

Applied Sciences／事例研究

競技用ハンドサイクルにおけるグリップ位置および形状と座面位置の変化が下肢運動機能障害者によるクランク漕行時の上肢の動作に与える影響

Kinematic analysis for the upper extremity of the hand cyclist disabled in lower extremities on cranking with various handgrip and seat positions

三浦康二¹、水上昌文²、奥村直彦³

要 旨

本研究では、競技用ハンドサイクルの漕行動作において、クランク回転によるグリップ回転時間を短くするための条件の検討を目的として 3 次元動作分析法によって漕者の上肢の分析を行った。下肢運動機能障害を持ち、国際競技大会出場経験があるハンドサイクル競技者 1 名を被験者（50 才，男性，172cm，60kg）とし，赤外線 3 次元自動追尾システム（200Hz）を用いて漕行実験を行った。グリップ最下点前後のグリップスピードがグリップ回転時間および上昇時間と強く関係していた。また，前腕回内位となるグリップを用いた場合，グリップ回転時間が短く，グリップ最下点前後で前腕を手前に引き寄せるような前腕の角速度が速くなっていた。この結果から，前腕回内位のグリップが有利であることが示唆された。

Key words: ハンドサイクル，アダプテッドスポーツ，クランク，シート，グリップスピード

¹成蹊大学、²茨城県立医療大学、³風輪道

〒180-8633 東京都武蔵野市吉祥寺北町 3-3-1

TEL 0422-37-3701

FAX 0422-37-3878

E-mail koji-hoga-miura@econ.seikei.ac.jp

受付日：2014 年 2 月 24 日

受理日：2015 年 10 月 7 日

I. はじめに

ハンドサイクルは 1983 年にその原型が米国で製作されたのが始まりとされているが、下肢機能障害によって歩行が困難となった脊髄損傷者が遠距離を移動するための車いすに代わる移動手段として 1990 年代に入って普及が始まった^{8,10)}。その後、2000 年代に入って世界各国で新たな障害者スポーツとして自転車競技の一つとして取り組まれるようになり、2004 年アテネパラリンピック大会では男子の参考種目として実施され、2008 年北京パラリンピックから男女の正式種目として実施されている^{7,9)}。

ハンドサイクルは大きく分けて 2 種類に分けられ、1 種類は、駆動・操舵機能をもつ 1 輪のみの前輪、駆動・操舵機能を持たない自由輪である後輪 2 輪、そして前輪と後輪をつなぐフレームによって構成され、漕者はフレーム上に設置されたシートに身体を固定しハンドルを漕ぐといったハンドサイクル専用タイプである。もう 1 つは通常の車いすに駆動・操舵機能を持つパーツを後付けで取り付けるタイプである。前者は主にサイクリングや競技会等のレクリエーション、スポーツを目的として使用される。後者は主に買い物、散歩等のように日常生活行動範囲の拡大を目的として使用される⁷⁾。一般的な自転車では操舵機能を前輪、駆動機能を後輪がそれぞれ担い、人力を動力として左右非対称のペダルを漕者が下肢によって交互に漕ぎ、クランク、チェーン等によって後輪に駆動力を伝達し前進する。一方、ハンドサイクルでは操舵機能、駆動機能ともに前輪が担い、自転車と同様に人力を動力とするが、こちらは左右対称のハンドルを漕者が上肢によって左右同時に漕ぎ、ハンドルに加えられた力をクランク、チェーンによって前輪に伝達することによって前進する⁸⁾。

このように上肢によって操舵・駆動を行うハンドサイクルでは上腕部の負担が大きく、また、手動車いすと比較して高速走行が可能であることから長距離移動に用いられることが多く、長時間の漕行に伴って上肢関節痛発生の可能性が高いとさ

れている¹⁰⁾。さらに、漕者に対するクランク位置が上肢への負担度に影響する要因の一つとされ²⁾、肩痛など使用者の障害の要因の一つとなっている¹⁰⁾。そのため、いくつかの研究で、クランク位置の違いが漕者の負担度に与える影響について検討されている^{1,5)}。しかし、これらの研究はいずれも生理学的変数を用いて負担度を評価したものであり、クランク位置の変化が漕者の動作に与える影響を評価したものではない。

シート位置を変化させた場合の漕者とクランク位置の相対的な位置関係の変化が漕者の動作に与える影響について、3 次元動作分析法を用いて検討が行われている^{3,4)}。漕者の座席の背もたれの有無が走行速度に与える影響について、健康者 8 名を被験者とした研究では、背もたれがない場合に走行速度が高いことが報告されている³⁾。また、スポーツタイプのハンドサイクル漕行時の動作について、1 名を被験者とした分析が行われ、走行時の動作と上肢筋群の筋放電の関係について報告されている⁴⁾。これらの研究は、実際のハンドサイクル走行時と近い条件で上肢の動作を分析したものであるが、ハンドサイクルの実用における課題に対して十分に応えるには至っていない。そのため、競技用ハンドサイクルの車両条件が身体に与える影響について実際の走行時に近い条件で検討することはハンドサイクルの競技普及のために重要であろう。さらに、ハンドサイクル種目の競技水準の高度化にも重要な役割を果たすと考えられる。

そこで、本研究では、1 名のハンドサイクル競技者を被験者として、より短いグリップ回転時間を得るためのクランク条件、シートの条件、グリップの条件を検討するための知見を得ることを目的とし、3 次元動作分析法によって漕者の身体各部分のキネマティクス分析を行った。

II. 方 法

1. 被験者

広州アジアパラ競技大会への出場経験を持つ十

分にトレーニングを積んだハンドサイクル競技者 1 名を被験者（50 才，男性，172cm，60kg）とした。被験者は交通事故による下肢運動機能障害を持ち，競技上のクラスは H3 であった⁶⁾。実験はロンドンパラリンピック・ハンドサイクル競技への出場資格取得に向け最適な車両条件を検討するためのものであったが，実験前に研究の目的，実験方法および測定時の危険性などについて十分に説明を行った後，実験参加の了解を得た。実験は茨城県立医療大学倫理委員会の承認のもと行われた。

2. 実験

A. 測定機器の設定

実験は屋内に設置された赤外線 3 次元自動追尾システム（Vicon Nexus，Oxford Metrics 社製）を

用いて行われた。実験にあたってはカメラスピードを 200Hz とし，Plug in Gait モデルを参考に被験者の身体標点 20 点（左右上前腸骨棘，左右肩峰，左右上腕骨外側上顆，剣状突起，胸骨上縁，左右前側頭部，左右後側頭部，左右橈尺骨茎状突起，左右第 2，5 指 MP 関節（図 1）およびハンドサイクル車体（写真 1）のクランク軸に赤外線反射マーカーを貼付した。また，データ収集にあたっては，ハンドサイクルは駆動輪が床面に接することないように車体を床面に固定し，進行方向に対する左右方向を X 軸（右を正），前後方向を Y 軸（進行方向を正），鉛直方向を Z 軸（上方を正）とする右手系の XYZ 直交座標系を設定した。被験者はこの座標系において，Y 軸方向を向いて車体に設置された走行用シートに着座した状態で実験を行った。

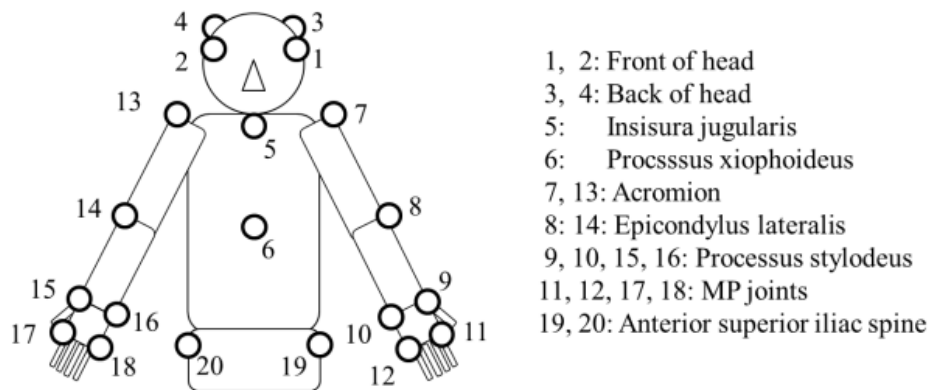


Figure 1 Marker position



Photo 1 Hand cycle similar to what used in the experiment

B. 分析試技

分析にあたっては、被験者が通常用いている車両条件を基準とし、以下の4項目の組み合わせによって16種類の試技を行った。試技に際しては、ケイデンスを定めずに被験者の通常のレースの感覚でそれぞれ2分間の休憩を挟んで30秒間の漕行を行った。

1) クランク幅：通常用いている150mmのクランク幅(写真2)と、新たに製作した160mmのクランク幅の2種類。

2) クランク位置：通常位置と通常位置から2cm前方(写真3矢印方向)に移動したものの2種類。ステムの調整が2cm刻みに設定されていたことで、今回は2種類の位置を用いた。なお、写真3に示した車両は本研究実験後にステム位置を固定加工したもので、実験時にはクランク位置が調整可能なものを用いた。

3) 座面位置・姿勢：通常位置、通常位置で胸を張った姿勢(ラストスパート時の姿勢)、通常位置から1cm後方に移動したもの、1cm後方に下げ、背もたれ部にクッションをおいたものの4種類。座面位置は写真4のようにシート調整用の穴に接続するフレームの位置を変えることで調整した。写真4は後方に移動したもので、通常位置は①で示した穴で、②で示した穴にフレームを接続することで後方にシートを移動させた。また、写真5、6、7に通常姿勢、胸を張った姿勢、背もたれ部にクッションを置いたものを示した。

4) グリップ形状：通常グリップと、新たに製作した通常グリップから前腕回内位で漕行するものの2種類(写真8：通常グリップ、写真9：通常グリップから回内位となったグリップ：回内グリップ)



Photo 2 Crank



Photo 3 Crank



Photo 4 Seat position

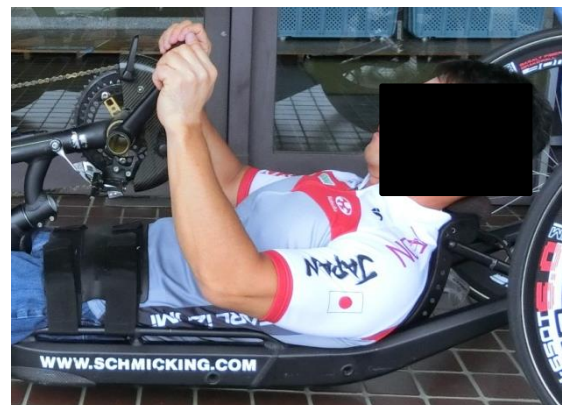


Photo 5 Normal Position

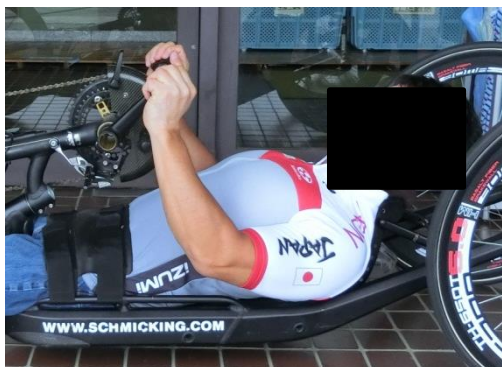


Photo 6 Chest-out Position

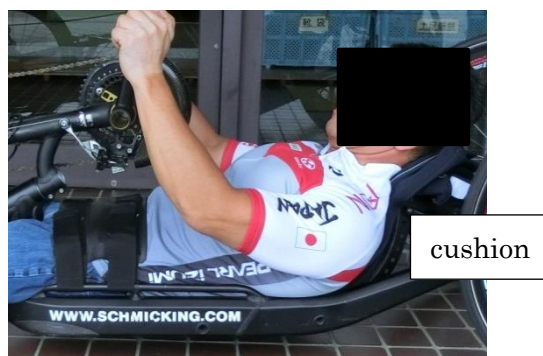


Photo 7 Normal Position with cushion



Photo 8 Normal Grip



Photo 9 Pronated Grip

C. 分析方法

各試技（16 種類）における試技開始 20 秒・25 秒間のクランク潜行動作を記録し、左第 2 指 MP 関節座標の最上点から次の最上点までを 1 回転として、左半身のすべての標点が計測分析可能であった 3 回転分の動作を分析した。分析項目は以下の通りである。

- 1) 1 回回転時間：3 回転分の回転時間の平均
- 2) グリップ下降時間：左第 2 指 MP 関節座標最上点から最下点までの時間の 3 回転分の平均
- 3) グリップ上昇時間：左第 2 指 MP 関節座標最下点から最上点までの時間の 3 回転分の平均
- 4) 1 回転中のグリップスピード変化：1 回転中における左第 2 指 MP 関節の各コマ間での移動距離を各コマの時間によって時間微分したものを時々刻々のクランク先端のスピードとし、3 回転の平均値をグリップスピード変化として算出した。
- 5) 前腕の時々刻々の角速度の変化：左上腕骨外側上顆から左橈尺骨茎状突起の midpoint に向かうベクトルを左前腕ベクトルとし、XY（水平）面内での左前腕ベクトルの角速度を前腕角速度として算出した（図 2c）。算出にあたっては反時計回り方向の角速度を正とした。また、左前腕の角速度が正の場合は左肘が伸展する動作を、負の場合は左肘が屈曲する動作を、それぞれ伴うため、正の場合は

前腕の伸展とし、負の場合は屈曲とした。

6) 上腕の時々刻々の部分角度の変化および動作範囲：左肩峰から上腕骨外側上顆に向かうベクトルを左上腕ベクトルとし、YZ（矢状）面および ZX（前額）面内での左上腕ベクトルの角度を上腕部分角度として算出した。算出にあたっては矢状面では Y 軸を基準とし、左側からみて時計回り方向の角度を正、反時計回り方向の角度を負とした（図 2a）。前額面では Z 軸を基準とし、正面からみて反時計まわり方向の角度を正、時計回り方向の角度を負とした（図 2b）。また、上腕の角度が矢状面内で正の角度が増加する場合は左肩が屈曲する動作を、負の角度が増加する場合は伸展する動作を、それぞれ伴うため、正が増加する場合は上腕の屈曲、負が増加する場合は伸展とした。同じく前額面内で正の角度が増加する場合は左肩が外転する動作を、負の角度が増加する場合は内転する動作を、それぞれ伴うため、正が増加する場合は上腕の外転、負が増加する場合は内転とした。

3. 統計処理

統計学的検討として、1 回の回転時間とグリップ下降時間、グリップ上昇時間の関係についてみるために、回転時間と算出した各項目との関連を、ピアソンの積率相関係数で評価した。また、各実験試技の条件による回転時間の違いを比較するた

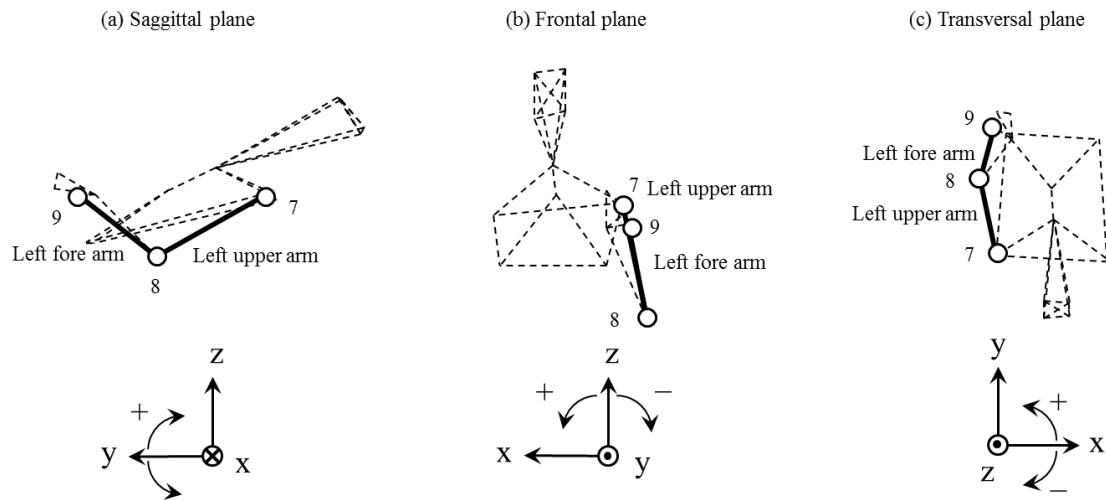


Figure 2 Analysed segments in sagittal, frontal, and transversal plane. Numbers indicate position of markers in Figure 1

めに、1 回回転時間を従属変数とし、クランク幅 (2 水準)、クランク位置 (2 水準)、座面位置・姿勢 (4 水準)、グリップ形状 (2 水準) の 4 つの要因から構成される多元配置分散分析を行った。グリップ下降時間、上昇時間を従属変数とするものも同様に行った。下位検定には Bonferroni の方法を用いた。統計分析に使用したソフトウェアは IMB SPSS Statistics 22.0.0.0 であった。

さらに、2 水準の要因において主効果がみられた場合には、時系列データに関して対応のない t 検定による水準間の比較を行った。時系列データは、左第 2 指 MP 関節座標の最上点の時点を回転周期 0%、次の最上点の時点を回転周期 100%として全対象者の 1%ごとのデータについて 1 回転周期を 100%として規格化し、時系列データの 1%ごとの数値について、水準間の比較を行った。以上の統計処理の全てにおいて危険率を 5%とした。

III. 結果と考察

1. 回転時間、下降時間、上昇時間について (表 1)

グリップの 1 回回転時間の平均値は 0.589 秒で、グリップ下降時間については、平均値が 0.305 秒、上昇時間の平均値は 0.289 秒であった。回転時間との関係は、下降時間 ($r = 0.689$, $p < 0.05$) よりも上昇時間 ($r = 0.920$, $p < 0.05$) の方が強く、グリップ最下点から最上点に引き上げるスピードが全体の回転時間に強く影響していたといえる。

また、回転時間に関する分散分析の結果、グリップ形状の違いの主効果のみ有意であったが ($F(1, 15) = 49.6$, $p < 0.05$)、有意な交互作用はみられなかった。また、グリップ下降時間については主効果、交互作用とも有意でなかったが、グリップ上昇時間については、グリップ形状の違いに有意な主効果がみられた ($F(1, 15) = 77.1$, $p < 0.05$)。この結果から、回内グリップの条件でグリップ上昇時間が短くなり、1 回回転時間が短くなったといえる。

Code	Width between grips	Crank position	Seat position	Grip	Rotation time	Downward time	Upward time
A001	150mm	Normal	Normal	Normal	0.598	0.307	0.297
A002	160mm	Normal	Normal	Normal	0.605	0.312	0.298
C001	150mm	Normal	Backward 1cm	Normal	0.598	0.305	0.298
C003	150mm	Normal	Backward 1cm and Cushion	Normal	0.600	0.308	0.297
C005	160mm	Normal	Backward 1cm	Normal	0.598	0.305	0.298
C007	160mm	Normal	Backward 1cm and Cushion	Normal	0.600	0.307	0.298
B001	150mm	Normal	Normal	Pronated	0.588	0.307	0.287
B002	160mm	Normal	Normal	Pronated	0.582	0.300	0.287
C002	150mm	Normal	Backward 1cm	Pronated	0.578	0.302	0.282
C004	150mm	Normal	Backward 1cm and Cushion	Pronated	0.578	0.297	0.287
C006	160mm	Normal	Backward 1cm	Pronated	0.588	0.307	0.287
C008	160mm	Normal	Backward 1cm and Cushion	Pronated	0.587	0.310	0.282
E001	150mm	Normal	Normal (Chest out)	Pronated	0.573	0.298	0.280
E002	160mm	Forward 2cm	Normal	Pronated	0.582	0.302	0.285
E003	150mm	Forward 2cm	Normal	Pronated	0.580	0.307	0.278
E004	150mm	Forward 2cm	Normal (Chest out)	Pronated	0.582	0.307	0.280
Mean					0.589	0.305	0.289
SD					0.010	0.004	0.008

2. 回転中のグリップスピード変化

1回転中のグリップスピード変化を1回転の時間を100%回転周期として規格化し、通常グリップと回内グリップのそれぞれの平均値を標準偏差とともに図3に示した。平均値の上下に示した細いラインは標準偏差を示している。通常グリップと回内グリップの間で有意な差のみられた局面はマーカーによってグラフに示した。

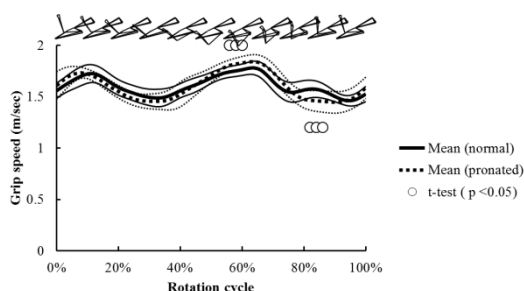


Figure 3 Grip speed for the normal and the pronated grip during one rotation cycle

グリップ最上点におけるグリップスピードは、通常グリップが 1.57 ± 0.07 m/sec であったのに対し、回内グリップでは 1.61 ± 0.13 m/sec であった。その後、通常グリップのグリップスピードは回転周期 30% の 1.49 ± 0.08 m/sec まで減少した後、一旦増加して再び回転周期 60% の 1.78 ± 0.07 m/sec まで増加し、回転周期 100% まで 1.46 ± 0.07 m/sec に減少していた。それに対して、回内グリップでは、回転周期 30% の 1.45 ± 0.07 m/sec まで減少した後、回転周期 60% の 1.84 ± 0.07 m/sec まで増加して、再び回転周期 90% の 1.44 ± 0.11 m/sec まで減少して、回転周期 100% まで 1.59 ± 0.10 m/sec に増加していた。また、回転周期 60% 付近において回内グリップのグリップスピードが通常グリップよりも有意に高く、80% 付近において有意に低かった。このことは、回内グリップにおいてグリップ最下点通過後のグリップスピードが通常グリップよりも高かったことを示している。グリップ形状の違いが1回回転時間およびグリップ上昇時間に影響し、回内グリップの方が通常グリップよりも1回回転時間、グリップ上昇時間ともに短かったことから、回内グリップにおいてグリップ最下点通過後にグリップが速く引き上げられていたことが回転時間を短くするのに影響していたと考えられる。

3. 身体各部の角速度変化

1回転中の身体各部の角速度変化について、1回転の時間を100%回転周期としてデータを規格化し、回転周期 60% 付近で通常グリップと回内グリップに有意な差がみられた局面を調べたが、左前腕の水平面内角速度について有意な差がみられた。図4は、1回転中の前腕の水平面における角速度変化を図3のグリップスピードと同様に1回転の時間を100%回転周期として規格化し、通常グリップと回内グリップのそれぞれの平均値を標準偏差とともに示したものである。正の角速度は、左肘を伸展するような動作を示し、負の角速度は左肘を屈曲するような動作を示している。また、通常グリップと回内グリップの間で有意な差のみられた局面はマーカーによってグラフに示した。

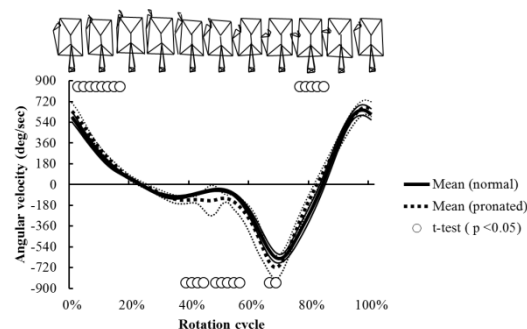


Figure 4 Angular velocities of the left forearm for the normal and the pronated grip during one rotation cycle in the transversal plane.

グリップ最上点における水平面内の左前腕角速度は、通常グリップ 588.2 ± 45.6 deg/sec であったのに対し、回内グリップでは 636.3 ± 71.2 deg/sec であった。回転周期 20% で負の値に変化した角速度は、回転周期 50% から 70% までに負の値が増加し、通常グリップでは -638.0 ± 34.7 deg/sec の、回内グリップでは -678.0 ± 88.1 deg/sec の負のピークを生じた後、回転周期 80% で再び正の値に変化し、回転周期 100% となるグリップ最上点では通常グリップが 607.9 ± 47.9 deg/sec、回内グリップでは 653.0 ± 63.9 deg/sec になっていた。また、グリップ最上点から回転周期 20% までの局面および回転周期 80% 付近において回内グリップにおける前腕の正の水平面内角速度が通常グリップよりも有意に

高かった。さらに、回転周期 40%から 60%までの局面で回内グリップにおける負の角速度が通常グリップよりも有意に高かった。

水平面内における前腕の正の角速度は、左肘を伸展するような動作を示し、負の角速度は左肘を屈曲するような動作を示している。そのため、図 4 で示された通常グリップと回内グリップの間の有意な差は、グリップ最上点からグリップを下降する局面で、回内グリップの場合に肘関節を伸展させる動作が速くなり、また回転周期の中盤であるグリップ最下点付近の局面で、肘関節を屈曲させる動作が速くなっていたことを示している。

4. 身体各部の部分角度

1 回転中の身体各部の角度変化について、グリップスピード、角速度と同様に 1 回転の時間を 100%回転周期としてデータを規格化し、回転周期 60%付近で通常グリップと回内グリップに有意な差がみられた部分を調べたが、左上腕の矢状面および前額面内の角度についての有意な差がみられた。図 5 は、1 回転中の左上腕の矢状面内 (図 5a) と前額面内 (図 5b) における角度変化を図 3 のグリップスピードと同様に 1 回転の時間を 100%回転周期として規格化し、通常グリップと回内グリップのそれぞれの平均値を標準偏差とともに示したものである。通常グリップと回内グリップの間で有意な差のみられた局面はマーカーによってグラフに示した。また、矢状面内の角度は、Y 軸に対する左上腕のなす角度を示し、負の角度の増加は左肩関節を伸展するような動作が行われたことを示している。前額面内の角度は、Z 軸に対する左上腕のなす角度を示し、負の角度の増加は左肩関節を内転するような動作が行われたことを示している。

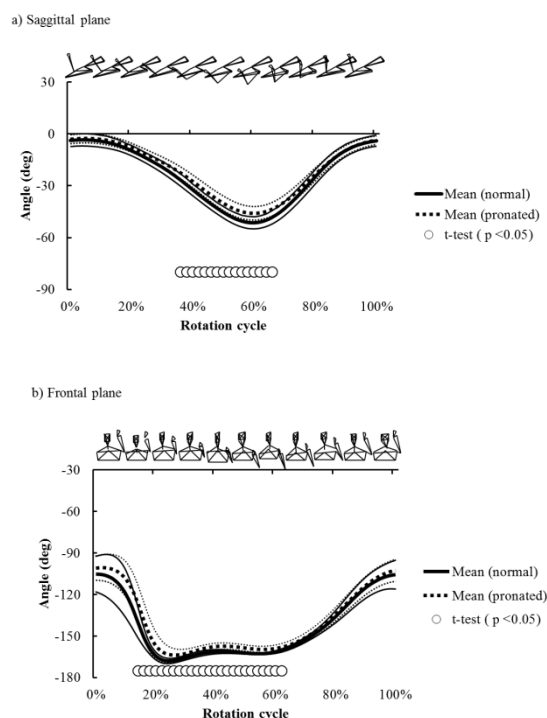


Figure 5 Angles of the left upper arm for the normal and the pronated grip during one rotation cycle in a) the Sagittal plane and b) the Frontal plane

矢状面内の左上腕角度は、グリップ最上点では通常グリップで -3.8 ± 3.5 degであったのに対し、回内グリップでは -3.1 ± 2.6 degであった。その後、回転周期 60%まで負の角度が増加し、通常グリップでは -51.3 ± 3.5 deg、回内グリップでは -45.9 ± 3.9 degの負のピークを生じた後、グリップ最上点まで負の角度が減少していた。回転周期 100%となるグリップ最上点では通常グリップが -4.0 ± 3.1 deg、回内グリップで -3.6 ± 2.5 degになっていた。また、回転周期 35%から回転周期 70%までの局面において回内グリップでの上腕の負の矢状面内角度が通常グリップよりも有意に小さかった。

前額面内の左上腕角度は、グリップ最上点では通常グリップで -105.3 ± 12.9 degであったのに対し、回内グリップでは -101.0 ± 8.8 degであった。その後、回転周期 20%まで負の角度が増加し、通常グリップでは -168.0 ± 1.9 deg、回内グリップでは -163.7 ± 4.7 degの負のピークを生じた後、その後、回転周期 60%からグリップ最上点まで負の角度の減少が急になっていた。回転周期 100%となるグリップ

ブ最上点では通常グリップが -105.7 ± 10.4 deg, 回内グリップで -102.5 ± 8.0 deg になっていた。また、回転周期 15%から回転周期 60%までの局面において回内グリップでの上腕の負の前額面内角度が通常グリップよりも有意に小さかった。

矢状面内における上腕の負の角度の増加は、左肩関節を伸展するような動作を示し、前額面内における上腕の負の角度の増加は、左肩関節を内転するような動作を示している。そのため、図 5 で示された矢状面内および前額面内における通常グリップと回内グリップの間の有意な差を合わせて考えると、回内グリップの場合には、回転周期 15%から回転周期 60%までの局面において通常グリップと比較して肩関節の伸展が小さく、外転が大きかったといえる。

肩関節の伸展が小さい姿勢では、肘関節はクランク軸に対して Y 軸方向により近い位置にあり、また、肩関節がより外転した姿勢では、肘関節は体側から離れた位置にあることになる。肘関節がこのような位置にあった場合に、肘関節の屈曲によってグリップを手前に引くような前腕の角速度が大きかったことから、これらの動作が、ハンドサイクル漕行動作において、より短い回転時間を得るために有効であったと考えられる。

IV. まとめ

本研究の目的は、1名のハンドサイクル競技者を被験者として、ハンドサイクル漕行動作でより短いクランク回転時間を得るためのクランク条件、シート条件、グリップ条件を検討するための知見を得ることであった。3次元動作分析法によって漕者の身体各部分のキネマティクス分析を行い、多元配置分散分析を行った結果、グリップ条件に関して有意な主効果がみられ、前腕が回内するようなグリップを用いた場合に、グリップ最下点からグリップを引き上げる局面のグリップスピードが速くなっていた。また、上腕の伸展が小さく、より外転していて、前腕の屈曲が速くなっていた。以上の結果から、ハンドサイクル漕行動作

において、前腕が回内位となるようなグリップがより短い回転時間を得るために有効であったことが示唆された。

V. 現場への応用

今回の分析の結果、ハンドサイクル漕行動作でグリップ回転時間を短くするためには、グリップ最下点付近のグリップの下降から上昇への切り替える局面において肘関節の屈曲によって前腕を素早く前方に引き寄せることでグリップ速度を高めることが重要なことが示唆された。また、このような条件を満たす車両条件として前腕回内位になるようなグリップ形状が有効であることが示唆された。

今回の分析では 2 種類のグリップ形状と、2 種類のクランク位置、2 種類のクランク幅、4 種類の座面位置の条件での分析であったが、今後は、これらの条件の水準を増やして最適な車両条件を検討することが重要であると考えられる。

V. 文献

- 1) Dallmeijer A.J., Ottjes L., de Waardt E. and van der Woude L.H. A physiological comparison of synchronous and asynchronous hand cycling. *Int. J. Sports Med.* : 25, 622-626, 2004.
- 2) Faupin A. and Gorce P. The effects of crank adjustments on handbike propulsion: A kinematic model approach. *Int. J. Ind. Ergo.*, 38: 577-583, 2008.
- 3) Faupin A., Gorce P., Meyer C. and Thevenon A. Effects of backrest positioning and gear ratio on nondisabled subjects' handcycling sprinting performance and kinematics. *J. Rehabil. Res. Dev.*, 45: 109-116, 2008.
- 4) Faupin A., Gorce P., Watelain E., Meyer C., and Thevenon A. A biomechanical analysis of handcycling: A case study. *J. Appl. Biomech.*,

- 2: 240-245, 2010.
- 5) Goosey-Tolfrey V.L., Alfano H. and Fowler N.
The influence of crank length and cadence on
mechanical efficiency in hand cycling. Eur. J.
Appl. Physiol., 102: 189-194, 2008.
- 6) 公益財団法人日本自転車競技連盟.
http://jcf.or.jp/wp2012/wp-content/uploads/downloads/2013/01/16_Para-Cycling.pdf, 2013.
- 7) 齊藤 直. ハンドサイクルの紹介 (特集 障害者
スポーツのニューウェーブ). ノーマライゼーシ
ョン, 26(5) : 18-21, 2006.
- 8) 齊藤 直. ハンドサイクルのすすめ (第1回).
リハビリテーション, 506 : 19-23, 2008.
- 9) 齊藤 直. ハンドサイクルのすすめ (第2回).
リハビリテーション, 507 : 22-26, 2008.
- 10) 鈴木立人, 内山寛信, 立山 工, 倉田純一, 村
上佳広. ハンドサイクルにおけるクランク回転駆
動の負担評価. 舞鶴工業高等専門学校紀要, 45 :
9-14. 2010.

Abstract

Kinematic analysis for the upper extremity of the hand cyclist disabled in lower extremities on cranking with various handgrip and seat positions

The purpose of study was to investigate the kinematic parameters of the upper extremities during the cranking motion on the hand cycle with various handgrip and seat position by using three-dimensional motion analysis method. Subject of the present study was one skilled hand cyclist disabled in lower extremities, who participated international competitions. Experiment was conducted in the laboratory with Vicon Nexus system (Oxford Metrics Inc.) on the sampling rate of 200Hz. Twenty infrared reflective markers were put on the upper extremities and torso of the subject and two markers were on the crank axis of the hand cycle, fixed on the floor. Sixteen attempts with various handgrip and seat positions on the hand cycle were recorded. The time of one rotation of the crank significantly related to the upward rotation time of the crank. The speed of the crank end (handgrip) during one rotation cycle was significantly related to the one rotation time and the upward rotation time. The elbow flexion at the bottom of rotation may likely contribute to the short one rotation and upward rotation time. These motions might be induced with the pronated position of the handgrip.

Key Words: Hand cycle, Adapted sports, Crank, Seat, Grip speed