

柔道未経験者における後ろ受身動作の短期練習効果

越田専太郎^{1),3)}, 松田雅弘²⁾, 石井孝法^{3),4)}, 山田利彦⁵⁾, 金丸雄介⁵⁾, 橋本俊彦^{3),6)}

了徳寺大学・健康科学部整復医療・トレーナー学科¹⁾

植草学園大学・健康福祉学部理学療法学科²⁾

了徳寺大学・スポーツ医科学研究会³⁾

筑波大学大学院・人間総合科学研究科⁴⁾

了徳寺大学・教養教育センター⁵⁾

了徳寺大学・健康科学部医学教育センター⁶⁾

ランニングタイトル：後ろ受身動作の短期練習効果

要旨

適切な後ろ受け身動作技術の習熟は、柔道未経験者における頭部外傷予防に大きな意味を持つ。そこで、本研究の目的は柔道未経験者における後ろ受け身動作の特徴を明らかにすること、短期練習が当動作に与える影響について検討することであった。対象は1)柔道経験を有さない、2)重大な損傷を有さない、3)同じ柔道授業を受講している男子大学生4名であった。柔道の後ろ受け身動作時の3次元データを2回の介入前後で測定し、頸部、体幹、股関節および膝関節角度をMiyashita法によって算出した。各関節角度および頭部加速度の鉛直成分の変化曲線の一次回帰式を算出し、介入前後で回帰係数の差を比較した(P=0.05)。その結果、頸部と体幹の角度変化には有意差が認められたものの、その差は小さいものであった。また、股関節および膝関節角度変化は介入前後で有意差は認められなかった。本研究では後ろ受け身動作時の下肢関節角度に対して短期練習の効果はみられなかった。このことは未経験者に対する受け身指導の際には下肢動作にも着目する必要があることを示唆している。

キーワード：後ろ受け身動作、頭部外傷、3次元動作解析、武道

Effect of a Short-term Intervention on Kinematics of Judo Backward Breakfall in Young Individuals with No Judo Experience

Sentaro Koshida^{1),3)}, Tadamitsu Matsuda²⁾, Takanori Ishii^{3),4)}, Toshihiko Yamada⁵⁾, Yusuke Kanamaru⁵⁾,
Toshihiko Hashimoto⁶⁾

Department of Judothrapy and Sports Medicine, Faculty of Health Sciences, Ryotokuji University¹⁾

Department of Physical therapy, Faculty of Health Science, Uekusa Gakuen University²⁾

Society of Sports Medicine and Science Research, Ryotokuji University³⁾

Graduate school of Comprehensive Human Studies, University of Tsukuba⁴⁾

Center of Medical Education, Ryotokuji University⁵⁾

Center of Liberal Arts Education, Faculty of Health Sciences, Ryotokuji University⁶⁾

Abstract

Judo backward breakfall skill will play an important role in head injury prevention for judo beginners. Therefore, the objectives of the study were to illustrate the kinematic characteristics of judo backward breakfall movements in young individuals with no judo experience and compare before and after interventions of physical education classes concentrated on judo. We recruited four male collegiate students who 1) had no judo experience, 2) had no significant injuries, and 3) registered the same judo class. We obtained three-dimensional motion data of judo backward breakfall movements before and after intervention. The angle-time curves of neck, trunk, hip, and knee were calculated using modified Miyashita method. After calculating linear regression formulas for each angle-time curve, we used t-statistics to compare slopes of the formulas ($P < 0.05$). The results demonstrated that the neck and trunk kinematics were significantly different; however, the both effect size were so small that the changes in neck and trunk kinematics may be negligible. There were no significant changes in knee and hip kinematics and vertical head acceleration between the pre- and post-tests. The result indicates that there is little effect of short-term intervention on the lower extremity biomechanics in judo breakfall, which suggests the movement of lower extremity may need more attention to better improve the kinematics of judo backward breakfall in judo teaching for beginners.

Keyword : backward breakfall motion, traumatic head injuries, three-dimensional motion analysis, martial

I. はじめに

柔道は競技特性上、身体のあらゆる部位で外傷が発生するが¹⁾、頭部外傷発生も例外ではなく死亡事故すら散見する²⁻³⁾。また、頭部外傷はたとえ重篤例でなくとも post concussion syndrome と呼ばれる後遺症につながる可能性があり⁴⁻⁵⁾、柔道指導者ならびにスポーツ医学に関わるものにとって注目すべき事項といえる。さらに中学校保健体育での武道必修化を受け、未経験者の柔道参加の増大が見込まれることから頭部外傷発生予防の取り組みに対する社会的必要性は高いと考えられる。

柔道での頭部外傷の多くは相手に投げられた場面で生じており、頭部と畳との接触が外傷発生の直接的原因とされている²⁻³⁾。また、頭部外傷の50%以上は大外刈のような後方への投げ技を仕掛けられた際に生じていることが報告されていること(図1)、さらに頭部外傷は中学校1年生や高校1年生の初心者によく発生していることも報告されている²⁻³⁾。上記のデータは学校部活動における熟練者の頭部外傷発生状況を大きく反映しているものの、柔道初心者や未経験者で多数構成される学校体育の状況にも合致する可能性が高い。さらに、筆者は柔道初心者が自由練習において大外刈、大内刈などを多用しやすいことから、受け身の技術が未熟であることが頭部外傷の発生リスクに与える影響は大きくなると考えている。つまり、技術レベルの低い柔道初心者や未経験者に対しては、適切な後ろ受け身動作を習得させることが頭部外傷発生の予防に対して特に重要な取り組みの一つと



図1. 大外刈で投げられた際の状況：投げられた側は後ろ受け身をとっている

いえるだろう。

実際にこれまでの指導現場では柔道未経験者が最初に習熟すべき技術として後ろ受け身の基本動作の指導が実施されており、柔道指導書では後ろ受け身指導の要点として後方へ身体を倒した際に頸部を屈曲して帯の結び目をみるようにすることや腕全体でたたくことなどがあげられている⁶⁾。これまでに横受け身⁷⁻⁹⁾や前回り受け身の研究⁹⁾は実施されているものの、後ろ受け身のキネマティクスを定量化した研究は少なく動作の理解は十分ではない。我々は先行研究において柔道熟練者および学校体育でのみ柔道を経験している柔道初心者の後ろ受け身の基本動作を比較し、その結果頸部および体幹筋群の筋活動¹⁰⁾や頭頸部および体幹部の角度変化¹¹⁾において両群間に有意な違いは認められないものの、熟練者は後方回転時に下肢をより大きく伸展させて受身をとる傾向であったことを報告した。これら結果より、いわゆる指導書にて指摘される頭頸部の屈曲により床へ頭部を打ちつけない動作は初心者においても学習されていたこと、さらに初心者に対しては下肢伸展などで姿勢を変化させることで後方への回転速度をコントロールする動作指導を強調する必要性を指摘している。但し、ここで示した初心者とは体育授業などである程度の柔道経験を有しており、柔道未経験者が実施する後ろ受け身動作が示す特徴とは異なる可能性がある。

さらに学校体育での柔道の安全性を高めるためには、柔道未経験者が指導によって後ろ受け身技術を習得していく過程を明らかにしていく必要がある。Weerdesteyn et al. (2008)⁸⁾は健康な柔道未経験者に30分の横方向への受け身動作の指導を行った結果、横方向への受身動作時の股関節への衝撃が低下したことを報告している。しかしながら、倒れる方向の視覚情報が得られない後ろ受け身動作は技術的に難易度が高く、先行研究でみられた結果とは異なる可能性がある。さらに一定期間の実技指導前後での動作の変化を定量化することで、柔道の後ろ受け身指導で着目すべき動作を指摘することができると思う。そこで本研究の目的は、先行研究において示された熟練者の後ろ受け身動作の3次元動作データとの比較により、定性的に柔道未経験者の後ろ受け身動作の特徴を捉えること、さらに短期間の技術指導の結果生じる後ろ受け身動作の変化を明らかにすることとした。

II. 方法

1. 対象

対象は柔道経験を有さない本大学健康科学部整復医療・トレーナー学科に所属する男子大学生1年生4名(身長 167.6 [166.0-171.0] cm, 体重62.2 [58.4-63.0] kg)であった。本研究における対象の採択基準は、1)学校体育を含めても柔道の経験を有していないこと、2)実験の妨げになる外傷や障害を有していないこと、3)整復医療・トレーナー学科の1年次開講の「スポーツ理論と実習 I」を受講していることであった。同講義は主に柔道を中心とした授業で構成されている。対象には実験の目的を説明したのち参加への同意を書面にて得た。なお、本研究のプロトコルは了徳寺大学倫理委員会の承認を得た。

2. 実験プロトコル

本研究の測定プロトコルの概要を図2に示した。対象は初回の柔道授業開始前2日以内(pre-test), および2回分の授業終了後12日以内(平均11.5日)に2回目の測定(post-test)の計2回の測定を実施した。Pre-testの際には、対象全員に対して同じ視覚教材を用いて後ろ受け身動作について約5分の説明を行った後、約10分間の練習を実施してもらった。その間に測定者から対象にフィードバックは与えなかった。2回目の測定時には動作の説明を行った後、同様の動作を実施してもらった。上記の指導は同じ柔道

経験者1名（講道館参段）が実施した。

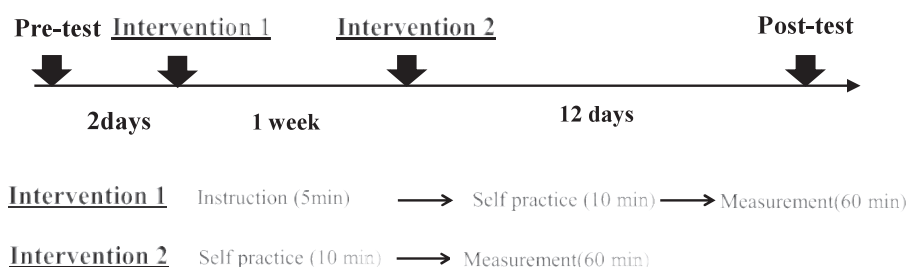


図2 本研究で用いたプロトコル：intervention1：1回目の柔道授業介入，intervention2：2回目の柔道授業介入

対象が受講した2回の授業は，2012年4月20日および4月27日の2日間で実施された。授業の内容は表1に示した。各授業はそれぞれ異なる柔道熟練者計2名によって行われた（各々講道館六段，講道館五段）。後ろ受け身動作について本講義で示された技術上のポイントは，1. 頭を上げる，2. 脚を伸ばす，3. 腕全体ではねるように畳を叩く，4. 腕の角度に注意し45°程度とする，の4点であった。

表1. 対象が参加した授業の流れと内容

授業1回目	授業2回目
集合・準備運動・着衣の説明	集合・準備運動
後ろ受け身動作の練習(約45分間) 1) 背臥位で 2) 長座位から 3) 蹲踞姿勢から 4) 立位姿勢から 5) 二人組で 6) 前進動作から	後ろ受け身動作の練習(約5分間) 1) 立位姿勢から 横受け身動作の練習(約10分間) 1) 背臥位で 2) 長座位から 3) 蹲踞姿勢から 4) 立位姿勢から 前回り受け身動作の練習(約30分間) 1) 膝をついた姿勢から 2) 立位姿勢から 3) 二人組で
整理体操	整理体操

3. 測定方法

全ての測定は了徳寺大学運動学習実習室において実施した。測定準備として直径1.9cmの反射マーカをMiyashita法¹²⁾を参考に対象の頭頂部，前頭部，後頭部，耳垂部，肩峰，肘外側上顆，手関節背側，胸骨丙，第9肋骨前部，上前腸骨棘，大転子，大腿骨内外側上顆，内外果，踵骨中央，第二中足骨頭に貼付した。また，安全対策のため対象には柔道用ヘッドギアを装着してもらった。

課題として実施した後ろ受け身動作を図3に示した。対象には平行棒を把持し，股関節，膝関節共に約90°の姿勢を取らせ，対象自身のタイミングで後ろ方向への受け身動作を実施するように指示した。その際に殿部は床面に設置された床反力計上に接地させるように指示した。対象には本動作10回連続して実施させた課題動作のうち，動作データが安定したと考えられる最後の5回の試技を分析に用いた。

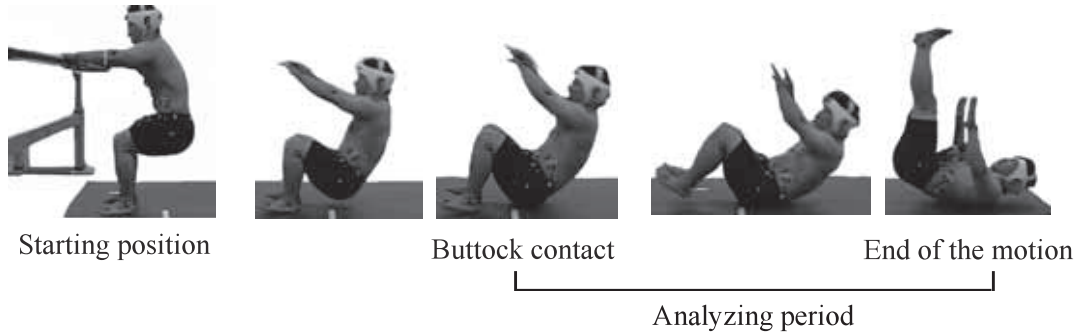


図3. 本研究で実施した後ろ受け身動作と分析区間

動作の測定には8台のカメラで構成された3次元動作解析装置（MAC 3Dシステム，Motion analysis社，Santa Rosa, CA, USA）を用いた。測定周波数60Hzにて得られた動作時の各反射マーカの3次元座標位置を同定し，デジタルButterworth ローパスフィルタ（6Hz）にて平滑化した。その後，データ統合解析ソフトウェアKineanalyzer（キッセイコムテック社，佐久，長野）を用いて頭部屈曲/伸展角度，体幹屈曲/伸展角度，股関節屈曲/伸展，膝関節屈曲/伸展角度を算出した。本研究において角度の算出に用いたModified Miyashita法とは3点で各セグメント面を同定し，隣接するセグメント面の単位ベクトルが交差する角度を算出する方法である¹²⁾。本研究で使用した各角度の定義は図4に示した。本研究では対象の安静立位時の角度を基準角度（0°）として設定し，後ろ受け身動作時の角度は基準角度からの変化量として表した。なおこれらの算出は，対象が接地した時点を0%，頭部中心の鉛直位置が最低点を示した時点を100%として正規化した区間で実施した（図3）。また，股関節と膝関節の角度は両側の平均値を使用した。さらに，頭部に生じる力を推測する指標として，頭部マーカの並進加速度の鉛直成分を算出した。

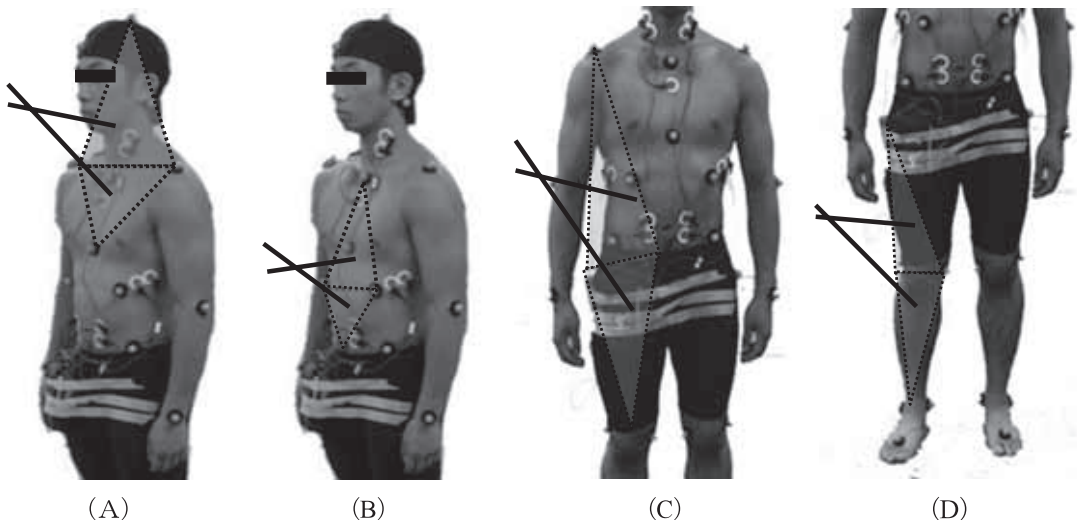


図4. 本研究における角度算出の定義：(A) 頸部角度：頭頂部マーカと両肩峰マーカの3点セグメント面と剣状突起マーカと両肩峰マーカの3点セグメント面間の角度，(B) 体幹角度：胸骨丙マーカと両肋骨マーカの3点セグメント面と両上前腸骨棘マーカの中点と両肋骨マーカの3点セグメント面間の角度，(C) 股関節角度：肩峰マーカ，大转子マーカおよび両上前腸骨棘マーカの3点セグメント面と内外側膝マーカの中点，大转子マーカおよび両上前腸骨棘マーカの3点セグメント面間の角度，(D) 膝関節角度：大转子マーカおよび内外側膝マーカの中点の3点セグメント面と内外果マーカおよび内外側膝マーカの中点の3点セグメント面角度

4. 統計分析

授業開始前と2回の柔道授業後の頸部、体幹、股関節、膝関節角度変化、及び頭部加速度変化の時系列変数それぞれに一次回帰式を求めた。この一次回帰式における傾きの差を明らかにすることで、柔道授業受講前後の各時系列曲線の変化を明らかにできると考えられる。まず各曲線に対する一次回帰式の有意性を確認した後、回帰係数の差を2回の介入前後で比較した¹³⁾。さらに有意差が認められた場合には、その効果量をCohen's dによって表した。また、角度変化における対象内の再現性を確認するため、対象各施行間で重回帰分析を行い、決定係数 (Adjusted R²) を求めた¹⁴⁻¹⁵⁾。

本研究の統計解析には表計算ソフトウェアMicrosoft Office[®] Excel 2010 (Microsoft社) および統計解析ソフトウェアRを用いた。なお、本研究における統計的有意水準は5%とした。

Ⅲ. 結果

頸部角度の変化の時系列曲線およびそれぞれの一次回帰式を図5に示した。頸部角度曲線 ($t=3.978$, $df=198$, $P < 0.001$) および体幹 ($t=9.427$, $df=198$, $P < 0.01$) の一次回帰係数に有意差が認められた。しかしながら効果量は非常に小さく、頸部角度で $d=0.004$ 、体幹角度で $d=0.039$ であった。また、股関節角度 ($t=1.856$, $df=198$, $P < 0.05$)、膝関節角度 ($t=0.773$, $df=198$, $P < 0.05$) および鉛直方向の頭部加速度変化 ($t=0.308$, $df=198$, $P < 0.05$) において介入前後で有意差は認められなかった。

なお、各対象が5回実施した後ろ受け身動作時の各角度変化曲線の決定係数は、pre-testの頸部角度 ($R^2=0.95 \pm 0.07$)、体幹角度 ($R^2=0.85 \pm 0.13$)、股関節角度 ($R^2=0.98 \pm 0.04$)、膝関節角度 ($R^2=0.96 \pm 0.07$)、post-testの頸部角度 ($R^2=0.97 \pm 0.03$)、体幹角度 ($R^2=0.75 \pm 0.15$)、股関節角度 ($R^2=0.99 \pm 0.01$)、膝関節角度 ($R^2=0.96 \pm 0.07$) であり、全てで高い再現性を示していた。

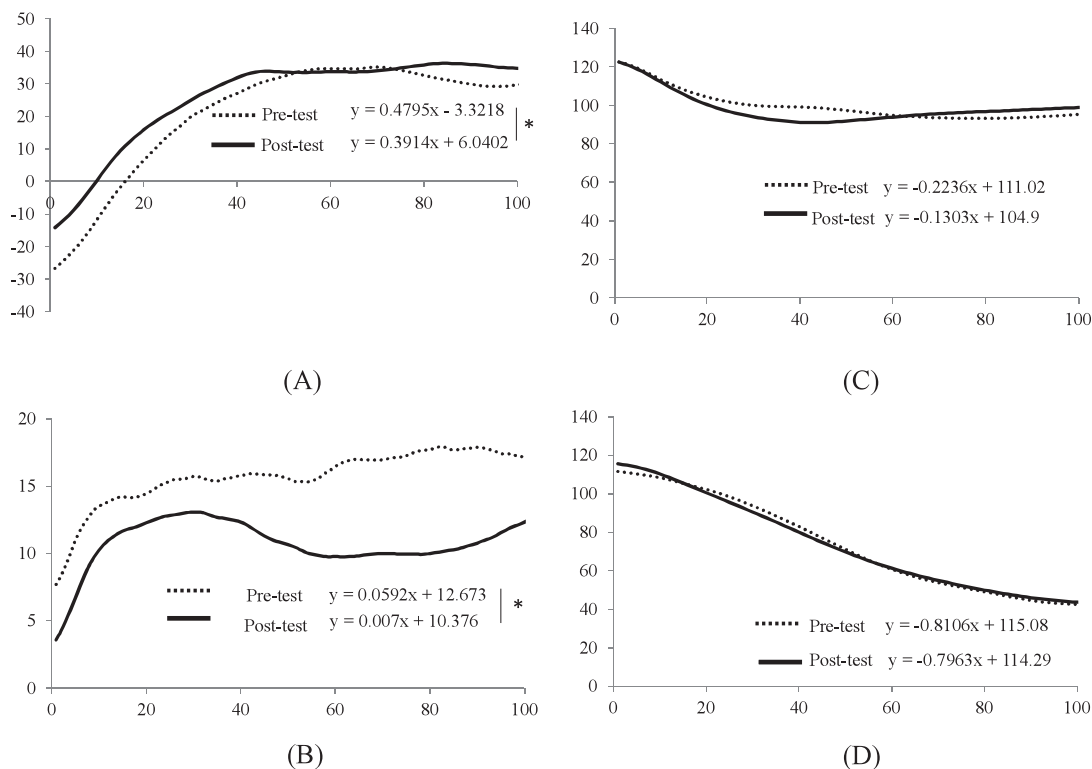


図5. 介入前後の各角度変化曲線および一次回帰式：(A) 頸部角度,(B) 体幹角度, (C) 股関節角度, (D)膝関節角度
* 有意差あり ($P < 0.05$)

IV. 考察

青少年期の頭部外傷はその後の集中力や注意力、記憶力などの認知機能に重大な影響を及ぼす可能性が指摘されており予防の必要性は高い^{4,5)}。中学校保健体育での武道必修化を受けて柔道人口の増大が見込まれており、頭部外傷発生予防に直接つながる後ろ受け身動作分析の社会的重要性は大きいと考える。また、実際の柔道未経験者における受け身動作の学習過程を明らかにすることで、指導の際に特に着目すべき点を明らかにできる可能性がある。そこで、本研究では柔道未経験の男子大学生を対象に2回の柔道授業を経験した前後での後ろ受け身基本動作のキネマティクスを比較した。

未経験者の柔道授業介入前における各関節の角度変化曲線を概観すると、後ろ受け身の基本動作時に頸部屈曲角度は接地後40-50%まで増加し、最終的には屈曲約30°程度を示していた。また、体幹屈曲角度は開始直後よりやや増大するが、約10°-15°の屈曲角度に維持され、ほとんどの局面で大きな変化は認められなかった。これらの角度変化の傾向は、本研究と同様の手法を用いた熟練者の後ろ受け身動作の分析結果と概ね一致している¹⁰⁻¹¹⁾。また、介入前後では頸部と体幹角度の時系列変化において有意な違いが認められ、介入前に見られた動作終盤での頸部伸展が消失しており、体幹においてはより伸展傾向を示す傾向がみられた。しかし、効果量は非常に低く、全体としての変化の違いは大きくなかったと考えられる。

我々は先行研究において熟練者の後ろ受け身基本動作時の股関節屈曲角度は動作の前半に屈曲方向への運動がみられるが、その後大きな変化はみられず動作全体約80°を維持していたこと、さらに膝関節屈曲角度は動作の後半まで伸展する傾向にあり最終角度は約20°程度であったと報告した。一方で、柔道未経験者では下肢をより屈曲しており、全体的に体を丸める傾向であった。体を丸める動作は回転時の接地時間を増加させ身体に加わる力の大きさを減少させる働きが期待できる反面、頭部が床面に接触する危険性を高める可能性がある¹⁶⁻¹⁷⁾。また、熟練者にみられる下肢の伸展運動には、回転軸からのモーメントアームを広げることで慣性モーメントを増加させ角速度をコントロールする役割があると考えられる¹⁸⁾。介入において、後ろ受け身動作時に下肢を伸展させる動作は指導の要点の一つであったものの、未経験者はこの動作を学習していなかったと考えられる。

決定係数の結果は、各角度変化の個人内再現性が十分に高かったことを示している。つまり、本研究でみられた結果は介入の効果を十分に反映したものであったと考えられる。特に、下肢の各関節角度変化や頭部加速度の変化曲線は介入前後で変化は認められなかった点を考慮すると、2回の柔道授業は後ろ受け身の基本動作の習得の観点からは少なくとも有意な変化をもたらしていなかったと考えられる。対象が受講した授業は100人程度の学生が参加しており、個人に対しての指導時間は必然的に短くなったことが本結果に結びついたのかもしれない。受身動作を十分に習熟するまでに必要な練習時間については明らかになっていないが、特に柔道未経験者においては2回の柔道授業では十分ではない可能性がある。ただし、本研究では4人と対象数が少なかったため、今回の代表値に個人差が反映された可能性は否定できない。柔道未経験者の後ろ受け身動作およびその学習過程のさらなる理解のために、今後も継続的なエビデンスの蓄積が必要である。

手で床を叩く動作は後ろ受け身動作の中で重要な動作であると考えられるが、今回は分析対象としていない。バイオメカニクスの観点からは腕全体で動作によって運動エネルギーを移動させ、身体に生じる運動エネルギーを減少させる働きがあると考えられる¹⁸⁾ため分析の必要性は大きい。また、先行研究において藪根ら(2011)¹⁹⁾は背負い投げでの投げられた際の受け身動作を定性的に評価し、熟練者と初心者では床を手で叩くタイミング動作が異なることを報告している。後ろ受け身動作においても学習が進むに

つれて適切な手を叩く動作が獲得される可能性がある。加えて、石井ら (2013)²⁰⁾は頭部に生じる後方への回転角加速度は実際に投げられた場合、基本動作と比較して2倍以上となる可能性を示しており、頭部に加わる負荷は大きく増大することが伺える。今後は柔道未経験者の受け身動作について、実際に投げ技を仕掛けられた状況で分析することも必要であろう。

V. 結論

- 1) 先行研究で示された熟練者のデータと比較して、未経験者の後ろ受け身の基本動作では股関節および膝関節屈曲角度が大きい傾向であった。
- 2) 柔道未経験者に2回の柔道授業を介入させた結果、頸部と体幹角度曲線は有意に変化したものの、その変化は大きくなかった。また、股関節および膝関節角度曲線では介入前後に差は認められなかった。

謝辞

本研究の一部は2012年度千葉県体育学会研究助成を受けて実施いたしました。御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 西村典子, 中村豊, 有賀誠司ほか (2003) スポーツ選手の傷害調査. 東海大学スポーツ医科学雑誌. 15, 60-66.
- 2) 宮崎誠司 (2010) 柔道における頭部外傷の予防—脳震盪から重篤な頭部外傷を考える. 東海大学紀要体育学部. 40, 173-176.
- 3) Kamitani T, Nimura Y, Nagahiro Set al (2013) Catastrophic head and neck injuries in judo players in Japan from 2003 to 2010. American Journal of Sports Medicine. 41 (8) , 1915-1921.
- 4) McCrory P, Meeuwisse WH, Aubry M et al (2012) Consensus statement on concussion in sport: the 4th International Conference on Concussion in Sport held in Zurich, November 2012. British Journal of Sports Medicine. 47 (5) ,250-258.
- 5) Zemek RL, Farion KJ, Sampson Met al(2013)Prognosticators of persistent symptoms following pediatric concussion: a systematic review.Journal of the American Medical Association pediatrics. 167(3), 259-265.
- 6) Kano J (Kodokan Editorial Committee ed.) (1994) Kodokan Judo, Kodansya, Tokyo. 45-47.
- 7) Groen BE, Weerdesteyn V, Duysens J (2006) Martial arts fall techniques decrease the impact forces at the hip during sideways falling. Journal of Biomechanics. 40, 458-462.
- 8) Weerdesteyn V, Groen BE, van Swigchem R et al (2009) Martial arts fall techniques reduce hip impact forces in naive subjects after a brief period of training. Journal of electromyography and kinesiology. 18 (2) , 235-242.
- 9) Groen BE, Smulders E, Duysens J et al (2010) Could martial arts fall training be safe for persons with osteoporosis? : a feasibility study. BMC Research Notes. 3, 111.
- 10) Koshida S, Matsuda T (2012) Neck and trunk kinematics and electromyographic activity during judo backward breakdfalls. Proceeding of 30th international conference on Biomechanics in sports. 60.
- 11) Koshida S, Matsuda T, Ishii T et al (2013) Kinematics of judo backward breakfall: comparison between novice and experienced judokas. 74.

- 12) Miyashita K, Urabe Y, Kobayashi H et al (2008) Relationship between maximum shoulder external rotation angle during throwing and physical variables. *Journal of Sports Science and Medicine*. 7(1), 47-53.
- 13) 出村慎一 (1997) [例解] 健康・スポーツ科学のための統計学, 大修館書店, 東京. 246-248.
- 14) Kadaba MP, Rakrishman HK, Wootten ME et al (1989) Repeatability of kinematic, kinetic, and electromyographic data in normal adult gait. *Journal of Orthopaedic Research*. 7,849-860.
- 15) Kavanagh J, Morrison S, James D et al (2006) Reliability of segmental accelerations measured using a new wireless gait analysis system. *Journal of Biomechanics*. 39,2863-2872.
- 16) 重岡孝文, 三浦修史 (2001) 後ろ受け身の習熟に関する研究: 中腰からの後ろ受け身について. *鹿屋体育大学学術研究紀要*. 26,1-13.
- 17) 三戸範之, 飯田哲也 (2008) 柔道後ろ受け身の方法: 頭部と腕の安全のために. *秋田大学教育文化学部研究紀要 教育科学部門*. 63, 71-78.
- 18) 吉福康郎 (1995) 格闘技「奥義」の科学 わざの神髄, 講談社, 東京. 162-171.
- 19) 藪根敏和, 大宅和幸, 有山篤利他 (2011) 柔道のよい受身動作の解明と, 動作の学習法と評価法に関する検討. *京都教育大学紀要*. 119,71-85.
- 20) 石井孝法, 越田専太郎, 阿江通良 (2013) 柔道固有の動作における受の頭部角加速度. 初心者 of 頭部外傷予防について. *日本体育学会第64回予稿集*. 296.

(平成25年11月29日稿)

査読終了年月日 平成25年12月13日