

大学カヌースプリント選手のバランス能について

中村夏実¹⁾, 藤田英二²⁾, 竹島伸生²⁾

¹⁾ 鹿屋体育大学スポーツ武道実践系

²⁾ 鹿屋体育大学スポーツ生命科学系

キーワード: バランス能, カヌースプリント, セーリング, 水泳

[要 旨]

本研究は、バランスマスターを用いて大学カヌースプリント、セーリング、水泳選手の静的および動的バランス能を測定し、カヌー選手のバランス能の特徴を調べた。被験者はK体育大学カヌースプリント、セーリングと水泳選手総数30名(平均年齢 20.7 ± 1.2 歳)。バランステストは、バランスマスターを用い、バランス指標は重心移動(SV)と安定性の限界値(LOS)とした。SV は、固い台上および柔らかい台上での開眼および閉眼時とそれらを総合した変数(comp)で評価した。LOS は、初期到達点、最高到達点、反応時間、重心移動速度、移動速度(MVL)および方向制御とした。テストは、左右前後斜め(前(F: 0 度), 右前(RF: 45 度), 右(R: 90 度), 右後(RB:135 度), 後(B: 180 度), 左後(LB: 225 度), 左(L: 270 度), 左前(LF: 315 度))の8方向条件と総合値(comp)を求めた。一元配置分散分析を用いて主効果(群間)を検討し、有意性が認められた場合には事後検定を行った。有意水準はP<0.05とした。その結果、3群間の身長、体重およびBMIに有意差が認められなかった。静的バランス指標はいずれの指標も主効果(競技種目間)に有意性が認められなかった。動的バランス指標では、MVLで主効果(群間)に有意性が認められ、群間比較からカヌー選手が他の2群に比べてFMVL, RFMVL, LMVLとMVLcompが有意に高かった。以上から、カヌー選手は水泳、セーリング選手に比べ、移動速度が速いという特徴が示された。しかし、カヌースプリントはカヤックとカナディアンと動作様式が異なることも明らかであり、これらの差異についてはさらに検討する必要がある。

スポーツパフォーマンス研究, 8, 449-459, 2016年, 受付日: 2016年6月6日, 受理日: 2016年11月17日

責任著者: 竹島伸生 〒891-2393 鹿児島県鹿屋市白水町 1 番 takeshima@nifs-k.ac.jp

Balancing ability of canoe sprint athletes

Natsumi Nakamura, Eiji Fujita, Nobuo Takeshima

National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: balance, canoe sprint, sailing, swimming

【Abstract】

The present study examined the static and dynamic balancing abilities of athletes in the sports of canoe sprint, sailing, and swimming, in order to characterize features of those abilities. The participants were 30 students of K university (average age 20.7±1.2) who specialized in canoeing, sailing, or swimming. The three groups of athletes were tested on a Balance Master. The balancing indices measured included sway vision (SV) and the limit of stability (LOS). The limit of stability was evaluated with the eyes open and closed on a hard platform and a soft platform, and their composite value (comp) was calculated. The limit of stability included the initial attainable point, the highest attainable point, response time, sway vision, movement velocity (MVL), and direction control. Tests were conducted in 8 directions, i.e., front (F: 0 degrees), right front (RF: 45 degrees), right (R: 90 degrees), right back (RB: 135 degrees), back (B: 180 degrees), left back (LB: 225 degrees), left (L: 270 degrees), and left front (LF: 315 degrees); their composite value (comp) was also calculated. The data were evaluated by a one-way analysis of variance to obtain the main effect (across groups). Whenever significant results ($p<.05$) were obtained, a second test was conducted for verification. The results were as follows. No significant differences were observed in body height, body weight, or body mass index (BMI) among the 3 groups of athletes. Also, no significant differences were obtained in the main effect (across groups) on the static balancing index. A significance difference was observed in the dynamic balancing indices, with a significant main effect (across groups) of movement velocity. The front movement velocity, right-front movement velocity, left movement velocity, and composite movement velocity of the canoe athletes were significantly higher than those indices in the other two groups of athletes.

The above results suggest that these canoe athletes had a higher movement velocity than did the swimmers and sailors. However since the movement style in the canoe sprint is different in kayak and Canadian, further study should be done to examine those differences.

I. 研究の背景と目的

バランス能とは、身体のバランスを保ち調整された運動を行なう基礎となる感覚としてみられており、人は地球上では重力の影響を受けるために静かに立っているときでも完全に静止することは不可能であり、動揺しながらも安定した姿勢を維持している。これを静的バランス能と称す。また、走ったり、歩いたりしても倒れることなく、姿勢を保ちながら移動する能力を動的バランス能としている(中村, 2009)。これは、神経生理学的に「姿勢の安定を保つ能力, 平衡能」として定義づけられ、姿勢保持のための筋収縮調整能として捉えられており、反射性, 反応性, 予測性の姿勢調整能力の要素から構成されている(杉山と木村, 2012)。

また、人は地球上で常に重力の影響を受けて生活しているが、立位安静姿勢においても微妙な身体の揺れを伴い、神経機能を調節し、姿勢を保持している。これが静的バランスである。安定性が妨げられた状態(一般には左右前後に傾く状態)に対して身体や筋活動を予測調節して姿勢を維持する能力を動的バランスとする見方もある(前阪ほか, 2015)。

スポーツには多くの競技が存在するが、とりわけ水を利用して行なう競技をみると、カヌースプリントやセーリングに代表される水の上で艇に乗って風や潮流の影響を受け、水の上で身体の調整を図りながら進む競技と水の中で泳ぐ水泳などに大別できよう。水の上で艇に乗った状態では明らかに支持面が不安定な状況になる。このうちカヌースプリントは、道具(パドル)を使って水面を漕ぐ競技であり、不安定の支持面に対して重力とともに水の流れや常に重心に対して左右前後のバランス調節が要求される。また、このカヌースプリントは、カナディアン(動画1)とカヤック(動画2)と呼ばれる種目があるが、動画のように艇の上で艇に推進力を与えるためのダイナミックな動作を行わなければならない。両種目ともに姿勢調節やバランス維持が大きく求められることがわかる。一方、セーリングは同様に水上での競技であり、水面で、波や風などの影響を受け、不安定の支持面の上でバランスを調整することが求められる(動画3)。セーリングは、瞬時に横や左右に体幹が揺られるというよりも、セールに加わる推進力を逃さず、進路方向に対して艇が安定するようにするため、身体を時には重りのように使い、コントロールすることが要求されるといえよう。これに対して水泳は、水の中または水面近くで行なう身体運動である。この水泳は、カヌーやセーリングと異なり、身体が水の中で横たわって動作を行なうために、ほぼ全身が水浸暴露され、浮力の影響を受けるなど特に循環器系には種々の反応が示され、陸上運動とは異なった心血管系の反応が生じることが明らかである(岡田ほか, 1996, Risch et al., 1978, Takeshima et al., 1997)。

いずれの競技も他の陸上での競技などと異なり、不安定な水という環境下で運動を行なうものであり、3次元的な身体調節を求められることからバランス能の維持向上が必要であるとみられる。しかし、これらの競技を対象としたバランス能の比較研究はみあたらない。バランス能は、視覚情報の有無、前庭機能、体性感覚機能および筋力、そして脳といった複数の要因から影響を受け、統合されたものである。地球上では、重力や身体の安定性が妨げられる状態(左右前後)の程度や状況が異なればその発達に差異が生ずる可能性も少なくない。また、カヌースプリントは、艇の不安定の中でパドルを使って腕で推進力やバランスを調整が求められるが、その際に求められるタンデムスタンスや座位での体勢が常時左右の傾斜に対して姿勢調節を求められることから、とりわけ前庭機能、体性感覚機能の働きが活発になると推察できるため他の競技に比べてバランス能が高まることなどが仮説として考えられるがこの点

も不明である。

そこで本研究の目的は、大学カヌースプリント選手、セーリング選手と水泳選手の3群についてバランスマスターを用いて、静的及び動的バランス能を測定し、競技種目間の比較とともにカヌースプリント選手のバランス能の特徴を調べた。

II. 方法

1. 対象者

対象は、競技歴が10年程度有する大学カヌースプリント、セーリングおよび水泳の3群として、それぞれ10名で総数30名(平均年齢 20.7 ± 1.2 歳)とした(表1)。カヌースプリント選手のうちカナディアンが3名(男1, 女2), カヤックが7名(男2, 女5)であった。いずれの群も男女が含まれているが、身長と体重は性差が認められるものの3群間における男女比, 変数間の性差が認められなかった。被験者は顧問教員の協力を得て、研究協力に同意を受けた選手をリクルートした。事前に対象者には本研究の目的と方法について説明し、研究参加の同意を得て実施した。また、研究に際しては鹿屋体育大学論理委員会の承認を得た。

表1. 3群間の身長, 体重とBMI の比較

群	身長 (cm)	体重 (kg)	BMI (kg/m ²)
カヌー (n=10, M=5, F=5)	1.67 ± 0.07	63.5 ± 8.6	22.6 ± 2.1
水泳 (n=10, M=5, F=5)	1.70 ± 0.09	62.7 ± 6.9	21.6 ± 1.0
セーリング (n=10, M=6, F=4)	1.66 ± 0.12	59.6 ± 8.5	21.6 ± 1.5
注: BMI (Body Mass Index: 体重/身長 ²), : n=人数, M=男性, F=女性			

2. 測定方法

測定場所と時期: 鹿屋体育大学ヘルスプロモーション実験室とした。測定は2015年10月の第1週から第2週の間実施した。バランス能は、バランスマスター (Balance Master 8.0.2, NeuroCom International, Inc, Clackamas, OR, USA)を用い、静的バランス指標として立位における重心動揺 (Sway Velocity: 以下 SV)と、動的バランス指標として安定性の限界閾値 (Limits of Stability: 以下 LOS)を評価した。また、バランス測定に際して、形態変数として身長, 体重を測定し、BMI (Body Mass Index: 体重 (kg)/身長²(m))を算出した。バランスマスターは、デュアルフォースプレートとコンピュータで構成されている。デュアルフォースプレートには4個のセンサーが内蔵されており、対象者の足にかかる垂直圧力を計測してこの情報をコンピュータに転送する仕組みになっている。

SV 測定: 被験者は、フォースプレートの上(固い台上: Firm)に身長に応じて定められた位置に足を合わせて立位姿勢をとる。フォースプレート上で身長が 0.76m-1.40m までが Short (S) line, 1.41m-1.65m までを Medium (M) line, 1.66-2.03m までを Tall (T) line として3段階で測定足位置が分類され、被験者は身長に応じてパソコン上で表示される足位置で測定を行なう。測定は以下の4条件で行なう。1) 始めにフォースプレート上にて開眼状態で立位姿勢を保つ EO-Firm (eyes open-firm surface) 条件で、2) 次に閉眼の EC-Firm (eyes closed-firm surface) 条件で、3) その後フォースプレ

トの上にフォームパッド(柔らかい台, 厚さ 0.13m: Foam)を乗せ, 同様に EO-Form と EC-Form における立位時の SV を計測する(動画4)。測定中は, 手などで支持すること, および補助を受けることもなく, 自分の脚のみで姿勢保持を 10 秒間行なう。上述の4条件のテストはそれぞれ3回ずつ繰り返し行い, 自動的に3回の平均値が算出される。それらの値から4条件全ての総合平均(sway velocity composite: SVcomp)を求めた。SV の測定方法は, Rogers et al. (2003) および Takeshima et al. (2014)の方法に準じた。

LOS 測定:フォースプレート上で立位姿勢にて重心の位置を素早く左右前後斜めの 8 方向((前方(F: 0 度), 右前(RF: 45 度), 右(R: 90 度), 右後方(RB:135 度), 後方(B: 180 度), 左後方(LB: 225 度), 左(L: 270 度), 左後方(LB: 315 度))に対して身体を傾斜させて, 目標位置へ重心を移動する能力をLOSとして評価するものである。測定風景の例を動画5に示した。LOSは決められた方向に対してバランスを崩したり, 足を踏み出したり, 手をどこかに支持することなく, どれだけ目標到達位置に近づけられるかを評価するものである。被験者の身長が 0.76m-1.40m までが Short (S) line, 1.41m-1.65m までを Medium (M) line, 1.66m-2.03m までを Tall (T) line として3段階で測定足位置が分類され, 被験者はフォースプレート上に身長に応じて表示される足位置で測定を行なう。テスト開始とともに, コンピュータ画面中央の枠から目標へ身体を傾斜し, 立位姿勢が崩れることなく, 素早く重心移動を行わせ, 重心移動速度が 0 m/sec となる, 又は移動方向の反転する位置まで動いた距離を初期到達点(EPE)と称する。その後, 目標位置に向かい微調整して身体を最大限に傾斜し, 最終的に到達した最も遠い重心移動距離を最高到達点(MXE)という。また, 移動速度(MVL)は, コンピュータ画面中央の枠からEPE までで移動開始 5%から 95%の距離間の平均速度を示す。また, 反応時間(RT)は, コンピュータ画面上でスタートの合図(目標の位置に○印が表示)が示され, その後素早く画面上の人形(自身の重心位置)を目標位置に移動するまでの時間をさす。このとき出来る限り早く移動し始めるように指示を与える。方向制御(Direction Control: DCL)は, スタートの位置と目標位置を結ぶ線上に対して速やかに直線的に移動することを求めるが, 実際には一直線上に移動することは出来ない。画面中央の枠(測定開始時の重心の位置)と目標枠を結んだ直線から外れた距離を評価し, 相対割合(%)で表す。これらの計算はすべて計測機器の中で自動的に算出される。LOS の測定項目は EPE, MXE, RT, MVL, DCL の5項目とした。これらの値は SV と同様に, 8 方向での総合値(composite)を求め, それぞれ EPEcomp, MXEcomp, RTcomp, MVLcomp, DCLcomp とした。この LOS の測定方法は, Rogers et al. (2003), Islam et al. (2004) および Takeshima et al. (2014)の方法に準じた。

データ処理と統計方法:データは, 群別に形態およびバランス指標の平均値, 標準偏差を算出した。統計処理は, 一元配置分散分析(ANOVA)を用いて群間の比較を行い, 主効果(競技種目)に有意性が認められた場合にボンフェローニによる事後検定を実施し, 群間の比較を行なった。また, 性差は χ^2 検定による比較をした。なお, 有意水準は, $P < 0.05$ とした。

III. 事例提示と考察

3群間の静的バランスの比較

分散分析の結果, 静的バランスのいずれの指標も統計的に主効果(競技種目)に有意性が認められなかった(表2)。

表2. 3群間の静的バランス指標の比較

	カヌー (n=10)	水泳 (n=10)	セーリング (n=10)	主効果 (競技種目間)
FirmEO (deg/sec)	0.12 ± 0.05	0.22 ± 0.05	0.25 ± 0.07	n. s.
FirmEC (deg/sec)	0.29 ± 0.08	0.28 ± 0.07	0.33 ± 0.10	n. s.
FoamEO (deg/sec)	0.45 ± 0.09	0.48 ± 0.13	0.49 ± 0.02	n. s.
FoamEC (deg/sec)	1.20 ± 0.27	1.49 ± 0.53	1.43 ± 0.41	n. s.
SVcomp (deg/sec)	0.55 ± 0.10	0.63 ± 0.17	0.44 ± 0.33	n. s.

注, FirmEO: 固い台上で開眼, FirmEC: 固い台上で閉眼, FoamEO: フォームパッド(柔らかい台)上で開眼, FoamEC: フォームパッド(柔らかい台)上で閉眼, SVcomp: 総合値(composite), n.s.: 有意性なし

3群間の動的バランスの比較

分散分析の結果, FMVL, RFMVL, LMVLとMVLcompにおいて主効果(競技種目)に有意性が認められた(表3)。また, 事後検定の結果からこれらの指標でカヌー群が水泳群およびセーリング群に比べて統計的に有意にバランス能が高かった。その他の動的バランスの測定項目では主効果(競技種目)に有意性が認められなかった(表4, 5, 6, 7)。

表3 3群間の移動速度 (MVL)の比較

測定項目	カヌー (n=10)	水泳 (n=10)	セーリング (n=10)	主効果 (競技種目間)	事後検定
FMVL (deg/sec)	8.33 ± 2.70	4.18 ± 2.36	5.45 ± 3.27	P<0.05	1)>2)=3)
RFMVL	8.56 ± 4.65	4.22 ± 1.07	6.89 ± 3.16	P<0.05	1)>2)=3)
RMVL (deg/sec)	6.90 ± 3.81	6.00 ± 2.55	5.70 ± 2.54	n. s.	
RBMVL	6.28 ± 2.62	4.60 ± 2.04	5.31 ± 1.54	n. s.	
BMVL (deg/sec)	4.91 ± 2.30	3.7 ± 1.56	3.98 ± 1.34	n. s.	
LBMVL	7.16 ± 1.39	4.72 ± 1.39	6.10 ± 2.93	n. s.	
LMVL (deg/sec)	10.50 ± 4.70	6.20 ± 1.50	7.89 ± 2.40	P<0.05	1)>2)=3)
LFMVL	7.91 ± 2.60	5.46 ± 2.11	6.05 ± 2.43	n. s.	
MVLcomp	7.35 ± 1.44	4.71 ± 1.13	5.80 ± 1.67	P<0.05	1)>2)=3)

注, MVL: 移動速度, F: 前方 (0度), RF: 右斜め前(45度), R: 右(90度), RB: 右後ろ(135度), B: 後ろ(180度), LB: 左後ろ(225度), L: 左 (270度), LF: 左斜め前 (315度), comp: 8方向の総合値 (composite), n.s.: 有意性なし

表4 3群間の反応時間 (RT)の比較

測定項目	カヌー(n=10)	水泳 (n=10)	セーリング (n=10)	主効果 (競技種目間)
FRT (sec)	0.75 ± 0.50	0.65 ± 0.24	0.70 ± 0.29	n. s.
RFRT (sec)	0.60 ± 0.18	0.61 ± 0.20	0.74 ± 0.37	n. s.
RRT (sec)	0.47 ± 0.08	0.64 ± 0.32	0.64 ± 0.23	n. s.
RBRT (sec)	0.54 ± 0.21	0.64 ± 0.27	0.65 ± 0.91	n. s.
BRT (sec)	0.48 ± 0.19	0.67 ± 0.23	0.38 ± 0.11	n. s.
LBRT (sec)	0.56 ± 0.20	0.67 ± 0.19	0.51 ± 0.20	n. s.

LRT (sec)	0.52 ± 0.11	0.65 ± 0.23	0.56 ± 0.10	n. s.
LFRT (sec)	0.69 ± 0.28	0.72 ± 0.29	0.70 ± 0.21	n. s.
RTcomp (sec)	0.55 ± 0.08	0.66 ± 0.16	0.49 ± 0.27	n. s.

注: RT: 反応時間, F: 前方 (0度), RF: 右斜め前(45度), R: 右(90度), RB: 右後ろ(135度), B: 後ろ(180度), LB: 左後ろ(225度), L: 左 (270度), LF: 左斜め前 (315度), comp: 8方向の総合値(composite), n.s.: 有意性なし

表5 3群間の方向制御 (DCL)の比較

測定項目	カヌー(n=10)	水泳 (n=10)	セーリング (n=10)	主効果 (競技種目間)
FDCL (%)	89.7 ± 6.2	90.0 ± 8.9	87.0 ± 7.1	n. s.
RFDCL (%)	78.4 ± 10.1	85.2 ± 10.1	81.6 ± 18.0	n. s.
RDCL (%)	91.9 ± 4.7	87.0 ± 8.3	90.3 ± 4.3	n. s.
RBDCL (%)	80.1 ± 9.4	80.8 ± 9.4	78.5 ± 6.6	n. s.
BDCL (%)	84.6 ± 8.2	87.3 ± 8.9	86.7 ± 8.5	n. s.
LBDCL (%)	73.8 ± 13.8	82.5 ± 9.6	78.3 ± 12.9	n. s.
LDCL (%)	87.0 ± 4.6	84.8 ± 9.9	85.1 ± 4.3	n. s.
LFDCCL (%)	79.2 ± 12.3	79.1 ± 7.5	79.7 ± 12.1	n. s.
DCLcomp (%)	84.0 ± 5.1	84.9 ± 7.0	82.3 ± 5.3	n. s.

注: DCL: 方向制御, F: 前方 (0度), RF: 右斜め前(45度), R: 右(90度), RB: 右後ろ(135度), B: 後ろ(180度), LB: 左後ろ(225度), L: 左 (270度), LF: 左斜め前 (315度), comp: 8方向の総合値 (composite), n.s.: 有意性なし

表6 3群間の初期到達点(EPE) の比較

測定項目	カヌー(n=10)	水泳 (n=10)	セーリング (n=10)	主効果 (競技種目間)
FEPE (%)	83.5 ± 16.2	82.6 ± 17.7	79.4 ± 14.6	n. s.
RFEPE (%)	98.6 ± 15.3	94.0 ± 16.3	86.8 ± 26.9	n. s.
REPE (%)	95.9 ± 15.5	90.7 ± 20.7	109.9 ± 9.4	n. s.
RBEPE (%)	110.1 ± 15.2	100.6 ± 17.0	107.0 ± 18.0	n. s.
BEPE (%)	87.4 ± 9.6	86.0 ± 13.5	80.7 ± 22.9	n. s.
LBEPE (%)	106.4 ± 24.0	93.7 ± 24.6	116.7 ± 12.9	n. s.
LEPE (%)	107.8 ± 4.8	92.1 ± 24.8	98.7 ± 17.3	n. s.
LFPEPE (%)	90.3 ± 12.5	86.1 ± 16.0	93.0 ± 14.9	n. s.
EPEcomp (%)	97.2 ± 6.4	90.9 ± 14.2	96.5 ± 8.3	n. s.

注: EPE: 初期到達点, F: 前方 (0度), RF: 右斜め前(45度), R: 右(90度), RB: 右後ろ(135度), B: 後ろ(180度), LB: 左後ろ(225度), L: 左 (270度), LF: 左斜め前 (315度), comp: comp: 8方向の総合値 (composite), n.s.: 有意性なし

表7 3群間の最高到達点(MXE) の比較

測定項目	カヌー(n=10)	水泳 (n=10)	セーリング (n=10)	主効果 (競技種目間)
FMXE (%)	101.0 ± 10.6	96.5 ± 8.3	92.2 ± 14.1	n. s.
RFMXE (%)	109.3 ± 7.5	102.3 ± 11.0	104.8 ± 6.5	n. s.
RMXE (%)	113.0 ± 8.2	102.7 ± 15.0	111.6 ± 6.9	n. s.

RBMXE (%)	114.4 ± 10.6	103.3 ± 16.3	115.0 ± 13.8	n. s.
BMXE (%)	96.7 ± 6.4	94.3 ± 14.0	98.7 ± 12.0	n. s.
LBMXE (%)	115.5 ± 12.4	104.2 ± 18.3	117.0 ± 12.4	n. s.
LMXE (%)	109.6 ± 4.4	103.4 ± 15.7	108.4 ± 7.5	n. s.
LFMXE (%)	108.2 ± 5.1	101.3 ± 12.6	102.3 ± 4.8	n. s.
MXEcomp (%)	108.4 ± 3.6	101.2 ± 12.9	106.8 ± 6.1	n. s.

注, MXE: 最高到達点, F: 前方 (0 度), RF: 右斜め前(45 度), R: 右(90 度), RB: 右後ろ(135 度), B: 後ろ(180 度), LB: 左後ろ (225 度), L: 左 (270 度), LF: 左斜め前 (315 度), comp: 8 方向の総合値 (composite), n.s.: 有意性なし

本研究の目的は、バランスマスターを用いて大学カヌースプリント、セーリング、水泳選手のバランス能を測定し、バランス能の競技種目間の比較を試みることであった。分散分析の結果から、静的バランス指標には主効果(競技種目)で有意性が認められずいずれの群も同じ程度とみられたが、動的バランス指標ではカヌースプリント選手は他の競技に比べて移動速度が速いという特徴が示された。

カヌースプリントもセーリングも同様に野外の競技であるために不規則な風や波に対応しながら自分のパフォーマンスを発揮する特性がある。カヌースプリントは、腰幅程度しかない細い艇のバランスを常に保ちつつ、かつその艇のうえで、ダイナミックな漕動作の繰り返し運動が行われる。このためにカヌースプリントでは、特に左右前後に対する重心移動の速い動きが求められることなどから敏捷性や安定した動的な姿勢維持が必要であり、日常のトレーニングや競技の特異的な効果が生じているかもしれない。

実際には、カヌースプリントは既述のようにカナディアンとカヤックという競技に分かれている。今回は、本対象者がカナディアン3名(男 1, 女 2)、カヤック7名(男 2, 女 5)となっていた。このカヌースプリントの2種類でのバランス能はいずれも有意差が認められなかったがサンプル数が少ないために比較検討することができない。足を前後に開脚するカナディアンがカヤックより運動中の姿勢調節への不安定さが増すようにも考えられ、バランス能に違いが生ずることが考えられるが、今回の結果からは不明であり、さらなる検討が求められる。

セーリングは、カヌースプリント同様に水上での競技であり、カヌースプリント同様に不規則な風や波に対応しながら自分のパフォーマンスを発揮することが求められる。しかし、セーリングでは艇のバランスを保ち、セールが持つ推進力を維持するために、身体を艇の横に張り出して錘代わりに使うなどの動作が多く、そのため帆の調整や進行方向に対して身体を真横に位置する姿勢での重心移動が求められることが考えられる。このために進行方向に対して主に左右方向でバランス保持が求められるカヌースプリントとは、身体の手操作やバランスの取り方が異なる可能性が考えられたが、静的バランスでは競技間での相違が認められなかった。

既述のように水泳は浮力により体重が軽減されるが、地球上で唯一無重力下に類似した環境を作ることができるのが水浸曝露(water immersion)である。近年、高齢者の転倒予防のための一様式として水中でのバランス運動の効果が報告されている(Katsura et al., 2010, Simmons and Hansen, 199, Devereux et al., 2005, Sanders et al., 2013)。水中下での運動は、3次元的な身体調節を求められることからバランス能の改善に有効であるとみられているが、今回の結果から、静的バランス能には競技間

で相違が認められなかった。

一方、これら3群の SVcomp は、同年代の一般人の標準値 (0.59 ± 0.15 deg/sec)(NeuroCom International, メーカーのマニュアルによる)と比較するといずれの群も高い能力を示しているものと考えられた。また、大学剣道競技者を対象とした前阪ほか(2015)によると、SVcomp が 0.69 ± 0.15 deg/sec となっており、今回の方がいずれの群ともに重心動揺が小さく、不安定な支持面での競技の特性が示されているとみられ、水の上または中で行なう競技の特徴であると考えられた。

他方、動的バランスはMVLを除くと競技種目間における相違が認められなかったが、MVLの指標で主効果(競技種目)に有意差が認められ、事後検定からカヌー選手が他の種目より FMVL, RFMVL, LMVL と MVLcomp が有意に高かった。セーリングと水泳選手では事後検定で有意差が認められなかったが、いずれも移動速度の平均値はセーリングが最も低値を示した。このことから、カヌースプリント選手は動的バランス指標の反応時間が短く、移動速度が速いということが示唆された。また、同年代の MVLcomp の一般人の標準値 (5.89 ± 1.80 deg/sec) (NeuroCom International, メーカーのマニュアルによる)となっており、カヌースプリント選手は移動速度が優れているものとみられた。これは、前阪ほか(2015)の剣道競技者の MVLcomp が 7.59 ± 1.80 deg/sec とする結果と等価とみられ、タンデムスタンスで常に動くことが剣道競技者のバランス能を高めている可能性が高いとする解釈と同様に、カヌースプリント選手は水の上で三次元的にバランス調整を瞬時に求められることからバランス能が高かったものと推察できる。しかし、先行研究が少なく、結論を求めるには例数が少なく、さら競技特性や運動効果を観察し、検討する必要がある。

一方、Pickerill and Harter(2011)によると若年大学生を対象に本研究で使用したバランスマスターと別のバランス評価機器(Biodex stability system)を用いてバランス能を評価した場合に必ずしも同じ能力をみていることになっていないという指摘があり、テストの特異性が生じている可能性も考慮する必要があり、本研究結果を単純に普遍化することはできない。本研究はサンプル数が少ないという限界もあり、今後はさらに多くのサンプリングを試みて検討する必要がある。また、今回用いたバランスマスターによる評価は従来より耳鼻科等の前庭機能の診断や高齢者向け(Takeshima et al., 2014, 竹島ほか, 2015)に利用されていることが多い。最近剣道競技者などにも競技者の特性などの比較(前阪ほか, 2015)に用いられているが、他のバランス指標などを含めて総合的なバランステストによる競技特性の評価が期待される。

V. まとめ

本研究は、大学生カヌー、セーリング、水泳選手を対象にバランスマスターによって静的及び動的バランス能を測定し、競技種目間の差異を比較検討した。その結果から、静的バランス能においては競技間の差異が認められなかった。一方、カヌー選手は、他の種目に比べて動的バランス指標で、特に移動速度が有意に速く、競技特性が示されたものと思われた。しかし、カヌースプリントはカヤックとカナディアンと動作様式が異なることも明らかであり、今回はサンプル数が少ないことから比較できなかったが、これらの差異についてはさらに検討する必要がある。

引用文献

- Islam MM, Nasu E, Rogers ME, Koizumi D, Rogers NL, and Takeshima N. (2004) Effects of combined sensory and muscular training on balance in Japanese older adults. *Preventive Medicine* 39 (6): 1148-1155.
- Devereux K, Robertson D and Briffa NK. (2005) Effects of a water based program on women 65 years and over: a randomized controlled trial. *Australian Journal of Physiotherapy* 51: 102-108.
- Katsura Y, Yoshikawa T, Ueda SY, Usui T, Sotobayashi D, Nakao H, Sakamoto H, Okumoto T, and Fujimoto S. (2010) Effects of aquatic exercise training using water-resistance equipment in elderly. *European Journal of Applied Physiology* 108: 957-964.
- NeuroCom International Inc. (2002) Normative data information static systems, *Nerocom System Operator's Manual Version 8: N-2-3*, Clackmas, OR, USA
- 岡田暁宜, 早野順一郎, 向井誠時, 秋田祐枝, 坂田成一郎, 松原充隆, 竹島伸生, 高田和之 (1996) Water immersion に対する循環調節系の反応の加齢による変化. *自律神経* 33(4): 371-376.
- Pickerill ML, and Harter RA. (2011) Validity and reliability of limits-of-stability testing: A comparison of 2 postural stability evaluation devices. *Journal of athletic training* 46 (6): 600-60.
- Risch WD, Koubence H, Beckmann U, Lange S, & Gauer OH. (1978) The effect of graded immersion on heart volume, central venous pressure, pulmonary blood distribution, and heart rate in man. *Pflügers Archiv: European Journal of Physiology* 374: 115-118.
- Rogers ME, Rogers NL, Takeshima N, and Islam MM. (2003) Methods to assess and improve the physical parameters associated with fall risk in older adults. *Preventive Medicine* 36 (3): 255-264.
- Sanders ME, Takeshima N, Rogers ME, Colado JC, and Borreani S. (2013) Impact of the S.W.E.A.T. water-exercise method on activities of daily living for older women. *Journal of Sports Science and Medicine* 12: 707-715.
- Simmons V, and Hansen P. (1996) Effectiveness of water exercise on postural mobility in the well elderly: an experimental study on balance enhancement. *Journal of Gerontology: Medical Sciences* 51A: M233-M238.
- Takeshima N, Nakata M, Kobayashi F, Tanaka K, Pollock ML. (1997) Oxygen uptake and heart rate differences between walking and on land and water in the elderly. *Journal of Aging and Physical Activity* 5: 126-134.
- Takeshima N, Islam MM, Rogers ME, Koizumi D, Tomiyama N, Narita M, and Rogers NL. (2014) Pattern of age-associated decline of static and dynamic balance in

community-dwelling older women. *Geriatrics & Gerontology International* 14: 556-560.

- ・ 杉山恭二, 木村佳記 (2012) 動的バランス評価方法の提案, *スポーツ障害フォーラム*, 40-42.
- ・ 前阪茂樹, 木原健太, 藤田英二, 竹中健太郎, 下川美佳, 竹島伸生 (2015) 大学剣道および柔道競技者のバランス能の比較について. *スポーツパフォーマンス研究* 7: 381-389.
- ・ 竹島伸生, 宮崎喜美乃, 山本正嘉, Islam MM, 藤田英二 (2015) 80歳登山家三浦雄一郎氏のバランス能について. *スポーツパフォーマンス研究* 7: 90-100.
- ・ 中村隆一 (2009) *基礎運動学*, 第6版, 医歯薬出版, 東京, pp.152-155.