

令和 5 年 6 月 27 日現在

機関番号：14303

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K11463

研究課題名(和文) マーカレスモーションキャプチャと機械学習を用いたスポーツ障害早期発見法の構築

研究課題名(英文) Development of sports injury prevention method using markerless motion capture and machine learning

研究代表者

森原 徹 (Moriyama, Toru)

京都工芸繊維大学・その他部局等・研究員

研究者番号：90336735

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、非医療従事者の果たす役割を積極的に推進し、(1)運動器障害と関連する姿勢や運動機能を評価する手法に関する基礎的研究(信頼性、再現性の評価)、(2)運動器障害のスクリーニングとしての評価の妥当性を検証する応用的研究(横断的調査・縦断的調査)を行った。姿勢や運動の評価では、運動不足の子どもにもスポーツ障害の子どもにも共通する要因となる「背中(脊柱)の可動性、しゃがみ込みや下肢の柔軟性などの基本動作、上下肢のコーディネーション」を対象とした結果、スポーツ障害と姿勢や動作との関連が抽出され、簡便に評価することができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は医学的及び工学的アプローチを組み合わせ課題の克服をめざし、医療従事者でなくても誰でも日常的に高品質なデータに基づいた早期発見が可能になり、予防医学の発展に寄与できる可能性を示した点で社会的意義が高い。特に、学校教育現場におけるスポーツ活動では、けがに関する専門的知識を有する者が少なく、痛みや違和感が発生してはじめて病院受診をすることが多かったが、リスク要因から発生を予測することで、ダメージを最小限に終えることの可能性を高めることに寄与できた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we actively promoted the role of non-medical professionals and conducted (1) basic research on methods to assess posture and motor function related to locomotor disorders (evaluation of reliability and reproducibility) and (2) applied research to validate the assessment as a screening for locomotor disorders (cross-sectional and longitudinal surveys). In the evaluation of posture and movement, we targeted "mobility of the back (spinal column), basic movements such as crouching and flexibility of the lower limbs, and coordination of the upper and lower limbs," which are factors common to both children with inactivity and children with sports disorders. As a result, the relationship between sports disorders and posture and movement was extracted and evaluated in a simple and convenient manner. The results of the study were as follows.

研究分野：スポーツ医科学

キーワード：運動器障害 早期発見

## 1. 研究開始当初の背景

社会的背景：近年、子どもに、転んでも手がつけない、片脚でしっかり立ったりしゃがんだりできない事例が増え、高齢者に多い口コモティブシンドロームに類似した危険性が子どもにも広がっている。そこで、2014年に「学校保健安全法施行規則の一部を改正する省令」が交付され、児童生徒等の健康診断の必須項目に四肢の状態が加わり、予防医学の観点から「運動器の機能」に注意することとなった。学校での運動器検診は、予防医学の中でも病気や障害を早期発見・対処する二次予防の観点から専門性の高い医師が役割を担ってきた。

医療・検査技術の進歩に伴い、従来、医師でなければ保健衛生的に困難であった行為や評価でも、非医療従事者が安全に行えるようになってきた。非医療職の痰の吸引や一般人の体外式自動除細動器(AED)などである。誰でも通常の注意を払えばできるようになり、「医療従事者だけが国民の健康を守る」のではなく、むしろ医師以外が担った方が、より公益に資する状況が生じてきた。このような非医療従事者の果たす役割の積極的な活用が予防医学推進には有効であり、その実現には健康・医療情報の利活用は必須である。

従来、医師が対象者を評価する手段は、問診や検査など医療機関内の情報が中心であったが、近年、普段の生活時のデータ収集などビッグデータ活用が進み、二次予防の観点からも医師以外が兆候を検出できる可能性が高まってきた。しかし、医療分野で重要なのは品質が担保されたクオリティデータであり、腫瘍等の診断に用いるエックス線画像、血圧や血糖値など高品質なデータ収集が比較的容易な領域が中心であった。運動器は、姿勢や動作、可動域などの高品質データの簡便な収集が難しく、また、骨や筋腱に対する機械的ストレスの計算が膨大で困難であり予防医学的取組は進んでいなかった。

メディカルチェックの成果と限界：子どもの運動環境は、運動不足で障害発生の危険性が高いグループと運動頻度・強度が高くスポーツ障害の発生危険性が高いグループに二極化している。我々は10年前から病院や教育機関と協力し、児童生徒の運動器のメディカルチェックを行い、問題がある場合は病院と連携して早期受診を促す実践と研究を進めてきた。しかし、姿勢や動作の評価を熟練した専門家による「目」や「わざ」に頼った手作業で行うには、医師や理学療法士など多くの医療従事者が必要となり、経済性(経費、時間、労力)に課題があった。また、1年に1回の検診機会しかなく、日常的なモニタリングの点でも限界であった。

解決のための工夫とアイデア：近年、三次元動作解析装置やマーカレスモーションキャプチャ、やTensorFlowなど機械学習で画像を識別するオープンソフトウェアが開発され、姿勢や運動機能評価の自動化が近づいた。そこで、これらの知見を活用することで子どもの運動器に関する障害や問題の兆候を学校現場の教育スタッフなど非医療従事者の協力も得ながら収集・評価できれば、発症予防に対する新しいアプローチの道を切り拓くことが可能になる。

## 2. 研究の目的

そこで、本研究は、非医療従事者の果たす役割を積極的に推進し、(1)運動器障害と関連する姿勢や運動機能の評価する手法に関する基礎的研究(信頼性、再現性の評価)、(2)運動器障害のスクリーニングとしての評価の妥当性を検証する応用的研究(横断的調査・縦断的調査)を行うことを目的とした。なお、姿勢や運動の評価では、運動不足の子どもにもスポーツ障害の子どもにも共通する要因となる「背中(脊柱)の可動性、しゃがみ込みや下肢の柔軟性などの基本動作、上下肢のコーディネーション」を対象とした。

## 3. 研究の方法

### (1) 研究1 体幹の可動性と腰痛に関する研究

対象者：ジュニアスポーツ選手50名を対象とした。

姿勢評価：立位体幹後屈姿勢時の後屈角度。体幹を1つの剛体としてではなく、胸部と腰部の2箇所に分けて各角度を同時に測定できる方法を考案した。光学式三次元動作解析装置を用い、反射マーカーをテーピングにアレイ状に貼ったマーカーセットを対象者に装着した。

スポーツ医学的評価：腰部障害および下腿・足部障害の有無(整形外科医および理学療法士による評価)。

### (2) 研究2 体幹の可動性と投球障害に関する研究

対象者：少年野球選手90名を対象とした。

姿勢評価：立位体幹後屈姿勢時の後屈総角度を、従前の体幹全体で計測する方法に対し、上部体幹と下部体幹とに分けて計測する改善方法を考案した。

スポーツ医学的評価：整形外科医および理学療法士による身体所見およびエコー所見に基づいて投球肘内側障害の有無を評価した。

### (3) 研究3 しゃがみ込みとスポーツ障害に関する研究

対象者：小中学生の競技選手19名を対象とした。

スポーツ医学的評価：メディカルチェックとして、4名の整形外科医師による診断と自覚症状やストレステストなど理学所見の結果から、下腿・足部について障害の疑いの有無を確認した。

動作・姿勢評価：動作テストとしてしゃがみ込みを評価した。側方よりビデオカメラ（JVCケンウッド社製）にて撮影し、動画解析ソフト（Frame-DIAS V）を用いて4か所の二次元身体座標を取得した。肩峰、大転子、膝のなす角を股関節角度、膝と外果を結ぶ直線と地面のなす角を足関節角度とした。しゃがみ込み動作中の両角度の最小値を求めた。また、しゃがみ込み動作中の足関節角度として、股関節角度が140度、120度、100度、80度の時の足関節角度の値を求めた。統計解析は、下肢障害の有無を被験者間要因とし、足関節および股関節最小角度について独立2群間t検定をおこない、動作中の足関節角度については股関節角度を被験者内要因とする2要因分散分析をおこなった。

#### （4）研究4 シャがみ込みと投球障害に関する研究

対象者：2年連続で投球障害予防検診に参加し、初年時に肘内側部障害を認めなかった1年生から5年生の男子295名（平均年齢9.13歳±1.05歳）を対象とした。

動作評価：調査項目は、しゃがみ込みテスト、片脚立位テストと肘内側部障害とした。テスト結果から良群と不良群に分け、翌年の肘内側部障害の有無との関連性を検証した。

#### （5）研究5 シャがみ込みに対するストレッチ介入の効果

対象者：健常な一般成人男性32名（年齢22.2 ± 2.7歳）を対象者とした。対象者は、足関節ストレッチのみ群、股関節ストレッチのみ群、足関節・股関節ストレッチ群、対照群の4群に割り付けられた。

介入内容：介入としてストレッチを実施した。ストレッチの内容は、足関節ストレッチは腓群ストレッチと下腿三頭筋ストレッチの2種目、股関節ストレッチはボール転がしストレッチと大殿筋ストレッチの2種目とした。いずれのストレッチも20秒間×3回とし、3日間実施した。

姿勢・動作評価：対象者には、しゃがみ込み動作の可否をテストした。ストレッチ実施前後にしゃがみ込み動作をおこなわせ、側方よりビデオカメラ（JVCケンウッド社製）撮影し、マーカレスモーションキャプチャソフト（PoseCap、フォーアシスト社製）を用いて、4か所の二次元身体座標を取得した。得られた値から肩峰、大転子、膝のなす角を股関節角度、膝と外果を結ぶ直線と地面のなす角を足関節角度とした。しゃがみ込み動作の実施前に、筋硬度計（NEWTON TDM-Z1）を用いて右腓腹筋内側頭の筋硬度を測定した。統計解析は、ストレッチ直後に発生するストレッチ効果を検討するため、それぞれの実施日ごとに、ストレッチの有無を被験者間要因とし、ストレッチ前後を被験者内要因とする2要因分散分析をおこなった。

#### （6）研究6 下肢筋硬度と下腿・足部障害に関する研究

対象者：ジュニアスポーツ選手43名を対象とした。

評価項目：運動負荷動作として20秒間片足8の字ジャンプを考案し、ジャンプ前後の腓腹筋筋硬度を筋硬度計にて測定した。

スポーツ医学的評価：整形外科医および理学療法士によるストレステストなどにに基づき、下腿・足部のスポーツ障害の有無を評価した。

### 4. 研究成果

#### （1）研究1 体幹の可動性と腰痛に関する研究

胸部-腰部角度差が腰部障害陽性者は陰性者に比べ、有意に低い値であった（男子、腰部障害陽性者、60.9 ± 10.5度、腰部障害陰性者、76.3 ± 10.4度；女子、腰部障害陽性者、72.2 ± 20.2度、陰性者、79.4 ± 14.9度）。以上の結果から体幹を胸部と腰部に分けて角度を測定し、胸部角度と腰部角度の差を用いる評価法の有用性が示された。

#### （2）研究2 体幹の可動性と投球障害に関する研究

エコー所見陽性者は陰性者と比べ、体幹全体の後屈角度が有意に低い値であった（陽性者、71.4 ± 10.3度；陰性者、75.7 ± 9.2度）。また、身体所見陽性者は上部後屈角度と下部後屈角度の差が大きく、上部角度が下部角度より有意に低い値であった（上部角度、33.0 ± 6.9度；下部角度、41.2 ± 8.2度）。以上のように、立位体幹後屈角度と肘内側障害との関係が認められ、運動連鎖の重要性が示唆された。

#### （3）研究3 シャがみ込みとスポーツ障害に関する研究

メディカルチェックの結果、19名のうち下肢障害が認められた対象者は7名であった。その内訳は偏平足2名、後脛骨筋不全が2名、アキレス腱炎が1名、シーバー病が1名、シンスプリントが1名であり、複数の障害の疑いを有した対象者はいなかった。しゃがみ込み動作における足関節最小角度については下肢障害の有無で有意な差は認められなかった（障害あり群、44.3 ± 3.1度；障害なし群、48.2 ± 4.7度、 $t = 1.82$ ,  $p = .086$ ）。また、股関節最小角度についても下肢障害の有無で有意な差は認められなかった（障害あり群、28.5 ± 7.3度；障害なし群、23.2 ± 8.6度、 $t = 1.30$ ,  $p = .212$ ）。一方、動作中の足関節角度については、股関節角度（4水準）と下肢障害の有無を要因とする2要因分散分析をおこなった結果、有意な交互作用

はみられず ( $F = 0.48, p = .701$ )。障害の有無および股関節角度に有意な主効果がみられ (障害の有無,  $F = 4.90, p < .05$ ; 股関節角度,  $F = 147.68, p < .01$ )。下肢障害を有する選手で有意に低い値であった。

#### (4) 研究4 シャガみ込みと投球障害に関する研究

シャガみ込みテストにおいて、小学校2年生では良群陽性率0%、不良群陽性率33.3%、3年生では良群陽性率10%、不良群陽性率38.6%であった。2年生、3年生では、シャガみ込みテストが不良である選手は翌年に肘内側部障害となる人数が有意に多かった ( $p < 0.01$ )。その他項目では、各学年別に良群と不良群との間に有意な差はみられなかった。

低学年においては、後方シャガみ込みテストが不良の場合、投球フォーム不良やコンディショニング不良などの肘内側部障害の発生リスクを予測するスクリーニングの選択肢のひとつとなり得ると考える。シャガみ込みテストは、下腿三頭筋の柔軟性を簡易的に評価でき、専門的な技術を要さないため、フィールド関係者にこの評価方法を啓発し、フィールドで活用することが有用であると考えられる。

#### (5) 研究5 シャガみ込みに対するストレッチ介入の効果

足関節ストレッチによる効果について、シャガみ込み可否には影響を及ぼさなかったが、シャガみ込み動作時の足関節最大背屈角度および筋硬度を検討した結果、シャガみ込み不可群では、実験1日目に有意な交互作用がみられた (足関節角度,  $F = 6.16, p < .05$ ; 筋硬度,  $F = 5.54, p < .05$ )。そこで、単純主効果を検討した結果、対照群ではストレッチ前後に変化はみられなかったが、ストレッチ群では有意に足関節が背屈し (ストレッチ前,  $70.1 \pm 4.1$ 度; ストレッチ後,  $68.7 \pm 4.8$ 度,  $p < .05$ )。筋硬度が低下した (ストレッチ前,  $30.9 \pm 8.1$ 度; ストレッチ後,  $29.4 \pm 8.9$ 度,  $p < .05$ )。一方、シャガみ込み可群では、ストレッチ前後の有意な変化はみられなかった。

股関節ストレッチによる効果について、シャガみ込み可否には影響を及ぼさなかったが、シャガみ込み動作時の股関節最大屈曲角度を検討した結果、シャガみ込み不可群では、ストレッチ前後の有意な変化はみられなかった。一方、シャガみ込み可群においては、実験3日目に有意な交互作用がみられた ( $F = 9.24, p < .01$ )。単純主効果を検討した結果、対照群では変化がみられなかったが、ストレッチ群では有意に屈曲した (ストレッチ前,  $30.9 \pm 8.1$ 度; ストレッチ後,  $29.4 \pm 8.9$ 度,  $p < .05$ )。

#### (6) 研究6 下肢筋硬度と下腿・足部障害に関する研究

ジャンプ前後を被験者内要因、下腿・足部障害の有無を被験者間要因とした2要因分散分析をおこなった結果、有意な交互作用がみられた。そこで、単純主効果を検討したところ、ジャンプ前後とも陽性者が陰性者に比べ、有意に高かった。また、下腿・足部障害の陽性者、陰性者ともにジャンプ後がジャンプ前に比べ、有意に高値を示した。また、陽性者は陰性者と比べ、ジャンプ前後の差が大きかった (陽性者, ジャンプ前,  $1.06 \pm 0.63$  N, ジャンプ後,  $1.16 \pm 0.66$  N; 陰性者, ジャンプ前,  $0.98 \pm 0.66$  N, ジャンプ後,  $1.03 \pm 0.67$  N)。以上の結果から、下腿・足部障害陽性者は慢性的に腓腹筋が硬く、かつ、腓腹筋の筋硬度が上昇しやすいジャンプ動作をおこなっていた可能性が示唆された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 Gonno M, Kida N, Nomura T, Matsui T, Azuma Y, Hiramoto M, Hashimoto R, Miyazaki T, Tanaka M, Watanabe Y, Kai Y,	4. 巻 19(7)
2. 論文標題 Relationship between standing trunk extension angle and medial elbow injury in young baseball pitchers,	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 3895
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph19073895	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 山本ちさと、松井知之、橋本留緒、宮崎哲哉、辰田明紀、東善一、平本真知子、瀬尾和弥、権野めぐみ、来田宣幸、渡邊裕也、森原徹	4. 巻 13
2. 論文標題 バレーボールチームのメディカルチェックとインタビュー調査：医療機関と学校との連携に向けて	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 同志社スポーツ健康科学	6. 最初と最後の頁 40-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 権野めぐみ、来田宣幸、野村照夫、松井知之、東善一、平本真知子、橋本留緒、幸田仁志、渡邊裕也、甲斐義浩、瀬尾和弥、森原徹	4. 巻 36
2. 論文標題 体幹後屈角度とスポーツ傷害および全身可動域の関係：ジュニアアスリートを対象として	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 京都滋賀体育学研究	6. 最初と最後の頁 20 - 28
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.34561/kyotoshiga.36.0_20	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Gonno Megumi, Nishio Masaki, Kida Noriyuki, Nomura Teruo, Matsui Tomoyuki, Azuma Yoshikazu, Hiramoto Machiko, Hashimoto Ruo, Koda Hitoshi, Watanabe Yuya, Kai Yoshihiro, Morihara Toru	4. 巻 12
2. 論文標題 Relationship between sport injuries at lower leg and foot and muscle tightness: for puberty to adolescent athletes	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Health Promotion and Physical Therapy	6. 最初と最後の頁 101 ~ 106
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9759/hppt.12.101	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hiramoto Machiko, Matsui Tomoyuki, Hashimoto Ruo, Azuma Yoshikazu, Seo Kazuya, Miyazaki Tetsuya, Watanabe Yuya, Kida Noriyuki, Morihara Toru	4. 巻 12
2. 論文標題 Range of motion patterning in trunk and upper and lower extremities of high school baseball pitchers	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine	6. 最初と最後の頁 17~25
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7600/jpfsm.12.17	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計5件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 山本ちさと、松井知之、橋本留緒、辰田明紀、東善一、平本真知子、瀬尾和弥、権野めぐみ、来田宣幸、森原徹
2. 発表標題 バレーボールチームへのメディカルチェックとインタビュー調査：医療機関と学校との連携に向けて
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 権野めぐみ、来田宣幸、松井知之、東善一、平本真知子、田中真紀、野村照夫、森原徹
2. 発表標題 立位体幹後屈姿勢時の体幹伸展角度と投球肘障害の関係
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 丸山祥平、奥谷拓真、石濱崇史、末廣健児、田中真紀、来田宣幸、竹島稔、森原徹
2. 発表標題 小学生野球検診における投球障害の調査
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井知之、東善一、平本真知子、宮崎哲弥、瀬尾和弥、重広隆、橋本留緒、山本ちさと、辰田明紀、山崎勢那、甲斐義浩、来田宣幸、森原徹
2. 発表標題 投球動作を再現したファンクショナルスローイングテストの有用性
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 萩原真、森原徹、来田宣幸、三浦雄一郎、福島秀晃
2. 発表標題 マーカレスモーションキャプチャを用いた投球動作の定量的評価の試み
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	来田 宣幸  (Kida Noriyuki)  (50452371)	京都工芸繊維大学・基盤科学系・教授    (14303)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------