太極拳実践が中・高齢者の静的および動的バランス機能に及ぼす影響

金 昌 龍 渡 部 和 彦

THE PRACTICE OF TAI CHI CHUAN IN MIDDLE AND ELDERLY PERSON AND ITS EFFECT TO STATIC AND DYNAMIC POSTURAL STABILITY

CHANGLONG JIN and KAZUHIKO WATANABE

Abstract

A balance test was given to middle-aged and elderly persons who are practicing Tai Chi Chuan for evaluating its effect on postural stability. The subjects were 34 (female : 34) healthy persons aged from 50 to 70 (mean : 63.2 ± 7.8 years).

The Equitest System (Neuro Com Co. Ltd.) was used for the balance test. The Equitest System has several devices for evaluating postural balance both in a static and dynamic condition. The two tests used in this study—the Sensory Organization Test (SOT) and the Movement Coordination Test (MCT)—were performed to evaluate postural stability. The SOT consists of 3 static and 3 dynamic testing conditions, while the MCT evaluates postural response time against a shift board.

The subjects were separated into 2 groups—beginner and skilled—for comparison between the two. The results of SOT showed that there were statistically significant differences of postural control in the dynamic condition between the two groups. But, there was no such difference seen in the static condition. For MCT, statistically significant differences were also observed between the two groups in the dynamic postural condition. The results of SOT and MCT suggest that skilled persons in Tai Chi Chuan acquire both highly developed dynamic balance and quick response in the disturbed condition.

The results of the Cybex muscle strength test also suggests that the leg extensor develops muscle strength through long-term Tai Chi Chuan training.

(Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med. 2003, 52 : 369~380)

key word : Tai Chi Chuan, Equitest System, Equilibrium, Middle-aged and elderly persons, Training

I. 目 的

中・高齢者の体力を巡って近年さまざまな研究が数多く見られる。特に、高齢者の体力測定項目の中で、立位バランス機能の低下は、他の項目に比べて著しいことが指摘されている^{1~8)}。その一方で、高齢者の立位バランス機能を改善するために有用な身体運動やトレーニング方法についても研究がなされている^{2,5,9)}。これらの研究は、高齢者のバランス機能を改善させうる可能性を示している。

バランス機能は、行動体力における基礎的運動能力のひとつであり、深部知覚、皮膚知覚、視覚および前庭器より得られた感覚情報に基づき、中

枢神経系を介して身体各部の筋群の協調運動として表現される複雑な反射機能の総合である。立位バランス機能の評価のための検査方法に関してはこれまでいくつかのものが考案されてきた¹⁰⁾。一般的に行われている立位バランス機能検査は、重心動揺の記録や頭部動揺さらには開眼・閉眼時の片足立ちなどの静的バランス機能として評価するものが多い。しかし、立位バランス機能には静的バランス機能と動的バランス機能があるが、これまでは主として静的要素を中心としたヒトのバランス機能の評価が行われてきたと考えられる。藤原たち¹¹⁾は、安静立位姿勢での身体動揺は、一般大学生と大学の体操競技選手との間に有意な差が認められず、しかも練習を繰り返して行っても

¹⁾ 広島大学大学院教育学研究科 Lab. Physiology and Sports Biomechanics, Graduate School of Education,
〒739-8524 東広島市鏡山1-1-1 Hiroshima University, 1-1-1 Kagamiyama, Higashi-hiroshima-shi, 739-8524

安静立位姿勢の安定性は向上しないことを報告している。また被検者の立つ床面の振動時の動的バランス保持機能には、訓練群と非訓練群との間には有意な差が存在し、顕著な練習効果があったと報告している²⁾。すなわち、バランス機能の能力差を判別するためには、静的バランス機能に加えて、動的バランスについても評価する必要があることを示していると思われる。最近では、動的バランス機能に注目した研究が行われるようになった。動的バランス機能の評価においては外乱刺激条件におけるバランス機能の測定と評価が試みられている^{8,9,12,13)}。また、1980年代に入って、イクイテストシステム(Neuro Com社製)が導入され、静的および動的バランス機能の測定が可能となった。Speers¹⁴⁾たちは健康な成人43名を対象に青年(20名)と高齢者(23名)を測定し、比較した結果、青年と高齢者の間にはいくつかの条件項目で有意差が認められたと報告している。また、Goulding¹⁵⁾たちは、下肢の骨折経験者46名、未経験者47名を対象に調べた結果、両群の間には差が認められなかったと報告している。Allum¹⁶⁾たちは健康な成人25名(20~35歳)を対象に、床反力計の上に特性の柔らかい素材のマットを敷いて、動的バランス保持における足関節と腰部の相互関係を調べた。

さて、バランス機能の向上という視点から特定のスポーツ種目を対象にして、その種目を継続的にこなすことがヒトのバランス機能にいかに関与を及ぼすかについて検討した研究は少ない。本研究では、この点に着目し明らかにするために、太極拳を取りあげることにした。

太極拳は、中・高齢者にとって無理のない安全な運動として中国で勧められ、日本でも実践する中・高齢者が最近増加している。太極拳を実践する動機や目的はさまざまであるが、太極拳の実践

が、姿勢保持やバランス能力を向上させる効果があるのではないかと指摘する報告もある⁵⁾。しかしながら、従来の開眼片足立ちや閉眼片足立ち及び立位姿勢での重心動揺の測定方法では、静的バランス機能の評価することはできるが、外乱条件に対する姿勢の保持調整に関する評価、すなわち、動的バランス機能の評価は困難であった。そこで、本研究では、イクイテストシステムを用いて、日頃から太極拳を実施している者を対象として、静的バランスに加え、動的バランスの測定と評価を行なおうと試みた。なお、立位姿勢の保持には脚筋力が重要と考えられる¹⁷⁾。そこで、本研究では中・高齢者の太極拳の実践と脚筋力との関係および脚筋力とバランス機能との関係についても検討することにした。

Ⅱ. 研究 方 法

1. 被検者

本研究で用いた被検者は、太極拳のサークルで、週1回1~2時間程度練習を行っている50歳から70歳までの健康な成人女性34名で、その内訳は50歳代11名、60歳代18名、70歳代5名であった。このうち、初心者が19名、熟練者が15名であった。本研究では、サークル活動における太極拳の実践経験が3年以上の者を熟練者(以下熟練者群)、初心者とは、3年未満の者で、太極拳「24式」を完成できない者とした(以下初心者群)。被検者の内訳および身体的特徴を表1に示す。両群の年齢、身長、体重の平均値には統計的な差異が認められなかった。

2. 測定項目及び器材

本研究では、立位姿勢のバランス機能と脚筋力の測定を行った。立位姿勢バランス機能の測定には、静的なバランスに加えて動的な条件における

Table 1. General characteristics of the subjects.

	n	Age(year)	Height (cm)	Weight (kg)	Experience(years)
Trained	15	65.7±6.5	153.4±3.6	55.5±9.2	7.5±3.4
Beginner	19	62.6±7.7	153.1±5.3	54.1±5.2	0.8±0.5
Total	34	63.9±7.4	153.2±4.7	54.7±7.2	3.7±4.0

Values are means±S.D

バランス機能を測定できるイクイテストシステム (Neuro Com 社製) を用いた。

イクイテストシステムは、床面動揺刺激制御装置、視覚刺激装置(以下前景と呼ぶ)、床反力計(起立台)および結果の分析のためのコンピュータから構成される。前景は被検者の前方に位置し、被検者の前面、上下、左右をとり囲むように位置する。被検者の立つ床面は被検者の足関節まわりの上下動揺(足圧中心の前後の変化)に一致して前後に12.5度の範囲で動揺する。床反力計は左右別々に構成され、圧トランスジューサーにより垂直方向の足圧の変化から身体重心動揺を演算し表示する。またこれとは別の圧トランスジューサーにより、水平方向の圧変化を導出する。床反力計は前景と同様に、足関節を中心に前後12.5度の範囲で不規則的に傾斜動揺する(イクイテストシステムのマニュアルによれば、この前後12.5度の範囲が立位姿勢の前後安定の限界とされている)。また、左右別々の床反力計は前後方向の急激な水平移動装置としても用いられる。

脚力の測定には、サイベックス6000(Cybex 社製)を用いた。

3. 測定手順

本研究では目的及び測定内容を被検者に説明し、実験に対する協力のための合意を得た上で行なった。被検者には太極拳経験年数などのアンケート調査を実施したのち、形態計測を行ない、その後にイクイテストと脚筋力の測定を行った。

イクイテストシステムは感覚統合機能テスト (Sensory Organization Test 以下 SOT と呼ぶ) と動作調整機能テスト (Movement Coordination Test 以下 MCT と呼ぶ) に分けられる。SOT は静的な条件と動的な条件の重心動揺量を評価するものである。具体的には、SOT は6条件からなり(図1参照)、各条件で20秒間の重心動揺記録を行なう。各条件を簡単に説明すると次のようである。条件1は開眼直立、条件2は閉眼直立、そして、条件3は開眼直立を行う被検者の動揺に対応して前景が動揺し、被検

者の目の位置と前景の距離が一定になるようにシステムが作動する。この場合、被検者には不正確な視覚情報が提供される。これらの条件では床反力計は固定されている。条件4は、床反力計が開眼直立する被検者の前後動揺に対応して上下に動揺する。これは足関節の伸展に伴う伸張反射の発現を起こさせないように設計されている。この条件では、被検者は伸張反射以外の感覚器によって調節しながらバランスを保持することが要求される。すなわち、視覚、前庭感覚器等からの情報を入力して調節しなければならない。この条件4では前景は固定している。条件5は、閉眼条件下で条件4と同じ負荷を与えるものである。条件6は、開眼条件で条件3, 4を組み合わせたものである。すなわち、ここでは視覚および深部感覚器に不正確な情報を提供するため、前庭受容器のみの情報によって、姿勢を調節しなければならない。

測定開始前に、被検者の身長を入力し、足の左右の開き位置(大, 中, 小に分けるが、身長入力によって器械システムが示す)を決め、足関節を床反力計の軸(左右軸)に合わせて立たせた。安全のため専用の安全装具を装着させた上で測定を行った。

各条件下のテストは0から100点で評価するが、スコアが100点に近いほど身体は安定していることを示し、0点に近づくほど被検者が不安定であることを示す。また、条件1から条件6までの値を基に、総合評価として100点満点で評価する。各条件のスコアは、実際の重心動揺(20秒間前後動揺)の最大振幅の範囲が、姿勢の安定保持の限

Fig. 1. The experimental conditions of Equi Test System.

界(前後12.5度)の値と比較し評価するものである。すなわち、重心動揺がまったくない場合には100と記録される。被検者が12.5度を越えてバランスを失った試行については、スコアは0と記録される。この評価は測定結果を基に自動的に算出され出力されるものである。

MCT は、外乱条件に対する姿勢の立ち直りのすばやさを評価するために開発されたテストである。このテストは、被検者の立つ台を水平移動させ、それに対する身体の姿勢保持のための応答の速さを床反力計の力量変化から求めるものである、いわゆる、姿勢調整のための反応時間を応答潜時として msec の単位で評価するものである。床反力計は、その移動距離の大きさの程度から、小(移動距離:3 cm)、中(移動距離:5 cm)、大(移動距離 8 cm)の3種類の刺激条件に分けられ水平前方または後方に移動された。各試行はランダムな時間間隔でそれぞれ3回ずつ行なわれた。被検者に生じる身体応答時間、すなわち、床反力計の水平移動開始時から、最初の身体応答時間までの潜時が記録された。まず前方への移動テストを行ない、次に後方への移動テストを行なった。

サイベックス装置では、被検者の脚伸展時と屈曲時の等速性最大筋力(60 deg/sec, Nm)を測定した。筋力測定は左右それぞれ2回実施し、それぞれの最大値を記録した。

統計処理は、Stat View(ヒューリンクス社製)

統計ソフトを用いて行なった。SOT, MCT, 脚筋力、太極拳経験年数および年齢間の相互関係を把握するため、SOT, MCT, 脚筋力のそれぞれの変量と太極拳および年齢のピアソンの相関係数を算出した。さらに SOT, MCT, 脚筋力の各変量間の相関係数も算出した。また、SOT, MCT, 脚筋力について太極拳の技能レベル(初心者と熟練者)間の比較、各年代別間の比較、各年代ごとの太極拳レベル間の比較を行なった。この比較には、分散分析を用い、3群以上の多重比較には Dunnet 法を用いた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

Ⅲ. 結 果

1. 感覚統合機能テスト(SOT)

図2は、感覚統合機能テストの6条件のテストで得られたそれぞれの評価点数とテストの総合評価点数(Total)を示す。条件1, 2, 3のテストでは太極拳の初心者群と熟練者群の2群間に有意差が認められなかったが 条件4, 5, 6のテストおよび総合評価では両群間に有意差が認められた(条件4・5及び総合評価では、 $p < 0.01$, 条件6では $p < 0.001$)。

年代別の初心者群と熟練者群の比較を行なった。その結果、50歳代では有意差が認められなかったが、60歳代では熟練者群が初心者群より高い値を示し、条件4, 5, 6および総合評価に有意差が認められた(表2)。(70歳代は、熟練者群が

Fig. 2. Comparison the result of 6 conditions and total score in tow groups.
● ■ : means ± S. D.

Table 2. Comparison of SOT between the beginner and the trained in 60 years.

	Trained (n=8)	Beginner (n=10)
Condition1	93.3±2.7	92.5±2.3 n.s.
Condition2	92.5±1.0	91.1±2.2 n.s.
Condition3	92.4±2.4	90.5±3.4 n.s.
Condition4	67.4±9.4	56.2±2.8*
Condition5	62.6±4.2	52.7±4.2**
Condition6	66.0±3.1	54.2±2.1**
Total	68.9±4.5	60.4±2.0**

Values are means±S.D. (*p<0.05, **p<0.01)

Table 3. Scores of SOT in 50, 60, 70 years of age.

Age	50 years n=11	60 years n=18	70 years n=5
Condition1	93.5±1.5	93.0±3.4 n.s.	93.2± 1.3 n.s.
Condition2	91.5±2.5	92.4±2.3 n.s.	91.4± 1.4 n.s.
Condition3	92.9±2.7	91.3±3.2 n.s.	91.8± 1.9 n.s.
Condition4	68.0±1.1	61.2± 9*	62.2±10.9*
Condition5	62.6±5.1	57.4± 6**	56.4±11.7**
Condition6	65.5±2.8	59.3± 6**	56.7±10.6**
Total	67.0±2.2	64.2± 5**	63.2± 7.3**

Values are mean±S.D. (*p<0.05, **p<0.01, compared the SOT in 50 years of age)

初心者群よりも高い値を示す傾向があったが、被検者の数が5名と少数のため有意差検定を行わなかった。SOTにおける年代間の全被検者の比較を表3に示す。条件1・2・3・では年代間には有意差が認められなかったが、条件4では50歳代と60歳代・70歳代(p<0.05), 条件5・6・および総合評価では50歳代と60歳代・70歳代間には有意差が認められた(p<0.01)。60歳代と70歳代間では、いずれのテスト条件でも有意差が認められなかった。

表4は太極拳の経験年数とSOTの各条件での

得点および総合評価との関係、さらに初心者群の年齢とSOTの各条件での得点および総合評価との関係を示す。太極拳の経験年数とSOTの4, 5, 6の条件および総合評価(点数)の間には有意な相関関係が認められたが、年齢とSOTの各条件の間には有意な相関関係は認められなかった。そこで、初心者群と熟練者群のそれぞれについて年齢とSOTの各条件の得点および総合評価(点数)について検討したところ、表4に示すように初心者群の年齢とSOTの4, 5, 6の条件および総合評価(点数)の間には、高い負の相関関係が得られた。しかし、熟練者群における年齢と総合得点の間には逆に正の相関の傾向があったものの有意な相関関係は認められなかった。

2. 動作調整機能テスト(MCT)

図3は被検者に水平移動による外乱刺激を与えた際の反応の速さを潜時で示し比較したものである。図3に示すように前方への水平移動刺激(以下前方刺激と呼ぶ)では3種類の刺激条件とも初心者群と熟練者群間には有意差が認められた。また、後方への移動刺激(以下後方刺激と呼ぶ)においても3種類の刺激条件において熟練者群と初心者群との間に有意差が認められた。各年代間における結果の比較を表5に示す。50歳代と60歳代間には前方刺激、後方刺激いずれの条件でも有意差が認められなかった。50歳代と70歳代、60歳代と70歳代の間には前方のみそれぞれの条件で有意差が認められた。

次に各年代別の初心者群と熟練者群とのMCTの結果の比較を表6に示す。50歳代では、前方刺激においてのみそれぞれの条件で、60歳代と70歳代では、それぞれいずれの条件で有意差が認めら

Table 4. Correlation coefficient between SOT conditions V. S. years of experience (All subjects) and Ages (beginner group).

	Condition1	Condition2	Condition3	Condition4	Condition5	Condition6	Total
Years of experience (All subjects)	0.26	0.23	0.24	0.72***	0.59**	0.52**	0.60***
Ages (Beginner group)	-0.16	-0.05	-0.06	-0.87***	-0.76***	-0.89***	-0.92***

Values are correlation coefficient (**p<0.01, ***p<0.001)

Fig. 3. Comparison of response time in case of F(Forward)/B(Backward) shift.

● ■ : means $\pm$ S. D.

Table 5. Comparison of MCT between the ages.

Age	50years (n=11)	60years (n=18)	70years (n=5)	50 vs 70 (years)	60 vs 70 (years)
FS (ms)	132 $\pm$ 7	137 $\pm$ 12	144 $\pm$ 22	*	*
FM(ms)	128 $\pm$ 8	133 $\pm$ 11	144 $\pm$ 29	*	*
FL (ms)	129 $\pm$ 6	131 $\pm$ 9	143 $\pm$ 30	*	*
BS (ms)	132 $\pm$ 9	136 $\pm$ 10	139 $\pm$ 11	n.s.	n.s.
BM(ms)	129 $\pm$ 8	138 $\pm$ 7	135 $\pm$ 13	n.s.	n.s.
BL (ms)	129 $\pm$ 8	133 $\pm$ 7	133 $\pm$ 11	n.s.	n.s.

Values are mean $\pm$ S.D. (*p<0.05)

(F: forward, B: backward, S: small, M: medium, L: large, ms: millisecond)

Table 6. Comparison of MCT between the beginner and the trained in 50 and 60 years of age.

Age	50years(n=11)		60years(n=18)		70years(n=5)	
	Trained (n=4)	Beginner (n=7)	Trained (n=8)	Beginner (n=10)	Trained (n=3)	Beginner (n=2)
FS (ms)	126 $\pm$ 2	133 $\pm$ 8 *	127 $\pm$ 5	145 $\pm$ 10 **	129 $\pm$ 3	168 $\pm$ 18 **
FM(ms)	125 $\pm$ 1	130 $\pm$ 10 *	123 $\pm$ 6	141 $\pm$ 8 **	125 $\pm$ 3	173 $\pm$ 28 **
FL (ms)	124 $\pm$ 4	132 $\pm$ 5 *	124 $\pm$ 6	136 $\pm$ 7 **	123 $\pm$ 2	172 $\pm$ 28 **
BS (ms)	132 $\pm$ 4	134 $\pm$ 10	133 $\pm$ 6	144 $\pm$ 9 *	130 $\pm$ 2	153 $\pm$ 3 *
BM(ms)	124 $\pm$ 9	132 $\pm$ 6	129 $\pm$ 8	138 $\pm$ 9 *	125 $\pm$ 4	150 $\pm$ 5 *
BL (ms)	124 $\pm$ 9	131 $\pm$ 6	129 $\pm$ 8	136 $\pm$ 11 *	126 $\pm$ 4	145 $\pm$ 6 *

Values are mean $\pm$ S.D. (*p<0.05, **p<0.01)

(F: forward, B: backward, S: small, M: medium, L: large, ms: millisecond)

れた。

表7は、太極拳の経験年数とMCTの各条件での応答潜時との関係、さらに初心者群における年齢とMCTの各条件での応答潜時との関係を示す。表7に示すように太極拳経験年数とMCTの

各条件での応答潜時および総合評価(Composite)との間には有意な相関関係が認められた。しかし、全被検者の年齢とMCTの各条件の応答潜時との間には相関関係が認められなかった。そこで、初心者群と熟練者群を別々に検討した。表7に示す

Table 7. Correlation coefficient between MCT V. S. years of experience (All subjects) and Ages (beginner group).

	FS	FM	FL	BS	BM	BL	Composite
Years of experience (All subjects)	0.36*	0.38*	0.46**	0.37*	0.38*	0.37*	0.63**
Ages(Beginner group)	-0.77***	-0.68***	-0.53**	-0.68***	-0.61***	-0.67***	-0.89***

Values are correlation coefficient (*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001)

(F: forward, B: backward, S: small, M: medium, L: large, ms: millisecond)

ように初心者群の年齢と MCT の各条件での応答潜時および総合評価(Composite)との間には負の相関関係が認められた。しかしながら、熟練者群における年齢と応答潜時との間には相関関係は認められなかった。

3. 脚筋力の比較

初心者群と熟練者群の脚筋力を、表 8 に示す。左右の伸展および屈曲における比較では熟練者群は初心者群より若干高い値を示したものの有意差は認められなかった。また体重あたりの相対値の比較においても有意差は認められなかった。太極拳経験年数と脚筋力間には相関関係は認められなかったが、表 9 に示すように年齢と脚筋力間には負の相関が認められた。そこで、初心者群と熟練者群とを分けて検討した結果、初心者群の年齢と脚筋力との間には各測定項目において、負の相関関係が認められた(表 9)。熟練者群においては、年齢との相関関係が認められなかったが、太極拳経験年数と脚伸展筋力との間には、相関関係が認められた。ただし、体重あたりの相対値では相関関係は認められなかった。年代別間の筋力の比較を表 10 に示す。年代別間の比較では、右伸展と左伸展にのみ 50 歳代と 70 歳代および 60 歳代と 70 歳代との間に有意差が認められた。各年代内における初心者群と熟練者群間には脚筋力の差異が認められなかった。なお、脚筋力とバランス機能との間には相関関係が認められなかった。

Table 8. Leg strength and relative value of the body weight in beginner and trained group.

	Skill level	Right (leg)		Left (leg)	
		Ext.	Flex.	Ext.	Flex.
Muscle strength (N · m)	Trained	86.6±8.2	48.0±10.8	84.2±15.1	47.2±8.1
	Beginner	84.2±17.9	46.8±11.3	82.0±16.9	45.3±9.3
Muscle str./BodyWeight (N · m/BW)	Trained	1.33±0.15	1.06±0.18	1.23±0.1	0.92±0.2
	Beginner	1.33±0.28	1.06±0.29	1.22±0.2	0.79±0.2

Values are mean±S.D. (Ext: extension, Flex: flexion)

Table 9. Correlation coefficient between leg muscular power V. S. ages and years of experience.

	Right (Ext.)	Right (Flex.)	Left (Ext.)	Left (Flex.)
Ages(All subjects)	-0.31*	-0.33*	-0.30*	-0.15
Ages (Beginners group)	-0.54**	-0.64**	-0.57**	-0.41*
Years of experience (Trained group)	0.72**	0.29	0.69**	0.27

Values are correlation coefficient (*p<0.05, **p<0.01)

(Ext: extension, Flex: flexion)

Table 10. Comparison of the leg muscular power between ages.

Ages	50 years	60 years	70 years	50 vs 70	60 vs 70
Right (Ext.)	87.9±20.1	86.3±17.7	77.6±11.6	*	*
Right (Flex.)	52.3±13.8	45.1±7.8	44.8±10.7	n.s.	n.s.
Left (Ext.)	86.0±15.1	85.5±16.2	77.4±11.8	*	*
Left (Flex.)	47.6±7.0	45.5±6.9	45.0±11.3	n.s.	n.s.

Values are mean±S.D. (*p<0.05, Ext.: extension Flex.: flexion)

IV. 考 察

1. 感覚統合機能について

スウェーデンの Moller⁹⁾は、本研究で用いたものと同様のイクイテストシステムを用いて健康な一般人を対象に測定を行ない、異なる年齢グループ(20-59歳, 60-69歳, 70-75歳)におけるバラ

ンス機能の比較を行った。その結果、本研究で示した、SOT テスト条件 3, 5, 及び 6 において年齢が若いほどバランス機能が優れていることを報告した。また高齢者(平均年齢73歳)を15名ずつトレーニング群とコントロール群に分け、トレーニング群には10種目のトレーニングプログラム(1:つま先, かかとで前後に歩く。2:急に180度または360度回転しながら歩く。3:横歩き。4:しゃがんだ姿勢から立ち上がる。5:目をあけて、または目を閉じての片足立ち。6:静止しているものに目を向けたまま、首を曲げる、ひねる、伸ばす。7:キャッチボール。8:ジョギング。9:バランス板の上で種々の体操。10:飛び上がる、しゃがむ動作)を与え、週2回9週間のトレーニングを実施した結果、コントロール群ではバランス機能の低下傾向を示すのに対し、トレーニング群ではテスト項目の4, 5, 6で有意な向上($p < 0.01$)を認めたと報告している。

本研究においては、太極拳の熟練者群が初心者群に比較して SOT 条件の 4, 5, 6 で有意に優れ、太極拳の経験年数と総合点数との間に高い相関関係が認められた。このような結果からみると、Moller⁹⁾の実験結果と同様に、高齢者においても適切なトレーニングを行えば、バランス機能の改善が出来ることを示唆している。すなわち、特に中・高齢者において、太極拳の実践を長期間継続することは、バランス機能の保持および向上に役立つものと考えられる。

木村たち⁵⁾は、さまざまなスポーツを日常的に実施している健康成人を対象に閉眼、開眼の片足立ちテストを含むバッテリーテストによる体力調査を行なった結果、スポーツ種目によって閉眼片足立ちと垂直跳びとの間に有意な差異が認められるとともに、閉眼片足立ちの項目では太極拳や社交ダンスの実践者において高いことを示した。すなわち、高齢者のバランス機能の低下防止にはさまざまな体力要素を動員する運動が望ましく、太極拳や社交ダンスを継続することは特に効果的であることを示唆している。

ヒトは加齢に伴い、さまざまな生理機能が低下していくことは周知の事実である。藤原³⁾による

と安静立位姿勢と前傾立位姿勢の安定性は、60歳代から有意に低下する。本研究の結果でも、特に初心者群においてバランス機能は加齢にともない低下することを認めた。しかしながら熟練者群においては年齢と総合得点との間には逆に正の相関の傾向があったものの、イクイテストシステムの結果をみる限り加齢変化はほとんどなく、太極拳の経験年数に対応してバランス機能が優れていることが示唆された($r = 0.6$)。これは木村たち⁶⁾、Moller⁹⁾、渡部たち¹⁸⁾の研究結果を支持するものであった。

静的な姿勢バランス条件においては、初心者群と熟練者群では差異が認められなかった。静的バランス能力とは、直立姿勢の安定を保つ能力であり、筋収縮の調整機構の面からみると、効率のよい姿勢反射経路が形成されていることである。立位姿勢の保持はヒトの固有の自動制御システムによるもので、発育による成熟と関係している。亀井¹⁹⁾は、17歳までに動揺程度が漸減し、以後一定のレベルを保つと報告している。一方、重心動揺距離については20歳代と60歳代、40歳代と60歳代との間には差が認められないとの報告もある²⁰⁾。加齢に伴う重心動揺の増加にはまだその理由が不明であるところが多いが、同年代においても高齢者間では差異がないものと考えられる。Alice²¹⁾は一般人14名(男子4名、女子10名; 66-76歳)と太極拳実践者24名(男子8名、女子17名、66-76歳)を対象に Smart Balance Master システム(このテストシステムは本研究で用いたイクイテストシステムと同様であるが、機能的に床反力面が前後方向のみではなく左右方向へも移動可能)を用いて行った研究では、静的バランス条件では両群間には有意差が認めなかったと報告している。今回の実験結果はこの報告を支持するものであった。さて、条件4, 5, 6におけるように外乱条件が加えられるいわゆる動的な条件及び視覚、前庭、深部感覚器にそれぞれ不正確な情報の提供下においては熟練者群がバランス機能において優れた値を示した。このことは、本装置によって初めて明らかにされたことであり、太極拳の身体運動機能に与える効果の特性を知る上でも有意

義な知見であると考える。

2. 動作調整機能テスト(MCT)について

動作調整機能はスポーツの場面においても普段の生活においても重要な身体機能である。水平外乱刺激に対する応答潜時の比較では、前方および後方への水平移動に対する熟練者群の応答潜時は、初心者群より短いことが示された。また、太極拳経験年数は外乱条件下での応答潜時と高い負の相関関係が認められ、分散分析においても太極拳の経験年数が、応答潜時に大きく影響することが示された。大野⁸⁾は高齢者と若年者の加速度を伴う刺激に対する姿勢の安定性の比較をしたところ、高齢者は若年者に比べて姿勢の安定性が低く、また予告による姿勢の安定性の増加の程度も若年者に比べて低いことを示した。これらの結果は、外乱により乱された姿勢の修復や予測的対応など、高齢者における姿勢の制御能力の低下によるものであると報告している。また青木たち²²⁾は60歳代、70歳代、80歳代の全身反応時間を調べたところ、60歳代と70歳代及び80歳代の値には有意差が認められたと報告している。岡田たち¹²⁾によれば、加速度を伴う外乱刺激に対する応答時間と重心動揺距離は年齢との間に有意な相関関係があり、加齢に伴って外乱刺激に対する応答時間が遅くなることを報告している。

これらの結果から太極拳の実践が、中・高齢者のバランス機能に対してそれを向上させ得る可能性が明らかになったと考えられる。しかも、SOTの静的バランステスト条件では有意差が認められず、動的バランステスト条件で有意差が認められたことは、興味あることと考えられる。これはNashner²³⁾が指摘したように、種々の生理学的サブシステム(例えば視覚器、前庭器官、固有受容器感覚など)の姿勢保持への関与の程度を解析するには、静止立位時よりもバランス保持姿勢に対する外乱を用いる条件の方が効果的に解明できると指摘したことと符合する。言い換えれば、テスト条件が容易な場合は、特定のバランス機能の差異を評価することが難しいということになる。またMCTテストでは、前方刺激および後方刺激と

もに初心者群と熟練者群との間には有意差が認められ、熟練者群の方が外乱条件に対する応答潜時が短いことが明らかになった。この結果は、求心性神経伝達速度の改善を意味するか、立位姿勢の制御システムの統合制御能力の改善を意味するかは一層の追求が必要と思われるが、いずれにしても、SOTテストでの結果を合わせて考慮するとバランス機能の統合制御機能の改善がなされる可能性を示唆するものであろう。

太極拳はいわゆるゆっくりした動きの中での姿勢のコントロールを特徴とする。しかも、両足支持から片足支持へ、片足支持から両足支持へという繰り返しが連続的に行われるものである。不安定な動作局面の過程において上体と下半身の協調した動き、身体バランスの調整が求められる。このような特徴が姿勢を柔軟に調整する能力の向上に結びつくものと推察される。このようなバランス機能の改善は、Gardner²⁴⁾が主張するようにすでに存在する反射経路を抑制することによってもたらされるか、あるいはPaillard²⁵⁾が主張するようにすでに存在する神経回路のより複雑な再構成によるものであるかについては今後の研究課題でもある。

3. 脚筋力の測定結果について

太極拳の動作は、いわゆる中腰の姿勢をとることが多い。そこで、大腿の伸展筋の活動を動員すると考えられることから、脚筋力にもその影響が現れるのではないかと考えた。青木たち²²⁾は60歳代と70歳代、80歳代を対象に脚筋力の測定を行った結果、60歳代と70歳代とでは脚筋力が有意に($p<0.01$)異なると報告している。本研究の結果では、初心者群において、加齢に伴う筋力の低下が示唆され、青木たち²²⁾の研究結果を支持するものであった。また、熟練者群においてのみ、左右脚とも脚の伸筋において太極拳経験年数との間に相関関係が認められた。これらの結果は、太極拳の継続により脚伸筋筋力の衰えをある程度防ぐことができるのではないかと考えられる。今回の研究結果では、脚筋力とバランス機能(SOTおよびMTC)との間の相関関係は認められなかった。

このことは, 自らの体重を充分支える筋力を有する健康な成人においては, バランス機能の向上は必ずしも筋力の増大を要求するものではないからと推察される。

V. 要 約

本研究は, 太極拳を実施している中・高齢者34名を対象に太極拳の実践が立位姿勢保持に関するバランス機能に如何なる効果をもたらすかについて, イクイテストシステムの分析によりその関連性について調べた。その結果, 以下の知見が得られた。

1. 太極拳の実践は短期間ではその効果は現れにくい, 継続的な実践によって, 中・高齢者のバランス機能の能力を向上させ, あるいは機能低下を遅延させる可能性が示唆された。
2. 水平移動を伴う外乱刺激に対する身体応答の速さは, 太極拳の実践によってその機能の向上が期待できるという可能性が示された。
3. 脚の伸展筋力は太極拳を長期間実践することにより, ある程度の衰えを防ぐ可能性が示されたが, 脚筋力とバランス機能との間には相関関係が認められなかった。
4. 太極拳を長期間継続することはヒトのバランス機能の向上に貢献できる可能性を示した。静的バランス機能より動的なバランス機能への貢献の可能性が示された。

(受理日 平成15年4月15日)

文 献

- 1) 橋詰 謙, 立位保持能力の加齢変化, 日本老年医学雑誌(1986), 23, 85-91.
- 2) 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, 老人の転倒問題に焦点を当てたバランス機能の評価及び訓練効果, 体力研究(1993), 83, 123-134.
- 3) 藤原勝夫, 姿勢の保持, 体育の科学(1995), 45, 186-191.
- 4) 木村みさか, 徳広正俊, 岡山寧子, 奥野 直, 中尾高広, 閉眼片足立ち開眼片足立ちから見た高齢者のバランス機能, 体育科学, (1996), 24, 118-129.
- 5) 木村みさか, 岡山寧子, 奥野 直, 正埜信孝, 橋康生高齢者の運動・スポーツがバランス機能に及ぼす影響, 体育科学, (1997), 25, 111-119.
- 6) 木村みさか, 奥野 直, 岡山寧子, 田中靖人, 高齢者の立位保持能に関する一考察, 体育科学(1998), 26, 103-114.
- 7) 内藤久士, 高齢者のバランス能力, 体育の科学, (1991), 41, 719-724.
- 8) 大野央人, 永田久雄, 加速刺激に対する立位姿勢の安定性に関する研究—その3, (高齢者における立位機能の低下), 人間工学, (1994), 30, 344-345.
- 9) Moller, 老人におけるバランストレーニング効果(邦訳), 臨床スポーツ医学, (1991), 8(1), 33-39.
- 10) Nashner LM, Conceptual and biomechanical models of postural control. Vestibular and Visual Control on Posture and Locomotor Equilibrium. 7th Int Symp Int Soc Posturography, Houston Tex, (1983).
- 11) 藤原勝夫, 足圧中心位置と立位姿勢の安定性との関係について, 体育学研究, (1981), 26(2), 137-147.
- 12) 岡田修一, 高田義弘, 平川和文, 濱 広志, 浅見高明, 高齢女性の加速度外乱に対する立位姿勢保持能力と日常生活活動量との関係, 体力科学, (2000), 49, 111-120.
- 13) 藤原勝夫, 浅井 仁, 外山 寛, 宮口明義, 山科忠彦, 碓井外幸, 国田賢治, 高齢者の動的バランス機能とそれに関する体力要因, 金沢大学紀要, (1992), 29, 21-33.
- 14) Speers R. A., Kuo A. D., Horak F. B., Contributions of altered sensation and feedback responses to changes in coordination of postural control due to aging. Gait and Posture, (2002), 16, 20-30.
- 15) Goulding A., Jones L. E., Taylor R. W., Piggot J. M., Taylor D., Dynamic and static tests of balance and postural sway in boys: effects of previous wrist bone fractures and high adiposity, Gait and Posture, (2003), 2, 1-6.
- 16) Allum J. H. J., Zamani F., Adkin A. L., Ernst A., Differences between trunk sway characteristics on a foam support surface and on the Equitest ankle-sway-referenced support surface, (2002), 16, 264-270.
- 17) 笠原美千代, 山崎裕司, 青木詩子, 横山仁志, 大森圭貢, 平木幸治, 高齢患者における片脚立位時間と膝伸展筋力の関係, 体力科学, (2001), 50, 369-374.
- 18) 渡部和彦, 宮川 健, 高齢者における日常の運動習慣と立位姿勢の安定性, 体育科学(1994), 22, 145-151.
- 19) 亀井盛隆, 人体直立時ノ動揺ニ関スル研究, 軍医誌, (1931), 218, 1219-1242.
- 20) 山本高司, 直立時動揺の年齢による変化, 体力科学, (1979), 28, 249-256.
- 21) Alice M. Wong, Yin ChouLin, Shih WeiChou, Fuk TanTang and Pong Yeun Wong, Coordination exercise and postural stability in elderly people: Effect of Tai Chi Chuan, Archives of Physical Medicine and Rehabilitation, (2001), 82, 608-612.
- 22) 青木純一郎, 堀田 昇, 石河利寛, 高齢者の反応時間, 体育科学, (1991), 19, 67-72.

- 23) Nashner, L. M. Analysis of stance posture in humans, In E. Luschei A. Towe (Eds.) Handbook of behavioral neurobiology, New York, Plenum press, (1981).
[Marjorie H. Woollacott, Anne Shumway-Cook (矢部京之助監訳), 姿勢と歩行の発達, 初版, 大修館書店, 東京(1993). 267より引用].
- 24) Gardner E. B. The neuromuscular base of human movement, Feedback mechanisms. JOHPER, (1965).
[Marjorie H. Woollacott, Anne Shumway-Cook (矢部京之助監訳), 姿勢と歩行の発達, 初版, 大修館書店, 東京(1993). 267より引用].
- 25) Paillard, J, Development and acquisition of motor skills, A challenging prospect for neurosciences. In Motor Development in children, Aspects of Coordination and Control. H. T. A. Whiting M. G. Wade (Eds), Amsterdam, Martinus Nijhoff.
[Marjorie H. Woollacott, Anne Shumway-Cook (矢部京之助監訳) 姿勢と歩行の発達, 初版, 大修館書店, 東京(1993). 267より引用]