

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

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
鹿屋体育大学

キーワード: バランス能, 大学生, 剣道, 反応時間, 移動速度

【要旨】

本研究は大学生剣道競技者を対象に同じ武道の柔道競技者との比較から剣道競技者のバランス能の特徴を評価した。15年程度継続している剣道競技者10名と同柔道競技者10名の総数20名を対象(平均年齢 22±1歳)とした。バランス能の指標は, 1)静的バランスとして重心動揺速度(Sway Velocity: SV), 2)動的バランス指標として安定性の限界値(Limits of Stability: 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(composite: comp)で評価した。LOSは, 初期到達点(EXE), 最高到達点(MXE), 反応時間(RT), 平均移動速度時間(MVL)および方向制御(DCL)とした。テストは, 8方向(前後左右斜め)の総合値(comp)を指標とした。2群間の身長, 体重およびBMIには有意差が認められず, 形態的な相違がなかった。静的バランス指標はいずれの指標も群間に有意差が認められなかった。動的バランス指標は, RTcompとMVLcompに有意差が認められた。大学剣道競技者は柔道競技者に比べ, 反応時間, 移動速度が速いという特徴が示された。このことから敏捷性, 神経-筋機能の点で柔道選手よりも反応時間が短く, 移動速度が速いという能力が示唆されたが, 競技の継続による縦断的観察を含めて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, 7, 381-389, 2015年, 受付日: 2015年6月25日, 受理日: 2015年12月27日

責任著者: 竹島伸生 鹿屋市白水町1番地 鹿屋体育大学 takeshima@nifs-k.ac.jp

* * * * *

Comparison of balance ability of university kendoka and Judoka

Shigeki Maesaka, Kenta Kihara, Eiji Fujita, Kentaro Takenaka, Mika Shimokawa
Nobuo Takeshima

National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Key words: balance ability, university student, kendo, reaction time, movement
velocity

[Abstract]

The present study aimed to use a Balance Master Platform System to determine the characteristics of the balance ability of a group of male university student athletes who were training in either kendo or judo. Out of 20 students (mean age 22 ± 1) who volunteered to join this study, 10 were kendoka and 10 were judoka. All of them had practiced regularly in their respective sport for about 15 years. In the study, the participants' static balance was measured by their Sway Velocity (SV), and their dynamic balance, by their Limits of Stability (LOS). Sway Velocity was measured while each man was standing on each of two surface conditions (firm pad or foam pad) of the Balance Master Platform System with his eyes open or closed. The Composite Sway Velocity (SVcomp) scores were calculated based on the sway velocity conditions as an index of Sway Velocity. Components of the Limits of Stability (endpoint excursion [EPE], maximum excursion [MXE], reaction time [RT], movement velocity [MVL], and directional control [DCL]) were evaluated in eight different directions by a computerized balance assessment device, and the composite value of each component (EPEcomp, MXEcomp, RTcomp, MVLcomp, DCLcomp) was used in the analysis. No significant differences were obtained in height, weight, or body mass index between the groups, indicating that the athletes in both groups were similar in physique. No significant differences were obtained in the Sway Velocity parameters between the groups. Among the components of the Limits of Stability, the kendo group had significantly higher scores on RTcomp and MVLcomp, compared to the judo group. These results suggest that these student athletes had improved their balance ability remarkably since entering the university. The discussion contends that further study is needed.

I. 研究の背景と目的

剣道は相対する2人の競技者が竹刀を持ち、常に足を前後にする構え(一本の線上に足を前後して立つ状況をタンデムスタンス(tandem stance)と称す)から両者が主に前後方向の移動を伴い相手の面・小手・胴・突きの有効打突を競い合う。このために迅速で正確な打突および防御動作が要求される。先行研究から剣道競技者は、筋力、敏捷性などの体力要因が優れているという報告(井上・恵土, 1992)がある。勝木ら(1994)によると、大学生剣道競技者の場合に一般学生と比べると、筋量が多いこと、上下肢の筋力と前方への瞬発能力が高いこと、そして敏捷性が優れているなどとしている。このように、剣道競技者において筋力、敏捷性などが必要な体力要因とみられてきた。また、剣道の構えは「右足を前に左足を後ろにして立ち、左右、上下肢の動きが非対称であり、打突動作や素振りの際もこの左右非対称の動作を反復する。このために長期にわたる剣道の稽古により、周径囲や関節可動域に左右で違いが生じている」という(松尾ら, 1998; 菅原ら, 2000)。剣道競技者は、常に右足が前、左足が後ろの態勢で競技を行っている。このような態勢で行う運動様式は比較的少ないとみられる。剣道競技者は常に不安定の立位姿勢や狭い支持基底面で動くことが求められるためにバランス能が高いまたは改善する可能性が考えられる。しかし、詳細は不明と思われる。

バランス能(姿勢調節能)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・木村, 2012)。また、バランス能は支持基底面内で重心移動の調節する能力と定義されている(Ag C, 1950; Nashner and McCollum, 1985)。バランス能は、視覚系、前庭系、体性感覚系および関節や筋力の影響を受け、また反応時間の遅れや注意力の低下などを含む中枢神経系の低下との関連性が認められている(竹島・Rogers, 2010)。このために単に筋力や体力が高いということでバランス能が高いという単純な見方はできない。例えば、視覚情報を遮断する、すなわち眼を閉じることで明らかにバランス維持は困難になる。

またバランス能は、静的バランスと動的バランスに大別でき、人は地球上では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、安定性を維持するために神経機能を調節し、姿勢を保持している。一方、安定性が妨げられた状態(一般には前後左右に傾く状態)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いう。

一方、バランス能の評価は未だ全身持久性の指標では最大酸素摂取量、筋力として最大筋力などとするようなゴールドスタンダードとみられる指標が確立されていると言い切れない。三田ら(2009)は簡易な動的バランステストの開発を試み、試験的にスポーツ選手の評価を試みている。近年、パーソナルコンピュータを用いて静的バランスと動的バランスの双方の評価が可能なシステムの開発が進んでいる。

本研究は近年国内外で静的動的バランス指標として使用されているバランスマスターを用いて大学生剣道競技者を対象にバランス能を調べ、同じ武道の柔道競技者との比較から剣道競技者のバランス能の特徴を評価することを試みた。

II. 方法

被験者

剣道または柔道を15年程度継続しているK大学, 大学生剣道競技者10名と同柔道競技者10名の総数20名を対象とした(平均年齢 22 ± 1 歳)。被験者の身体特性は表1に示した。ランダムサンプリングなどの実験計画が立てられなかったために両群ともにパフォーマンスとしては試合で活躍している正選手クラスの人と, 準選手クラスを半数ずつとして対象者をリクルートした。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K大学論理委員会の承認を得た。

表1. 被験者の身体特性

群	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI
剣道競技者 (n=10)	22 ± 0.3	173.8 ± 6.3	74.9 ± 11.9	24.8 ± 2.8
柔道競技者 (n=10)	22 ± 0.6	169.6 ± 6.3	73.5 ± 15.8	25.6 ± 3.6

注: BMI: Body Mass Index (体重/身長²); 2群間に有意差なし; 平均値±標準偏差

測定方法

測定場所と時期: K大学ヘルスプロモーション実験室とした。測定は2014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) (図1)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) (図2)を評価した。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。

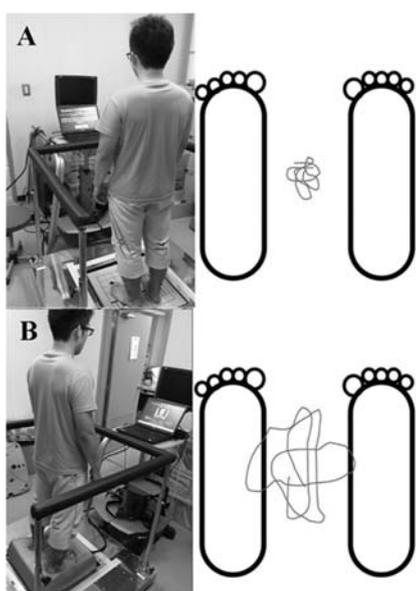


図1 静的バランス(SV: 重心動揺)測定の様子

A: 固い台での測定で開眼, 閉眼; B フォームパッド(柔らかい台)での測定で開眼, 閉眼の順で測定する; 被験者はすべて裸足での測定をおこなう

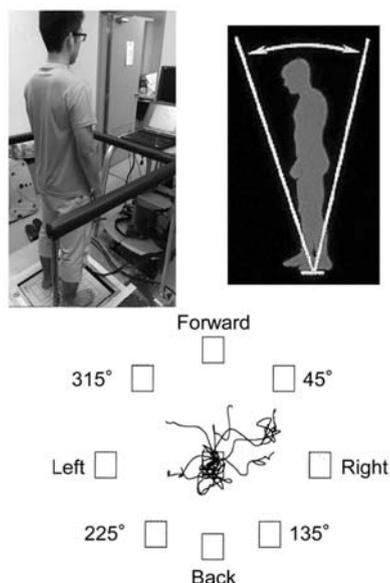


図2 動的バランス(LOS: 安定性の限界値)の測定の様子

前方(forward, 0°)から右斜め前(45°), 右横(90°), 右斜め後ろ(135°), 後方(Back, 180°), 左斜め後ろ(225°), 左(45°), 左斜め前(315°)の順で右周りに測定を行う;被験者はすべて裸足での測定をおこなう。

静的バランス能の指標として SV を測定した(図1)。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 76cm-140cm までが Short (S) line、141cm-165cm までを Medium (M) line、166-203cm 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おこなう。測定は 4 条件で行う。まず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、次に閉眼の EC-Firm(eyes closed-firm surface)条件にて SV の測定を行なう。その後フォースプレートの上にフォームパッド(柔らかい台, 厚さ 13cm: 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。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 回ずつ繰り返す行い、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: SV Comp)を求め、静的バランス能を評価とした。

動的バランス能の指標は、立位姿勢にて重心の位置を素早く前後左右斜めの 8 方向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1](#) 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 76cm-140cm までが Short (S) line、141cm-165cm までを Medium (M) line、166-203cm 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おこなう。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 0deg/sec になった、又は移動方向の反転する位置までの距離を初期到達点(Endpoint Excursion: 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(Maximum Excursion: MXE)という。また、移動速度(Movement Velocity: 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(Reaction Time: 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)が出たら、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て相対割合(%)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 方向での総合評価(composite)で求め、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)の方法に準じた。

データ処理と統計方法: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。群間の比較は、対応のないt-検定を用いた。また、有意水準は $P < 0.05$ とした。

III. 事例提示と考察

大学剣道競技者と柔道競技者の2群間の身長, 体重およびBMI は、有意差が認められなかった。

静的および動的バランス能の測定結果を表2および表3に示した。静的バランスのいずれの指標ともに統計的に群間での有意差が認められなかった(表2)。

表2. 剣道と柔道競技者の静的バランス能(SV: 重心動揺)の比較

	FIRM-EO (deg/sec)	FIRM-EC (deg/sec)	FORM-EO (deg/sec)	FORM-EC (deg/sec)	SVcomp (deg/sec)
剣道競技者	0.22 ± 0.06	0.35 ± 0.09	0.6 ± 0.15	1.53 ± 0.34	0.69 ± 0.11
柔道競技者	0.23 ± 0.09	0.27 ± 0.09	0.7 ± 0.24	1.64 ± 0.44	0.71 ± 0.14

注:FIRM-EO(固い板で目を開けた状態); FIRM-EC(固い板で目を閉じた状態); FORM-EO(フォームパッド(柔らかい台, 厚さ 13cm: Foam)上で目を開けた状態); FORM-EC(フォームパッド上で目を閉じた状態); SVcomp(平均); 平均値 ± 標準偏差

剣道と柔道競技者の SVcomp の平均値(標準偏差)は、それぞれ 0.69 (0.11)と 0.71 (0.14) deg/secであった。この値は、バランスマスターのメーカーが報じている 20 代の平均値 (0.59)とほぼ同じかやや揺れが大きい結果であった。換言すれば一般若年者の成績とほぼ同様とみられた。静的バランス能に有意差が認められなかった要因として、両群とも競技上身体を長時間に静止する場面がないこと、閉眼での運動を行うことがないこと、柔道では畳の上での動きが求められるが、より柔らかい条件下での運動等はいずれの競技でも含まれないことなどから本測定で行ったテストでその効果は反映されていないとみられた。さらなる今後の研究が必要といえる。

動的バランス能はこれまで LOS の指標の中で EPEcomp と MXEcomp が多く用いられているが、SVcomp 同様に同年代の若年者の平均値(72.6%)と比較すると剣道競技者が 98.6 (6.4)%, 柔道競技者が 96.9 (9.3)%と高い結果を示し、両群ともに一般若年者より重心の移動距離能力が明らかに高いとみられた。また、RTcomp, MVLcomp においても両群の成績は一般若年者(それぞれ 0.61sec, 5.8

deg/sec)に比して高い能力を有していたが、両群の比較から剣道競技者は柔道競技者に比べて統計的に有意に RTcomp は早く、MVLcomp が速かった。(表3)

表3. 剣道と柔道選手の動的バランス能 (LOS:安定性の限界値)の比較

	RTcomp (sec)	MVLcomp (deg/sec)	EPEcomp (%)	MXEcomp (%)	DCLcomp (%)
剣道競技者	0.490*±0.79	7.59*±1.42	98.6±6.4	107.0±4.9	84.3±4.2
柔道競技者	0.599±0.72	5.59±1.03	96.9±9.3	106.5±3.4	80.5±5.7

剣道は、技を出す、または避けるといった動作が基本動作としてあるが、常に相手と正対し、相手の動きに対して素早く反応すること、および高い瞬発力とフットワークが優れる必要がある。また、常に足を前後に位置するタンデム状態でのフットワーク並びに打突時の瞬発力が要求される。また、剣道は常に地面に立った状態で競技をしており、技を避けるのも繰り出すにもフットワークと瞬発力を要する。このようなことから、直立した状態で体重や重心移動を多く要する剣道競技者にバランス能が優れる可能性を仮説としたがEPEやMXEなどの重心移動の大きさは剣道と柔道での相違は認められなかった。しかし、剣道競技者は反応時間と移動速度が優れる結果が示された。

柔道は身体を直接用いた個々の肉体と技術の激しい攻撃防御の応酬である。また動きの動作が多様な競技であり、立位姿勢のみならず寝技や固め技といった地面に立たずに行うことも屡々散見される。互いの攻防における動きの中で、投技や固技を駆使し、相手を制するものである。このため、静的な筋力のみならず、実際には激しい動きの中で動的な筋力発揮がなされている。竹内ら(1984)は、柔道選手の体力の特徴について形態的には量育や囲育の発達がみられ、機能的には背筋力や握力が高いと述べている。このことから、柔道競技者は下半身より上半身の筋力が鍛えられているのではないかとみられている。また、柔道は相手と正対し、相手の袖や帯などを掴み、左右前後に身体を大きく動かして行う競技であるが、重心の位置は常に安定した位置に留め、相手の崩しなどに対応して姿勢を維持することが求められる。換言すれば、重心の移動をできるだけ小さくし、仮に体重移動や重心移動があっても姿勢を維持することが求められる。このために柔道競技者のバランス能も高いことが推測できるが、反応時間と移動速度は剣道に比べて低かった。

バランスマスターでのLOS評価は時計回りで自動的かつ固定化されて計測をおこなうシステムとなっており、左右差や前後差を厳密に比較するにはランダム試験などの計測ができないために本動的バランス測定の結果は全8方向に対する総合成績で評価することが妥当とみられる。実際にはLOSでは前後左右方向による競技特性などの検討が求められるが、計測方法や解析などにおいてさらに工夫する必要がある。加えて、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をしている。このように測定機器の持つ特性による評価の違いも考えられるために本研究結果を単純に普遍化することは避ける必要がある。

また、氏家ら(2010)によると、本対象者と類似した大学生剣道競技者(専攻生)では入学後の4年間で閉眼片足立ちの記録が著しい向上がみられたとバランス能の改善を示唆している。本研究では、4年生を対象としたために剣道競技の鍛錬によるバランス能の改善の有無などの詳細な検討はさらに求められる。しかし、剣道における一つの体力特性としてのバランス能の研究の必要性が示唆される。

本研究では、ランダムサンプリングなどの実験計画が立てられなかったために両群ともにパフォーマンスとしては試合で活躍している正選手クラスの人と、準選手クラスを半数ずつとして対象者をリクルートしたが、サンプル数が少ないという限界があり、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耳鼻科等の前庭機能の診断や高齢者向けに利用されていることが多いが、競技者の特性などの指標として用いられたことは少なく、他のバランス指標などを含めて総合的なバランス評価が期待される。

V. まとめ

本研究は、大学生剣道競技者を対象にバランス測定を行ない、その水準を調べるとともに、同じ武道の柔道競技者との比較から、剣道競技者のバランス能の特性を評価した。両競技者の動的バランス能は明らかに一般同年者に比べて高いとみられたが、剣道競技者はとくに反応時間と移動速度が有意に速く高かった。タンデムスタンスで俊敏な要求が求められる剣道の競技特性ともみられるが、さらに対象者や世代を超えた剣道競技者のバランス測定をおこない、その特性を評価する必要がある。

引用文献

- ・ Ag C (1950) The influence of the lower extremities upon the structural integrity of the body. J Am Osteopath Assoc., 49(9): 443-446.
- ・ 井上哲朗, 恵土孝吉 (1992) 剣道競技者の基礎的体力要素についての研究. 武道学研究 24(3): 55-61.
- ・ 勝木豊成, 出村慎一, 田辺実 (1994) 大学剣道選手の体力特性. 武道学研究 26(3): 15-24.
- ・ 松尾清孝, 成澤三雄, 村永信吾, 関和彦 (1998) 剣道の素振りにおける筋活動様式の左右差. 体育学研究 43: 176-184
- ・ 三田泰成, 金高宏文, 瓜田吉久, 松村勲, 井上尚武, 塩川勝行, 清水信行三浦健, 北川淳一, 齋藤卓, 前阪茂樹, 千足耕一 (2009) スポーツ選手のための木柱を用いた簡易な動的バランステストの開発. スポーツトレーニング科学 10: 25-32.
- ・ Nashner LM, McCollum G (1985). The organization of human postural movements: a formal basis and experimental synthesis. Behav Brain Sci., 8:135-150.
- ・ NeuroCom International Inc. (2002) Normative data information static systems, Neurocom System Operator's Manual Version 8, pp N-2-3, Clackmas, OR, USA
- ・ Pickerill ML, Harter RA (2011) Validity and reliability of limits-of-stability testing: A comparison of 2 postural stability evaluation devices. J Athl Train, 46 (6): 600-606
- ・ 菅原洋輔, 山本利春, 成澤三雄 (2000) 関節可動域及び周径圍の差からみた剣道選手の競技特性. 体力科学, 49 (6): 875.

- ・ 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, p40-42.
- ・ 竹島伸生, ロジャース編 (2010) バランス運動の理論と実際, ナップ, 東京.
- ・ 竹内善徳, 杉山重利, 手塚政考, 高橋邦郎, 梶山彦三郎, 大滝忠夫監修(1984) 論説柔道, 不味堂出版, pp72-74.
- ・ 氏家道男, 矢野博志, 太田昌孝, 右田重昭, 田中重陽, 熊川大介, 角田直也 (2010) 本学体育学部武道学科剣道専攻学生における形態及び体力の縦断変化. 国士舘大学紀要 29:127-130.