

# 身体動作学研究



Vol. 1 No. 1 2022

身体動作学研究会 編

# 身体動作学研究 Vol. 1 No. 1 (2022)

## 目次

佐川和則

「身体動作学研究」の発刊にあたって・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・2

山口雄大、大塚光雄、和田 直樹、西山哲成

高ケイデンス下定常ペダリングにおける下肢関節協調戦略に関する研究・・・・・・・・3

山本憲志、和田匡史、柏木悠、平野智也、竹ノ谷文子

高濃度人工炭酸泉下腿浴が足底屈・足背屈筋力に与える影響・・・・・・・・・・7

滝沢宏人、星野秀樹、渡邊奈々、稲山泰樹、平華子、天野勝弘

長期間の認知機能トレーニングにおける成果の動態・・・・・・・・・・・・・・・・9

天野勝弘、渋谷浩樹、坂井昭彦、三浦孝仁

皮膚吸引筋膜リリースによる施術がゴルフパフォーマンスにおよぼす即時的効果・・・・・・・・12

中澤 嶺、兵頭 洋樹、梅本 雅之、和田 匡史

競泳キックスタートにおける上肢動作の有無がスタートパフォーマンスに与える影響・・・・・・・・16

編集委員長 渡邊航平（中京大学）

編集委員 高橋健太郎（関東学院大学）

編集委員 袴田智子（国立スポーツ科学センター）

発行機関名

身体動作学研究会

編集事務局・出版地

〒470-0393 愛知県豊田市貝津町床立 101 中京大学 スポーツ科学部渡邊航平研究室

「身体動作学研究」の発刊にあたって

身体動作学研究会 会長 佐川和則

40 数年前、日本体育大学深沢キャンパスの身体動作学研究室の入口を入った奥には石井先生の机があり、その左側には暗室がありました。暗室にはショランダー微量ガス分析器、モーションアナライザーのほか写真を現像するための容器類が並んでいて現像液の鼻をつく匂いに満ちていました。実験室にはトレッドミル、ベッド、シャワー室などがあり、一番奥にはオリベッティ社製の計算機室がありました。

オリベッティのコンピュータはプログラムを紙のロールペーパーに打突するタイプでした。私が学部4年のころ NEC PC8001 という PC が発売されていましたが、研究室への PC の導入はその後何年も後のことです。高速度カメラはローカム社製で 16mm フィルムに最大 400fps の撮影が出来る優れモノでした。現像された 16mm フィルムはモーションアナライザーで分析するのですが、表示された座標を書き写し、電卓で加重平均によるスムージングを行っていました。学会発表用のスライドは、図表をロットリングで描画し、写真に撮って現像し、そのネガをブルースライドに焼き直すことで作成していました。

月日は流れ、今では 64 ビットの高性能 PC を数台持ち、呼気ガス分析器は 1 呼吸ずつ自動で分析し、動作の解析は手動でデジタイズすらすることなく行うことが出来るようになりました。科学技術の進歩は目を見張るものがありますが、実験や測定をしてデータを収集し事実を追求することは変わりません。「思うのは勝手だ」と師から諭され、科学的エビデンスを示すことを教えられたことがつい昨日のこのようです。

さて、学会や研究会の使命の一つは研究成果の公表です。これまで身体動作学研究会は、研究会を開催し口頭での発表を行ってきましたが、紙面（オンラインを含む）での公表はなされてきませんでした。

「身体動作学研究」の発刊が 2022 年 3 月の総会で認められました。最初は研究会のプロシーディングとして発刊されますが、それほど時をかけず投稿論文の刊行も視野に入れています。研究誌の発刊形態はオンラインジャーナルとなりますが、このような発刊形態も 10 年前までは考えられなかったことです。「身体動作学研究」の発刊を機に、会員の皆様の研究成果の発表の機会が増え、新しい身体動作学研究会がより発展していくことを願ってやみません。皆さまのさらなるご協力をお願いいたします。

## 高ケイデンス下定常ペダリングにおける下肢関節協調戦略に関する研究

○山口雄大(日本体育大学)、大塚光雄(日本体育大学)、和田 直樹(日本体育大学)、  
西山哲成(日本体育大学)

### 「緒言／Introduction」

自転車競技において、クランクパワーはパフォーマンスに関わる重要な要素である。クランクパワーはクランクトルクとクランク角速度(またはケイデンス)の積であり、クランクパワーの向上戦略はこれら 2 要素の組み合わせからなるため無数に存在する。

トラック種目である 1 km タイムトライアル (以降、1 km TT) は、レース序盤にて最大パワー (最大速度) を出現させる戦略 (All-out strategy) が主流であり (Craig and Norton, 2001), これまで最大パワーの向上に焦点づけた研究がおこなわれてきた。一方で、日本国内トップ選手における 1 km TT では、最大パワー出現時のケイデンスが 140rpm 前後であると報告されており (太田ら 2011)、最大パワー出現からゴールまでの約 50 秒間はパワーの減少を抑えた高ケイデンスによる最大下定常ペダリングが求められる。

ペダリング運動中の下肢三関節パワー/仕事は、下肢関節協調戦略の洞察を提供する変数として扱われ、複数の研究により定常ペダリング中のクランクパワー生成は股関節と膝関節が大部分を担っていることが報告されている (Elmer et al., 2011)。これまでに定常ペダリング中の下肢関節協調戦略とケイデンスの関係について検討した研究は数例報告されているが (Aasvold et al., 2019; Ericson, 1988; Skovereng et al., 2016)、対象が 120rpm 未満であるため、競技中に観察されている高ケイデンス条件においては明らかにされていない。そこで本研究は 120rpm を超える高ケイデンス下定常ペダリング中の下肢関節協調戦略を明らかにすることを目的とした。

### 「方法／Methods」

本研究には、女性 2 名を含む大学自転車競技部に所属する 20 名のサイクリストが参加した (男性サイクリスト、年齢 : 19.1 ± 0.7 歳、身長 : 1.70 ± 0.04m、体重 : 66.0 ± 6.4kg、女性サイクリスト、年齢 : 20.0 ± 0.0 歳、身長 : 1.58 ± 0.10m、体重 : 53.2 ± 3.4kg)。対象者にはあらかじめ研究の目的、内容およびそれに伴う危険性について文章と口頭にて説明し、実験参加への同意を得た。なお、本研究は日本体育大学倫理審査委員会の承認を得て行った (承認番号第 021-H061 号)。

本研究は、最大有酸素性パワーを決定するための漸増負荷テストと下肢協調戦略に対するケイデンスの効果を調査するための高ケイデンステストの 2 試験から構成された。まず初めに漸増負荷テストを実施後、3 日以上の間隔をあけてケイデンステストを実施した。

漸増負荷テスト実施に先立ち、対象者は準備運動として 5 分間の定常ペダリング運動を、負荷 90W およびケイ

デンスを 90rpm で実施した。初期負荷は 90W とし、3 分毎に 45W 漸増させ、315W 以降は 27W 漸増させた。なお女性サイクリストは初期負荷を 45W とし、270W 以降から 27W 漸増させた。運動終了の定義は、対象者が設定ケイデンス (90 rpm) に対して 5 秒以上 2rpm 下回った場合、または対象者が自発的に運動をやめた時点とした。

ケイデンステストは 5 分間の準備運動として負荷 90W を 90rpm でペダリング運動をさせた。なお、準備運動中に参加者の任意のタイミングで高ケイデンスペダリングを 10 秒程度実施させた。その後、負荷を 50%Pmax 相当とし、6 つのケイデンス条件 (90、120、150、180、200、220rpm) をそれぞれ 30 秒間実施させた。なお、ケイデンス条件間は 3 分以上の休息を挟み、実施順はランダムとした。

全ての試験は電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター (風神雷神、大橋知創研究所社製) を用いて実施した。また左右のペダル部にペダル踏力センサー (PowerTec<sup>®</sup>、O-tec 社製) を取り付け 400Hz でペダル踏力を計測した。動作データは、身体各部位および自転車に貼付した反射マーカー (64 点) を 8 台の光学式モーションキャプチャシステム (MX 13、Vicon Motion Systems 社製) を用いて 200Hz で計測し、得られた座標データを 4 次の Butterworth low pass filter により 8Hz で平滑化した。その後、平滑化された座標データをもとに各関節中心点を算出し、各分節の運動学データを算出した。

ペダリング動作は矢状面上の 2 次元運動とみなせるため、骨盤、大腿部、下腿部、足部の 4 分節からなる剛体リンクモデルとしてモデル化した。日本人アスリートを対象とした身体部分係数 (阿江ら 1996) を用いて各部位の重心および慣性モーメントを算出した。また 4 分節から股関節、膝関節、足関節それぞれの角度および角速度を算出した。

ペダル踏力データと運動学データを用いて逆動力学的計算を行い、股関節、膝関節、足関節それぞれの関節トルクを算出した。その後、関節トルクデータを関節角速度で積分することで関節パワーを算出し、関節パワーを時間で積分することで関節仕事を算出した。なお、足関節はパワー生成に関与しないことが報告されているため<sup>3)</sup>、分析の対象を股関節と膝関節のみとした。すべてのデータはケイデンスが安定した 10 回転を選択し平均化したものを代表値として用いた。

統計処理は、本研究で得られたデータの正規性を検出するために Shapiro Wilk 検定を実施した結果、帰無仮説が棄却されたため、以降の統計処理はノンパラメトリック検定を用いた。関節仕事を除く各変数は平均値 ± 標準偏差で示し、関節仕事は中央値と四分位で示した。関節仕

事におけるケイデンスの効果を検討するためにフリードマン検定を用いて検討した。p 値が有意な場合 ( $p < 0.05$ )、事後検定としてウィルコクソンの符号順位検定を実施し、有意水準を  $p < 0.05$  とした。なお、これらすべての統計処理は統計解析ソフト (SPSS Ver. 27, IBM 社) を用いた。

「結果/Results」

ケイデンステスト中に実施されたケイデンスは  $90.2 \pm 0.9$ 、 $120.8 \pm 1.4$ 、 $151.4 \pm 4.4$ 、 $180.9 \pm 2.8$ 、 $200.5 \pm 2.2$ 、 $219.3 \pm 4.4$  rpm であり、設定ケイデンスから  $\pm 5$  rpm 以内で実施された。

図 1 に示した関節トルクデータをみると、股関節伸展トルクの最大値は、低ケイデンス条件ではクランク角 130 度付近であったのに対し、高ケイデンス条件 (120rpm 以降) では 40 度付近へシフトする傾向が観察された。また、180rpm 以降は下死点 (クランク角 180 度) 直前で股関節屈曲トルクが生成される特徴が示された。股関節パワーでも同様な傾向が観察され、さらに高ケイデンス条件では引き上げ局面 (180–360 度) からクランク角 30 度付近まで負の股関節伸展パワーが観察された (図 2)。一方、膝関節トルクはケイデンスの増加に伴って最大伸展トルク、最大屈曲トルクが増加する傾向が観察され、最大値出現クランク角度に変化は見られなかった (図 1)。また、膝関節パワーにおいても同様な傾向が観察された (図 2)。

表 1 には、各ケイデンス条件における関節仕事を示した。股関節伸展仕事および屈曲仕事はケイデンスの増加に伴って有意な減少を示し ( $p < 0.05$ )、180rpm 以降は負の仕事へ転じてた。一方で膝関節伸展・屈曲仕事はケイデンスの増加と共に有意に増加し続けた ( $p < 0.05$ )。

「考察/Discussion」

本研究の目的は、120rpm を超える高ケイデンス定常ペダリング中の下肢関節協調戦略を明らかにすることであった。本研究の主結果はケイデンスの増加に伴って股関節伸展・屈曲仕事が減少し、膝関節伸展・屈曲仕事が増加したことであり、特に 180rpm 以降のクランクパワー生成は膝関節が担っている可能性が示唆されたことである。

実施されたケイデンスデータはすべて設定ケイデンスの  $\pm 5$  rpm であり、本研究で計測されたデータは意図したケイデンスでのペダリング運動によるものであったと考えられる。定常ペダリング中のパワー生成は、股関節と膝関節が担っていることが報告されている (Elmer et al., 2011)。しかしながら本研究ではケイデンスの増加と共に股関節伸展・屈曲仕事が減少し、180rpm 以降は負の仕事へ転じた。この結果は高ケイデンス下において股関節がパワー生成を担っていないことを示しており、一般的なケイデンス (120rpm 未満) と異なる下肢関節協調戦略であることを示唆している。Ericson et al. (1988) はケイデンスの増加に伴って、上死点付近で負のパワーが生成

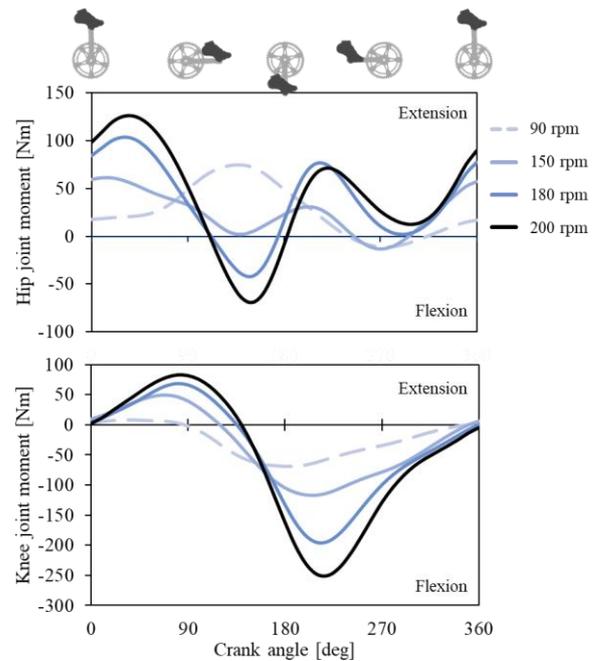


図 1 ケイデンステスト中の関節トルク

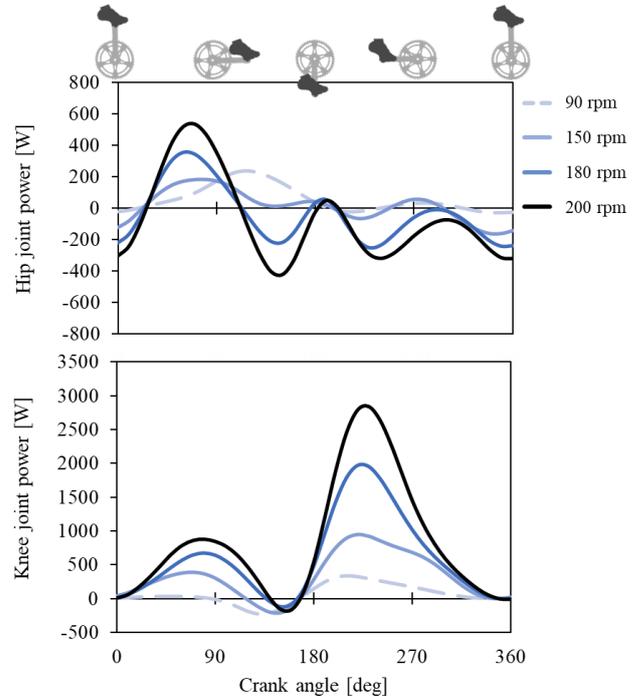


図 2 ケイデンステスト中の関節パワー

されることを報告しており、下肢セグメントの動作速度の増加に伴う慣性の増加が関係している可能性を示唆している。本研究で観察された股関節パワーをみると、負のパワーが観察されたのは上死点付近および下死点付近、そして引き上げ局面である。上死点および下死点は引き上げから踏み込み動作へ (または踏み込みから引き揚げ動作) 転じる局面であり、踏み込みまたは引き上げで生じた下肢全体の慣性モーメントを打ち消すために負のパワーを生成したことが考えられる。

表1 ケイデンステスト中の関節仕事

	Hip work (J)		Knee work (J)	
	Extension	Flexion	Extension	Flexion
90rpm	8.3 (7.1, 11.0)	0.7 (0.5, 1.2)	1.3 (0.3, 3.0)	9.3 (6.1, 12.0)
120rpm	4.3 (2.8, 6.4) a	1.0 (0.2, 1.7)	7.2 (6.3, 9.0) a	23.0 (17.9, 28.1) a
150rpm	3.3 (-1.1, 5.7) a, b	1.0 (-0.1, 2.6)	17.4 (9.3, 21.8) a, b	40.3 (31.7, 49.5) a, b
180rpm	-1.8 (-6.2, 2.4) a, b, c	-5.5 (-8.3, 0.2) a, b, c	25.1 (17.5, 36.2) a, b, c	79.0 (52.4, 100.0) a, b, c
200rpm	-1.1 (-9.4, 4.4) a, b, c	-10.6 (-17.7, -2.7) a, b, c	35.0 (28.6, 47.0) a, b, c, d	117.8 (74.8, 144.9) a, b, c, d
220rpm	-9.7 (-22.8, -2.6) a, b, c, d, e	-21.3 (-30.9, -11.0) a, b, c, d, e	59.4 (44.7, 83.5) a, b, c, d, e	146.2 (101.2, 168.3) a, b, c, d, e

注釈：各関節仕事は中央値と四分位で表記した。数値下に示したシンボルは以下の意味を有する。a:90rpm 条件と有意に異なる (p<0.05)、b:120rpm 条件と有意に異なる (p<0.05)、c:150rpm 条件と有意に異なる (p<0.05)、d:180rpm 条件と有意に異なる (p<0.05)、e:200rpm 条件と有意に異なる (p<0.05)。

一方で、膝関節仕事はケイデンスの増加に伴って増加し続けており、この結果はSkovereng et al. (2016) の結果を支持するものである。膝関節伸張・屈曲トルクの最大値は、ケイデンスの増加に伴って増加し続けており、特に屈曲トルクは顕著であった。膝関節屈曲に関連するハムストリングスは、同筋で生成されるパワーのほとんどをクランクへ伝達することがわかっている (Raasch et al., 1997)。本研究の結果から、高ケイデンス下であっても同様な役割を担っていることが示唆され、膝関節屈曲、ひいてはハムストリングスの活動が高ケイデンスペダリングにおいて重要である可能性が示唆された。

本研究の限界点として、設定負荷が実競技よりも低いことがあげられる。本研究で採用した50%Pmaxは約150Wであり、高ケイデンス条件下では大きなクランクトルクを必要としない。したがって本研究で観察された股関節仕事の減少は、力学的需要に対応したものである可能性がある。しかしながら、Aasvold et al. (2019) の報告によると最大下ペダリングにおける力学的需要が変化しても関節パワーの変化に違いが生じないことを述べており、設定パワーを増加させても同様な結果が得られる可能性がある。今後は競技場面に近いパワーを対象に調査することが期待される。

【結論/Conclusion】

本研究の結果から、120rpmを超える高ケイデンスか定常ペダリングでは、膝関節がパワー生成を担うことが示唆され、通常のケイデンス (120rpm 未満) とは異なる下肢関節協調戦略であることが明らかとなった。

【引用文献/Reference】

Aasvold Lorents Ola, Ettema Gertjan, Skovereng Knut: Joint specific power production in cycling: The effect of cadence and intensity, PLOS ONE, 14: e0212781, 2019.

阿江通良: 日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数, Jpn J Sports Science, 15: 155-162, 1996.

Craig Neil P, Norton Kevin I: Characteristics of track cycling, Sports Medicine, 31: 457-468, 2001.

Elmer Steven J., Barratt Paul R., Korff Thomas, Martin James C.: Joint-Specific Power Production during Submaximal and Maximal Cycling, Medicine and science in sports and exercise, 43: 1940-1947, 2011.

Ericson Mats O: Mechanical muscular power output and work during ergometer cycling at different work loads and speeds, European journal of applied physiology and occupational physiology, 57: 382-387, 1988.

太田洋一, 高嶋渉, 池田祐介, 貴嶋孝太, 村田正洋: 自転車競技 (200mFTT, 250mTT, 500mTT, 1kmTT, 4kmTT) における記録とレース中の速度変化特性, クランク回転数変化特性およびギア比との関係, トレーニング科学, 23: 177-195, 2011.

Skovereng Knut, Ettema Gertjan, van Beekvelt Mireille C. P.: Oxygenation, local muscle oxygen consumption and joint specific power in cycling: the effect of cadence at a constant external work rate, European journal of applied physiology, 116: 1207-1217, 2016.

Raasch Christine C, Zajac Felix E, Ma Baoming, Levine William S: Muscle coordination of maximum-

speed pedaling, Journal of biomechanics, 30:595-602,  
1997.

高濃度人工炭酸泉下腿浴が足底屈・足背屈筋力に与える影響

○山本憲志（日本赤十字北海道看護大学）和田匡史（国土館大学理工学部） 柏木悠（専修大学スポーツ研究所）  
平野智也（国土館大学大学院スポーツ・システム研究科）竹ノ谷文子（星薬科大学）

「緒言」

運動により損傷した筋肉の回復には、運動後の筋への加温が効果的であることを示唆する報告(Giombini et al., 2007)がある。これは入浴で付与できる大きな作用の一つである温熱の作用も運動後の筋機能改善に有効に働くことが考えられ、炭酸泉と温熱を組み合わせることで、各々を単独で作用させた場合に比べ、より高い筋機能改善効果が得られる可能性がある。しかしながら、運動後の筋の加温については、古くより運動後の筋の炎症を促進する (Armstrong et al., 1984)ことから禁忌とされてきた背景があり、十分な検討がなされていないのが現状である。

そこで本研究では、機械により人工的に作成した不感温度の高濃度（1000ppm 以上）炭酸泉を用いて、運動後の筋機能への作用およびその機序について検証することを目的とした。

「方法」

本研究に参加した被検者は健常な男子大学生 8 名（年齢 19.6±1.8 歳、身長 173.6±7.4cm、体重 67.7±14.1kg、体脂肪率 17.6±6.8%）であった。被検者は、実験参加者の年齢、身長、体重、体脂肪率がほぼ同様になるように 4 名ずつランダムに 2 群に分けてクロスオーバー試験にて実験を行った。実験に先立ち被検者には十分な説明を行い、書面にて同意を得た。尚、本研究は日本赤十字北海道看護大学研究倫理委員会の承認（承認番号：020-362）を得て行った。

本実験のプロトコルを図 1 に示した。被検者は、実験前日から実験終了日まで、嗜好品、アルコール、激しい運動を控えた。下腿浴は、膝下までを浸漬させ、35℃の水道水浴および同温の高濃度（1000ppm 以上）人工炭酸泉浴に 10 分間入浴した。

被検者は実験室に到着後、椅子座位にて 10 分間安静にした。その後、準備運動として屈伸 3 回、伸脚およびアキレス腱伸ばし運動を片足 2 回ずつ計 4 回行った。次に、ベッドに仰臥位になり Real-Time Tissue Elastography (RTE)（NOBLUS、日立アロカ、東京）を用いて右腓腹筋周辺部の筋硬度（Strain Ratio：SR）を計測した。その後、新たに開発した足底屈背屈筋力測定器（竹井機器工業株式会社、東京）を用いて左右の等尺性底屈・背屈最大トルクおよび等速性（5deg/sec）で 15 度底屈および 10 度背



図 1 実験プロトコル

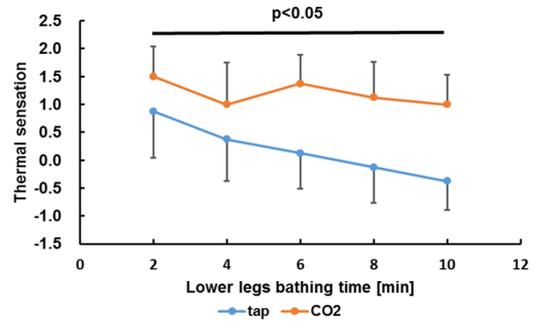


図 2 主観的溫度評価の変化

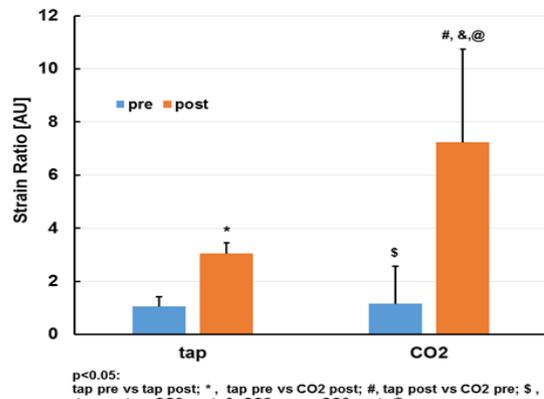


図 3 下腿浴前後における筋硬度の変化

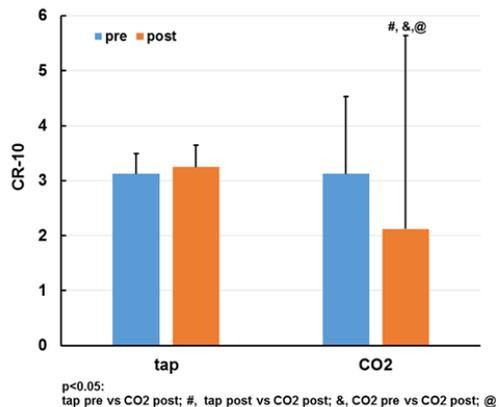


図 4 下腿浴前後におけるCR10の変化

屈の足関節トルクを計測した。計測後、主観的疲労度（Borg CR10）にて筋疲労度を定量化した。筋力測定に引き続いて、群ごとに 10 分間の人工炭酸泉および水道水による下腿浴を行った。下腿浴中、2 分毎に主観的溫度評価を行った。下腿浴後に再度、下腿部筋弾性評価を行い、続いて足関節の最大筋力の測定を行った。

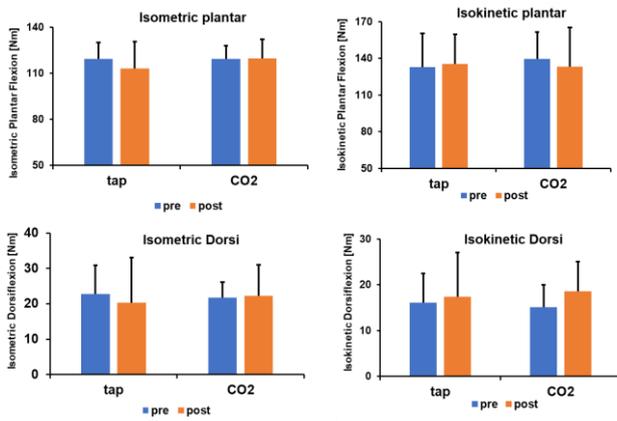


図 5 下腿浴前後における等尺性および等速性底屈・背屈トルク（右足関節）の変化

測定項目は、右腓腹筋周辺の SR 値、左右足関節の等尺性および等速性底屈・背屈トルク、Borg CR10、下腿浴中の主観的温度評価であった。

データは平均値±標準偏差で示した。2 群間の比較は Mann-Whitney *U* test を用い、有意水準は5%未満とした。

「結果」

図 2 には主観的温度評価の変化を示した。同温にもかかわらず入浴中の温度感覚は炭酸泉浴が水道水浴より有意に温かく感じていた（入浴 10 分目水道水浴 vs 炭酸泉浴、 $-0.38 \pm 0.52$  vs  $1.00 \pm 0.53$ ,  $p < 0.05$ ）。

図 3 には下腿浴前後における筋硬度的変化を示した。入浴後の筋硬度は炭酸泉浴が水道水浴より有意に増加していた（ $3.04 \pm 1.40$  vs  $7.23 \pm 3.51$ ,  $p < 0.05$ ）。

図 4 には下腿浴前後における CR10 の変化を示した。CR10 は炭酸泉浴後に  $2.1 \pm 1.6$  ( $p < 0.05$ ) となり、安静時および水道水浴後と比較して有意に減少した。

図 5 には下腿浴前後における等尺性および等速性底屈・背屈トルク（右足関節）の変化を示した。本実験では有意な差には見られなかったが、等尺性および等速性足底屈・足背屈筋力においても水道水浴より炭酸泉浴で高い傾向であった。

「考察」

本研究では人工炭酸泉浴による骨格筋疲労回復を目指し、RTE を用いて炭酸泉および水道水下腿浴による筋硬度を検討した。さらに、新しく開発した足底屈・足背屈筋力計を用いて下腿浴前後の筋出力発揮を比較した。その結果、筋硬度は安静時および水道水浴後と比較して炭酸泉浴後、有意に増加した。これは炭酸泉浴によって筋組織の弾性、すなわち柔軟性が増加したことによる。また、CR10 は安静時および水道水浴後と比較して炭酸泉浴後、有意に減少した。これは炭酸泉浴によって筋疲労が軽減したことによる。さらに、主観的温度感覚は炭酸泉浴が水道水浴と比較して全ての時間で有意に高い値となった。しかしながら、人工炭酸泉および水道水浴前後の筋出力には有意な変化は認められなかった。

我々が行った前腕部の人工炭酸泉浸漬で筋血流量の増加を示唆する結果を得ており（Yamamoto & Hashimoto, 2008）、全身及び局所のトレーニング後に人工炭酸泉浴を行うと活動筋での筋硬度が低下し、自律神経活動が抑制され疲労回復促進効果がある事が分かった（Yamamoto & Hashimoto, 2014）。本実験結果からも活動筋で蓄積した代謝産物の洗い流しが促進された可能性を示唆し、人工炭酸泉が  $\alpha$ - $\gamma$  連関へ作用し、筋の柔軟性を増加させと考えられる。また、我々は超音波を用いて、トレーニング後の人工炭酸泉浴が筋疲労回復を促進する可能性を示唆した（Yamamoto et al., 2017）。さらに、Akamine and Taguchi (1998) は水泳選手の warm-up として炭酸泉浴を活用している。その結果、炭酸泉浴を行なうことで血液成分濃度を高め、パフォーマンスを向上させ、回復を促進させたと報告している。

このように、人工炭酸泉浴による筋への影響は本研究においても先行研究と同様の結果を得た。しかしながら、単回の高濃度人工炭酸泉下腿浴だけでは筋出力への影響は見られなかった。

「結論」

高濃度人工炭酸泉（1000ppm 以上）による下腿部分浴では、中枢性の温度感覚をも修飾させた。また、本実験の浸漬部である腓腹筋周辺の筋組織弾性を増加させた。さらに、筋の疲労感の軽減も認められた。しかし、筋出力には影響しなかった。このように炭酸泉浴は、医療分野における傷害の改善から競技スポーツ、さらに健康増進にまで幅広く応用の可能性を秘め、本分野の研究は健康科学への応用にも大きく貢献すると期待される。

【引用文献】

Akamine, T. and Taguchi, N.(1998): Effects of an artificially carbonated bath on athletic warm-up. *J Hum Ergol (Tokyo)*, 27(1-2), 22-29.

Armstrong R B. (1984): Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*, 16(6), 529-538.

Giombini, A., Giovannini, V., Cesare, A. D., Pacetti, P., Ichinoseki-Sekine, N., Shiraiishi, M., Naito, H., Maffulli, N. (2007): Hyperthermia induced by microwave diathermy in the management of muscle and tendon injuries. *British Medical Bulletin*, 83(1), 379-396.

Noriyuki Yamamoto and Masaaki Hashimoto. (2008): Repeated forearm immersion into artificial CO<sub>2</sub>-rich water enhanced metabolism in skeletal muscle of the immersed forearm. *J Physiol Sci*, 58, S106.

Noriyuki Yamamoto and Masaaki Hashimoto. (2014): High concentration CO<sub>2</sub>-water bath may reduce the muscle hardness and soreness after resistance exercise. *J Physiol Sci*, 64, S264.

Noriyuki Yamamoto, Tadashi Wada, Fumiko Takenoya, Masaaki Hashimoto. (2017): High concentration CO<sub>2</sub>-water immersion promotes a recovery from the muscle hardness induced by resistance exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 49(5), 945.

## 長期間の認知機能トレーニングにおける成果の動態

滝沢宏人(愛知大学名古屋体育研究室)、星野秀樹(愛知文教女子短期大学)

渡邊奈々(昭和大学スポーツ運動科学研究所)、稲山泰樹(愛知大学女子バスケットボール部監督)

平華子(愛知大学女子バスケットボール部コーチ)、天野勝弘(環太平洋大学スポーツ科学センター)

### 【目的】

相手の動き・味方の動きを瞬時に把握・予測して、動きを選択する能力は認知能力といい、スポーツ競技には重要である。近年、スポーツにおける認知能力を評価し、トレーニングするシステムが開発された(ニューロトラッカー: Noting Artificial 社製、カナダ)。この認知能力向上を目的とした認知機能トレーニングは、欧米では盛んに行われ、多くのチームやアスリートが導入している。しかし、日本国内での導入実績はまだ少ない。ニューロトラッカーのスコアはトレーニングを積むことによって向上し、その効果はスポーツパフォーマンスへ転移することが(条件つきではあるが)報告されている(Harris, D. 2018, Vatre, C. 2021)。われわれも、新体操ジュニア選手を対象に、ニューロトラッカートレーニングが新体操パフォーマンスに与える効果の研究を行い、一定のパフォーマンス転移効果を確認してきた(渡邊と天野、2018; 渡邊他、2018; 渡邊、2018; 渡邊と天野、2018、渡邊他、2018)。

しかしながら、これまでの研究では最長でも3ヶ月間程度のトレーニングによる結果が報告されているだけで、長期間にわたってトレーニングしたときのスコアの動態については明らかとなっていない。そこで本研究では、10年以上の競技キャリアを有する1名の女子アスリートに、ニューロトラッカートレーニングを長期間実施させ、そのトレーニングの動態を観察することにより、今後のトレーニングデザイン構築の資料とすることを目的とした。

### 【方法】

#### (1) ニューロトラッカーについて

ニューロトラッカーは、Z. W. Pylyshyn と R. W. Storm (1988) が提案した FINST (fingers of instantiation の短縮形) モデル: ビジュアルインデックス理論に基づいている。これは移動する多物体を目で追跡する状況 (Multiple Object Tracking: MOT) における高次の認知機能からアクセスできる視覚機能を説明するものである。複数の対象を一つ一つ認識するのでは情報処理量は莫大になり、短時間での判断は難しくなる。スポーツ場面を想定すれば、高速で移動する敵味方の動きを瞬時に把握し、同時に動きを予測して、適切な判断が必要となる。すなわち空間認知としてどのように把握するかに加え、多くの情報を処理する能力が求められる。これは視覚能力(スポーツビジョン領域)を超えるものである。ニューロトラッカーでは、追跡すべき対象(ターゲット、4つ)と、そうでない対象(ディストラクター、4つ)を、ランダムに、かつ高速で移動させることで、注意力を喚起するよう仕組みられている。

本研究で用いたニューロトラッカーのシステムは NTX と呼ばれるもので、個人所有のパソコン内でいつでも何度でもアクセスしてトレーニングできるものである。利用には、サブスクリプションによるアカウント登録が必要となる。

図1にはニューロトラッカーの試技の流れが示されている。左上より、8つの物体が提示される(2秒間)。次にそのうちの4つ(ターゲット)が光る(2秒間)。ターゲットが再び元の状態に戻るが、ターゲットを認識しておく(2秒間)。その後8秒間、8つの物体は3次元空間内をランダムに動く。その間、ターゲットを目で追いつける。物体が停止すると、物体に番号が振られる。被検者はターゲットと思われる番号を答える(時間制限はない)。被検者の回答の後、ターゲットがハイライトされる(2秒間のフィードバック)。その後、再びターゲットが元に戻り、連続して試技が継続される。ここで、正解すると、物体の移動速度は上がり、不正解だと速度は下がる。この速度の条件割合は、ソフトウェアのアルゴリズムによって異なる。一つの試技はトライアルと呼ばれており、20トライアルが一つのトレーニング単位(セッション)となっている。1セッション終了後に、スコアが提示される。それはどのくらいの速さまで正確に答えられたかというものである。速度は任意数である。1セッションの所要時間は7~8分である。

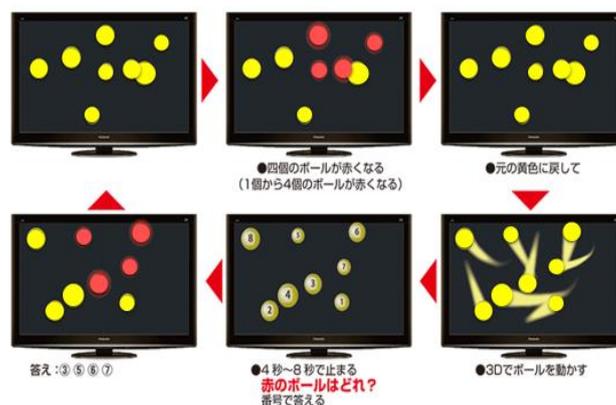


図1 ニューロトラッカー試技の流れ

#### (2) トレーニングプロトコル

被検者はニューロトラッカートレーニングを2021年4月16日から開始し、最終セッションの2022年3月17日(約11ヶ月)までの記録をデータとして採用した。トレーニングを始めるにあたり、被検者には自分のペースでできるだけ多く行うよう指示した。

#### (3) 評価項目

最初の3セッションの平均値を初期値とした。最後の3セッションの平均値を終末値とした。またトレーニング中のバストスコアによる評価も行った。

(4) 被検者

被検者は10年以上の競技歴を持つ球技系の現役女子アスリート1名であった。

【結果】

(1) ニューロトラッカートレーニング量

約11ヶ月のトレーニングにおいて、被検者は合計1012セッションのトレーニングを行っていた。月平均にすると92回(週21.5回)実施していた。トレーニングには数十回に1回程度、特別のトレーニングが入るため、集計に用いた通常のトレーニングセッション数は945回であった。

表1には月別のトレーニング回数が見られている。導入月の2021年4月は62.5回とその後の月の2~3倍の回数を実施していた。2021年7月および8月は、お盆休みの関係で半分程度の実施日となっていた。

表1 月別の実施回数

	実働日数	セッション数	週あたり
2021年4月	15	134	62.5
2021年5月	31	149	33.6
2021年6月	30	91	21.2
2021年7月	15	18	8.4
2021年8月	21	88	29.3
2021年9月	30	101	23.6
2021年10月	31	81	18.3
2021年11月	30	94	21.9
2021年12月	31	88	19.9
2022年1月	31	102	23.0
2022年2月	28	92	23.0
2022年3月	17	46	18.9

(2) トレーニング成果

表2にはトレーニングの成果が見られている。初期値は1.38、終末値は3.02で上昇率は218.8%となっている。また、ベストスコアは4.26で初期値に対して308.7%の向上となっていた。また、図2にはセッション実施にともなうスコアの記録が見られている。実線は対数近似曲線である。スコアはト

レーニングとともに上昇しているが、トレーニング当初の伸びは大きく、トレーニングが進むにつれて伸び率は低下していた。

表2 ニューロトラッカーの成果

初期値	終末値	上昇率 (%)	ベストスコア	実施セッション数
1.38	3.02	218.8	4.26	945

【考察】

(1) トレーニング量について

被検者には、このトレーニングが認知能力を高め、競技力向上に役立つことを説明し、自分のペースでできるだけ真摯に取り組むよう指示した。しかし、実施頻度や量についてはノルマは与えなかった。結果的には週平均21.5回のペースでトレーニングを実施した。7、8月中に中断の時期があったが、ほぼコンスタントにトレーニングを継続していたと言える。ニューロトラッカーの提供元によれば、一般的にはこのトレーニングは週3日、1日3セッションを目安に行うことが推奨されている。これは週9セッションになる。もちろん、アスリートではこれよりも多く行うことが望ましい。本研究の被検者は平均で見ても2倍以上の量をこなしていたことになる。また、ニューロトラッカーに関する論文で、このように多数のトレーニングを行った報告はみあたらない。導入当初は4月が62.8セッション/週、5月が33.6セッション/週とかなりの量を行っていた。いいかえれば、そのモチベーションは長くは続かなかったことになる。そこで、トレーニング計画においては、適切な介入を行いモチベーションを維持するよう努める必要があるといえる。

(2) トレーニング成果

図2からわかるように、トレーニング当初の伸びは大きいですが、トレーニングが進むにつれてスコアの伸び方は小さくなる。これは他のトレーニングにも言えることである。データで

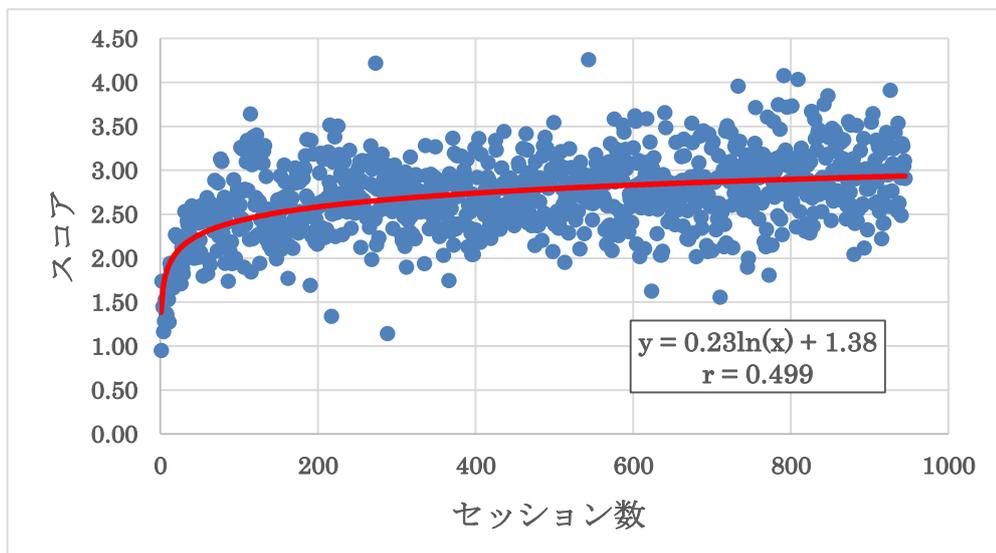


図2 セッション実施にともなうスコアの記録

は示していないが、300 回目～400 回目でスコアは一旦低下し (2.77→2.61)、500 回目でも 2.76 と停滞期に陥った。しかし、その後 800 回目近くでは 2.89 まで上昇している。また、図からもわかるように、1 回ごとのバラツキがとても大きいこともこのトレーニング法の特長といえる。

表 3 にはセッションが進むにつれ、スコアがどのように伸びていくかが示されている。スコアは近似関数から算出したものである。また、10 セッション行うごとの伸び率 (%) も示されている。われわれはこれまでに、このトレーニング法を、成果と効率性のバランスからどの程度行うのがよいかを報告した (滝沢他, 2022)。それによると、スコアの伸びを重視すれば 160 セッションとなり、効率性を重視すれば 60 セッションとなっている。それでも多くを行うことで何らかの変化が起こる可能性はある。先行研究では、325 セッションを行った結果からの考察であった。本研究では約 3 倍の 945 セッションを行った被検者からの考察である。その結果、前研究と同様の結果が得られたことから、このトレーニング法による成果の得られ方が同定できたと考える。

一流アスリートになれば、少しでも競技力のびるのであれば、労力は惜しまないと言えるが、それでも効率よいトレーニングと成果の確認はモチベーションにつながるはずである。そこで、このトレーニングのやり方には工夫も必要と考えられる。

表 3 セッションにともなうスコア (近似関数より算出)

セッション数	近似スコア	伸び率	10セッションあたりの伸び率
1	1.38	—	—
50	2.27	64.4%	17.8%
100	2.43	75.8%	10.5%
200	2.58	87.2%	6.0%
300	2.68	93.9%	4.3%
500	2.79	102.3%	2.8%
1000	2.95	113.7%	1.6%
1500	3.04	120.3%	1.1%
2000	3.11	125.0%	0.9%
3000	3.20	131.7%	0.6%

【まとめ】

競技歴10年以上の女子アスリートに認知機能トレーニング (ニューロトラッカー) を11ヶ月実施させたときの成果の動態を観察した。総トレーニング回数は945セッションとなった。この数値はこれまでの報告では見られないトレーニング回数である。結果は、われわれの先行研究同様、トレーニングが進むにつれてスコアの伸び率は低減していくが、スコアは僅かずつでも上昇していた。今後はトレーニングに対するモチベーションを保つような方策が必要であることが示唆された。

【引用文献】

- Harris, D. J., Wilson, M. R., Vine, S. J.: A Systematic Review of Commercial Cognitive Training Devices: Implications for Use in Sport. *Front Psychol.* 11; 9: 709, 2018
- Pylyshyn, Z. W. & Storm, R. W.: Tracking multiple independent targets: Evidence for a parallel tracking mechanism. *Spatial Vision*, 3: 179-197, 1988.
- 滝沢宏人, 星野秀樹, 渡邊奈々, 稲山泰樹, 平華子, 天野勝弘: バスケットボール選手における認知機能トレーニングのパフォーマンスへの転移効果および適正トレーニング計画の作成. *愛知大学体育学論叢*第 29 号: 13-22, 2022.
- 渡邊奈々, 天野勝弘: 新体操の投げ受けにおける 空間・時間予測能力の重要性, *國學院大學人間開発学会学研究*第十号, 69-90, 2018.
- 渡邊奈々, 天野勝弘, 船渡和男: スポーツにおける空間・時間予測能力評価に向けての取り組み. *昭和大学スポーツ運動科学研究*所第 7 回学術研究 発表会プログラム, プログラムページ数, 2018.
- 渡邊奈々: 3次元多物体追跡 (3D-MOT) トレーニングが新体操ジュニア選手のクラブの投げ・受けパフォーマンスに与える効果, *國學院大學人間開発学会学研究*第十号, 7, 2018.
- 渡邊奈々, 天野勝弘: 3D-MOT (ニューロトラッカー) で評価される認知機能の特性, *東京体育学研究* Vol.10, 26, 2018.
- 渡邊奈々, 三輪康廣, 小林咲里亜, 天野勝弘: 3次元多物体追跡 (3D-MOT) トレーニングが新体操ジュニア選手のクラブの投げ・受けパフォーマンスに与える効果, *埼玉純真短期大学研究論文集* 第 11 号, 59-66, 2018.
- Vatre, C., Gray, R. Holcombe, A. O.: A critical systematic review of the Neurotracker perceptual-cognitive training tool. *Psychon Bull Rev*, 28(5): 1458-1483, 2021.

皮膚吸引筋膜リリースによる施術がゴルフパフォーマンスにおよぼす即時的効果

天野勝弘(環太平洋大学スポーツ科学センター)、渋谷浩樹(株式会社 MJ カンパニー)、  
坂井昭彦(ゴルフスタジオ The 蔵 ssic)、三浦孝仁(環太平洋大学)

「筋膜および筋膜リリース」

まず本稿で用いる用語の定義をする。というのも、学術的にも、一般的にも混乱があるからである。

筋膜は英語で「Fascia」という、日本では「筋膜」と訳されたため筋肉のまわりについている一枚の膜のようなイメージがある。しかし実際は結合組織のことであり、皮下の筋肉だけでなく、腱、骨、内臓、脳に至るまでと全身をくまなく張り巡らせ、血管や神経までの体内組織を保護し、人の形を形成している。結合組織は、毛糸の繊維のように伸縮が可能で弾力性があり、水々しい組織である。

本研究で用いた方法は、皮膚を直接吸引することにより、結合組織のゲル化や高密度化等の間質液(リンパ液等)の循環不良を、様々なヘッド(皮膚を吸引する部分)と専用の機器を用いて整える結合組織循環療法または膜循環療法というものである。本研究では、装置の性質から皮膚吸引筋膜リリースによる施術(以後 Transcutaneous Vacuum Treatment: TVT と略す)と表記することにする。

筋膜リリースは筋とその膜を覆っている膜を剥がすというイメージが強いが、実際はかなり異なる。

「目的」

これまで TVT は関節の可動域の向上がはかれることが報告されている(辻田ら、2013)。また、筋膜の滑走性において従来の筋膜リリース法と同等の効果があることが示されている(辻田ら、2017)。しかしながら、それらの機能的改善がスポーツパフォーマンスへ転移するかどうかの報告はない。TVT がスポーツパフォーマンスを高めることができれば、スポーツ界にとって朗報となるであろう。

そこで本研究では、TVT が施術直後のゴルフパフォーマンスにおよぼす効果を検証することにした。

「方法」

本研究で採用したスポーツはゴルフである。ゴルフは可動域や筋力の改善がパフォーマンスに結びつくと考えたからである。また一流プロゴルファーが使用しているという実績もあるからである。

(1) 施術機器

本研究で施術に用いた機器はメディセル MINI (MJ カンパニー社製)であった。この機器は、皮膚を直接吸引することによって筋膜の相互干渉を減少させ、筋膜の癒着による身体の痛みや不調を取り除くことができる。急性期～慢性期まで多くの症例に対応できるものである。

(2) 実験に用いたゴルフショット

実験に用いたゴルフショットは、ドライバーショット(以下 DS)とアプローチショット(以下 AS)の実打であった。DS では主に距離の改善、AS ではショットの安定性をみることにした。

(3) 実験の流れ

ショットは室内で実施された。まず、DS の練習を 10 球行った後、10 球の測定を実施した。DS では、フルスイング(飛距離重視だが、決して正確性をないがしろにする物ではない)を求めた。AS では 20 あるいは 30 ヤードの距離を打つよう指示した。距離に違いがあるのは、被検者の技量の差である。AS 練習を 10 球行った後、10 球の測定を実施した。

その後、30 分の TVT を実施した後、最初と同じ流れで施術後の測定を実施した。

(4) 測定項目

弾道計測器フライトスコープ X3 (フライトスコープ社製)により、飛距離(キャリー、ラン、合計)、左右のブレ幅を計測した。DS では、インパクト時のヘッドスピードも計測した。AS では、アプローチのパフォーマンスを左右するミート率、スピン量、ボールの最高点、入射角度も評価した。

DS では得られた数値の大きさとショットの安定性を評価するために 10 ショットの変動係数を計算した。変動係数を用いた理由は、被検者ごとに飛距離に大きな差があったためである。AS では、左右のバラツキを大きさ(ヤード)と変動係数をデータとして採用したが、飛距離の項目は変動係数のみを用いた。

動作分析装置 K-Vest(K-motion 社製)により、アドレス時、トップ時、インパクト時の骨盤および体幹の 3 方向の角度が計測された。また、骨盤、体幹、上腕、手の最大角速度が計測された。K-VEST では、10 ショットのうち前半の 5 ショットが計測された。

ここでは、アドレスからトップまでおよびトップからインパクトまでの骨盤および体幹の可動域が計算された。また、各測定項目の変動係数も求められた。

表 1 被検者のプロフィール

被検者	性別	年齢	HC
NO.1	M	37	25
NO.2	F	62	7
NO.3	M	42	10
NO.4	M	66	15
NO.5	F	56	30
NO.6	F	25	PT受験生
NO.7	F	50	18
NO.8	F	79	28
	平均	52.1	19.0
	標準偏差	17.3	10.7

(5) 施術内容

メディセルトレーナーによりゴルフパフォーマンス向上を見込んだ施術を、首、肩、体幹に約 30 分間施した。

(6) 被検者

被検者は計測をしたアマチュアゴルファー8 名であった。表 1 には性別、年齢、ハンディキャップ (HC) が示されている。被検者 NO.6 は 2021 年度のプロテスト受験生である。

「結果」

(1) フライトスコープの結果

表 2 には DS におけるフライトスコープの結果が被検者ごとに示されている。飛距離 (キャリー、ラン、合計) および振れ幅のいずれも施術による有意な変化は認められなかった。ただし、被検者 NO.7 だけはキャリーに有意な改善がみとめられた。

ヘッドスピードにも有意な差は認められなかった (施術前 33.3±6.4、施術後 33.3±6.3m/s)。

表 3 には AS におけるフライトスコープの結果が平均と標準偏差で示されている。入射角には施術前後で有意差が認められたが、その他の項目には有意な差は認められなかった。

表 3 アプローチにおけるフライトスコープの結果

アプローチ	ブレ幅	ミート率	スピン	高さ	入射角*	
	ヤード	%	回/分	m	度	
施術前	平均	2.50	1.04	4772	6.92	6.41
	標準偏差	2.33	0.11	2897	3.33	6.63
施術後	平均	2.33	1.07	4264	6.76	9.50
	標準偏差	2.29	0.11	2354	3.11	3.71

\* : p < 0.001

次に、施術前後で改善が見られた項目の数を集計した。ただし、有意に向上したというわけではない。DS においては 8 項目で評価しているのので 5 項目以上に改善が見られた被検者は 2 名であった。4 項目で改善が見られた被検

者は 2 名、3 項目以下の被検者は 4 名となった。同様に AP では 5 項目で評価しているのので 3 項目以上に改善が見られた被検者は 6 名であり、2 項目以下の被検者は 2 名であった。

(2) K-VEST の結果

図 1~4 には K-VEST から得られた DS における骨盤と体幹の可動域が個人値で示されている。図中の太線は平均値を示している。図 1 はアドレスかたトップにかけての骨盤の可動域、図 2 はトップからインパクトにかけての骨盤の可動域である。図 3 はアドレスからトップにかけての体幹の可動域、図 4 はトップからインパクトにかけての体幹の可動域である。4 つの可動域のいずれにも施術前後で有意な差は認められなかった。

AS でも同様に、アドレスかたトップにかけての骨盤の可動域 (施術前 39.6±9.5 施術後 39.7±9.9)、トップからインパクトにかけての骨盤の可動域 (施術前 58.6±10.8 施術後 58.3±10.2)、アドレスからトップにかけての体幹の可動域 (施術前 80.1±11.5 施術後 81.1±12.8)、トップからインパクトにかけての体幹の可動域 (施術前 83.8±12.1 施術後 83.9±12.0) とともに施術前後で有意な差は認められなかった。

次に、DS における骨盤と体幹の角度差 (捻転角度) では、トップ時が施術前 35.5±7.2、施術後 34.3±7.1 であり、インパクト時が施術前 12.0±5.5、施術後 12.5±7.1 (単位 degree) であった。

次に、施術前後で改善が見られた項目の数を集計した。(有意に向上したわけではない)。DS においては変動係数も含め 26 項目で評価したので 14 項目以上に改善が見られた被検者は 2 名であった。13 項目で改善が見られた被検者は 2 名、13 項目以下の被検者は 4 名となった。同様に AP では 22 項目で評価しているのので 12 項目以上に改善が見られた被検者は 4 名であり、11 項目で改善がみられた被検者は 2 名、10 項目以下の被検者は 2 名であった。

表 2 ドライバーショットにおけるフライトスコープの結果 (単位 : ヤード)

	キャリー		ラン		合計		振れ幅	
	施術前	施術後	施術前	施術後	施術前	施術後	施術前	施術後
NO. 1	174.2	175.0	39.7	36.3	213.7	211.0	28.4	33.7
NO. 2	140.5	124.8	38.4	49.9	178.8	174.6	12.1	9.8
NO. 3	221.2	213.4	7.7	21.7	228.8	235.0	22.6	31.1
NO. 4	155.2	147.7	13.1	19.8	168.3	167.4	11.0	9.6
NO. 5	99.9	87.6	33.6	40.7	133.5	128.2	11.5	8.3
NO. 6	160.1	160.4	42.6	39.2	202.7	199.5	10.1	4.8
NO. 7	85.4	102.0	46.4	36.5	131.7	138.5	14.1	12.0
NO. 8	74.8	63.9	35.1	37.2	110.0	101.1	6.2	6.4
平均	138.9	134.3	32.1	35.1	170.9	169.4	14.5	14.5
標準偏差	49.6	49.3	14.1	9.9	43.0	45.2	7.3	11.3

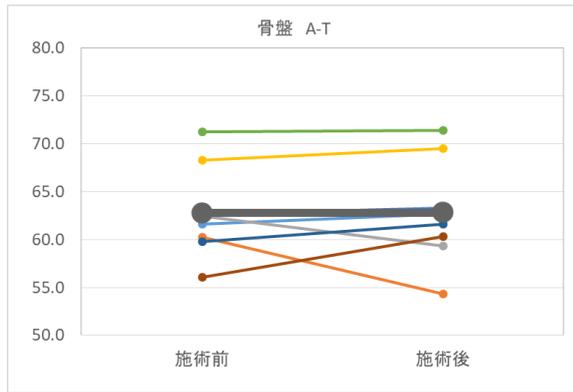


図1 DSにおける骨盤の可動域  
(アドレスからトップ：単位 degree)

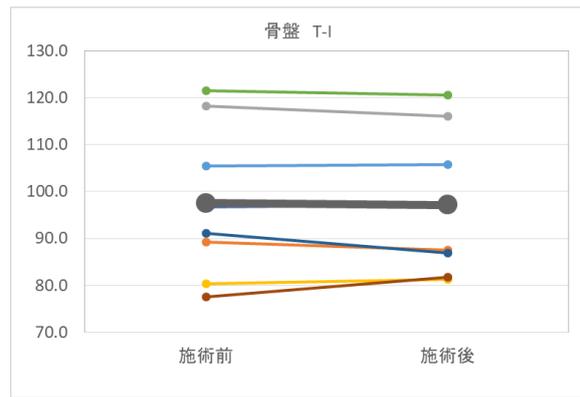


図2 DSにおける骨盤の可動域  
(トップからインパクト：単位 degree)

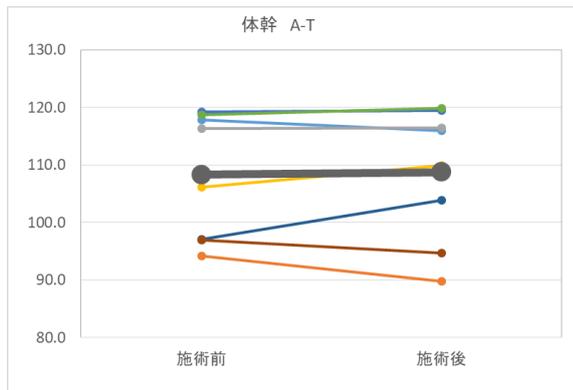


図3 DSにおける体幹の可動域  
(アドレスからトップ：単位 degree)

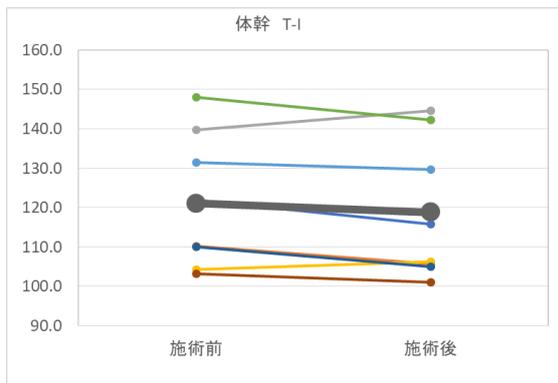


図4 DSにおける体幹の可動域  
(トップからインパクト：単位 degree)

「考察」

(1) フライトスコープの結果

DS では飛距離に関するすべての項目で施術による効果はなかった。先行研究では、同機器 (メディセル) をもちいたTVTにより関節可動域は向上していたが(辻田ら、2013)、ハムストリングスの等速性筋力を高めることはないと報告されている(河野ら、2021)。本研究において飛距離に関する値に向上が見られなかったのは、筋力、おそらくパワーの向上がなかったためと考えられる。しかし、関節可動域など動きによる向上があればパフォーマンスを高める可能性はある(後述)。また、安定性(変動係数)も含めてフライトスコープで評価する項目に、僅かでも(有意とは限らない)改善が見られた被検者も、8名中2名にとどまったことから、TVTはゴルフのDSには即時的効果はないといえる。

次にASでは、入射角には施術前後で有意差が認められたが、その他の項目には有意な差は認められなかった。クラブの入射角が施術後に大きくなっていったが、こちらもダイレクトにゴルフパフォーマンスを評価できるとは考えられない。また、フライトスコープのDSの結果同様、有意とは限らないが僅かでも改善が見られた被検者は、8名中6名であった。このことから、ASはDSよりもTVTの効果はあると考えられる。しかしながら、確かな

エビデンスとはいえない。ただし今後、ASに効果があるかどうかの検証をさらに進める方向性は見えた。

(2) K-VESTの結果

DSにおいては、可動域、捻転角度ともに施術前後で有意な差は認められなかった。先行研究では、TVTは筋膜の滑走性が即時的に向上し(辻田ら、2017)、可動域を高めることが報告されている(辻田ら、2013)が、本研究ではその効果は認められなかった、最も考えられる原因は、先行研究では単関節で可動域を評価しているが、本研究では多関節運動における可動域であるためと考えられる。スポーツパフォーマンスは、多関節運動であるので、単純に一つの機能が向上したからといって、それが直ちにパフォーマンスに転化するとは限らない。その上で、施術法の開拓は重要であり、TVTの可能性を引き出す研究法と考えられる。

ASにおいても可動域のいずれにも施術前後で有意差は認められなかった。

次に、施術前後で改善が見られた項目の数の集計結果では(有意に向上したというわけではない)。DSでは、過半数の項目で改善が見られた被検者は2名であったが、APでは4名であり、フライトスコープの結果同様、APでの評価が高かった。

### 「結論」

以上のことから、TVT はゴルフパフォーマンスには即時的効果は認められない。しかも、即時的効果があるような施術があったとしても、試合は約 3~4 時間かかるので、その間中効果が継続するかどうかの検証の方が、ゴルフパフォーマンスを語るときには重要と考えられる。その意味で、施術法による効果の違いも含め今後の検討課題としたい。

### 「謝辞」

実験に協力いただいたゴルフスタジオ The 蔵 ssic の生徒さんに心より感謝申し上げます。

### 「引用文献」

- 1) 河野儀久、渋谷智也、飯出一秀、濱浪一則：ハムストリングスへの経皮的吸引刺激が等速性筋力へ与える影響。環太平洋大学研究紀要第 18 号、307-309、2021.
- 2) 辻田純三、中尾哲也、渋谷智也、山下陽一郎、栗田興司：皮膚吸引による筋膜リリースが関節可動域におよぼす影響、体力科学 62：617、2013.
- 3) 辻田純三、武村政徳、渋谷智也、辻田大、賀屋光晴、山下陽一郎、中尾哲也、森沢知之、狩野祐司：経皮的筋膜吸引により筋膜の滑走が生じ筋膜リリースと同等な効果が得られる。理学療法学 Supplement 2016(0), 0441, 2017.

## 競泳キックスタートにおける上肢動作の有無がスタートパフォーマンスに与える影響

○中澤 嶺(国士舘大学)、兵頭 洋樹(国士舘大学大学院工学研究科)、  
梅本 雅之(国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)、和田 匡史(国士舘大学)

### 「緒言」

競泳のレース局面は、スタート局面、ストローク局面、ターン局面、フィニッシュ局面に分類されている。そのうち、スタート局面はスタートシグナル後から頭頂部が15mラインを通過するまでの局面を指し、当該局面は50m種目では約30%、100m種目では約15%の距離を占めるため、短距離種目になるほどスタート局面の重要性が増すと報告されている。また、レースではスタート台からの飛び込みスタートが一般的である。スタート台を蹴りだし前方への推進力を得るスタート局面は、レース中に最も高い速度を生み出すことができる局面である。さらに、短距離種目においてスタート局面の泳タイム差は最終的な競技結果の泳タイム差より大きいことが報告されており、スタート局面の技能の高低は短距離種目の競技力向上に大きな影響を及ぼしていると考えられる。

さらに、構えから離台までの局面は、最も高い速度を生み出すことができるため、進行方向に対して高い水平速度を獲得することが重要とされている。先行研究において、飛び出し水平速度と5m通過時間の間に有意な負の相関( $r = -0.751$ )が認められたことや、本間らのスターティングブロックから足が離台した瞬間(飛び出し時)の身体重心水平速度(飛び出し水平速度)と、その後の10m通過時間との間に高い負の相関関係( $r = -0.703$ )が認められている。尾関らの研究では飛び出し水平速度には右手2.5%、左手4.3%が貢献しており、武田らはグラブスタートにおいて飛び出し角度の減少に伴い飛び出し速度が増加し、飛び出し水平速度の重要性を考慮した際、飛び出し角度は0deg付近が望ましいとしている。しかしながら、スタート局面においては技能を向上させるために下肢に関する研究が多く取り上げられているが、上肢に関して検討した研究はほとんど見当たらない。

そこで本研究は、キックスタートにおける上肢動作の有無が飛び出し水平速度と飛び出し角度に与える影響を調査することを目的とした。

### 「方法」

#### 1) 対象

本研究の対象は、男性大学生選手7名、男性社会人選手4名、計11名とし、対象には事前に実験の趣旨、内容および危険性について説明をし、参加の同意を得た。

#### 2) 測定方法

実験は(公財)日本水泳連盟公認プール(屋内25m×8レーン、水深1.5m)で行い、撮影には10台のモーションキャプチャカメラ(OptiTrack社製PrimeX13)を用いて、

スタートの構えから水中への入水時まで、すべてが撮影できるように設置した(図1)。被検者には身体の25点に直径12.7mmの反射マーカを貼付した(図2)。

#### 3) 実験試技、測定項目

実験試技は、①普段行っているクラウチングスタート(以下、standard)、②上肢がストリームライン姿勢をとったクラウチングスタート(以下、streamline)の2試技を行うよう指示した(図3)。測定項目は各試技における飛び出し水平速度(スターティングブロックから足が離台した瞬間の身体重心水平速度)と飛び出し角度(スターティングブロックから足が離台した瞬間の身体重心ベクトルが水面となす角度)とした(図4)。

#### 4) 分析方法

本研究での分析は、VENUS3D(ノビテック社製)を用いて取得したデータの手動デジタイズを行った。デジタイズしたデータの3次元座標値を算出し、各試技の比較をした。

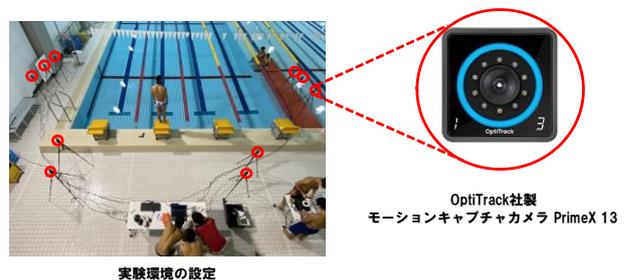


図1 実験環境およびモーションキャプチャー用カメラ

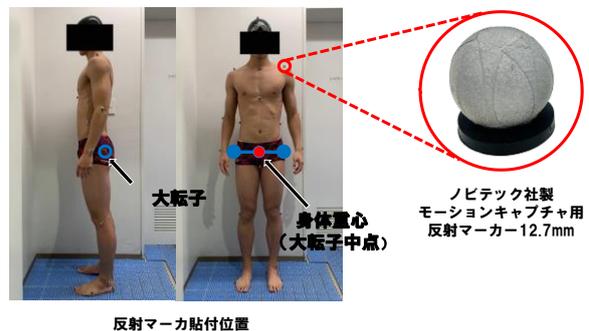


図2 マーカー貼付位置

### 「結果」

図5には飛び出し水平速度の比較を示した。Streamline試技の方が、速度が有意に高いものの統計的な有意差は認められなかった。

図6には飛び出し角度の比較を示した。Streamline試技

の方が Standard 試技と比較し、飛び出し角度が小さく 0 度に近い結果となったが、統計的な有意差は認められなかった。また Streamline 試技は角度の標準偏差が大きいことがわかる。

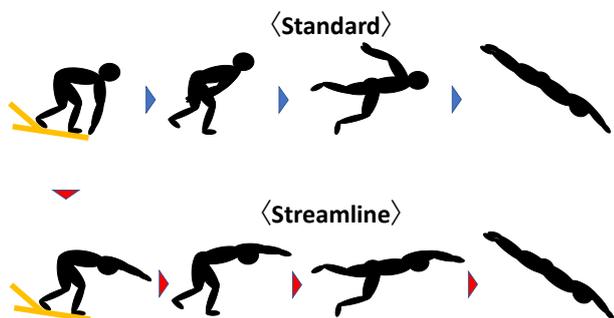


図3 実験試技

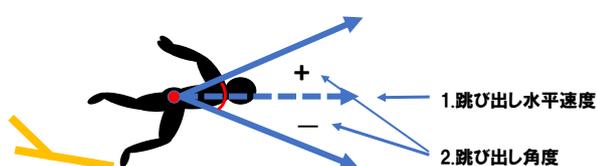


図4 測定項目の定義

1. 飛び出し水平速度：スターティングブロックから足が離脱した瞬間（飛び出し時）の身体重心水平速度
2. 飛び出し角度：スターティングブロックから足が離脱した瞬間（飛び出し時）の身体重心ベクトルが水面となす角度

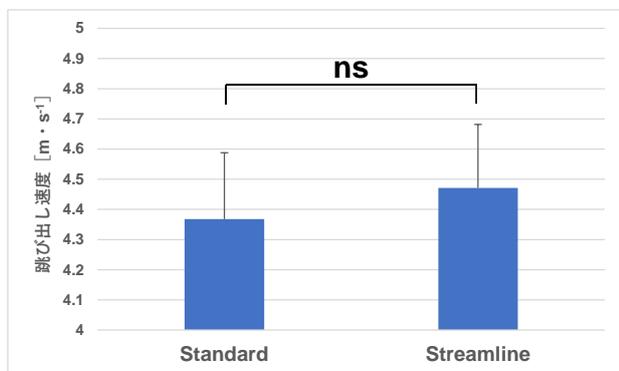


図5 飛び出し水平速度の比較

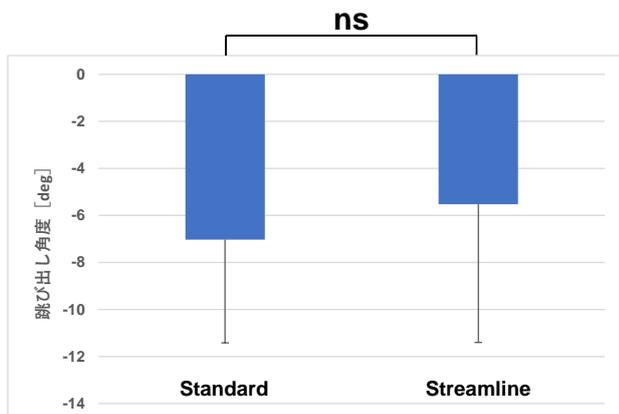


図6 飛び出し角度の比較

### 「考察」

本実験の目的は、キックスタートにおける上肢動作の有無が飛び出し水平速度と飛び出し角度に与える影響を調査することであったが、全体を通して試技間の飛び出し水平速度、飛び出し角度の違いは見受けられなかった。上肢動作の有無による飛び出し水平速度と飛び出し角度の違いが見られなかった理由として、飛び出し水平速度に加わる手部の貢献度より負の鉛直方向速度における上肢動作の貢献度の方が大きいことが考えられた。

### 「結論」

競泳キックスタートにおける上肢動作がスタートパフォーマンスに与える影響について明らかにするには、リアクションタイムや手部による力発揮のベクトル、スターティングブロックを押す力などその他の運動学的変化量についても比較する必要があると考える。

### 【引用文献】

De la Fuente, B. and Arellano, R. (2010): Effect of start time feedback on swimming start performance. XI International Symposium on Biomechanics and Medicine in Swimming Proceedings 11, 249-251

本間正信ら, 他 (1997): 競泳選手へのバイオメカニクス的支持活動. バイオメカニクス研究 8, 237-241

日本水泳連盟 (2005): 水泳コーチ教本第二版. 173-176, 大修館書店

尾関一将ら, 他 (2016): 競泳キックスタートにおける力の測定 手部、足部分離型力量計による測定. 日本体育学会第 67 回大会予稿集, 181

酒井伸ら, 他 (2017): 競泳キックスタートにおけるバックプレート位置がスタート・パフォーマンスに与える影響. 体育学研究 62, 133-144

武田剛ら, 他 (2006): 競泳スタートにおける飛び出し角度の変化が飛びだし速度、飛距離とブロックタイムに与える影響. 体育学研究 51, 515-524

吉田章, 斎藤慎一 (1981): 競泳におけるスタート動作分析. 筑波大学体育学系紀要 4, 49-54