

一輪車運動のバイオメカニクス的研究

その1 基調動作の分析

明石正和 齊藤保夫
横内靖典 武藤幸政
畠山栄子 永都久典

1. 緒言

これまで多くの研究者が自転車に関する研究報告をしてきた⁵⁾¹¹⁾¹³⁾¹⁴⁾¹⁵⁾⁸⁾。しかし一輪車に関する報告はきわめて少ない。その中で、トリッカー氏は物理学における釣合いの問題で⁸⁾、一輪車に触れ、一輪車運動は、車輪が床(地面)に接する点を結んだ直線でいつも重心の真下に保つように、速度を調整することと、一輪車には、かじを得る手段がないので、かじをとるには、重心を通る垂直軸まわりの回転が、力と時間とにおいて平衡を同時に保つことによって可能となるであろう、と述べている。そこで本研究は、一輪車運動を体育科学の観点から総合的に研究し、一輪車運動の有効性を解明しようとするものである。今回は、バイオメカニクスの視点から、写真による分析及び、筋の活動条件を正確に観察し、一輪車運動の合理性とは何か、また運動の基調となる動きは何んであるかを究明しようとしたものである。

運動の合理性については、熟練者といわれる者が、合理的運動を表出し得る者と仮定できるとし、その手がかりを熟練者と未熟練者との比較においた。

2. 研究方法

1) 被検者

被検者は、熟練者群として一輪車同好会員1名及び、高度技術を修得している大学教官2名、また、未熟練者群として大学体育実技授業で、規則的に一輪車運動の学習を受けた健康な男子学生5名である。被検者の身体特性は表1に示した。

2) 装置

乗用コースは、全長20mの直線で、スタートから5mと15mの地点に光電スイッチを設置し、通過の際、電球シグナルが発生するようにした。5m地点から10mの範囲で、コース幅2mを

Table 1. Physical Characteristics of Subjects

Subjects	Age yr	Stature cm	Weight kg	Chest cm	Sitting Height cm
R. L.	20	167.1	48.0	78.0	92.2
M. O.	21	164.7	53.6	82.0	89.1
A. K.	20	169.5	59.0	60.2	89.0
A. Y.	20	165.7	67.0	90.0	92.2
K. T.	20	163.7	58.0	95.0	92.1
S. H.*	21	174.9	58.2	88.5	93.0
H. N.*	29	177.0	83.0	99.7	95.0
M. S.*	39	166.0	72.0	92.0	89.0

* skilled

50cm間隔に直線4本を引いた。また、直線外側の線上(右,左)に、2m間隔で、6個のMARKを設置し、一輪車位置を正確にとらえるようにした(図1)。

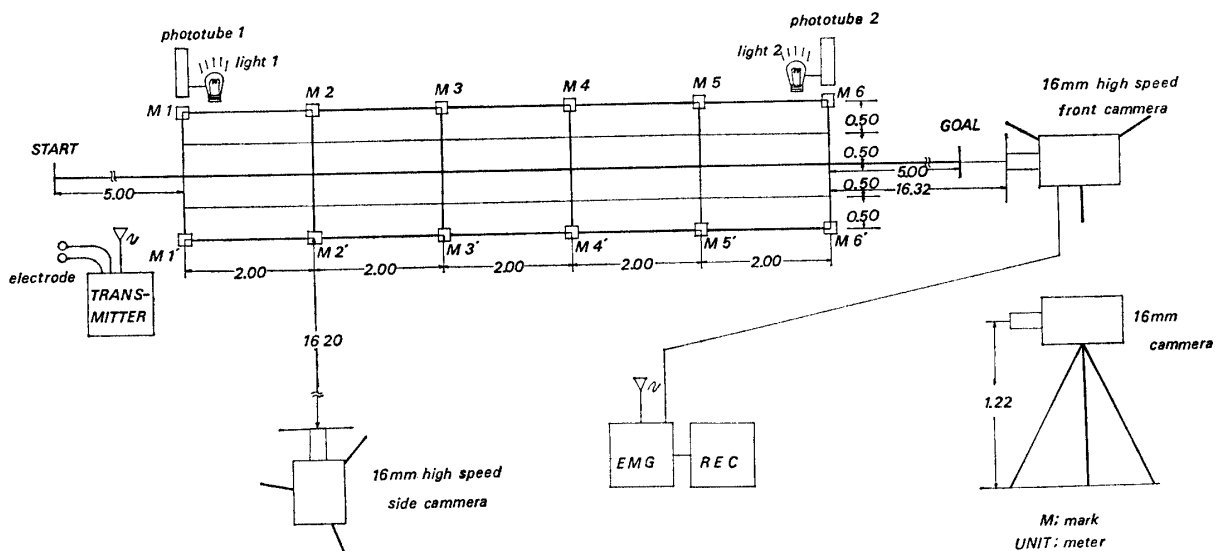


Fig. 1 Experimental Model

3) 筋電図, 動作記録

筋電図記録は、テレメーター(三栄測器製)を用い、皮膚表面誘導法で記録した。導出部位は、三角筋(右,左),腓腹筋(右,左)である。

動作の記録は16mm高速度カメラを用いて、正面と右側方から全被検者について50frames/secで撮影した。なお、側方の16mm高速度カメラは、画像を拡大する意図で、図1のM₁からM₃までの範囲とした。正面の16mm高速度カメラと筋電図記録では同時記録できるようにした。

4) 方 法

被検者は、乗用時の活動を正確にとらえるため、ショートパンツのみを着用し、肩、肘、手首、膝、足首にMARKを着けた。また、頭の動きを見るため、中央に白い直線入りの帽子を着用した。一輪車は図2の条件のものを使用し、検者の指示に従いスタートした。乗用条件は、あ

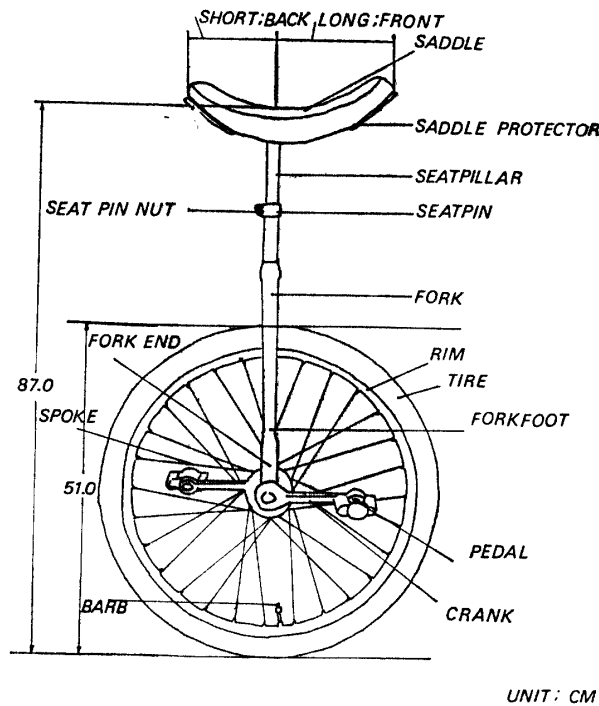


Fig. 2 Construction of Unicycle

らかじめ被検者に、最も乗用しやすい姿勢、速度で直進するように指示を与えた。試技は6回連続して行い、1回終るごとに、休養し、試技に影響をおよぼさないように配慮した。

- 5) 実験期日 1978年9月8日～9月10日
10:00AM～3:30PM
- 6) 実験場所 城西大学体育館

3. 結果及び考察

実験結果の代表例を図3,4に示した。図3は各条件下における熟練者群の一輪車乗用時の姿勢変化及び筋電図パターンの一例であり、図4は同じく未熟練者群における一輪車乗用時の姿勢変化及び筋電図パターンの一例である。この図からもわかるように、一輪車の推進力は、ペダルを回転することによって発生することはいうまでもない。ペタリングでのペダル位置については、左足が上死点から下死点へペダルを踏み足す際、右足は下死点から上死点へペダルを引き上げられ、ペダルはいつも相対的に回転することがわかる。このことからペダルを回転する際、最も力を必要とするのは、上死点から下死点までの踏み足の時期であり、ペダルを交互に回転させることにより、一輪車の推進力を持続する。一輪車運動の重要性は、このペダル踏み運動にある。この運動発生と同時に一輪車は横方向へ回転が始まり、一輪車と反対方向へ上体の回転が同時に始まる。このことから乗用者は、支点をいつも乗用者の真下に保つように操縦することによっ

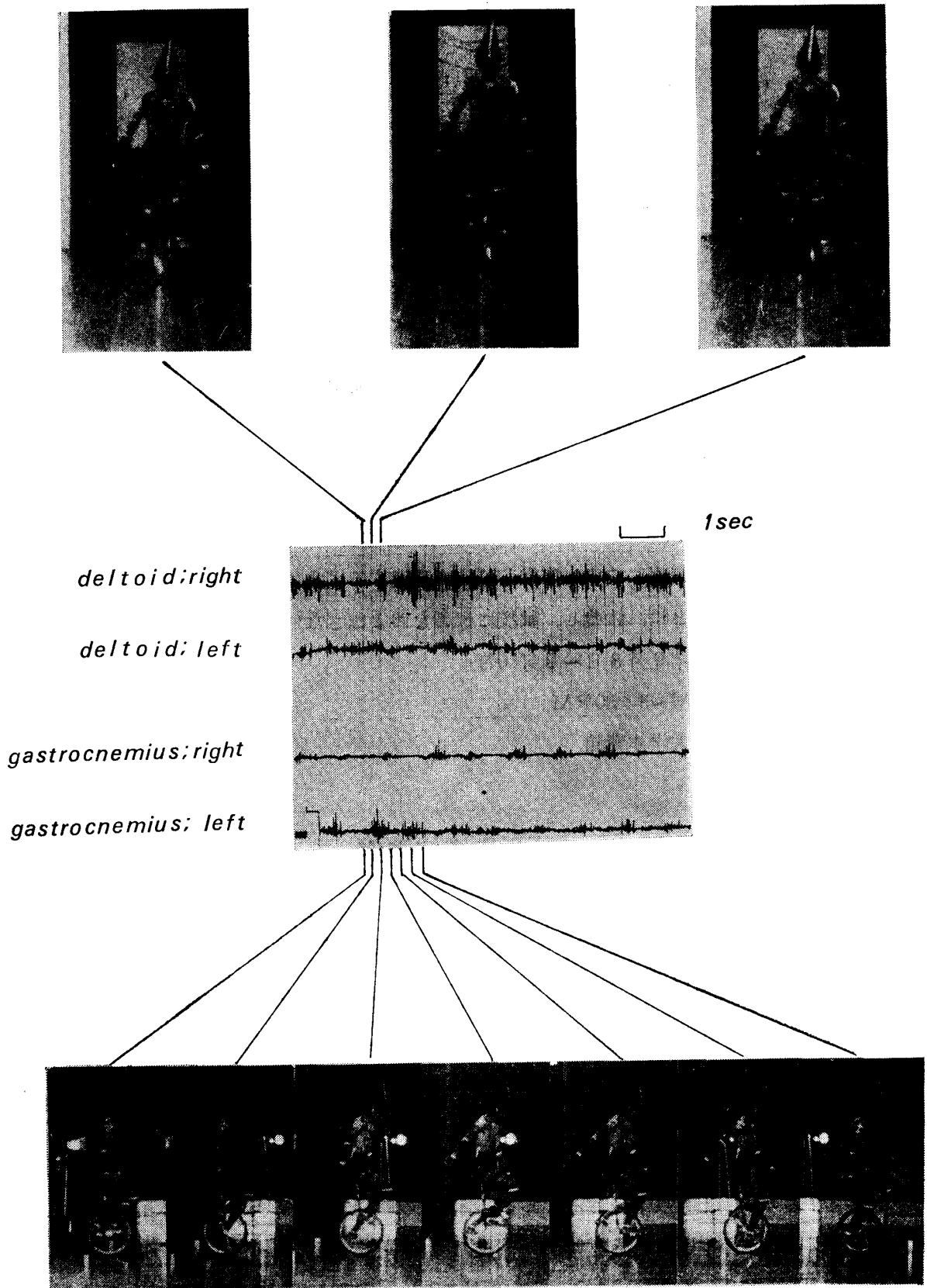


Fig. 3 Front and Side Posture of Subjects and EMG (skilled)

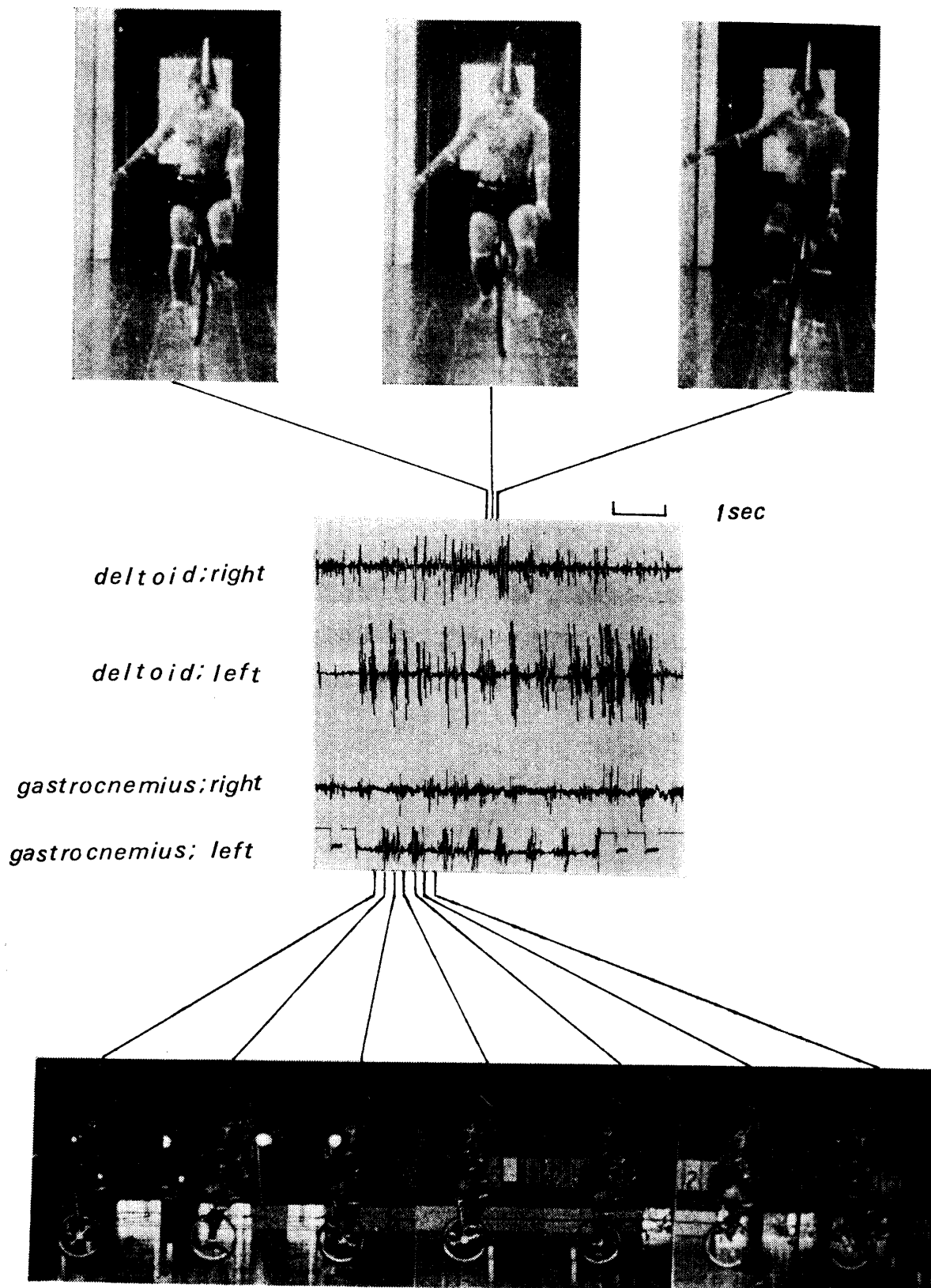


Fig. 4 Front and Side Posture of the Subjects and EMG (unskilled)

て、バランスを維持しなければならない。この回転を行うことにより、いつも支点を一定に保つようにしていることがわかる。図3, 4の正面からのペダル踏み運動をする際の上肢運動及び一輪車の関係については、右足が上死点から下死点へペダル踏み運動を始めると、一輪車は、右方向へ回転を始めると同時に上肢は支点を保つために、一輪車とは、反対方向へ回転が始めることがフィルム分析より明らかになった。乗用者は、いつも一輪車の支点を保つように、操縦しなければならないことが実証された。

以上のことから、一輪車運動の基調は、乗用時にペダル踏み運動で発生する速度下で、一輪車と上肢が同時に反対方向へ回転することにより、縦軸及び横軸との支点を保つことが乗用可能となる。

一輪車運動の合理性については、乗用時にペダル踏み運動で発生する速度は、熟練者群で、平均時速5.98kmであり、未熟練者群で平均時速7.85kmである。未熟練者は、熟練者に比較し、適当に加速する傾向が示され、しかも加速することによって一輪車の操縦を容易に可能にすることが示された。トリッカー氏の報告では、1つの輪を地面でころがし続けることは可能であり、その速度が十分早い間は倒れないと述べられ、この点からも未熟練者は、速さを増して、支点を前の方へより速く運ばなければならないので、速度に頼る傾向があると思われる。

一輪車乗用時の筋電図では、全体的に、踏み足の初期に腓腹筋(右, 左)の放電量が多く示されている、白井氏の報告では、自転車(二輪車)の場合、踏み足初期に大腿四頭筋の放電量が最も大きく、次いで腓腹筋、大腿二頭筋が放電を示し、ペダル踏み運動の初期に、最も力が入ることが

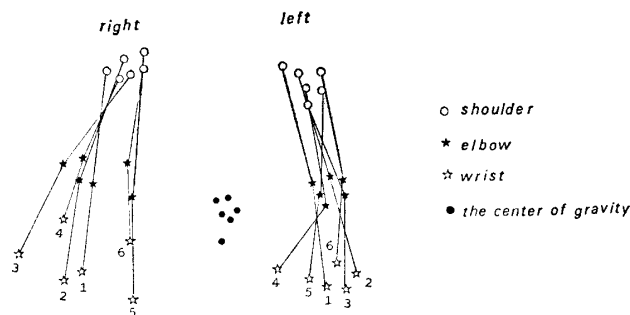


Fig. 5 Arms Actions and the Center of Gravity (skilled)

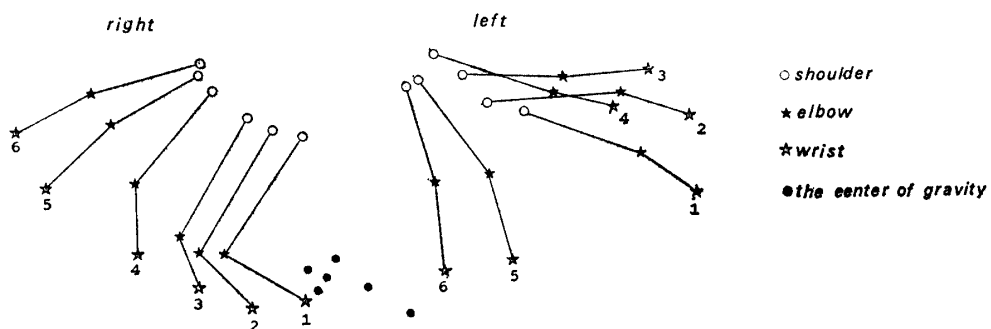


Fig. 6 Arms Actions and the Center of Gravity (unskilled)

述べられ、一輪車と自転車では運動様式が同じようであることが認められた。実験においても未熟練者は、熟練者に比較すると、放電量も大きく、ペダル踏み運動も交互に、規則的でないことが明らかに示された。上体の動きについては、図3, 4の側方からの一輪車乗用時の姿勢は、熟練者は、上体が一輪車上、直立的であるのに比較し、未熟練者は、前傾で乗用していることが明らかに示された。未熟練者は、支点を前の方へ速く運ばなければならないので、上体を前傾し、乗用していると思われる。

更に、上肢の動きについては、図5, 6を見ると、熟練者は、一輪車乗用時の重心及び肩、肘、手首の動きが少なく、安定しているのに対して、未熟練者は、一輪車乗用時の重心及び、肩、肘、手首の動きが大きく、上肢の動きが激しいことが示された。また、上肢の動きを筋電図から見ると、熟練者は、放電量も少なく、下肢との調整も順調に行なわれているのに対して、未熟練者は、放電量も大きく、下肢との調整も不規則であることが示された。

熟練者は、一輪車乗用時に支点を重心の真下に保つため、上肢及び下肢の調整力を適切に発揮し、横軸の回転を最少限に制御し、力を縦軸へ適切に転換する運動技術を修得しているため、一輪車乗用を合理的に行なっていることが示された。

4. 要 約

一輪車運動を体育科学の観点から総合的に研究し、一輪運動の有効性を解明しようとするもので、今回は、一輪車運動の合理性、また、運動の基調となる動きを、写真分析及び筋の活動条件から、熟練者群と未熟練者群を比較検討した。その結果は次のとおりであった。

1) 一輪車運動の基調は、乗用時にペダル踏み運動で、一輪車と上肢が同時に反対方向へ回転することにより、縦軸及び横軸との支点を保つことが明らかになった。

2) 乗用時の速度は、熟練者で、平均時速5.98kmであり、未熟練者で、平均時速7.85kmであり、未熟練者は熟練者に比較し、適当に加速する傾向が明らかになった。

3) 乗用時の上肢の動きは、未熟練者は、熟練者に比較し、重心及び肩、肘、手首の動きが大きく、上肢の動きも顕著であった。

4) 一輪車の合理性は、熟練者は、未熟練者に比較し、上肢及び下肢の調整力が適切に発揮し、横軸の回転を最少限に制御し、力を縦軸へ適切に転換する運動技術を修得しているため、一輪車乗用を合理的に行なっていることが明らかになった。

以上のことから、一輪車運動は、反射神経と平衡感覚を養う運動刺激として、有効であると思われる。今後は、速度と運動効率の問題に取り組むと共にエネルギー系の運動強度の問題についても検討を加えたい。

参考・引用文献

- 1) 阿久津邦男, 1975, 歩行の科学, 不昧堂新書, p. 125~138。
- 2) 猪飼道夫, 1952, 体操の筋電図学的研究, 体育学研究, 4, p. 265~271。
- 3) 猪飼道夫, 1978, 身体運動の生理学, 吉林書院。
- 4) 山川純, 1973, キネシオロジー研究会編, 身体運動の科学 I, 杏林書院, p. 158~177。
- 5) 白井伊三郎, 1962, 筋電図による身転車走行動作の解析, スポーツ科学研究委員会報告集, p. 1~11。
- 6) Jack Halpern, 1978, Anyone can ride a Unicycle. Japan Unicycling Club.
- 7) 高木公三郎他, 1961, 垂直跳の筋電図学的解析, 体育学研究, 5(3), p. 84~88。
- 8) トリッカー, 戸田盛和, 小寺武康訳, 1970, 運動の科学 1, みすず書房, p. 93~104。
- 9) トリッカー, 戸田盛和, 小寺武康訳, 1971, 運動の科学 2, みすず書房, p. 49~71。
- 10) 中村誠, 1974, 姿勢の科学, 不昧堂新書, p. 142~158。
- 11) 名取礼二他, 1967, サイクリングの負担量ならびにその並適量決定に関する研究(1), 体力研究, 11, p. 36~46。
- 12) 波多野義郎, 小林義雄訳, 1977, スポーツ動作の科学的分析, 応用キネシオロジー, 泰流社。
- 13) 増田允他, 1968, ドロップハンドル自転車乗用姿勢は円背の誘因となるか(1) Contormateur による解析, 体力研究, 15, p. 19~40。
- 14) 増田允他, 1968, ドロップハンドル自転車乗用姿勢は円背の諸因となるか(2)背筋の筋電図について, 体力研究, No. 15, p. 41~47。
- 15) 増田允他, 1969, ドロップハンドル自転車乗用姿勢は円背の誘因となるか(2)レ線による解析, 体力研究, 16, p. 9~19。