水準とした。

(2) 実験 2

①被験者

被験者は健康な男子学生 13 名である。彼らを、両側性トレーニング群 (BL; $n=6$) と一側性トレーニング群 (UL; $n=7$) の 2 群に分けた。

②トレーニング方法

BL にはツアハンズ・カール (TC) を、UL にはダンベル・カール (DC) をそれぞれ 80% 1RM の負荷で 7-10 回の反復を 1 日 3 セット、週 3 日の頻度で 8 週間おこなわせた。

③テスト方法

テストには、TC、DC（左右）の1RMを測定すると共に、Wilkieと同機構の改変型エルゴメーターを用いて、実験1と同様にカー速度-パワー関係を求め比較検討した。

④EMGの測定

EMGの測定についても、実験1と同様の方法を用い測定した。

⑤統計処理

トレーニング効果については、対応のあるt検定を用い、群間の比較にはt検定における等分散を仮定した2標本の検定を用い、5%未満の危険率を有意水準とした。

4. 研究成果

本研究においては、両腕同時に肘屈曲運動を実施した時の右肘屈曲値、左肘屈曲値、その平均値を両側性平均値、また一側単独で肘屈曲運動を実施した時の右肘屈曲値、左肘屈曲値、その平均値を一側性平均値と定義し、筋力、速度、パワーの比較検討をおこなった。

(1) 実験1の成果

①両側性右と一側性右の比較

図1に両側性右と一側性右のカー速度曲線、カーパワー曲線を示した。

カー速度曲線では、0%、10%、20%、30%、45%、60%、100%Fmaxのすべての条件下で、一側性の方が両側性の値を上回る傾向を示し、Vmax（一側性右：3.88m/s > 両側性右：3.57m/s）とFmax（一側性右：306.9N > 両側性右：278.1N）は5%水準の、10%Fmaxと20%Fmaxでは1%水準の有意な差が見られた。

また、カーパワー曲線では、常に一側性右が両側性右の値より上位に位置し、Pmaxにおいて一側性（148.0W）が両側性（120.9W）より有意に高い値を示した（ $p < 0.01$ ）。

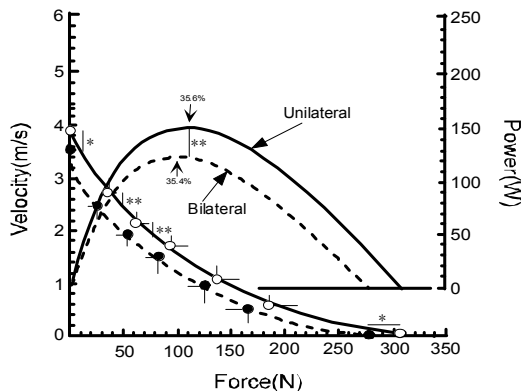


図1 両側性右と一側性右のカー速度曲線、カーパワー曲線 (*: $p < 0.05$ 、**: $p < 0.01$)

②両側性左と一側性左の比較

図2に両側性左と一側性左のカー速度曲線、カーパワー曲線を示した。

カー速度曲線では、右と同様に0%、10%、20%、30%、45%、60%、100%Fmaxのすべての条件下で、一側性の方が両側性の値を上回る傾向を示したが、いずれの負荷条件においても有意な差は認められなかった。

カーパワー曲線では、一側性右が両側性右の値より上位に位置し、Pmaxにおいて一側性（132.7W）が両側性（119.5W）より有意に高い値を示した（ $p < 0.05$ ）。

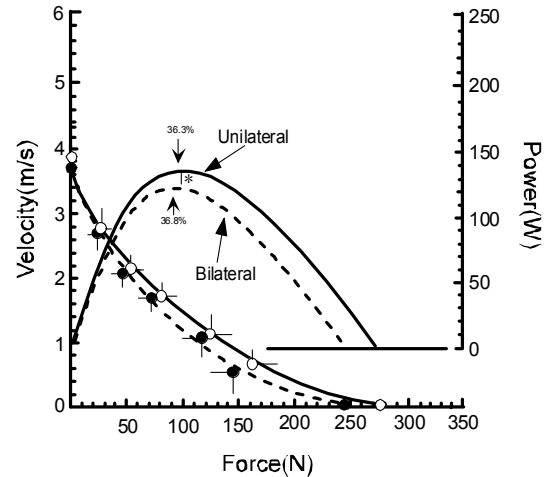


図2 両側性左と一側性左のカー速度曲線、カーパワー曲線 (*: $p < 0.05$ 、**: $p < 0.01$)

③両側性平均値と一側性平均値の比較

図3に両側性平均値と一側性平均値のカー速度曲線、カーパワー曲線を示した。

カー速度曲線では、左右の結果を反映し全ての条件下で、一側性の方が両側性の値を上回る傾向を示し、Vmax（一側性：3.85m/s > 両側性：3.61m/s）に1%水準の、Fmax（一側性平均：288.8N > 両側性平均：262.2N）と20%Fmaxには5%水準の有意な差が認められた。

カーパワー曲線は、左右の結果を反映して、一側性右が両側性右の値より上位に位置し、Pmaxにおいて一側性（135.0W）が両側性（120.2W）より1%水準で有意に高い値を示した。

以上の結果から、カー速度関係、カーパワー関係においても両側性機能低下が認められ、特に軽い負荷に有意な差が認められると共に、最大筋力、最大速度、最大パワーのいずれにおいても有意な両側性機能低下が認められた。また、左右の比較を考慮すると、こうした両側性機能低下は両側性右と一側性右の差によってもたらされたと考えられる。さらに本研究の被験者がいずれも右利きであったことを考え合わせると、本研究のカー速度-パワー関係におよぼす両側性機能低下は利き腕の差によることが示唆された。

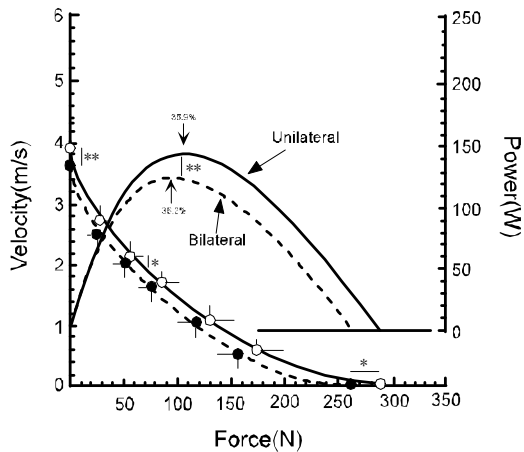


図3 両側性平均値と一側性平均値のカー速度曲線、カーパワー曲線 (*:p<0.05, **:p<0.01)

④両側性指数 (Bilateral Index ; BI)

Fmax、Vmax、Pmaxの両側性指数 (BI) を次式より算出し、図4に示した。

$$BI (\%) = 100 [(\text{両側右} + \text{両側左}) / (\text{一側右} + \text{一側左})] - 100$$

その結果、Fmax (-9.1%)、Vmax (-6.3%)、Pmax (-14.4%)のいずれに於いてもBI<0の関係となり、両側性機能低下が見られた。また、PmaxのBIが最も大きく、Fmax、Vmaxの順になり、Pmax-Fmax間 (p<0.05)、Pmax-Vmax間 (p<0.01)に有意な差が見られたことから、パワーの両側性機能低下は、力と速度の相乗効果によりもたらされることが示唆された。

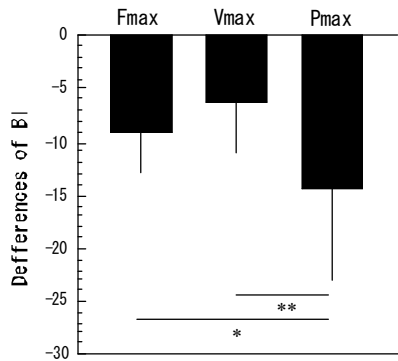


図4 Fmax、Vmax、PmaxのBIの比較 (*:p<0.05, **:p<0.01)

⑤iEMG値からみた両側性と一側性の比較

Fmax発揮時のiEMG値には、右、左、平均値いずれにおいても両側性と一側性に明らかな差は認められなかった。また、各テスト負荷における収縮時のiEMG値においては、右、左、平均値いずれにおいても、0%、10%、20%、60%Fmax時に一側性が両側性を上回る結果を示したが、0%Fmax時における両側性右

と一側性左においてのみ5%水準の有意差が認められた。これらのことから、本研究結果においてはiEMG値には両側性機能低下が見られなかったと言える。

(2) 実験2の成果

①1RMの効果

BL、ULともに、TC、DC (左右)の1RM値が有意に増加した。また、図5に示した増加率を比較するとDCの右、左、合計値においては、UL>BLの傾向を示したが有意差はみられなかった。しかし、TCではBL (35.6%)>UL (12.8%)となり1%水準の有意差が認められ、特に両側性トレーニングによるトレーニングの特異性が示唆された。TCはBLがULに比べ明らかに増加し、DCではULがBLを上回る傾向を示すトレーニングの特異性が見られた。

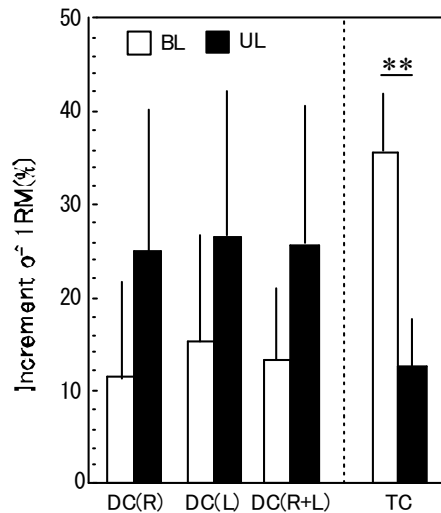


図5 BL、ULにおけるDC、TCの1RMの増加率 (**:p<0.01)

②カー速度-パワー関係におよぼす効果

BLにおけるカー速度曲線、カーパワー曲線は、一側右、左、平均においてほとんど変化は見られなかった。また、両側については両側左、平均においてトレーニング後にいずれの負荷強度の速度にも有意な差は認められなかったが、右上方に移行する傾向が見られた。一方、ULの一側右、左、平均においてはトレーニング後に右上方に移行する傾向が見られたが、両側についてはほとんど変化は見られなかった。このように、基本的にはトレーニングの特異性を示す傾向を示すものの、種々の負荷強度での速度に明らかな差が認められなかった要因は、カー速度-パワー関係の測定がトレーニング様式と異なった動作を用いたことによるものかもしれない。

③Fmax、Vmax、Pmaxの変化

BLにおけるFmax、Vmax、Pmaxは、一側右、

左、平均のいずれにおいても明らかな変化は見られなかったが、両側については両側左、平均の Fmax に 1% 水準で有意な増加が認められた。一方、UL については、逆に一側右の Fmax と Pmax (1% 水準) と平均の Fmax (5% 水準) に明らかな増加が見られた。この結果から、両側でのトレーニングでは両側の運動、一側でのトレーニングでは一側の運動により増加が見られ、特に筋力の特異的な増加が明らかであるとともに、両側では非利き手の増加により、一側では利き手による増加によってもたらされている可能性が示唆された。

④ iEMG の変化

BL では両側左の Fmax 発揮時 ($p < 0.05$)、平均の 30%Fmax 発揮時 ($p < 0.01$) にのみ有意な変化が見られ、UL では両側左の 10%Fmax、20%Fmax 発揮時 ($p < 0.05$) と平均の 10%Fmax 発揮時 ($p < 0.05$) に有意差が見られた。このように、iEMG については力-速度-パワー関係を反映する一定の変化は見られなかった。このことは、先に示したようにトレーニング様式とは異なるテスト方法での比較によるものかもしれない。

⑤ BI の変化

図 6 に Fmax、Vmax、Pmax の BI の変化を示した。その結果、Fmax は BL では -10.0 から -8.2 と両側性機能低下が小さくなる傾向を示したが、UL では -7.2 から -13.0 と両側性機能低下が 5% 水準で有意に大きくなった。Vmax については、BL では -7.7 から -6.5、UL では -4.1 から -0.8 とともに小さくなる傾向を示したが有意差ともにみられなかった。Pmax については、BL では -14.7 から -15.9、UL では -13.2 から -17.9 とともに大きくなる傾向を示した (ともに有意差なし)。これまでの報告に見られるように、筋力においては、一側性のトレーニングにより両側性機能低下が促進される結果を示し、収縮速度においてはこれまでの反応時間のトレーニングにみられた BI に変化が見られなかったとする報告を支持するものであった。最大パワーにおいては、収縮速度の結果を反映し、両側性、一側性のトレーニングによる特異的な BI の変化をもたらさなかった。

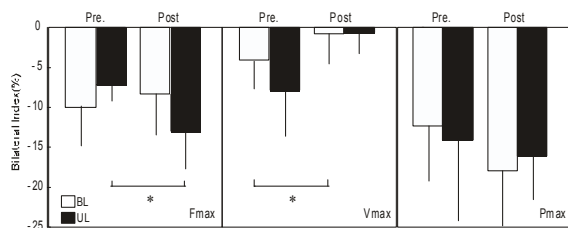


図 6 Fmax、Vmax、Pmax の BI の変化
(*: $p < 0.05$)

5. 主な発表論文等

[学会発表] (計 2 件)

- (1) 青木敦英・田路秀樹、肘屈曲運動における両側性と一側性の筋パワー発揮特性、第 49 回日本体育学会、2008 年 9 月 10 日 早稲田大学
- (2) 青木敦英・田路秀樹、両側・一側性筋力トレーニングが筋パワー発揮におよぼす影響、第 50 回日本体育学会発表予定、2009 年 8 月、広島大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

田路 秀樹 (TOJI HIDEKI)

兵庫県立大学・環境人間学部・教授

研究者番号: 50118014

(2) 研究分担者

金子 公有 (KANEKO MASAHIRO)

大阪体育大学・体育学部・名誉教授

研究者番号: 00067232