

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 10 日現在

機関番号：32203

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350821

研究課題名(和文) 柔道における頭部外傷発生メカニズムの解析と効果的予防対策の確立

研究課題名(英文) Analysis of Head Injury Mechanism and Establishment of Effective Preventive Measures in Judo

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) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：柔道の投技で生じる頭部衝撃力を自動車衝突試験用ダミーにて定量評価した。大外刈と大内刈では、後方へと投げられたダミーの後頭部が畳に接触した瞬間に並進及び回転加速度のピーク値を示した。したがって頭部打撲回避が頭部外傷発生の防止につながる。また畳下に緩衝マットを敷くことで、畳への頭部打撲時における並進加速度は有意に低減するが、回転加速度は減少しなかった。さらに、2つの投技の頭部加速度ピーク値を相对比较すると、並進加速度では大外刈よりも大内刈が高く、回転加速度は大内刈よりも大外刈で高値を示し逆の様態を呈した。すなわち、異なる投技における頭部拳動の違いが加速度動態にも相違を生じさせることが示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to quantify the head accelerations when being thrown by judo techniques. When Judo expert threw the dummy using two throwing techniques: Osoto-gari and Ouchi-gari, the dummy fell backwards with the occipital area of the skull contacting the tatami. Peak resultant translational and rotational accelerations were observed at the initial contact. Therefore, avoiding head contact is essential to prevent head injury. When the cushioning-mat installed under the tatami, the peak values of resultant translational acceleration were significantly less for both techniques; whereas the resultant rotational acceleration did not decrease significantly for both. In addition, average peak values of the resultant translational acceleration were tend to higher for Ouchi-gari than for Osoto-gari; however average peak values of the resultant rotational acceleration were adversely higher for Osoto-gari. The discrepancy is due to the difference in the recipient's kinematics.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：頭部外傷 柔道 スポーツ外傷 バイオメカニクス

1. 研究開始当初の背景

柔道では2003年～2010年(8年間)の間に、国内教育の現場において18人が頭部外傷により死亡している。そしてその多くは、柔道の技で投げられた際に頭部を畳に強打し起因するとの推測がなされ、病態としては急性硬膜下血腫を呈していることが鮮明となっている。さらに柔道で生じる急性硬膜下血腫の特徴は、脳挫傷を伴わずに大脳表面と硬膜静脈洞の間に生じる剪断方向の変位によって架橋静脈が破断するケースが多数であるとの報告がされている。

しかし、このように重症頭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もたらされる頭部衝撃力については、過去に定量的評価が行われてこなかった。したがって現状では教育現場で生じている死亡事故の原因が特定されず、効果的予防対策を講じる根拠すらない。すなわち柔道の投げ技によって生じる頭部打撲の衝撃力を定量的に評価し、事故発生機序を明らかにすることが安全対策の確立へとつながる一歩であり、中学校武道必修化を推進する教育界や社会における緊要の課題であると思われる。

2. 研究の目的

柔道の投げ技にて、投げられた際に生じる頭部衝撃力を定量的に評価することで、受け身(衝撃を緩衝させる動作)を遂行できない状況での頭部外傷発生機序について解明する。その際、自動車衝突試験にて頻用されている歩行者実験用ダミーを用い、自動車の安全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基礎的知見を得ることを目的とした。

具体的な検討項目は、①頭部加速度解析による頭部衝撃力評価、②頭部傷害基準(HIC: Head Injury Criterion)を用いた頭部外傷評価、③動画解析に基づく頭部打撲部位と頭部衝撃力の関係性、④“人”による頭部加速度評価と“ダミー”との比較、とした。

3. 研究の方法

(1)自動車衝突試験用の歩行者ダミーによる頭部衝撃力評価

実験は自動車衝突試験専用の研究施設にて行った。自動車衝突試験用歩行者ダミー(POLAR:Mid-sized Male)に柔道衣を着用させ、施設内の天井より専用フックにて吊し立位での直立姿勢を保持させた上で、柔道熟練者1名が柔道の投げ技にて実際にダミーを投げた(図1)。投げ技の種類については、先行研究から重症頭部外傷発生の可能性が高いとされる、「大外刈」「大内刈」「背負投」とした。また、畳下の条件を2つ容易し(条件1:コンクリート上に畳のみ、条件2:コンクリート上に、衝撃緩衝用マット+畳)、これらの緩衝効果についても合わせて比較検討(大外刈、大内刈)した。なお測定回数は各々4回とした。



図1 柔道衣を着用したダミー(左)を、柔道熟練者が投げる(右)

データ解析は、ダミー頭部の重心位置に設置されている加速度センサーにて並進および回転加速度を測定した。さらに、並進加速度をベースとするHICを算出し、傷害の定量化をした。

また、実験時の挙動をビデオ映像として記録し、頭部打撲箇所の特長、さらには頭部加速度の波形と映像をリンクさせることで、より詳細な頭部外傷発生機序について検討した。

(2)“人”による頭部衝撃力評価及びダミー実験との比較

研究協力者として柔道熟練者(取2名、受1名)を採用し、3つの投げ技(大外刈、大内刈、背負投)を対象に、投げられた際に生じる頭部衝撃力(頭部加速度)を各々4回ずつ測定した。その際、受の前額部中央に6軸加速度センサーを設置し頭部加速度を経時的に解析するとともに、動画分析を併用し検討をした。

(1)のダミーによる実験は、受け身を完遂できずに頭部を打撲するという状況設定だが、(2)では柔道の投げ技で投げられる媒体を“人”とすることで、頭部を打撲せずに受け身を完遂する設定で行った。そして、受け身技術の有無による頭部衝撃力の相違について、先行して行ったダミー実験結果と比較検討した。

4. 研究成果

(1)自動車衝突試験用の歩行者ダミーによる頭部衝撃力評価

①頭部加速度評価と動画解析

後方へと投げる「大外刈」「大内刈」の場合、どちらの技も後方へ投げられ後頭部が最初に畳に打撲(衝突)していた。また動画映像と頭部加速度データを同期させてみると、畳に頭部が接触する瞬間に衝撃力(並進加速度)が最大を示すことが確認でき、頭部の前後方向にて顕著な加速度が生じることもわかった。さらに、畳下に衝撃緩衝用マットを

敷くことで、頭部加速度を低減させることも明らかとなった（図2）

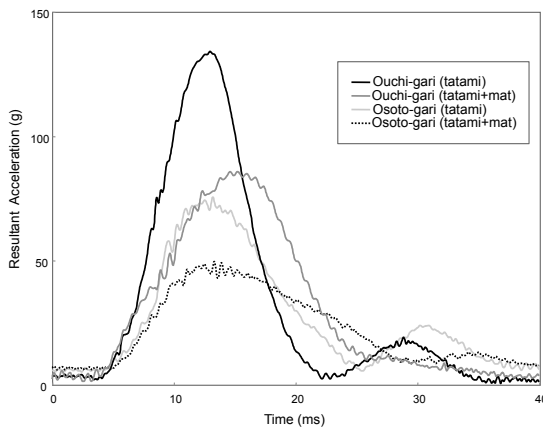


図2 各条件下における頭部並進合成加速度の典型的波形

②頭部傷害基準(HIC)による頭部外傷評価

HIC 値における“1000”は、脳震盪発生閾値と定められているが、本実験では、「大内刈（畳のみ）」の条件時にこれを超えていた。また、畳下にマットを挿入したことで、大内刈、大外刈とも、頭部打撲時におけるHIC 値が半減した（図3）。すなわち、柔道における頭部外傷を予防するためには、畳周囲の安全環境構築が予防対策として重要な要因の1つであると考えられる。

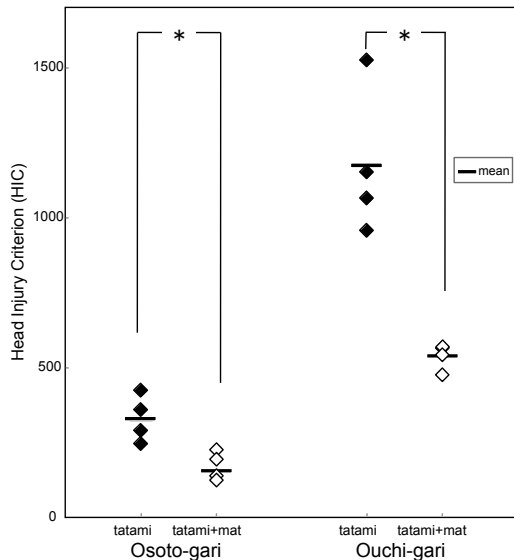


図3 緩衝用マットの有無別によるHIC比較 [*p < 0.05]

③並進および回転加速度評価

大外刈、及び大内刈において、並進と回転加速度の双方から検討した結果、これらの技を相対的に比較すると、並進加速度のピーク値は大外刈よりも大内刈の方が高く、回転加速度では逆の様態を呈していた。すなわち、施される技の違いによって、同じ後方へと投げられる技であっても、頭部へ作用する加速度応答が異なることがわかった（図4、図5）。

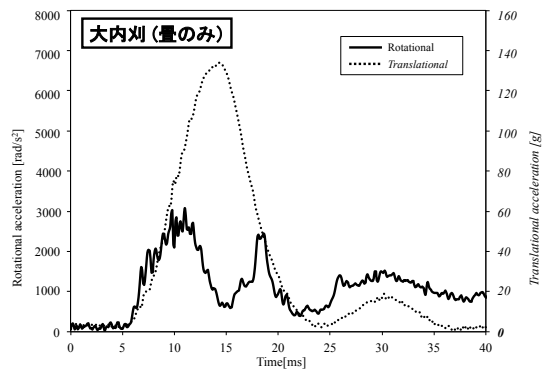


図4 大内刈における並進および回転加速度の典型的波形

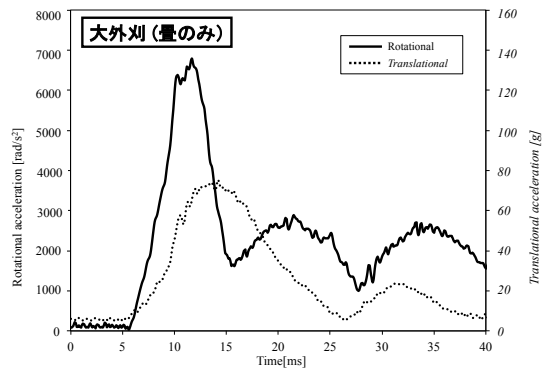


図5 大外刈における並進および回転加速度の典型的波形

マットの有無別にて、並進および回転加速度を比較すると、双方の技とも“並進”は有意に低減したが、“回転”は低減しなかった。したがって、畳への頭部衝突時に生じる回転加速度は緩衝用マットの使用では減少しないことが明らかとなった（表1）。

表1 大内刈と大外刈における回転および並進合成加速度（ピーク値）比較

	Peak resultant rotational acceleration (rad/s ²)	Peak resultant translational acceleration (g)
Ouchi-gari (without an under-mat)	1960.0 ± 280.1	130.0 ± 13.2
Ouchi-gari (with an under-mat)	2176.0 ± 826.6	87.9 ± 3.8
Osoto-gari (without an under-mat)	5081.3 ± 691.8	74.4 ± 9.8
Osoto-gari (with an under-mat)	4572.6 ± 357.4	46.5 ± 3.8

] p < 0.05
] n.s.] p < 0.05

④背負投（前方へ投げる技）の頭部加速度評価

前方へと投げる「背負投」について、頭部加速度評価により検討した。後方へと投げる大外刈や大内刈と同様に、やはり頭部（前頭頂部）が畳面に接触する瞬間に最大の衝撃力が示されることが明らかとなった。また、大外刈および大内刈の実験結果と比較すると、並進、回転加速度ともに有意な低値が示された。すなわち、技の相違により頭部へ作用する加速度動態も異なることも明らかとなった（図6、図7）。

この背負投については、頭部外傷の他に重症頭部外傷事例も多く報告されている。今後さらに、柔道での頭部打撲と頭部外傷発生機序についてさらなる検討が求められている。

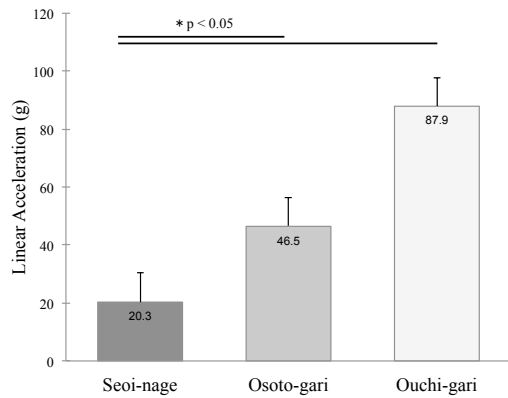


図6 柔道投技別による頭部並進合成加速度(ピーク値)比較

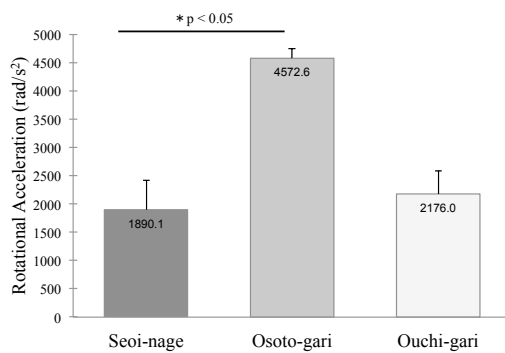


図7 柔道投技別による頭部回転合成加速度(ピーク値)比較

(2) “人”による頭部衝撃力評価及びダミー実験との比較

柔道熟練者による「受け身」技術を完遂した時の頭部加速度を測定した。熟練者が投げ技で投げられた際、頭部は畳に一切接触せず、胴体が畳に接地する前に手(腕)で畳を叩いていることが映像から確認でき、それを境に頭部の加速度が上昇することがわかった。

畳面への頭部打撲を想定したダミー実験でのHIC値と比べると、いずれの技も有意な低値が示され、大幅な減少率となった(表2)。すなわち、投げられた際、畳面への頭部打撲を避け、かつ適切な受け身技術を駆使することで頭部に生じる衝撃力(頭部並進加速度)を著しく低減できることが明らかになった。

表2 柔道熟練者およびダミーのHIC比較・減少率

	Judo expert (mean±SD)	Dummy (mean±SD)	p	Decrease rate (%)
Osoto-gari	4.7 ± 1.7	< 156.1 ± 30.4	P < 0.05	↓97.4
Ouchi-gari	1.9 ± 0.5	< 539.3 ± 43.5	P < 0.05	↓99.8
Seoi-nage	2.1 ± 0.2	< 24.6 ± 21.5	P < 0.05	↓91.8

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 2 件)

- ① Murayama H, Hitosugi M, Motozawa Y, Ogino M, Koyama K: Rotational acceleration during head impact resulting

from different judo throwing techniques. *Neurologia medico-chirurgica* (Tokyo), 54(5):374-378, 2014. 査読有
doi: 10.2176/nmc.oa.2013-0227

- ② Hitosugi M, Murayama H, Motozawa Y, Ishii K, Ogino M, Koyama K: Biomechanical analysis of acute subdural hematoma resulting from judo. *Biomedical Research* (Tokyo), 35(5): 339-344, 2014. 査読有
doi: 10.2220/biomedres.35.339

[学会発表] (計 7 件)

- ① 村山晴夫, 一杉正仁, 本澤養樹, 荻野雅宏, 小山勝弘: 背負投における頭頸部外傷発生メカニズムの生体力学的検討. 第70回日本体力医学会大会, 2015年9月20日, 「和歌山県民文化会館(和歌山市)」.
- ② 村山晴夫, 一杉正仁, 本澤養樹, 小山勝弘: 柔道の受け身動作遂行時における頭部衝撃評価. 日本武道学会第48回大会, 2015年9月10日, 「日本体育大学(東京都・世田谷区)」.
- ③ Murayama H, Hitosugi M, Motozawa Y, Ogino M, Koyama K: Biomechanical Analysis of Head And Neck Motions In Thrown Person by Judo Technique, Seoi-nage. American College of Sports Medicine 62nd Annual Meeting, May 30, 2015, 「San Diego(USA)」.
- ④ 村山晴夫, 一杉正仁, 本澤養樹, 法兼 真, 小山勝弘: 背負投における頭部衝撃時の生体力学応答. 日本武道学会第47回大会, 2014年9月10日, 「福山市立大学(福山市)」.
- ⑤ Hitosugi M, Murayama H, Motozawa Y, Ogino M, Koyama K, Maeda J: Biomechanical analysis of the subdural hematoma due to Judo. 9th International Symposium on ADVANCES IN LEGAL MEDICINE, June 17, 2014, 「Fukuoka(Japan)」.
- ⑥ Murayama H, Hitosugi M, Motozawa Y, Ishikawa Y, Miyake K, Koyama K: Translational and rotational head acceleration in judo throwing techniques. 2013 International Budo Conference, September 12, 2013, 「Ibaraki(Japan)」.
- ⑦ Murayama H, Hitosugi M, Motozawa Y, Ogino M, Koyama K: Experimental Biomechanical Study of Head Injuries in Judo. 2013 INTERNATIONAL JUDO SYMPOSIUM, November 28, 2013, 「Tokyo(Japan)」.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]
ホームページ等
該当なし

6. 研究組織

(1) 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

(2) 研究分担者

一杉 正仁 (HITOSUGI, Masahito)
滋賀医科大学・医学部・教授
研究者番号： 90328352

小山 勝弘 (KOYAMA, Katsuhiro)
山梨大学・総合研究部・教授
研究者番号： 30313779

(3) 連携研究者

該当なし

(4) 研究協力者

本澤 養樹 (MOTOZAWA, Yasuki)