

機関番号：12612

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008年度～2010年度

課題番号：20500515

研究課題名（和文）合気道練習に関する生理・バイオメカニクスの研究

研究課題名（英文）A biomechanical and exercise-physiological study of Aikido practice

研究代表者

吉川 和利 (KAZUTOSHI KIKAWA)

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

研究者番号：00112277

研究成果の概要（和文）：本研究は合気道技能のバイオメカニカル分析および合気道練習による体力的効果の検討を行った。(1)天地投げの3次元動作解析では上級者は両手を正中線に沿って螺旋状に上下に動かし、重心を低くして動作していた。(2)Carvonen法で評定した合気道練習強度は技能同程度の相対稽古の場合、最大酸素摂取量の50%前後であり、20回反復の後方受け身練習の場合、60%程度であった。(3)合気道部所属高校生の基礎体力の縦断的計測値が有意に向上し、合気道練習は緩やかに体力発達を促していると考えられた。

研究成果の概要（英文）：(1) The present study sought to perform a three-dimensional analysis of the "Tenchi-nage", a typical aikido technique. The elbow joint among the advanced trainee was rotating in the first half of the throw, and the elbow progressed greatly in the latter half of the throw. (2) The intensity of Aiki-do practice evaluated by Carvonen-way was 50% maximal oxygen intake practicing relative practice within peer with equal skill level and 60%V02 practicing 20 times individual behind-fallings (Ushiro-ukemi). (3) The longitudinal changes of the measurements of physical fitness and motor ability tests among high school students who have been practicing aikido for 0.5 or 2.5 years were analyzed. Among the aikido male students, every measurement was developing in 2.5 years of school life or aikido life.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,300,000	690,000	2,990,000
2009年度	700,000	210,000	910,000
2010年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：健康・スポーツ科学

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学、身体教育学

キーワード：合気道、動作分析、体力

1. 研究開始当初の背景

身体運動の実質は脳の運動神経の指令によって筋肉が収縮し、それによって骨が動くことである。動作の習熟という次段階の目標達成のためには筋神経系協調動作の錬磨が一義的に必要であり、須く体育の教材は種々の関節動作の意識化や骨格の協調性を高めるように体系化されるべきである。合気道の技の特質は柔らかな円運動を描く緩徐な動きであり、独自に方法化された受け身など内容自体が多様である。合気道の練習（以下、適宜、稽古とする）は基本動作である受け身、体捌きや呼吸力を養成することを第一段階にし、受けと取り双方の立場で投げ技、固め技など漸次に高度の技に進んで行くことが必要で、比較的単調な反復練習をとる。しかし広範な技のうち学校体育の教材として導入されるべきその技術要素や心身発達に及ぼす効果については明らかではない。また剣道あるいは柔道と異なり、教員養成課程での履修科目とされず、体育関係学会でも合気道に関する運動学、生理学的なデータが皆無に等しいがために教育文化財として等閑視され、学校体育教材としての導入は稀である。教育施策の一環として中学生男女への武道とダンスの必修化が進められる現在、広範な武道の知識や技能を共有することは教育に携わる者の責務である。

また運動不足に由来する疾患への対策は高齢化社会にある日本の焦眉の課題であり、その予防的措置あるいは軽症状態改善には中庸な強度の有酸素運動が有効であることが確認されている。合気道のいくつかの技あるいは基本動作の緩徐な動作の反復稽古は循環器疾患の非薬物的治療効果あるいは不測事態での転倒事故などの回避能力獲得に有効であると予想できる。

2. 研究の目的

本研究は運動生理学とバイオメカニクスの方法により合気道練習の生体負担あるいは主要な技術動作の習熟度およびそれに伴う心身への効果について検討することが目的である。合気道稽古による心身の健康度の向上、習熟の過程や生体負担あるいは効果についての記述的資料が公開されることは稀である。本研究はこうした問題所在を背景に（1）稽古時の生体負担の定量化と（2）バイオメカニカルな手法による合気道基本動作習熟過程の検討を行い、（3）多様な合気道技能のうちで学校教育として適切なものの把握を行う。また（4）稽古

に伴う一般的な行動性向・認知能力の発達の把握と（5）鍛錬者の基礎体力の現状を把握し、合気道稽古がもたらす心身の健康度に関する検討を行う。

本研究により、高齢化社会の直面する予防医療的課題、少子化に伴う基礎運動能力低下や社会性など心理発達の遅滞化およびリスクマネジメントという内在的あるいは外在的な国民的課題に対して、伝統的武道が新しく力を与える可能性を模索できる。

3. 研究の方法

基本手続き：1) バイオメカニカルおよび生体負担の測定：合気道基本技についての技能段階的な特徴をバイオメカニカルな手法によって解析し、循環器系指標と同期させながら検討する。2) 生体負担の定量：基本的な合気道練習中の生体負担を心拍数と血圧値、あるいは両者の積（二重積、double product）によって検討する。この場合、年齢の効果、経験の効果が大きいことを考慮するため、一般市民／大学正課授業受講生／合気道部練習／一般練習を想定した検討を行う。3) 継続的な合気道練習が高校生期の基礎体力検査値に及ぼす影響：発育の顕著な高校生のうち、合気道を継続的に練習する者についてその運動能力や基礎体力の伸長発達を検討する。

具体的な資料収集：1) 高速度撮影による上肢と下肢の動作分析について検討する。入身、転換など合気道特有な運足での基本動作時ならびに基本的な投げ技、固め技の動作過程をビデオカメラで撮影する。同時に呼吸記録装置（VO2000）を用い、生体情報記録装置に記録して動作との同期状況を検討する。

2) 稽古時の心拍数、血圧値などによる運動強度、%HRmax（酸素摂取量に対する相対的運動強度）について検討する。可能な限り、携帯型呼吸代謝測定装置を用い、採気マスクを装着して動作中の各データを20秒ごとに測定し、一連の運動終了後に平均値および最高値を記録する。また練習中の疲労度検査として唾液アミラーゼの継続的収集を行う。これらは大学の正課授業、大学合気道部の通常練習と合宿練習、道場での一般練習、ならびに稽古に慣れていない中高年者を含む一般市民を対象に検討する。3) 基礎体力／心理的検査項目：運動能力・基礎体力：以下のような因子を測定する。①筋力＝瞬発性、動的、静的筋力、②柔軟性とスピード因子＝可動域・動的柔軟性、方向変換・走・四肢運動のスピード、③平衡性＝静的・動的バランス、④協応性＝四肢相互・全身協応性、⑤持久性

(最大酸素摂取量)、⑥超音波法での骨密度、⑦アイオブレースtestによる巧緻性の評価、ならびに⑧合気道イメージ調査。

4. 研究成果

合気道は植芝盛平翁による創始時には「合気」とのみ称され。その後、合気之道、合気柔術、合気武術と名称を変更しながら。現在に至っている。合気道が他の武道と明らかに相違するのは「入身」「転換」という基本動作、ならびに「呼吸法」といわれる特有な基礎的身体能力訓練法をもつことである。少なくとも本研究ではこのように合気道を捉えながら検討を行った。

1) 合気道基本動作の呼吸様態の検討：呼吸動作と技との関係を明らかにするために呼吸代謝計測装置 (V02000) により以下のような計測をした。日常的に稽古を行っている経験豊富な熟練者 1 名と未熟練な大学生数名の「片手取り転換」時の呼吸代謝を測定した。「受け」を務める者に V02000 を装着した。「取り」は自身の左手首を持たせ、「受け」の右足横の側面に左足をつま先から踏み込み (入身)、左足母指球を使って 180 度転換をする。この動作を約 5 分程度、継続した。この期間中の呼吸の様相を継時的測定した。この結果、特に未経験者の場合、呼吸相が安定するには数分程度、入身転換の回数にして 30 から 50 回程度、時間にして 3 分程度が必要なことがわかった。入身と転換の交互の繰り返しは熟練者においても重視される基本練習であり、比較的単純な動作とはいえ、初心者には相当に身体負担が大きい動作であることが考えられた。

2) 合気道技の 3 次元動作解析：3 台のカメラを設置し、21 点のマーカーを装着した取り (三段以上の上級者、初段の中級者、初級者各群 5 名) を対象にバイオメカニカルな動作解析的研究を行った。(1) 両手取り天地投げの動作解析：合気道技のうち、両手取り天地投げの 3 次元動作解析の結果、上級者 (経験年数 8~30 年程度) の取りは①両手を中心部 (正中線) に沿って、②上方に来る側の肘を螺旋状に動かし、③重心を一旦低くしながら動いていることがわかった。この傾向は中級者 (初段、経験年数 2 年程度) よりも極めて顕著な違いを示した。初級者 (経験数日) には上記①、②、③の動きのいずれも確認できなかった。(2) 片手取り呼吸法の動作解析：呼吸力養成法として知られる片手取り呼吸法を同様に検討した。①呼吸位相：上級者では、「崩し前」に吸息の傾向がみられ、「受け」に重みをのせ倒す際に呼息する傾向がみられた。一方、初心者ではこのような傾向はみられなかった。②力学的エネルギーの

伝達：上級者および中級者では、「崩し後」において初心者よりも大きな仕事を行っていた。また、上級者ほど「取り」と「受け」の間のエネルギーの伝達が大きかった。③上肢の関節角度変化：上級者および中級者では初心者に比べ「崩し前」に肘をより大きく屈曲させ、「崩し後」にはより大きく伸展させていた。以上のことから、合気道の習熟に伴って呼吸のタイミング、「受け」へのエネルギー伝達および肘の使い方が変化することが示唆された。

3) 合気道稽古時の身体的負荷に関する検討：生理学的な見地から合気道稽古時の運動負荷を検討した。稽古事象には市民合気道講座、体育授業履修者の授業、大学合気道部合宿を設定した。(1) 二重積項 (Double Product) による身体負担の検討：合気道未経験な者を対象にした大学での市民合気道講座受講者 12 名 (年齢 20 歳から 78 歳) の二重積項 DP (=収縮期血圧と心拍数の積) を求めた。その結果は稽古後に僅かながら上昇し、12000 から 15000 程度であり、男子において比較的高い値を示した。(2) Carvonon 法による心拍数からの身体負担評価：大学の体育授業履修者の 15 回の授業では Carvonon の方法により相対運動強度 (%HRR) を検討した。各稽古事象に伴う相対運動強度は安静時、準備運動後、後方受け身 20 回後、片手取り四方投げ (相対稽古 4set)、片手取り小手返し (相対稽古 4set) で検討した。その結果、授業初期 (3/15) 時の %HRR の最高値は後方受け身 20 回の動作後の 60%HRR (130 心拍) 程度であった。(3) 経験年数 1、2 年程度の大学合気道部員の 3 泊 4 日の合宿時の運負荷を検討した。4 名の被験者の唾液アミラーゼから稽古前後の疲労度を計測した。個人差が大きく、安定して低い人と、振れ幅が大きい人の 2 つに分かれたが、一貫した傾向を見いだしてはいない。

4) 高校生期の合気道稽古継続が身体運動能力 / 基礎体力に及ぼす影響の縦断的検討：合気道部に所属してほぼ毎日の稽古を行っている高校生の基礎体力 (体力運動能力テスト成績) を縦断的横断的に検討した。すなわち男子 16 名、女子 6 名の縦断的データに対して反復測定分散分析を施し、群間差を post-hoc test のうち Scheffe 法によって検討した。その結果、男子の身長と体重は 1 年次 < 2 年次 < 3 年次いずれも年齢が進むとともに有意な発育を示した。高校生期には女子の体格発育が緩やかであるのに比べ、男子は未だ成長期にあることが統計的分析によっても明らかとなった。男子の 6 つの体力計測値の分散分析結果は有意なものであった。すなわち 3 カ年間の体力発達はすべての計測

値に認められたことになる。また6項目すべてにおいて1年次<2年次<3年次の順に平均値は上昇傾向を示した。体力計測値の多範囲検定の結果、持久走を除く他の5つの計測値は1年次と3年次の差が有意なものであった。全般的に1年次<2年次、2年次<3年次の1年刻みよりも1年と3年の間の差が有意であった。すなわち男子の体力は2年間以上を経過しながら緩やかに伸長発達を示すものであるということが考えられる。

女子の計測値を分析したところ、体格計測では体重と座高には有意な差はなく、身長のみには有意な差が観察された。post-hoc testとして実施されたScheffe法での身長の年齢間比較を行った結果、1年次と3年次の間の差が有意であった。すなわち1年間程度の成長は顕著でないが、2年以上の緩徐な経過でその発育を観察できる。一方、女子の体力で有意な差が認められたのは、上体起こしと立ち幅とびの2つの計測値であった。これは男子の6つの体力計測値すべてで年齢効果は有意なものであったのに比べて特徴的であると言える。ただし、女子の計測値6項目のうち、持久走を除く5つの計測値の平均が1年次<2年次<3年次の順に上昇傾向を示し、持久走も2年次と3年次の平均値も微小なものであった。多範囲検定の結果、上体起こしは1年次と3年次の差が有意なものであった。このことから持久的筋力は2年間以上を経過しながら緩やかに伸長発達を示すものであると考えられる。

文部科学省が示すH18年からH22年までの高校生の1年次から3年次の年齢平均値をベース（日本人の標準値）として今回の被験者データと対比してみた。その結果、合気道部員のいずれの計測値も1年次には標準値とほぼ同等か低い値を示しているが、2年次、3年次と進むにつれて標準値に同等もしくはこれを凌駕する傾向を示した。特に男子の反復横とびと握力にはその傾向が顕著であるということが出来た。合気道基本動作にみられる足の運び動作は合気道の初心者から上級者にまで幅広く実施されている動作であることに関連していることも考えられた。

5. 結論

植芝盛平翁がいくつもの武術要素を創意工夫しながら合気道として体系化して百余年になる。武道家であり、現代思想研究者である内田樹(2000)は、現代武道の課題に「包括的な知」を語るための「公共的な語法」を有していないことをあげている。同時に達人たちによる叡智の言葉は「術理の意味を一義的に説明し、修業の段階と目標を明晰に指示するようなものではない」として武道の科学化の必要性を指摘している。そして武道がその術理を学問的方法や学術言語で語り抜か

ないことが武道自体の閉鎖性の理由の一つであるとしている。本研究のアプローチが内田のいう学問的方法の欠落さを補完し得ることになったとは、とても言えたものではないのであるが、合気道を日々稽古する多くの愛好家へのアプローチそのものの多様性を解説し得たはずである。

(1) バイオメカニカルな分析から上級な技能水準を持つ者は全体的に重心を適確に使い、また両手、両腕を螺旋的に正中線に沿って文字通りに「手足のように使っている」ことが動作分析上も明らかになった。(2) 生理学的運動負荷をCarvonen方式にて検討した。基本動作としての入身転換を5分程度継続させた結果、3分程度までは呼吸相が安定することはなかった。また1年以上の経験がある中級者では自由稽古として受けの攻撃パターンを決めた上での多様な技展開を行った場合、中庸な身体負担であることが明らかになった。自由稽古的な練習法が特に青壮年あるいは高齢者にも適当であることが指摘できよう。(3) 高校生の体力解析の結果、継続的な合気道稽古が2年以上経過した時点で、身体的な機能への効果が著明であった。標準的な同年齢の高校生において停滞する反復横とびあるいは握力の伸長が顕著なことは合気道の基本技そのものの特性を表しているということが出来よう。

以上、羅列的に研究結果を示したが、こうした結果は、合気道の優れた指導者にとっては当然至極に映るはずである。しかし天地投げの分析に限らず、武道の叡智として「至極当然」な事象が公的な研究の場に呈示されなかった歴史自体が武道の「科学に対する閉鎖性」に陥っている理由であると考えたい。今までメンタルな効果を論じる合気道家は多いのだが、こうしたバイオメカニカルあるいは生理学的、体力科学的な検討結果が広く示されることは少なくとも日本の学会においては希有であった。今後、合気道の多様な技について同様な動作解析的研究が進み、広く市民に向けた心身の健康に関する啓発効果が累積されて行くことで、合気道技能の成長に即した整理と体系化が進んで行くと考えたい。

謝辞： 本研究は多くの方々のご協力によって成り立った。とりわけ被験者として参加いただいた多くの皆様のご協力がなければこの研究は成立し得なかった。また、データの解析に時を忘れて努力した研究室学生の真摯な研究態度には感服することが多かった。さらに庶務的な仕事を適確にこなしていただいた本学研究協力課の皆さん、体育事務室の松浦直子さんの支援がなかったら研究は間違いなく行き詰まっていた。心より感謝したい。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

① KIKKAWA, K., OKADA, H., and MORI, T.
Regression analysis of walking parameters for the age-predictive equation, Rejuvenation Research, vol.13, 335-338. 2010 (査読有り)

② 吉川和利「重回帰分析的手法の発育発達的研究への適用」, 発育発達研究 vol.7、44-46, 2009. (査読無し)

③ 吉川和利「動作の禊ぎ」, 合気道探求, vol.38、12, 2009. (査読無し)

[学会発表] (計2件)

① KIKKAWA, K., OKADA H., and YAMABE, T.
Three-dimensional motion analysis of Aikido-Tenchi-nage, January 21, 2011. ICHPER-SD ASIA CONGRESS (at Taipei, Taiwan National Normal University)

② KIKKAWA, K., OKADA, H., and MORI, T.
Regression analysis of walking parameters for the age-predictive equation, SENS4, September 10, 2009. (at Cambridge, University of Cambridge)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉川 和利 (KAZUTOSHI KIKKAWA)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授
研究者番号：00112277

(2) 研究分担者

岡田 英孝 (HIDETAKA OKADA)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授
研究者番号：20303018

狩野 豊 (YUTAKA KANO)
電気通信大学・大学院情報理工学研究科・准教授
研究者番号：90293133