

氏名	たなか まさえい 田中 正栄
本籍	新潟県
学位の種類	博士(工学)
学位の番号	甲第51号
学位授与年月日	平成30年 3月15日
学位授与の要件	本学学位規則第14条
学位論文題目	成長期における投球肘障害の予防に関する研究
論文審査委員	主査 教授 小柳 磨毅 副査 教授 吉田 正樹 副査 教授 田中 則子 副査 境 隆弘(大阪保健医療大学大学院教授)

論文内容の要旨

本論文の第1章は、頻発する野球肘障害と予防の意義について、子どもの人口が減少していく現状と、指導者や保護者、競技団体や医療関係者が連携して選手の育成、障害予防に努める必要性を述べた。次に研究目的として、1)光学式モーションキャプチャー・システムによる3次元動作解析データから、小・中・高校生(成長期)野球選手の投球動作を運動学的に評価し、その特徴と肘関節にかかる力学的負荷の関係を明らかにすること、2)予防用肘装具と上肢モデルを開発し、その基礎的・臨床的効果を検証することの2項目を示した。これらの結果から、投球肘障害の発生要因となる投球動作のメカニズムと、肘装具の根拠となるデータを明確にすることで、投球肘障害の予防やリハビリテーションにおける再発予防に寄与することを述べた。

第2章は、基本的な理解を深めるために肘関節の解剖と機能について述べた。項目として、肘関節の構造、肘関節の靭帯と強度、肘関節の運動学、肘関節の骨化過程と靭帯付着部の構造、肘関節内側筋群の機能について解説した。

第3章は、成長期における投球肘障害の概念、疫学、発生機序、肘外反ストレスに影響を与える投球動作、臨床診断、画像診断、治療とリハビリテーションについて解説した。

第4章は、投球動作の計測方法として、計測条件、計測プロトコル、運動学・動力学的解析について述べた。投球上肢の肩関節と肘関節に加わる関節間力と関節モーメントはニュートン・オイラー法を用いて、手関節、肘関節、肩関節の順に遠位から近位へと逆動力学的に推定したことを説明した。

第5章は、成長期の野球選手に対し、投球動作の体幹と上肢の角度と角速度、下肢のストライド長とストライド幅を検証した。その結果、小学生のストライドは非投球測にアウトステップし、中、高校生では軸足、踏み込み足が投球方向に一致する傾向にあった。Foot plantにおける骨盤と胸部の体軸内回旋角度は高校生で大きく、小、中学生では体幹の回旋が未熟な傾向にあった。さらに多重比較により、こうした小学生における投球フォームの特性は、体格と球速で標準化した肘外反負荷を増大させる因子となることが明らかとなった。

第6章は、開発した予防用肘装具の制動効果の検証実験について述べた。開発した上肢モデルによる計測の結果、両側支柱とストラップにより、投球肘障害の主要な発生要因とされる肘外反力に対する制動効果を確認した。両側支柱とストラップは、着脱可能な設計で障害の回復に合わせた段階的なリハビリテーションへの有用性も確認された。

第7章は、実際の投球時における予防用肘装具による肘外反負荷の低減効果を、動作解析の手法を用いて検証した。その結果、肘装具の装着により、投球フォームや球速には大きな変化はなく、肘外反負荷は低減することが確認できた。また、装具装着による投球動作への支障はなく、投球時の肘痛や違和感が軽減したことから、臨床的にも予防用肘装具が有用であることが明らかとなった。

第8章では、総括および今後の課題と展望について述べた。

論文審査結果の要旨

本論文は、頻発する成長期における投球肘障害の予防に関する解法を、投球動作の解析による合理的な投球フォームの追求と、新たな予防用装具とその制動効果を検証する上肢モデルを開発することにより解決を試みた、医工学領域の先端的な研究論文である。これまで申請者らは、成長期における投球肘障害の予防を目的として、地域における検診活動に早くから取り組み、のべで1万人を超える少年野球選手に検診を行ってきた。検診の実施に伴い、地域における投球肘障害は、重症化に伴う手術件数が減少したが、発生率の抑制には至らなかった。複合的要因で発症する投球肘障害に対し、新たな予防手段の開発が不可欠となり、自らの専門である理学療法士の視点から、投球動作の分析と装具の開発による予防介入を着想するに至った。投球肘障害の予防に関する技術的限界を打破する可能性を追求した本論文の成果は、以下の4点に要約される。

- 1.成長期における投球動作の解析から、年齢と投球フォームの関連を明らかにした。
- 2.年齢によるフォームの特性が肘関節の力学的負荷に及ぼす影響を明らかにした。
- 3.予防用装具と上肢モデルを開発し、装具の肘外反力に対する抑制効果を実証した。
- 4.実際の投球においても、開発した装具が肘外反力を減少させる可能性を示唆した。

以上述べたように、本論文は、成長期における投球肘障害を予防するための解法を提案するとともに、提案手法を評価した実証研究（理論研究）である。特に赤外線指標を用いた投球動作の分析研究は、その計測精度の高さとともに、小学生から高校生までの幅広い年齢に対し、100名を超えて大規模に行われている点で学術的価値が高い。また装具とともに開発した上肢モデルを用いた力学的検証は、投球動作のシミュレーションとしてこれまでに類を見ない、新規性に富む実証であり、今後の研究や製品開発にも大いに貢献すると思われる。これらの研究成果は、申請者が筆頭著者として学会論文誌5件（内査読付2件）、共著を含むその他の論文10編、国際学会1件、国内学会10件として公表されていることを鑑みると、当該分野の研究を推進する上で、学術面での貢献は大きいと認めることができる。また、投球動作の分析結果に基づく正しいフォームの解説は、地域の野球少年や指導者へ障害予防を啓発する資料（野球手帳）の一部として配布され、毎年、活用されている。さらに、開発した肘装具は制動性と軽量化を実現し、投球肘障害の再発を予防するツールとして製品化されている。こうした事実を踏まえると、本研究は単なる工学的手法を用いた科学的な検証に止まることなく、社会的ニーズにも応える真の研究として、その社会的な貢献も大きいことを示している。

本論文は、医師や企業を含めた共同研究者とともに、申請者が永年にわたって真摯に取り組んできた、成長期における投球肘障害の予防に向けた、研究・調査と地域の保健を包括した活動に基づいており、その学術的な成果とともに地域に根ざした活動は高く評価される。

よって、学術的、社会的にも優れた成果を挙げた本論文は、博士（工学）の学位論文として十分に価値あるものと認める。