

令和元年6月19日現在

機関番号：32203

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01730

研究課題名（和文）柔道の投げ技に起因する重症頭頸部外傷発生要因の明確化

研究課題名（英文）Clarification of the occurrence factor of severe head and neck injury caused by Judo throwing techniques

研究代表者

村山 晴夫（MURAYAMA, Haruo）

獨協医科大学・医学部・准教授

研究者番号：20570542

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,700,000円

研究成果の概要（和文）：柔道における重症外傷は頭頸部位に顕著に発生しており、その発生メカニズムの解明および予防対策について検討をした。その結果、頭部打撲を回避させることが重要な予防対策であることを再認識できた。また、頭部動揺により脳損傷発生に大きく関与するとされる回転加速度の増大防止策として、柔道実施者は積極的に頸部筋力向上に努めることが重要な予防対策となり得る可能性について指摘した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

柔道実施における安全性について度々議論がなされてきた。しかし、未だ重症頭部外傷発生メカニズムは十分に解明されているとは言えない。

本研究の成果から、柔道技で投げられた時の頭部衝撃状況（頭部打撲の有無）の詳細について明らかにした。歩行者ダミーを用いた頭部打撲の有無による脳内部の影響は、直達頭部打撲の介在が多大な影響をもたらす事が示唆された。すなわち、最も重要な重症頭部外傷の予防策は頭部打撲の回避であることがあらためて確認できた。また、積極的予防策としての頸部筋力向上がもたらす有効性について検討した。これらを教育現場にフィードバックする事で、安全を担保する教育活動の実施に貢献できると考えられる。

研究成果の概要（英文）：The severe trauma in Judo has occurred remarkably at the head and neck position, and the elucidation of the occurrence mechanism and the effective preventive measures were examined. As a result, we were able to recognize again that avoiding the head impact was an important preventive measure. In addition, it was pointed out that it might be an important preventive measure to try to improve cervical muscle strength aggressively as a measure to prevent an increase in rotational acceleration, which is considered to be significantly involved in brain damage due to head shake.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：頭部外傷 柔道 バイオメカニクス 頭頸部

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

柔道では2003年から2014年（12年間）において、国内学校教育の現場で18人が頭部外傷で死亡している。近年は鈍化傾向を示しているが依然効果的な予防対策の確立までには至っていない。また、もう1つの柔道で特徴的な重症外傷である頸部外傷は、死亡例が無いものの、後遺障害が32例（国内の学校教育現場は26例）報告されており、頭部外傷と同様に“投げ技による攻防”場面によく発生していることが明らかになったことで、後者に関しても緊急に対処しなければならない課題だと言える。このように重症頭頸部外傷事故が顕在化しているのにも関わらず、柔道の投げ技によって生じる頭頸部衝撃力に関する検討は未だ少ない。すなわち現状では、教育現場で生じている重症頭頸部外傷発生の原因やメカニズムが十分に解明されず、効果的予防対策を講じる科学的根拠が明らかにされていない。したがって、柔道の投げ技で投げられた時の頭頸部へもたらされる衝撃力を信頼性の高い方法論を用いて定量・評価することは、外傷発生機序を解明し安全対策の確立を目指す要諦であると思われる。

### 2. 研究の目的

本研究は、柔道の投げ技で投げられた際の頭部打撲の有無が頭頸部の衝撃力に及ぼす影響を定量評価し比較することで、頭頸部外傷発生機序について詳細かつ明確に解明する。その際、自動車衝突試験で頻用されているダミーを用い、自動車安全対策分野で確立された方法論を応用することで、安全対策の根拠となる知見を得る。具体的な検討項目は、(1)頭部打撲の有無別での頸部荷重・モーメントによる頸部衝撃力評価、および頭部加速度解析による頭部衝撃力評価、(2)ダミー頭頸部単体での振り子試験器実験による頭部・頸部衝撃力評価、さらに、(3)研究ボランティアによる受け身動作時の「頭部加速度」と「頸部筋力」の相関性の解析、の3つとした。

### 3. 研究の方法

#### (1)自動車衝突試験用歩行者ダミーを用いた“頭部打撲の有無別”による頭頸部位の衝撃力測定

自動車衝突試験専用の研究施設内の天井から柔道衣を着用させたダミーを専用フックにて吊るし、そのダミーを柔道熟練者が柔道の投げ技で投げた。しかしダミーを通常通りに投げた場合、畳面への頭部打撲が生じてしまうのだが、本実験は“頭部打撲の有無”により比較する実験デザインであるため、投げられた時に頭部が直接打撲しないように、柔道実験専用のダミー頭部モデル（頸部角度を60°屈曲姿勢を保持させる加工を施し、直接的な頭部打撲を回避させる仕組みを構築）を特注作成して行った。なお、投げ技の種類については、先行研究により重症頭頸部外傷の発生頻度が多いと指摘されている「大外刈」「大内刈」とした。データ解析についてはダミー頭部内にある加速度センサーにより、頭部の並進および回転加速度を測定した。さらに、ダミー頭部内の設置されているロードセルにて頸部荷重・モーメント量を測定した。これらの測定データにより、頭部傷害評価指標（HIC）や頸部傷害評価指標（ $N_{ij}$ ）を算出することで推定傷害レベルの視点からも評価した。そして、実験時の挙動をビデオ動画映像として記録し、頭部挙動の解析や頭頸部衝撃力のデータ波形と動画映像をリンクさせて検討をした。

#### (2)ダミー頭頸部単体での振り子試験器による頭頸部衝撃力測定

自動車衝突試験用ダミー頭部とその校正試験にて使用する「頸部振り子試験装置」を本実験仕様で改良し、投げ技で生じる頭部加速度を測定した。異なる頭部挙動の設定は、条件①:ダミー頭部が直接畳面に衝突する、条件②:ダミー上背部が緩衝材に衝突後、ダミー頭部が畳面に衝突する、条件③:ダミー上背部が緩衝材に衝突後、ダミー頭部が畳面に衝突しない、の3条件とした。なお、ダミー頭部落下時における衝突直前の到達速度を約3m/sに統一し、各条件で2~3回ずつ測定をした。そして、頭部加速度を経時的かつ実験動画を併用し解析するとともに、頭部合成加速度（並進および回転）およびHICを算出し、各条件間で比較検討をした。

#### (3)研究ボランティアによる受け身動作時に生じる頭部加速度および頸部筋力測定

W大学にて開講されている一般スポーツ授業（柔道）に参加した柔道初心者（研究ボランティア）を対象とし、介入前後時に後方受け身動作遂行過程における頭部加速度、および頸部屈筋力測定を実施した。なお、介入内容については頸部筋力トレーニング（負荷をかけた頸部屈曲動作を10~40回実施）を約10週間（1回実施/週）にわたり実施してもらった。そして、介入前後における各測定結果を比較し介入効果について検討をした。また、通常の授業内容のみを行うコントロール群も設定し、介入群同様に各種測定を行った。

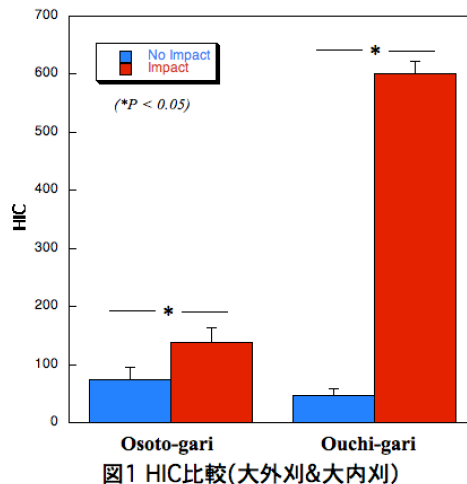
### 4. 研究成果

#### (1)自動車衝突試験用歩行者ダミーを用いた“頭部打撲の有無別”による頭頸部位の衝撃力測定

主な結果として、動画映像と頭部加速度データを同期してみると、“頭部打撲有”の状況において畳面に頭部が接触する瞬間から頭部加速度（並進・回転）が急激に上昇していた。また、“頭部打撲無”の状況下では、ダミーの身体部分（腰部、背部等）が畳面に接触する際に頭部が振られることで頭部加速度（並進）が上昇するものの、“頭部打撲有”の場合と比較すると有意な低値（HIC比較）を示した（図1）。すなわち、私たちがこれまで提唱している通り、頭部打撲を回避させることが重要な頭部外傷予防対策となり得ることを再認識できた。

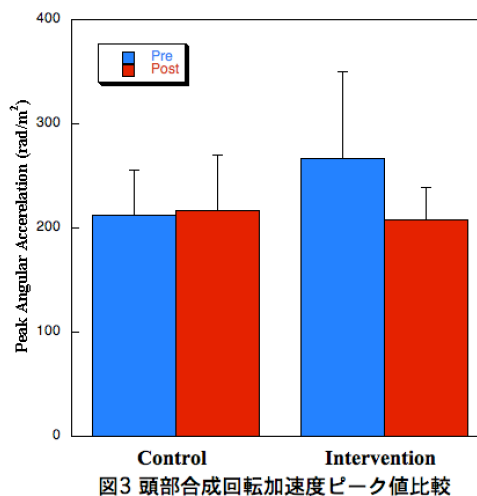
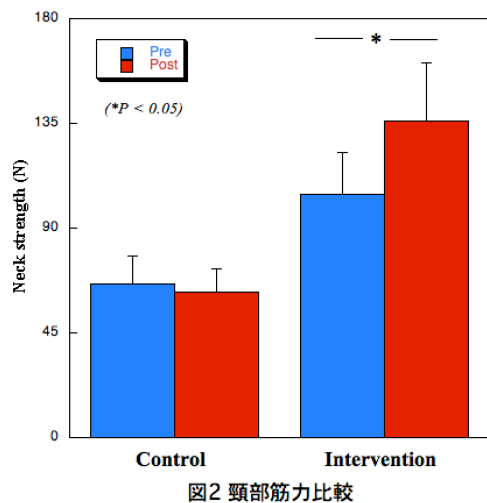
(2) ダミー頭頸部単体での振り子試験器による頭頸部衝撃力測定

合成並進加速度ピーク値の平均±標準偏差(g)は、条件①25.4±2.3, 条件② 20.0±1.7, 条件③9.4±1.8であった。また、頭部損傷の評価基準であるHICの平均値±標準偏差は、条件①42.5±7.8, 条件②25.3±2.9, 条件③4.3±1.3であった。さらに、合成回転加速度ピーク値の平均±標準偏差(rad/s)は、条件① 703.2±10.8, 条件②2248.9±132.1, 条件③1844.0±84.1であった。畳面への頭部打撲が生じることで、並進加速度およびHICが有意な高値を示した。また、回転加速度は直接畳面に頭部が打撲する場合に比べ、ダミー上背部付近が衝突後、頸部関節を基点に頭部が後方へ振られることで高値となったと考察できる。すなわち、頭部が畳面に衝突する現象が並進加速度を増大させ、頸部関節を基点に頭部が激しく動揺することで回転加速度が増大する機序が示唆された。したがって、頭部動揺により脳損傷発生に大きく関与するとされる回転加速度の増大防止策として、柔道実施者は積極的に頸部筋力向上に努めることが重要な予防対策の1つであると思われる。



(3) 研究ボランティアによる受け身動作時に生じる頭部加速度および頸部筋力測定

今回の実験プロトコルでの結果からは、約10週間にわたる頸部筋力トレーニングを行った介入群では頸部筋力の有意な向上が示され、コントロール群では認められなかった(図2)。しかし、介入群、コントロール群ともに、後方落下受け身を試行した際の頭部加速度(回転)においては有意な数値変化はなかった(図3)。すなわち、頸部筋力向上と柔道の受け身動作遂行時の頭部動揺に与える影響について関連性は認められなかった。今後、実験プロトコルおよび頭部加速度の測定方法等で修正・改善し再検討することが必要であろう。



本研究課題の成果からは、柔道で生じる重症頭頸部外傷発生のメカニズムや重要予防対策を勘案するうえで鍵となる新たな知見を把握することができた。また、これまでに提唱されてきている重症外傷発生防止対策における核心的事項についても再認識することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計9件)

- ① Murayama H, Hitosugi M, Motozawa Y, Ogino M, Koyama K: Comparison between different Judo throwing techniques with direct head impact using neck injury criterion. INTERNATIONAL JUDO MEDICAL SYMPOSIUM 2018, Tokyo(Japan), 2018.
- ② 村山晴夫, 一杉正仁, 小山勝弘: 頭部挙動に着目した柔道時における頭部外傷発生機序の検討、日本武道学会第51回大会, 小金井市, 2018.
- ③ 村山晴夫, 一杉正仁, 本澤養樹, 荻野雅宏, 小山勝弘: 柔道における直達頭部打撲局面での頸部傷害指標投技別評価, 第73回日本体力医学会大会, 福井市, 2018.
- ④ Murayama H, Hitosugi M, Motozawa Y, Ogino M, Koyama K: Rotational Head Acceleration

of Thrown Person with Break-fall skills by Judo Throwing Techniques. 2017 Annual Meeting, World Congress on Exercise is Medicine, and World Congress on the Basic Science of Exercise and the Brain of the American College of Sports Medicine, Denver(USA), 2017.

- ⑤ 村山晴夫, 一杉正仁, 本澤養樹, 荻野雅宏, 小山勝弘: 柔道熟練者の“受け身”技術がもたらす頭部衝撃力低減効果 -頭部回転加速度に着目して-. 第72回日本体力医学会大会, 松山市, 2017.
- ⑥ 荻野雅宏, 村山晴夫, 一杉正仁, 本澤養樹, 小山勝弘: 柔道における正しい「受身」技術は頭部の回転加速度を著しく減じる. 日本脳神経外科学会第76回学術集会, 名古屋市, 2017.
- ⑦ Ito D, Mizuno K, Hitosugi M, Murayama H, Koyama K: Finite Element Analysis for Understanding Trauma Brain Injury in Judo. 2016 IRCOBI Asia Conference, Seoul (South Korea), 2016.
- ⑧ 村山晴夫, 一杉正仁, 本澤養樹, 荻野雅宏, 小山勝弘: 柔道における“受け身”技術がもたらす頭部衝撃力低減効果. 第71回日本体力医学会大会, , 盛岡市, 2016.
- ⑨ 荻野雅宏, 村山晴夫, 新郷哲郎, 金彪: 脳振盪の病態 (メカニズム). 第27回日本臨床スポーツ医学会学術集会, 千葉市, 2016.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
出願年:  
国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:  
取得年:  
国内外の別:

[その他]

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究分担者

研究分担者氏名: 一杉 正仁

ローマ字氏名: (HITOSUGI masahito)

所属研究機関名: 滋賀医科大学

部局名: 医学部

職名: 教授

研究者番号 (8桁): 90328352

研究分担者氏名: 小山 勝弘

ローマ字氏名: (KOYAMA katsuhiko)

所属研究機関名: 山梨大学

部局名: 大学院総合研究部

職名: 教授

研究者番号 (8 桁) : 30313779

(2) 研究協力者

研究協力者氏名 : 本澤 養樹

ローマ字氏名 : (MOTOZAWA yasuki)

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。