

自転車競技における股関節漕ぎペダリングドリルの導入が一定パワー発揮時の実施感やペダリング動作及び回転踏力に及ぼす影響

山口大貴¹⁾, 金高宏文²⁾, 黒川剛²⁾, 小森大輔²⁾, 永原隆²⁾, 近藤亮介³⁾

¹⁾スマートコーチング

²⁾鹿屋体育大学

³⁾神戸大学大学院人間発達環境学研究科博士課程後期課程

キーワード: クランクトルク, 大学生, 運動意識, 補助運動

【要旨】

本研究は、自転車競技におけるペダリング技術の改善に資する実践的な知見を得るために、股関節漕ぎを導こうとするペダリングドリルが、大学自転車競技者のペダリング中の実施感や動作及び回転踏力へどのように影響するのか検討した。そのために、股関節漕ぎペダリングドリルにより導かれた股関節漕ぎ(HPT)と大学競技者が既に身に着けているオリジナルの漕ぎ方(PPT)とを「一定パワー発揮時」の場面を想定して比較検討した。その結果、HPTとPPTのペダリング運動時の動作及び被験者の実施感は異なるものであった。その際、ペダリングドリルで導くことができるHPTは、大学自転車競技者が独自に身に着けているPPTよりも下肢の動作がコンパクトで無駄がなく効率的な漕ぎ方である可能性が示唆された。

スポーツパフォーマンス研究, 9, 157-170, 2017年, 受付日: 2016年4月2日, 受理日: 2017年3月27日

責任著者: 金高宏文 891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町1番地 kintaka@nifs-k.ac.jp

Effects of a hip pedaling technique drill on solid feeling, pedaling motion, and pedaling power in a constant power demonstration in cycling competitions

Hiroki Yamaguchi¹⁾, Hirofumi Kintaka²⁾, Takeshi Kurokawa²⁾, Daisuke Komori²⁾,
Takashi Nagahara²⁾, Ryosuke Kondo³⁾

¹⁾ Smart Coaching

²⁾ National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

³⁾ Graduate School, Kobe University

Key words: crank torque, university student cyclists, consciousness of motion, auxilliary motion

[Abstract]

The aim of the present study was to collect practical information useful for improving cyclists' pedaling technique in cycling competitions. Effects of a hip pedaling technique drill on the solid feeling, pedaling motion, and pedaling power of university cyclists were examined. The hip pedaling technique (HPT) was compared in a constant power demonstration to a preferred pedaling technique (PPT) that the participants, university cyclists, had already been using. The results revealed differences between the hip pedaling technique and the preferred pedaling technique in the cyclists' pedaling motion and solid feeling. The hip pedaling technique may result in more compact and efficient motion of the lower legs when pedaling than the preferred pedaling technique that these university cyclists had been using.

I. 研究の背景と目的

筆者は、大学3年次から自転車競技を開始し、約1年半後の大学4年次に全日本学生大会入賞、大学院2年次には全日本選手権で優勝することができた。この急激な競技パフォーマンスの向上は、自転車のペダリング運動時の漕ぎ方を競技開始時の「膝関節漕ぎ」から「股関節漕ぎ(注)」へ変更・体得したことが大きな要因であった(山口ほか, 2015a, 2015b)。(注)股関節漕ぎとは、股関節の伸展と屈曲を強調し、大腿前部があまり疲労しない漕ぎ方。以後、HPT(Hip Pedaling Technique)と示す。図1のように膝関節漕ぎと股関節漕ぎではペダルに力を与える運動意識も異なる。

筆者の行っていた膝関節漕ぎは、膝関節の伸展を強調して実施するもので、大腿前面が疲労する漕ぎ方(図1左)であった。一方、股関節漕ぎは股関節の伸展と屈曲を強調し、大腿前部があまり疲労しない漕ぎ方(図1右)であった。しかし、股関節漕ぎの習得には約1年間という期間を要した。

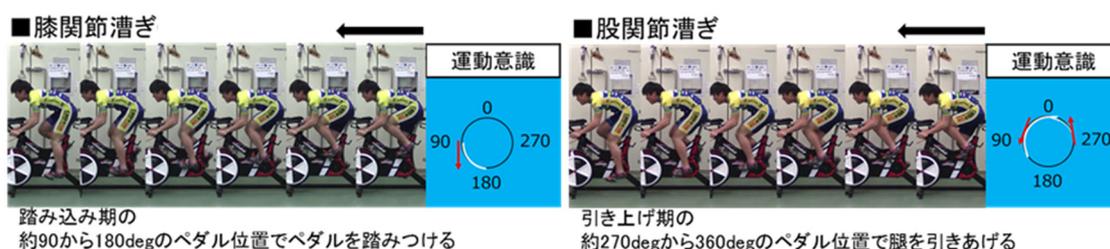


図1.膝関節漕ぎ・股関節漕ぎの違い(山口ほか, 2015a を参考に漕ぎ方を図示)

各図の右側の円における矢印等は、ペダリングにおける踏み込みや引き上げの運動意識(注)を模式的に示したものである。0 はペダル(足)が一番上にある時を示し、180 はペダル(足)一番下にあるときのポジションを示している。

(注)運動意識: 競技者が四肢等を動かそうとする動きの(動感)志向性のこと。

筆者が HPT を体得できた背景には、ペダリング運動中の大腿前部の意識を、大腿後面へと向けられるようにすることが重要と考え、筆者自身が試行錯誤しながら発案した補助運動(以後:ペダリングドリル)の実施があった。補助運動(図2, [動画1](#))とは、技術の一部あるいはその全体を身振りで練習するもの(金原, 1983)である。しかし、筆者の発案した HPT の運動意識を導くペダリングドリルは、他の自転車競技者にどのような影響を及ぼすかは分からない。第三者である他の競技者が普段行っている漕ぎ方と、ペダリングドリルを適用した後の HPT の漕ぎ方において、ペダリング動作や回転踏力及び実施感に変化し有効であることが検証されれば、ペダリングドリルの普及を推奨することが出来る。

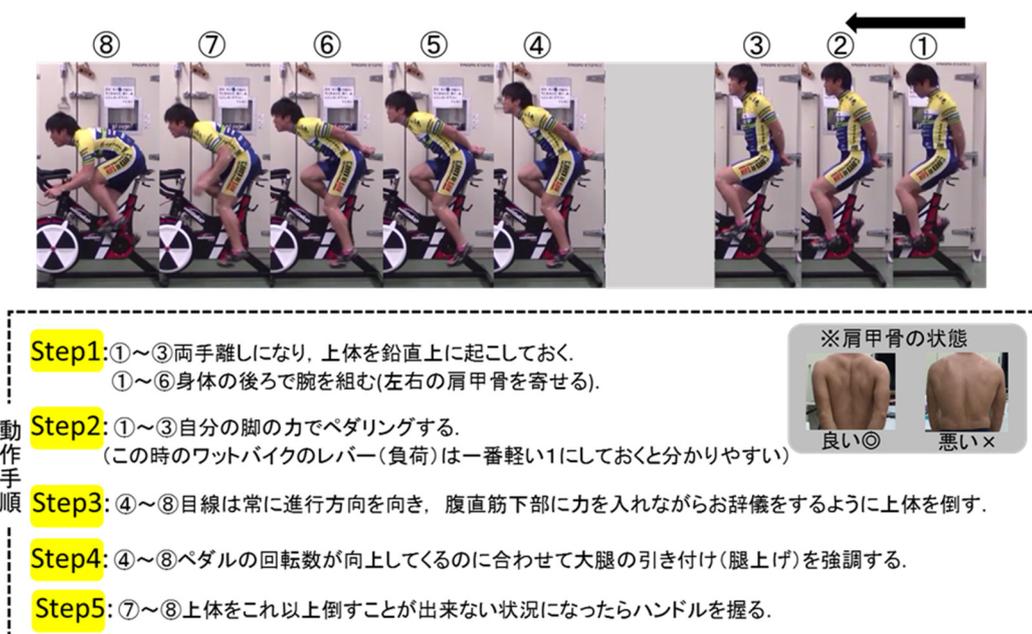


図2.筆者が発案したペダリングドリルの

そこで, 本研究では筆者自身が発案した HPT の運動意識を導くペダリングドリルの導入が, 大学自転車競技者のペダリング中の運動意識やペダリング動作及び回転踏力にどのような即時的影響を及ぼすかを検証した。

II. 研究方法

1. 被験者

被験者は, 男子大学自転車競技者8名とした。被験者のプロフィールは表1に示す通りである。

表1. 被験者プロフィール

被験者	専門種目	身長(m)	体重(kg)	年齢(歳)	競技歴(年数)	備考欄
A	長距離	1.63	58.3	21	7	全日本学生CH:クリテリウム3位
B	長距離	1.65	55.2	19	4	アジア大学選手権:クリテリウム10位
C	短距離	1.78	85.0	21	7	全日本IC:ケイリン1位
D	長距離	1.70	63.8	18	4	ツールド沖縄:ジュニア3位
E	短距離	1.70	70.2	24	4	全日本CH:チームスプリント1位
F	中長距離	1.73	61.3	22	4	全日本IC:チームパーシュート2位
G	長距離	1.68	62.0	19	1	ツールド沖縄:市民9位
H	短距離	1.77	86.0	20	10	全日本学生CH:ケイリン6位
平均値	-	1.71	67.7	20.5	5.1	-
標準偏差	-	0.05	11.8	1.9	2.7	-

被験者には, 事前に研究の目的と実験内容, 実験による怪我の危険性や必ずしも参加の承諾をしなくてもよいこと, いかなる時にも中断出来ることを説明し, 実験に対する同意を得た。

なお, 本研究は鹿屋体育大学研究倫理委員会の承認(課題番号:第 6-25 号)を得て行った。

2. 実験

本実験では, Matthew ら(2014)が行った運動試験においても信頼性が得られている, 空気抵抗式

自転車エルゴメーター(watt bike pro,日本サイクス社製)を用いた。なお、当該自転車エルゴメーターからは、回転数(rpm),パワー(watt)及び回転踏力(N)のデータが取得できる。

また、自転車ペダリング運動における動作は、被験者の身体 38ヶ所(Helen Heys, 図 3)にマーカーを取り付け、12 台の光学式モーションキャプチャーシステム(nac 社, MAC3D)により、300Hz(シャッター速度 1/1500 秒)で三次元座標データを収集した。

マーカーを全身に貼付したのは、撮影した三次元映像を分析以外に被験者自身がフィードバックとして見ることで、競技力向上に役立てるためであった。

更に、PPT 試技との比較で HPT のペダリング中の実施感について聴取した。

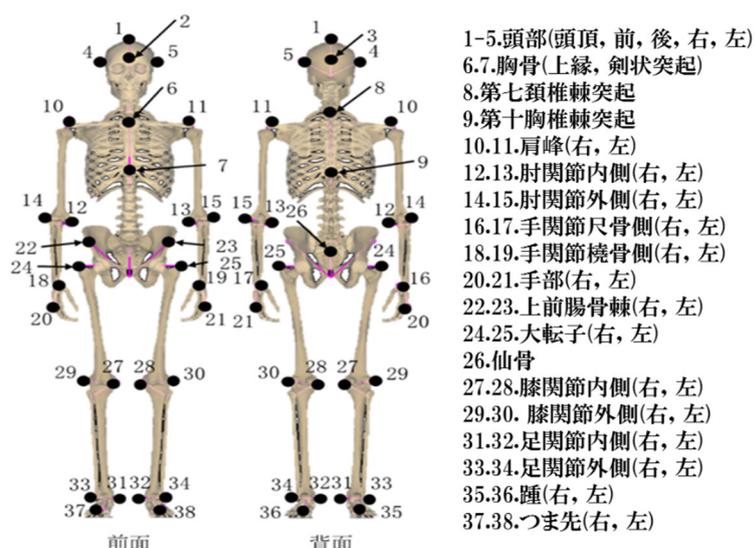


図3. 測定用身体マーカー

1)実験試技

実験は被験者には十分なウォームアップ(W-up)を行わせ、被験者が普段行っている漕ぎ方(PPT)と股関節漕ぎ(HPT)の運動意識で行う試技を行わせた。

各試技では、評価を行いやすいように用いた回転数・パワーは、先行研究(赤羽ほか, 2003)を手がかりに 90rpm・300Wで行うこととした。また実験中は、90bpm のメトロノームの音を聞きながら、音に合わずようにペダリング運動を行うこととした。

各試技は運動意識の混乱や運動転移等を考慮して、試技の順番は以下の通りに実施した。なお、試技間の間は、十分な回復を取れるように約 10 分の休息をはさみながら実施した。

W-up → PPT → ペダリングドリル → HPT

① オリジナル漕ぎ(PPT:Preferred Pedaling Technique)

被験者が個人毎に行っている漕ぎ方とした。

② 股関節漕ぎ(HPT:Hip Pedaling Technique)

図4に示すように、股関節の伸展と屈曲を強調し、大腿前部があまり疲労しない漕ぎ方とした。なお

股関節漕ぎの前には運動意識を導きやすいように筆者が考案したペダリングドリル(図2・動画1)を実施した。

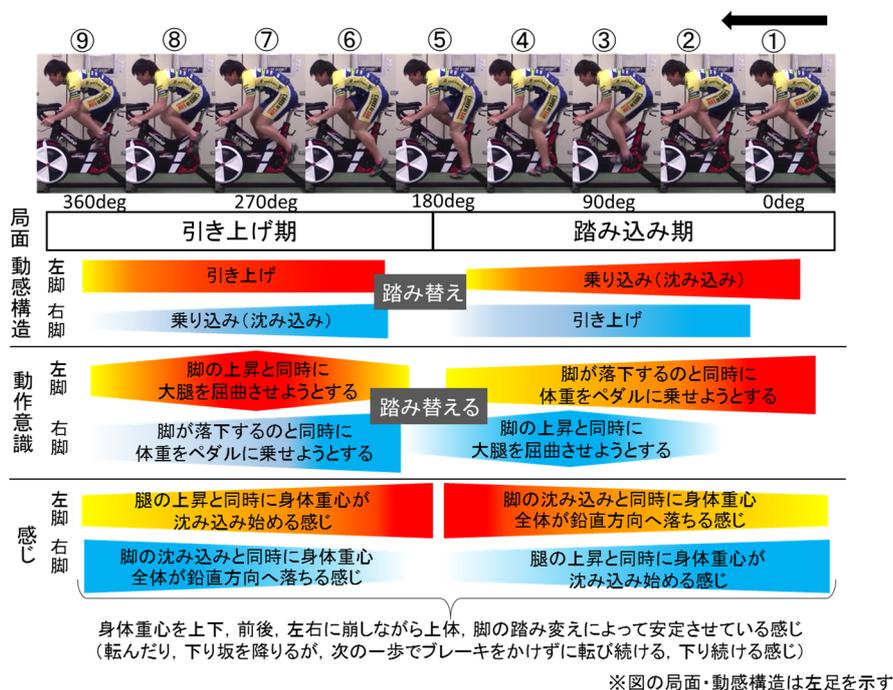


図4. HPT の運動意識の特徴

③ ペダリングドリル(PD: Pedaling Drill)

筆者がペダリングドリルを発案しようと思った背景は、競技者がペダリングする際により高いパワーを長時間維持できる方法はないのか、自身の体重を最大限生かす方法はないか、また簡易的で効果的な方法はないか考えたことであった。ペダリングドリルは、サドルからペダルへと徐々に体重の移動を感じることで、ペダルを踏みつける意識をすることなく、腿を引き上げるだけで体重がペダルに乗る感覚を実感しやすいと考えている。図2にも示すようにペダリングドリルの実施のポイントは、以下のようなものであった。

- 1) 両手離しになり、上体を鉛直上に起こしておく。次に身体の後ろで腕を組む(左右の肩甲骨を寄せる)。
- 2) 自分の脚の力でペダリングする(この時のワットバイクのレバー(負荷)が一番軽い1にしておくとう分かりやすい)。
- 3) 視線は常に進行方向を向き、腹直筋下部に力を入れながらお辞儀をするように上体を倒す。
- 4) ペダルの回転数が向上してくるのに合わせて大腿の引き付け(腿上げ)を強調する。この時、サドルに乗っていた体重の割合がペダルに対して移動されていく感じがする。また、ペダルを踏みつけなくても上体が倒れるにつれてペダルの回転が上がってくる感覚がある。
- 5) 上体をこれ以上倒すことが出来ない状況になったらハンドルを握る。ハンドルを握ってからはハンドルにかかる負荷は腕の重さだけで、押すような動作はしないようにする。

3. 回転数, パワー及び回転踏力の分析

自転車エルゴメーター (watt bike) から得られた回転踏力は, 左右両方の回転踏力を見るのではなく, 右側のクランクが一周する際の回転踏力を対象に分析を行った.

各被験者ともに1分間の実験試技中, 回転が最も安定した 10 回転を分析対象とし, 10 回転の平均値を各被験者の 1 回転における代表値とした. なお, 各被験者の 1 回転の値は, クランク1回転分 360deg のデータを 1deg 毎に規格化し, 10 回転分を平均することで求めた.

- 1) 回転数 (rpm) : 1 分間のクランクの回転数.
- 2) パワー (watt) : $\text{パワー (w)} = \text{トルク (N} \cdot \text{m)} \times \text{回転数 (rpm)} \times 2\pi / 60$ (藤井, 2008)
- 3) 回転踏力 (N) : チェーン張力からクランクの接線方向へ加わった力が算出されるもの (図5).

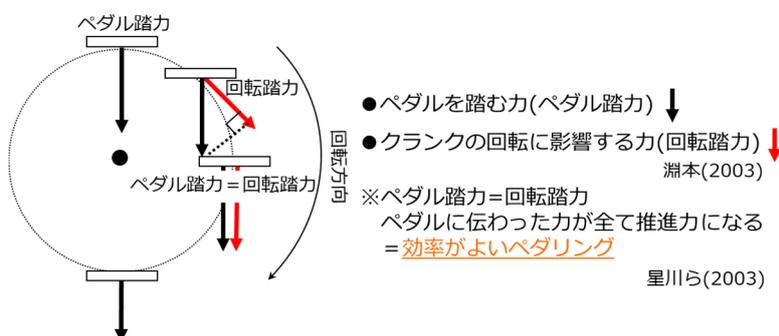


図5. ペダル踏力と回転踏力の関係

4. ペダリング動作の分析

ペダリング動作の分析は, 光学式モーションキャプチャーシステムで得られた3次元座標を元に, Cortex-64V5.3 (Motion Analysis 社製) を用いて, 図6に示す下肢及び体幹における部分・関節の角度及び角速度を求めた. なお, 3次元座標の遮断周波数は, 撮影速度の 1/10 である 30Hz とした.

また, 部分・関節の角度及び角速度は, 回転踏力同様に各被験者ともに1分間に渡って一定回転数が生じた区間の 10 回転を分析対象とし, 10 回転の平均値を各被験者の1回転における代表値とした. なお, 各被験者の1回転の値は, クランク1回転分 360deg のデータを1deg 毎に規格化し, 10 回転分を平均することで求めた.

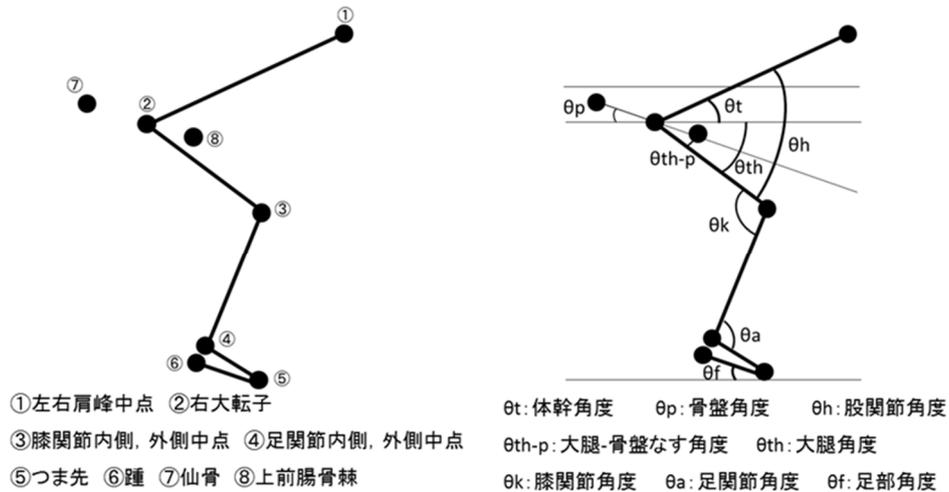


図6.部分・関節角度の定義

5. 統計分析

試技毎の分析項目の比較は, 平均値及び標準偏差を求め検討した. HPT と PPT の差異は, 対応のあるt検定を用いて検討した. なお, 有意水準は 5%以下とした.

III. 結果

1. 回転数・パワー及び回転踏力とペダリングドリルによる実施感の変化

表2は, HPT と PPT の回転数, パワー, 回転踏力を比較したものである.

表2.回転数, パワー, 回転踏力の比較

変数	HPT (n=8)		PPT (n=8)		有意性
	平均値	(標準偏差)	平均値	(標準偏差)	
回転数 (rpm)	91.3	(2.3)	90.5	(1.4)	n. s.
パワー (W)	309.3	(21.9)	298.1	(13.8)	n. s.
最大値	275.2	(14.1)	267.2	(29.5)	n. s.
最小値	98.8	(14.0)	87.7	(16.2)	n. s.
回転踏力 (N)	191.9	(61.9)	179.5	(60.9)	n. s.
標準偏差	63.5	(8.2)	62.3	(6.8)	n. s.

n. s. : 有意差なし

両試技とも設定した 90rpm 付近で実施され, 有意な差は認められなかった. 1 回転あたりの回転踏力の平均値, 標準偏差, 最大値及び最小値には有意な差が認められなかった. 図7は, HPT と PPT の1回転中の回転踏力のペダル角度毎の変化を示したものである. 両試技間で, 約 150-180deg, 約 320-350deg において有意な差が生じていた(p<0.01).

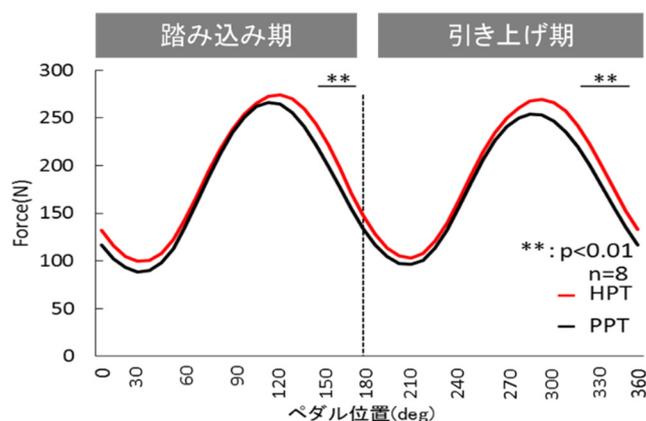


図7.1回転中の回転踏力のペダル角度毎の変化

表3は、ペダリングドリルによる運動意識の変化を表したものである。ペダリングドリルによって運動意識を導くことが出来た者には表中に○で印をして示している。全ての被験者でペダリングドリルの運動意識を導くことが出来た。また、HPTの実施感もPPTのものとは異なり「体重をうまく利用してペダリングが出来た」というものであった。

表3.ペダリングドリルによる運動意識の変化

被験者	PDの運動意識	HPTの実施感
A	○	ペダルに対する体重のかけ方が変わり、真下で踏んでいたのが高い位置から踏み込めるようになった
B	○	体幹で身体を支えて重心を低く保てた
C	○	まだ慣れていない為、現時点ではリラックスするところまでは出来なかったが、左右の脚の切り返しがスムーズになり脚が回った
D	○	重心移動が意識し易くて今までよりも楽にペダルに力を伝えることが出来て驚いた
E	○	ペダルを踏む感覚はなく、体重を落としているだけ
F	○	ペダルが勝手に回る感じがした
G	○	無理にペダルを踏みつける感覚はなく、ペダルが勝手に回る感じがした
H	○	急に脚の回転が上がっていく感じがした

2. 関節・部分における角度及び角速度

図8は、HPTとPPTのペダル1回転中の部分・関節角度及び角速度を示したものである。

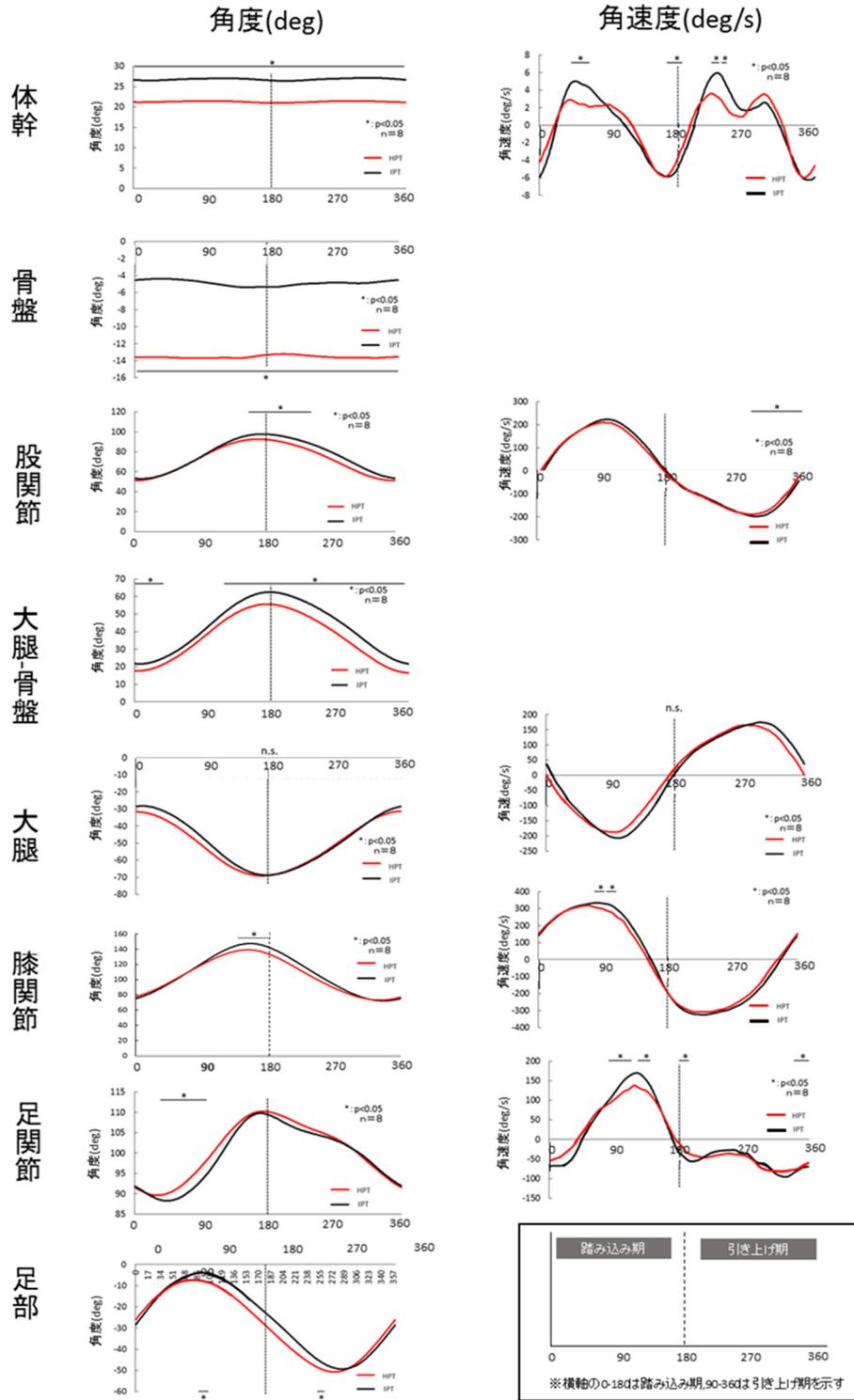


図8.HPTとPPTのペダル1回転中の部分・関節角度及び角速度

表4と表5は、HPTとPPTの部分・関節角度と角速度及び動作範囲を示したものである。

表4.HPTとPPTの部分・関節角度と動作範囲の比較

部位	局面	HPT	PPT	P値	有意性	部位	局面	HPT	PPT	P値	有意性		
体幹	踏み込み期	最大値	22.1 (4.7)	26.5 (4.5)	0.01	**	大腿	踏み込み期	最大値	-30.9 (4.6)	-27.3 (5.4)	0.07	n.s.
		最小値	21.1 (5.1)	25.5 (4.7)	0.01	*			最小値	-69.6 (4.6)	-68.9 (3.8)	0.94	n.s.
		動作範囲	1.0 (0.5)	0.9 (0.3)	0.68	n.s.			動作範囲	38.7 (1.4)	41.5 (3.4)	0.07	n.s.
	引き上げ期	最大値	22.1 (4.5)	26.5 (4.6)	0.01	*		引き上げ期	最大値	-29.7 (5.5)	-27.5 (5.1)	0.08	n.s.
		最小値	21.0 (5.1)	25.5 (4.7)	0.01	*			最小値	-68.8 (5.3)	-68.7 (3.8)	0.93	n.s.
		動作範囲	1.0 (0.7)	1.0 (1.0)	0.76	n.s.			動作範囲	39.1 (2.4)	41.2 (3.2)	0.08	n.s.
骨盤	踏み込み期	最大値	-12.9 (6.3)	-5.2 (5.7)	0.00	**	膝関節	踏み込み期	最大値	140.9 (6.1)	147.2 (4.2)	0.02	*
		最小値	-14.0 (6.5)	-6.9 (6.5)	0.01	**			最小値	74.8 (2.5)	74.9 (4.9)	0.94	n.s.
		動作範囲	1.2 (0.7)	1.7 (1.0)	0.37	n.s.			動作範囲	66.2 (5.7)	72.3 (1.9)	0.03	*
	引き上げ期	最大値	-12.7 (6.1)	-5.2 (5.6)	0.00	**		引き上げ期	最大値	134.2 (10.5)	142.2 (4.9)	0.04	*
		最小値	-14.2 (6.4)	-6.9 (6.5)	0.01	**			最小値	74.8 (2.6)	71.8 (5.0)	0.74	n.s.
		動作範囲	1.5 (0.7)	1.7 (1.1)	0.76	n.s.			動作範囲	59.4 (3.8)	70.4 (1.8)	0.02	*
股関節	踏み込み期	最大値	90.4 (4.3)	96.1 (3.5)	0.00	**	足関節	踏み込み期	最大値	110.1 (7.2)	111.0 (5.8)	0.68	n.s.
		最小値	47.8 (6.6)	49.8 (6.1)	0.49	n.s.			最小値	97.5 (6.1)	92.8 (7.9)	0.02	*
		動作範囲	42.6 (5.0)	46.3 (3.8)	0.12	n.s.			動作範囲	12.6 (6.7)	18.2 (10.1)	0.03	*
	引き上げ期	最大値	89.8 (4.0)	95.9 (3.6)	0.00	**		引き上げ期	最大値	111.8 (8.2)	112.5 (6.5)	0.70	n.s.
		最小値	45.8 (6.6)	50.3 (6.1)	0.10	n.s.			最小値	101.7 (8.6)	97.0 (7.9)	0.21	n.s.
		動作範囲	44.0 (5.0)	45.6 (3.7)	0.47	n.s.			動作範囲	10.1 (5.4)	15.4 (10.0)	0.14	n.s.
大腿-骨盤	踏み込み期	最大値	55.5 (6.6)	62.0 (7.5)	0.03	**	足部	踏み込み期	最大値	-9.0 (7.3)	-4.9 (6.2)	0.00	***
		最小値	18.0 (6.6)	22.1 (6.9)	0.00	**			最小値	-33.0 (8.7)	-32.1 (7.7)	0.00	***
		動作範囲	37.5 (1.3)	39.9 (3.4)	0.10	n.s.			動作範囲	24.0 (5.6)	27.2 (5.2)	0.43	n.s.
	引き上げ期	最大値	54.6 (7.9)	61.8 (7.3)	0.00	**		引き上げ期	最大値	-25.2 (6.4)	-21.7 (4.7)	0.01	**
		最小値	17.0 (7.9)	22.3 (6.9)	0.01	**			最小値	-53.3 (9.0)	-51.8 (7.7)	0.11	n.s.
		動作範囲	37.6 (2.4)	39.6 (3.3)	0.12	n.s.			動作範囲	28.1 (4.5)	30.1 (5.9)	0.07	n.s.

*:p<0.05, **:p<0.01, ***:p<0.001, n.s.:有意差なし

表5.HPTとPPTの部分・関節角速度の比較

部位	期	値	HPT	PPT	P値	有意性
体幹	踏み込み期	最大値	8.0 (4.7)	9.2 (4.3)	0.41	n.s.
		最小値	-10.1 (3.6)	-11.4 (4.6)	0.16	n.s.
		動作範囲	18.1 (1.1)	20.6 (0.7)	0.00	**
	引き上げ期	最大値	10.2 (5.4)	11.2 (6.3)	0.56	n.s.
		最小値	-10.3 (5.8)	-10.4 (5.3)	0.87	n.s.
		動作範囲	20.5 (0.9)	21.6 (1.0)	0.00	**
股関節	踏み込み期	最大値	225.9 (12.2)	235.4 (20.2)	0.18	n.s.
		最小値	-60.0 (21.4)	-50.2 (5.5)	0.19	n.s.
		動作範囲	165.9 (10.8)	185.6 (14.7)	0.00	**
	引き上げ期	最大値	15.4 (51.3)	-18.2 (14.5)	0.14	n.s.
		最小値	-207.5 (17.2)	-208.4 (18.5)	0.79	n.s.
		動作範囲	222.9 (16.1)	190.2 (14.0)	0.00	**
大腿	踏み込み期	最大値	54.8 (25.6)	35.9 (6.7)	0.10	n.s.
		最小値	-206.9 (13.9)	-215.6 (19.8)	0.38	n.s.
		動作範囲	261.7 (39.5)	251.7 (33.5)	0.00	**
	引き上げ期	最大値	198.7 (51.6)	181.9 (15.1)	0.40	n.s.
		最小値	-51.5 (18.0)	17.2 (10.1)	0.13	n.s.
		動作範囲	250.2 (33.6)	209.1 (25.2)	0.00	**
膝関節	踏み込み期	最大値	316.7 (27.7)	339.1 (27.8)	0.03	*
		最小値	-203.2 (60.4)	-191.7 (24.9)	0.50	n.s.
		動作範囲	519.9 (88.1)	530.8 (52.7)	0.00	**
	引き上げ期	最大値	161.1 (61.1)	140.1 (10.4)	0.35	n.s.
		最小値	-320.5 (37.3)	-329.5 (15.4)	0.09	n.s.
		動作範囲	481.6 (78.4)	469.6 (25.8)	0.00	**
足関節	踏み込み期	最大値	126.7 (29.6)	133.8 (50.5)	0.44	n.s.
		最小値	-65.5 (30.5)	-80.7 (31.2)	0.15	n.s.
		動作範囲	192.2 (50.1)	214.5 (81.7)	0.00	**
	引き上げ期	最大値	9.6 (38.5)	14.0 (44.3)	0.38	n.s.
		最小値	-91.6 (16.0)	-90.1 (40.9)	0.85	n.s.
		動作範囲	101.2 (27.9)	104.1 (81.6)	0.00	**

n.s.:有意差なし

※測定値は平均値(標準偏差)で示した

両試技間における1回転中の部分・関節の有意な差は、体幹、骨盤、股関節、大腿-骨盤のなす角、足関節、足部に認められたが、大腿、膝関節では認められなかった。

体幹と骨盤の角度は、HPT が PPT より1回転を通じて常に有意に小さかった。股関節の角度は、HPT が PPT より約 170-230deg 付近や踏み込み期と引き上げ期の最大値で有意に小さかった。大腿-骨盤のなす角度は、HPT が PPT より約 0-40deg, 約 120-360deg や踏み込み期の最大値, 最小値, 引き上げ期の最大値, 最小値で有意に小さかった。膝関節の角度は、HPT が PPT 約 125-180deg 付近や踏み込み期と引き上げ期の最大値で有意に小さかった。足関節の角度は、約 30-90deg 付近や、踏み込み期の最小値で有意に大きかった。足部の角度は、HPT が PPT より約 80-100deg, 約 240-270deg や踏み込み期の最大値, 最小値, 引き上げ期の最大値, 最小値で有意に小さかった。

両試技間における1回転中の部分・関節角速度の有意な差は、体幹、股関節、膝関節、足関節に認められたが、大腿では認められなかった。

両試技間における動作範囲は、HPT が PPT より踏み込み期と引き上げ期の膝関節で有意に小さく、足関節では HPT が PPT より有意に小さかった。引き上げ期では、有意差はなかった。

IV. 考察

本研究では、自転車競技における一定の回転数・パワーで漕いでいる局面を想定して、股関節漕ぎ(HPT)や被験者個人が持つオリジナル漕ぎ(PPT)の運動意識が“一定パワー発揮時”のペダリング中の動作及び回転踏力に及ぼす影響を検討した。

1. HPTとPPTといった運動意識が回転踏力や動作に及ぼす影響

① 回転踏力の比較

実験試技として行った HPT と PPT との間では、一回転あたりの回転数、パワー、回転踏力の平均値は有意な差が認められなかった(表2)。このことは、本研究における実験条件の“一定パワー”のペダリングが確かに行われていたことを示している。

1回転中の回転踏力では、踏み込み期後半と引き上げ期後半の一部で HPT の回転踏力が高い区間が確認された(図7)。これは、HPT が PPT よりもクランクの回転に影響する力発揮をしていたことが考えられた。しかし、踏み込み期前半や回転踏力の最大値、最小値、標準偏差の平均値を比較してみると、有意な差が認められなかった。このことは、概ね HPT と PPT の回転踏力の変動に差はなく、HPT と PPT では一部回転踏力が高い区間が確認されたものの、類似した回転踏力が発揮されていたと考えることができる。つまり、本研究の被験者は、股関節漕ぎ(HPT)と似た回転踏力を発揮する技能を習得している傾向にあると考えられた。

② 動作の比較

では、HPT と PPT の運動意識の違いは、どのようなペダリング動作の違いを生じさせているのであろうか？

HPT と PPT の両試技間における 1 回転中の部分・関節角度の有意な差は、体幹、骨盤、股関節、大腿-骨盤のなす角、足関節、足部に認められた(図8)。部分・関節角度と角速度における踏み込み期及び引き上げ期の比較では、体幹、骨盤、股関節、大腿-骨盤のなす角、膝関節、足関節、足部において差が認められた(表4)。

体幹と骨盤の角度や角速度の比較を行った結果、サドルの座る位置には変化はなかったが、HPT は PPT より深い前傾姿勢でペダリングを行っていた。ペダルに対して体重を乗せて主観的努力度を下げてペダリングが出来た際、HPT は PPT より骨盤を前傾させ、体幹をあまり動かさないでいると考えられた。股関節、大腿-骨盤なす角の踏み込み期及び引き上げ期の最大値は HPT より PPT において低い値を示した。膝関節においても踏み込み期の最大値で HPT は低い値を示し動作範囲も有意に狭いものであった。これらのことから HPT の動作はコンパクトなものと考えられた。足関節でも HPT は PPT と比較して動作範囲が狭いものであったことから、足とペダルの軌道である直径 34cm(watt bike のクランク長は 17cm)の円運動を行うには無駄のないものであったと考えられる。クランク長で足の軌道が制限されてしまう自転車ペダリングにおいて、このように HPT の下腿部付近の動作が狭くなることは、更に回転数を向上させていくような場面を考えると、効率的なものであるかもしれない。

下肢の動作の速さは、HPT は PPT より踏み込み期で底屈する速度が遅かった。この結果から判断すると、HPT は踏み込み期前半において足関節が固定されていたということが言える。一方で PPT は、

同様の局面で背屈位から素早く底屈動作をするペダリングを行っており、足関節は固定されていない漕ぎ方であった。

これらのことから、HPT は、PPT のものより、骨盤を前傾させ、足関節を固定しているもので、踏み込み期と引き上げ期の膝関節、踏み込み期の足関節の動作の範囲が狭い。これは、円運動を行うには無駄のないコンパクトなものであると考えられる。

以上のことから、本研究の被験者は、PPT と HPT の回転踏力の発揮の仕方は類似していたが、ペダリング動作は両試技間で異なるものであった。

被験者の HPT の実施感(表3)も手がかりにすると、ペダリングドリルによって導かれた HPT は、個人毎で身に着けている PPT より体重をうまく利用し、ペダルを踏む際に力を使わなくてよいという感覚が多く得られている。従って、HPT は、大学自転車競技者である被験者が身につけている漕ぎ方(PPT)とは異なる運動意識であり、主観的な努力度を下げてペダリング出来る可能性を秘めている運動意識と考えられる。

V. ペダリングドリルの有効性

これまで、ペダリングスキルの改善には、客観的なトレーニング方法はなく、乗り手の主観的感覚に頼らざるを得なかった(松本ほか, 2007)。一般的な技術習得の為に指導者は、競技者に意識すべきポイントの教示を姿勢やフォームの模範や言葉で示す場合が多かった。しかし、競技者は指導者が教示している運動意識、姿勢やフォームが理解できないことがある。ところが、補助運動を用いることで、指導者が教示する運動技術やスキルを理解出来る場合がある(金原, 1983)。本研究では、被験者が、ペダリングドリルを導入することで、HPT へ確実に導くことが出来た。ペダリングドリルでは、姿勢やフォームについて指示を出していないにも関わらず、HPT は、PPT と比較して上体の姿勢は低く下肢の動作範囲は狭いものに変化した。被験者の実施感においても、PPT より体重を利用し、ペダルを踏む力を使わなくてよいという感覚が得られたことで HPT という漕ぎ方を理解出来たと考えられた。

このような現象は、他のスポーツにおいても、本研究のような運動意識の比較実験を進める上で、補助運動がその運動意識を確保する為の方法論となることを示している。本研究のペダリングドリルは、HPT を短時間で導くことが出来た。これは、本研究の被験者であった大学自転車競技者が独自に身につけている運動意識の漕ぎ方(PPT)とは異なった。

なお、今回は筆者自身が習得した股関節漕ぎの運動意識、それを導くペダリングドリルの導入が、大学自転車競技者の運動意識やペダリング動作及び回転踏力にどのような影響を及ぼすかを検証することを目的とした。従って、筆者が開発したペダリングドリルの動作の特徴については詳しく分析、論じることができなかった。今後、その点についても詳しく検討し、ペダリングドリルのポイントを提示することが課題である。

VI. 結論

本研究では、自転車競技における一定の回転数・パワーで漕いでいる局面を想定して、HPT と PPT の運動意識の差異が、“一定パワー発揮時”のペダリング動作及び回転踏力にどのように影響するかについて大学自転車競技者を対象として検討した。

その結果, 以下の知見が明らかとなった.

- 1) PPT(被験者が個人毎に行っている漕ぎ方)とHPTで行った回転踏力は, 非常に似ていた. しかし, 動作に関しては, PPTはHPTとは異なるものであることが明らかとなった.
- 2) HPTはPPTよりも, 骨盤を前傾させ, 足関節や足部の動作では底屈位を示し, 下肢の動作の範囲は狭く, 円運動を行うには無駄のないコンパクトなものであった.
- 3) ペダリングドリルによって導かれたHPTは, 個人毎で身に着けているPPTより体重をうまく利用し, ペダルを踏む際に力を使わなくてよいという感覚が多く得られていた.

謝辞

本研究を進めるにあたり, ご指導, ご協力いただいた石井泰光さん(国立スポーツ科学センター)にはここに記して感謝申し上げます.

付記

- ・本研究は, 共同研究者6名で研究構想を練り, 本論全体を責任著者 B(金高)の指導のもと筆頭著者 A(山口)がとりまとめた. 著者 C(黒川), D(小森), E(永原), F(近藤)は結果の論議(考察)に参加し, 論文全体の推敲にも加わった. また, 著者 E(永原)は動作分析・解析, 著者 F(近藤)は統計解析にも加わった. 責任著者 B(金高)は, 筆頭著者の研究指導を行うとともに, 論文投稿に際して論文全体に推敲を加え, さらに査読過程における論文修正に際しても総括及び編集委員会との窓口として対応した.
- ・本論文は鹿屋体育大学大学院体育学研究科に提出した修士論文の一部を加筆・修正したものである.

VII. 文献

- ・赤羽秀徳, 青木和夫, 星川秀利(2003)ペダリング動作時の足関節固定が下肢の運動機能に及ぼす影響. 人間工学, 39(4):169-179.
- ・星川秀利(2003)自転車エルゴメーターにおけるペダリング運動のバイオメカニクスの研究. 早稲田大学院博士(人間科学)論文.
- ・藤井徳明(2008)ロードバイクの科学. スキージャーナル, p:43.
- ・松本整, 白石裕一, 田畑昭秀, 内藤久士, 星川秀利(2007)矯正ギアのペダリングスキル改善に及ぼす有効性の検討. 日本体育学会大会予稿集 (58):213.
- ・金原勇(1983)陸上競技のコーチング(I)総論・トラック編. 大修館書店.
- ・Matthew W. Driller(2014)Reliability of a 2-Bout Exercise Test on a Watt bike Cycle Ergometer. International Journal of Sports Physiology and Performance 9, pp:340-345.
- ・山口大貴, 黒川剛, 荒木就平, 金高宏文(2015a)自転車競技・短距離種目において競技開始1年半で全国入賞した男子大学生の取り組み事例の分析:自転車競技・短距離種目の導入・初期発達段階における技術・戦術的トレーニングのポイントを探る. スポーツパフォーマンス研究, 7:300-319.
- ・山口大貴, 黒川剛, 金高宏文(2015b)自転車競技のペダリングにおける運動意識の違いはペダリング動作及び簡易的ペダル踏力にどのような影響を及ぼすか—ある大学自転車競技者が行った膝関節漕ぎと股関節漕ぎを意識した試技を手がかりに—. 第1回日本スポーツパフォーマンス学会大会抄録集. p:6.