

10. 柔道練習が加速度外乱に対する立位バランス能力に及ぼす影響

神戸大学大学院人間発達環境学研究科 岡田 修一
甲南大学 山崎 俊輔
京都教育大学 藪根 敏和

10. Effect of Judo training on balancing ability after abrupt deceleration generated by postural disturbance.

Shuichi Okada (Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University)
Shunsuke Yamasaki (Konan University)
Toshikazu Yabune (Kyoto University of Education)

Abstract

The purpose of this study was to determine whether a 6-month Judo training would be of effect on balancing ability after abrupt deceleration generated by postural disturbance. The subjects were 6 male Judoists (Judo group) belonging to Judo club in Kobe university and 8 male college students (Control group). Changes in the center of foot pressure (CFP) were measured during postural sway following platform deceleration, and the response time and CFP displacement were evaluated before and after a 6-month Judo training. The response time and CFP displacement immediately after abrupt deceleration were significantly smaller in Judo group after a 6-month Judo training. In contrast, there was no significant change in the control group before and after. These results suggest that a 6-month Judo training improve the balancing ability after abrupt deceleration.

I 緒言

柔道はバランスの崩し合いの競技といわれ、いかに相手のバランスを崩すかが、その勝敗を左右する¹⁴⁾。相手が崩そうとして力を発揮した時、その力は立位姿勢に対しての瞬間的な加速度外乱となる⁹⁾。

Perrin et al.¹⁴⁾は、若年柔道選手の起立台の周期的な振動に対する動的バランス能力は、特定の運動を行っていない者に比べ優れていたと報告している。また、岡田ら¹²⁾は、後傾姿勢から転倒を引き起こす外乱方法を用いて、大学柔道選手の立ち直り動作を陸上選手、ハンドボール選手と比較した結果、柔道選手の動的バランス能力は優れていると報告している。これらのことは、習慣的に柔道練習を行っている者は加速度外乱に対する立位バランス能力が優れることを予想させる。

岡田ら⁹⁾は30年以上習慣的に柔道を行っている高齢柔道家と10年以上ほぼ毎日歩行運動を実施している高齢者を対象に、加速度外乱に対する立位バランス能力を比較検討した。その結果、高齢柔道家は歩行運動を実施している高齢者に比べ、加速度外乱に対する立位バランス能力が優れていたことから、習慣的な柔道練習は加速度外乱に対する立位バランス能力を向上させる可能性があると報告している。しかし、これまで、柔道練習が加速度外乱に対する立位バランス能力に及ぼす影響について実証的に検討を行った研究はみられない。

本研究では、大学柔道部に入部した大学生及び習慣的に運動を行っていない学生を対象に、練習開始前と練習6ヶ月後の加速度外乱に対する立位バランス能力を比較検討することによって、柔道練習が加速度外乱に対する立位バランス能力に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

II 方法

1. 対象者

K大学の柔道部に入部した男子学生6名（柔道群）及び入学後習慣的に運動していない男子学生8名（対照群）の合計14名を対象にした。彼らは全員、大学1年生であった。柔道群は初心者が2名であり、残りの4名は柔道経験年数が3年～6年であった。柔道経験者は、入部する前には3ヶ月以上、柔道の練習は行っていなかった。柔道群は1週間6日練習し、平均練習時間は123.2±9.5分であった。練習時間の内容配分は全体の練習時間を100%とすると、準備運動10%、基礎的練習（かかり練習、技の研究等）20%、寝技乱取25%、立技乱取40%、整理運動5%である。

柔道群と対照群の練習開始前の年齢、身長、体重及び足長の平均値及び標準偏差は、それぞれ18.7±0.5歳 vs 18.6±0.6歳、171.6±2.4 cm vs 171.8±2.2 cm、67.8±2.5 kg vs 66.8±2.9 kg、及び26.8±0.7 cm vs 26.7±0.6 cmであった。練習開始前及び6ヶ月後のいずれにおいても両群間の身体特性には有意な差が認められなかった。なお、これらの対象者には研究の目的及び安全性を説明し、測定承諾を得た。

2. 立位姿勢に対する加速度外乱法

本研究では、図1に示すように、ソレノイド（明興社S12）によってフォースプレート（パテラ社K40）を床面ごと水平移動・停止させることができる移動台を作製し、対象者に瞬間的な前後水平方向の加速度外乱を与えた^{10) 11)}。移動台の移動距離は15 mmに設定した。対象者が移動台に乗っていない状態による移動台の最高プラス加速度は0.08 gであり、最高マイナス加速度

は0.01 gであった。台の移動速度は前後方向に $188\text{mm} \cdot \text{sec}^{-1}$ である。移動台が前方向に移動する場合には、移動台加速度は最初前方向に平均約0.6 g（プラス加速度）で70 msec、その後、後方に約-5.1 g（マイナス加速度）で10 msecである。後方の大きな加速度は移動台がストッパーにあたることによって生ずる衝撃加速度である。移動台が後方向に移動する場合にも同様である。この衝撃加速度は対象者の体重によって変化するため、本研究ではできるだけ体重差がないような対照群を選んだ。

対象者には、裸足でフォースプレートの後縁から20cm前方に両踵の後縁を合わせ、両足の内側縁を平行に10cm開いた開脚位で、両手を体側に軽く付けた安静立位姿勢をとらせた。対象者の前後方向のCFPを踵から足長の45%±1 cmの範囲⁴⁾に保たせたまま、2 m前方の目の高さに設置した視標（直径5 cmの黒色の円）を注視させ、この状態で外乱を加えた。その際、外乱の方向はランダムに、しかもできるだけ予測をされないように、移動開始までの時間は1秒から3秒の間で一定とせず、予告も行わなかった。また対象者には、予告を行わないことを事前に知らせた。練習は、前後方向に1回ずつ行わせた。

3. 分析方法

本研究では、移動台が前方向に移動・停止した時のデータを分析した。

台移動2秒前から移動開始3秒後までの5秒間の移動台加速度、CFP動揺のデータを200 Hzのサンプリング周波数でA/D変換し、コンピュータに取り込んだ後、波形解析ソフト（ヒューリンクスFlexPro）を用いて分析を行った。

①CFP動揺の分析

移動台が前方向に移動・停止した時の移動台の加速度及びCFP動揺を示したものが、図2である。本研究で用いた移動台前方移動・停止によって生じる加速度外乱に対するバランス復元時のCFP応答には4つの応答局面がみられる。最初の応答として、移動台がストッパーにあたることによって生ずる衝撃加速度に起因するCFPの後方への動揺がみられる（受動局面）。次に、この動揺に対しCFPを定位に戻そうとする応答が起こるがオーバーシュートとなり、逆に前方向にバランスが崩れてしまう（第1応答局面）。さらに、この動揺に対する復元応答がみられるもののオーバーシュートとなり、CFPは再度後方へ移動する（第2応答局面）。その後、再びCFPを定位に戻そうとする応答（第3応答局面）を経て、次第に定位のCFPに収束していく復元過程がみられる。

本研究では、これらの応答局面における応答時間（TD1、TD2、TD3）と動揺距離（D0、D1、D2、D3）を計測することにより、外乱に対する立位バランス能力を評価した（図2）。す

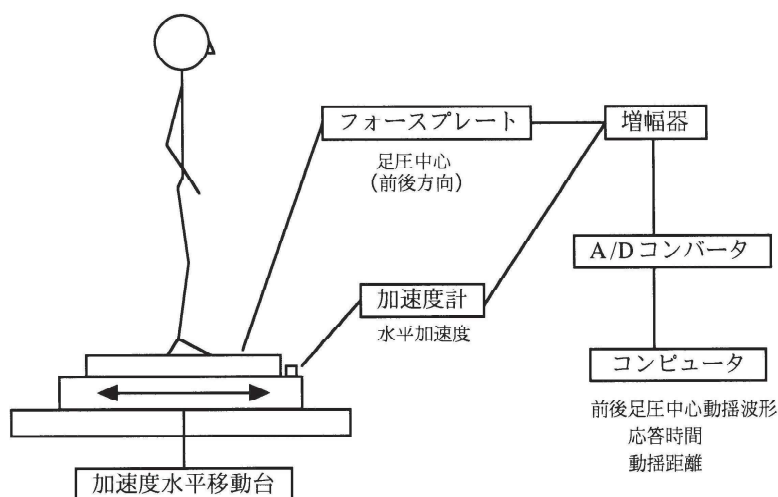


図1 加速度外乱実験構成図

Fig.1 A schematic figure of the experimental apparatus.

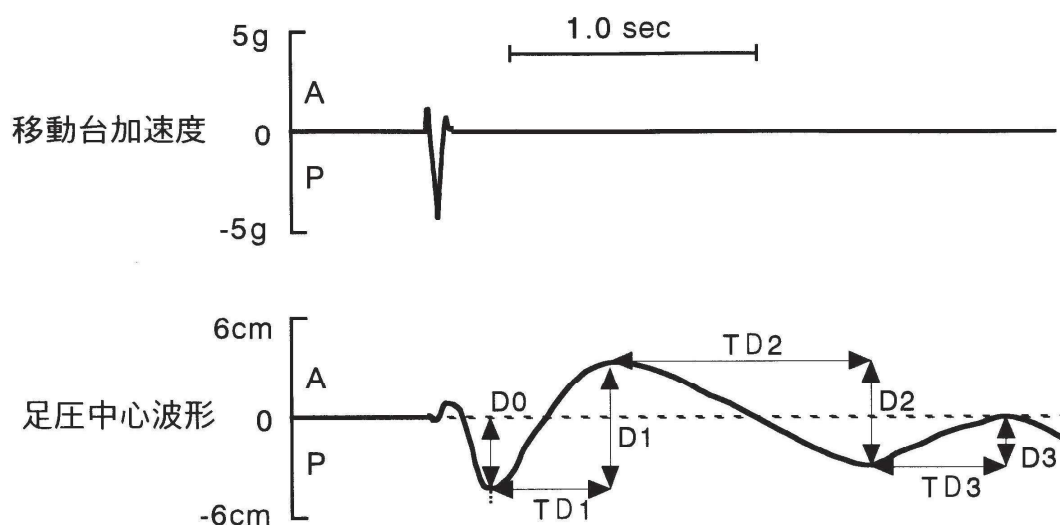


図2 加速度外乱に対する足圧中心波形からみた応答時間(TD1,TD2,TD3)及び動揺距離(D0,D1,D2,D3)の分析方法 A:前方向, P:後方向.

Fig.2 Analysis of response time variables(TD1,TD2,TD3)and CFP displacement variables (D0,D1,D2,D3)for CFP data. A : anterior, P: posterior.

なわち、加速度外乱に対する足圧中心動揺の最初のピークから2番目ピークまでの時間（第1応答局面における応答時間）をTD1、足圧中心動揺の2番目のピークから3番目のピークまでの時間（第2応答局面における応答時間）をTD2、足圧中心動揺の3番目のピークから4番目のピークまでの時間（第3応答局面における応答時間）をTD3とし、移動台がストッパーに当たることによって生ずる衝撃加速度に起因する足圧中心動揺の最初にみられるピーク値（受動局面における動揺距離：受動的動揺距離）をD0、D0の動揺に対し足圧中心を定位に戻そうとする応答が起こるがオーバーシュートとなり、逆方向に動揺する。その際にみられる足圧中心のピーク値とD0との変位（第1応答局面における動揺距離：第1動揺距離）をD1、D1の動揺に対する復元応答がみられるもののオーバーシュートとなり、足圧中心は再度逆方向に動揺する。その際にみられる足圧中心のピーク値とD1との変位（第2応答局面における動揺距離：第2動揺距離）をD2、D2の後、さらに足圧中心を定位に戻そうとし、足圧中心は再度逆方向に動揺する。その際にみられる足圧中心のピーク値とD2との変位（第3応答局面における動揺距離：第3動揺距離）をD3とした。

4. 運動・感覚機能測定

1) 運動機能測定

運動機能として、底屈筋力、背屈筋力、膝伸展力、膝屈曲力、足関節及び股関節の関節可動域、及び選択反応時間を測定した。各測定項目の測定方法は以下の通りである。

①底屈筋力、背屈筋力の測定

藤原ら³⁾の方法に従って、椅座位にて股関節・膝関節・足関節角度を90度に屈曲した状態で、等尺性収縮時の足関節底屈及び背屈筋力を、下肢筋力測定器（ワミー社 LS-10）を用いて測定した。測定は2回行い、大きい方を代表値とした。

②膝伸展力、膝屈曲力の測定

岡田ら⁸⁾の方法に従って、角速度 $180 \text{ degree} \cdot \text{sec}^{-1}$ の等速性収縮時の膝伸展力及び膝屈曲トルクをCybex (Lumex Inc. CYBEX II) を用いて測定した。測定は2回行い、大きい方を代表値とした。

③足関節、股関節の関節可動域の測定

藤原ら³⁾の方法に従って、足関節底屈・背屈は仰臥位で踵を測定台より前方に出した状態で、足関節90度を基準に底屈・背屈方向の変位を東大式関節角度計 (ヤガミ社 S-30) により測定した。股関節の屈曲・伸展は、立位で体幹部を壁面に固定した状態で、直立時の右下肢を基準に伸展・屈曲方向の変位を測定した。測定は1回行った。

④選択反応時間の測定

選択反応時間は、全身反応測定器 (竹井器機工業 TKK-100) を用い、立位姿勢でランダムに点灯された3色の刺激ランプの色を識別してから両足が地面を離れるまでの時間 (選択反応時間) を測定した。5回測定し、最大と最小の値を除いた3回の測定値の平均値を代表値とした。

2) 感覚機能測定

感覚機能として、視覚、固有感覚能及び前庭迷路系機能の測定を行った。視覚は、静止視力を評価した¹⁶⁾。固有感覚能は、Skinner et al. の角度再現性検査方法¹⁵⁾により評価した。また、前庭迷路系機能は、足踏み検査⁵⁾により評価した。

Skinner et al.¹⁵⁾の角度再現性検査方法は、まず対象者に準備姿勢として、左右の股関節と膝関節を90度に保持した状態で椅子に座わらせる。次に、検者が一度だけ、1秒間に30度の角速度で対象者の右脚を75度他動的に伸展する。その後、準備姿勢の状態に脚を戻す。続いて、対象者は眼を閉じ、検者の合図によって、能動的に脚の75度伸展動作を行う。他動的に動かされた膝関節角度と能動的に動かした角度との誤差の絶対値によって、固有感覚能を評価した。試行は5回行い、平均値を算出し代表値とした。

Lord et al.⁵⁾の足踏み検査は、床上に30度ずつ分度した円を書き、この円の中心にアイマスクを装着した対象者を立たせて測定を開始した。両手は軽く握り、腕を肩の高さに上げ、前方水平に伸ばし、その場足踏みを100回行った。そして、100回終了した時の移行角度及び移行距離を測定した。足踏みの際は、大腿が地面と水平になるまで足を上げるよう指示した。

5. 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で示した。柔道群及び対照群の6ヶ月前後の測定項目における平均値間の差の有意性を検討するために、対応のあるStudentのt-testを用いた。有意水準は5%水準未満とした。

III 結果

1. 加速度外乱に対する応答時間と動揺距離の変化

練習開始前と6ヶ月後における柔道群と対照群の外乱に対する応答時間TD1・TD2・TD3と動揺距離D0・D1・D2・D3を表1に示した。

柔道群の応答時間TD1及び動揺距離D1は6ヶ月後に有意に減少した ($p < 0.05$) が、対照群の応答時間及び動揺距離は変化しなかった。

表1 柔道練習開始前及び6ヶ月後における柔道群と対照群の応答時間 (TD1,TD2,TD3) 及び動揺距離 (D0,D1,D2,D3) の比較

Table 1 Response times (TD1,TD2,TD3) and center of foot pressure (CFP) displacements (D0,D1,D2,D3) at baseline and 6-month in Judo and Control groups.

	柔 道 群		有意差	対 照 群		有意差
	開始前	6 ヶ月後		開始前	6 ヶ月後	
TD1 (msec)	389.7 ± 1.4	307.4 ± 77.4	*	382.1 ± 84.1	389.6 ± 82.6	NS
TD2 (msec)	499.9 ± 4.2	486.3 ± 71.4	NS	490.1 ± 78.1	489.2 ± 77.4	NS
TD3 (msec)	420.7 ± 2.0	415.7 ± 70.0	NS	410.8 ± 72.3	407.7 ± 71.1	NS
D0 (%)	18.0 ± 4.4	16.9 ± 4.0	NS	17.6 ± 5.0	17.2 ± 4.7	NS
D1 (%)	22.8 ± 4.0	18.2 ± 3.5	*	22.5 ± 4.2	21.7 ± 4.1	NS
D2 (%)	19.9 ± 5.1	17.5 ± 5.2	NS	19.3 ± 5.3	19.2 ± 5.2	NS
D3 (%)	5.2 ± 2.2	5.3 ± 2.3	NS	5.1 ± 2.0	5.0 ± 2.1	NS

平均値±標準偏差; *: p < 0.05; not significant: NS; 動揺距離: 足長を用いて正規化

2. 運動機能の変化

練習開始前と6ヶ月後における柔道群と対照群の運動機能を表2に示した。柔道群の膝関節屈曲・伸展筋力、足関節背屈・底屈筋力、足関節背屈・底屈可動域及び股関節屈曲・伸展可動域は6ヶ月後に有意に増加した (p<0.05)。また、柔道群の選択反応時間には有意な短縮が認められた (p<0.05)。一方、対照群のすべての測定項目において変化はみられなかった。

表2 柔道練習開始前及び6ヶ月後における柔道群と対照群の運動機能の比較

Table 2 Motor ability assessments at baseline and 6-month in Judo and Control groups.

	柔 道 群		有意差	対 照 群		有意差
	開始前	6 ヶ月後		開始前	6 ヶ月後	
膝関節屈曲筋力 (Nm)	94.6 ± 10.9	119.8 ± 10.8	*	92.8 ± 11.9	93.2 ± 11.8	NS
膝関節伸展筋力 (Nm)	145.4 ± 22.6	177.7 ± 23.1	*	150.2 ± 23.2	152.9 ± 24.4	NS
足関節底屈筋力 (N)	48.5 ± 7.3	56.1 ± 6.2	*	48.5 ± 7.6	49.7 ± 7.9	NS
足関節背屈筋力 (N)	37.6 ± 6.1	43.9 ± 5.2	*	38.2 ± 5.9	39.5 ± 5.9	NS
足関節背屈可動域 (degree)	19.3 ± 4.0	24.1 ± 3.3	*	19.9 ± 4.2	19.7 ± 4.5	NS
足関節底屈可動域 (degree)	68.1 ± 8.7	77.1 ± 6.3	*	65.8 ± 8.3	66.6 ± 7.2	NS
股関節屈曲可動域 (degree)	85.1 ± 8.5	94.3 ± 8.0	*	84.8 ± 8.3	85.6 ± 8.9	NS
股関節伸展可動域 (degree)	30.4 ± 3.8	35.2 ± 3.1	*	31.1 ± 3.3	33.2 ± 3.8	NS
選択反応時間 (msec)	426.4 ± 75.3	359.7 ± 71.3	*	419.8 ± 80.2	411.7 ± 78.6	NS

平均値±標準偏差; *: p < 0.05; not significant: NS.

3. 感覚機能の変化

練習開始前と6ヶ月後における柔道群と対照群の感覚機能を表3に示した。柔道群において視力は変化がみられなかったが、足踏み検査の移動距離及び移動角度は6ヶ月後に減少し、関節角度の再現性に改善が認められた (p<0.05)。一方、対照群はすべての測定項目において変化はみられなかった。

表3 柔道練習開始前及び6ヶ月後における柔道群と対照群の感覚機能の比較

Table 3 Sensor measures at baseline and 6-month in Judo and Control groups.

	柔道群		有意差	対照群		有意差
	開始前	6ヶ月後		開始前	6ヶ月後	
視力	1.2 ± 0.4	1.0 ± 0.3	NS	1.2 ± 0.4	1.1 ± 0.5	NS
足踏み検査: 移動距離 (cm)	48.6 ± 18.5	30.1 ± 15.6	*	50.3 ± 19.2	49.5 ± 16.9	NS
足踏み検査: 移動角度 (degree)	20.7 ± 6.8	12.9 ± 7.3	*	23.1 ± 11.4	24.1 ± 10.3	NS
固有感覚能 (degree)	8.1 ± 2.7	5.2 ± 2.5	*	9.6 ± 3.6	10.1 ± 4.1	NS

平均値±標準偏差; *: $p < 0.05$; not significant: NS.

IV 考察

本結果から、6ヶ月間の柔道練習によって、加速度外乱に対するCFP動揺の応答時間は早くなり、動揺距離は小さくなった。これは、立位バランス能力の向上を示すものである。すなわち、柔道練習を6ヶ月間実施することによって、加速度外乱に対する立位バランス能力が向上することが明らかになった。

本研究において柔道群の加速度外乱に対するCFPの応答時間が早くなり、動揺距離が小さくなった原因としては、以下の考察が可能である。

立位姿勢は感覚入力系、中枢処理系（中枢神経系）、効果器（筋・骨・関節）の3つのシステムによって調節されている。すなわち、視覚系、前庭系及び体性感覚系からの感覚入力は環境に対する身体の適切な定位に関する情報を提供し、中枢処理機能はそれらの感覚入力を統合・評価し、効果器への適切な感覚運動性の反応を選択し、感覚入力に応じて適時かつ効果的な姿勢調節を行っている¹³⁾。さらに、この姿勢調節機構からの最終出力がCFP動揺として表れる⁷⁾。

このような姿勢調節システムの面から、本結果を考察する。まず、感覚入力系システムについては、柔道群において視覚系（視力検査成績）に有意な変化がみられなかったものの、固有感覚系（膝関節角度の再現性検査）と前庭系（足踏検査）を評価する測定項目での成績に有意な向上がみられた。このことから、本研究でみられた外乱に対する立位バランス能力の向上は、視覚を除く感覚入力系システム機能の向上が一因として考えられる。

次に中枢処理系について考察する。本研究では中枢処理システムの機能を評価するものとして、選択反応時間を測定した⁵⁾¹⁷⁾。本結果において柔道群の選択反応時間が有意に短くなったことから、6ヶ月間の柔道練習によって中枢処理システム機能が向上した可能性が考えられる。Allum and Pfaltz¹⁾、Diener et al.²⁾は、前庭、視覚、体性感覚系から伝達される情報が中枢処理システムで遅延することが姿勢の安定性を低下させる大きな原因であると報告している。このことから、習慣的な柔道練習によって感覚入力の中枢での統合・評価がより短時間で処理できるようになり、CFPの応答時間が短縮されたものと推察される。

中枢神経系によって適切に調整された運動系の反応を実行するためには、最終的には十分な筋力と関節可動域の増大が必要となる¹³⁾。本研究において、6ヶ月間の柔道練習によって下肢筋力及び関節可動域が増加した。バランスボードの訓練によって股関節の柔軟性と足関節周囲筋の筋力が向上したという報告³⁾を考慮すると、下肢筋の筋力及び柔軟性の向上がCFP動揺距離の短縮

の一因と考えられる。すなわち、外乱に対する第1応答局面において、対象者の身体は大きく動揺する。この時、姿勢保持に關与する重要な運動機能として足関節周囲筋の筋力と足関節の可動域があげられることから、股関節の柔軟性や股関節運動に關与する筋群の筋力が姿勢調節に大きな影響を及ぼすものと考えられる。このことから、足関節と股関節の柔軟性や筋力の向上が外乱に対する応答時間の短縮と動揺距離の減少をもたらしたものと推察される。

以上のことから、習慣的な柔道練習によって、前庭機能、固有感覚能、中枢処理及び筋骨格系機能が向上したことによって、加速度外乱に対するCFP応答が高い安定性を示したものと推察される。

V まとめ

大学柔道部に入部した男子学生6名（柔道群）及び入学後定期的に運動していない男子学生8名（対照群）の計14名を対象に、練習開始前と6ヶ月後の加速度外乱に対する立位バランス能力を比較検討することによって、柔道練習が加速度外乱に対する立位バランス能力に及ぼす影響について検討を行った。また、運動機能及び感覚機能の測定を行った。

その結果、柔道群の外乱に対する第1応答局面の応答時間と動揺距離が6ヶ月後に有意に減少した。また、柔道群の下肢の筋力及び柔軟性、選択反応時間、及び前庭機能、固有感覚能が向上した。一方、対照群のすべての応答時間と動揺距離、及び運動機能、感覚機能には変化がみられなかった。

以上のことから、6ヶ月間の柔道練習は加速度外乱に対する立位バランス能力を向上させることが明らかになった。その立位バランス能力の向上の原因として、立位姿勢調節システムにおける前庭機能、固有感覚能、中枢処理系（中枢神経系）及び効果器（筋・骨・関節）の機能向上が推察された。

参考文献

- 1) Allum, J. H. and Pfaltz, C. R. (1985) Visual and vestibular contributions to pitch sway stabilization in the ankle muscles of normals and patients with bilateral peripheral vestibular deficits. *Exp. Brain Res.* 58: 82-94.
- 2) Diener, H. C., Dichgans, J., Guschlbauer, B. and Mau, H. (1984) The significance of proprioception on postural stabilization as assessed by ischemia. *Brain Res.*, 296: 103-109.
- 3) 藤原勝夫・外山 寛・浅井 仁・宮口明義・山科忠彦・碓井外幸・国田賢治(1993) 老人の転倒問題に焦点を当てた平衡機能の評価及び訓練効果. *体力研究*, 83: 123-134.
- 4) 藤原勝夫・外山 寛・国田賢治 (1994) 高年齢者の各種ジャンプ動作における反応時間. 第12回バイオメカニクス学会大会論文集, 94, 386-390.
- 5) Lord, S. R., Clark, R. D., and Webster, I. W. (1991) Postural stability and associated physiological factors in a population of aged persons. *J. Gerontology*, 46, M69-M76.
- 6) Maki, B. E. (1986) Selection of perturbation parameters for identification of the posture control system. *Med. Biol. Eng. Comp.*, 24: 561-568.
- 7) Maki, B. E. and Fernie, G. R. (1988) A system identification approach to balance testing. *Progress in Brain Research*, 76: 297-306.
- 8) 岡田修一・平川和文・高田義弘 (1994) 等速性筋力とEMG解析からみた高齢者の脚伸展筋の筋出力

特性. 体育・スポーツ科学, 3: 53-62.

- 9) 岡田修一・藪根敏和・山崎俊輔・出口達也・猪熊 真・浅見高明 (1999) 加速度外乱に対する高齢柔道実施者の立位バランス能力の特徴, 武道学研究, 31: 55-63.
- 10) Okada shuichi, Kazufumi Hirakawa, Yoshihiro Takada, Hiroshi Kinoshita (2001a) Age-related differences in postural control in humans in response to a sudden deceleration generated by postural disturbance. *European Journal of Applied Physiology*, 85: 10-18.
- 11) Okada shuichi, Kazufumi Hirakawa, Yoshihiro Takada, Hiroshi Kinoshita (2001b) Relationship between fear of falling and balancing ability during abrupt deceleration in aged women having similar habitual physical activities. *European Journal of Applied Physiology*, 85: 501-506.
- 12) 岡田修一・藪根敏和・山崎俊輔・徳田眞三・瀬川 洋 (2005) Unloading法を用いた外乱に対する柔道選手の立位バランス能力の特徴. 講道館柔道科学研究会紀要, 10: 113-120.
- 13) Patla, A. E., Frank, J. S. and Winter, D. A. (1992) Balance control in the elderly: implications for clinical assesment and rehabilitation. *Can. J. Public Health*, 83: 529-533.
- 14) Perrin, P., Deviterne, D., Hugel, F. and Perrot, C. (2002) Judo, better than dance, develops sensorimotor adaptabilities involved in balance control. *Gait and Posture*, 15: 187-194.
- 15) Skinner, H. B., Barrick, R. L. and Cook, S. D. (1984) Age-related declines in proprioception. *Clin. Orthop. Rel. Res.*, 194: 208-211.
- 16) 鈴木みずえ・森 和似・茂手木甲壽夫・羽賀正之・高橋秀人・加納克己 (1992) 高齢者の転倒に関する調査研究—ドック検診者を対象として—. *日本公衆衛生雑誌*, 38: 743-750.
- 17) Woolley, S. M., Czaja, S. J. and Drury, C. G. (1997) An assessment of falls in elderly men and women. *J. Gerontol. : Med. Sci.*, 52: M80-M87.