

2005年1月11日

人間科学研究科委員長 殿

長谷川 伸氏 博士学位申請論文審査報告書

長谷川 伸氏の学位申請論文を下記の審査委員会は、人間科学研究科の委嘱を受けて審査をしてきましたが、2004年12月24日に審査を終了しましたので、ここにその結果をご報告します。

記

- 1、申請者氏名 長谷川 伸
- 2、論文題名 野球選手の投球側に見られる回旋腱板筋 (Rotator cuff muscles) の形態および筋力特性

3、本論文の構成と内容

本論文は第1章から第6章までの本論と文献から構成されている。

第1章「序論」

第1章では回旋腱板筋の投動作における役割、形態的および機能的な先行研究さらに本研究の目的と論文の構成について述べている。

上腕骨頭を覆っている回旋腱板 (Rotator cuff) に関連する棘上筋・棘下筋・小円筋・肩甲下筋の4筋は回旋腱板筋 (Rotator cuff muscles) と呼ばれる。これらの筋は機能的には肩関節の動的安定性の維持に貢献するとされており、投球動作における重要な筋群の一つと考えられている。投球動作はワインドアップからフォロースルーまでの5局面に分けられ、後部回旋筋 (前3筋) は外旋作用に、肩甲下筋は内旋作用に関連した局面で働くが、ボールリリース直後のフォロースルー局面では全体に強い遠心性の負荷が加わるとされている。近年では、野球選手のみでなくオーバーヘッド型のスポーツ選手における肩関節のスポーツ障害予防の観点からこれらの筋の形態や機能が注目されるようになった。

回旋腱板筋に関する本格的な研究は1980年代から野球選手を対象にした研究を中心に始まったと言えるが、その多くは外旋筋力・内旋筋力・外転筋力という肩関節の筋力評価を中心としたものである。形態的研究に関しては比較的少なく、しかもスポーツ障害の診断という臨床との関連から始まっており、超音波法やMRIなどを用いた回旋腱板筋の詳細な形態分析的研究は非常に少ない。野球選手の投球側に筋力低下や筋萎縮を生じる可能性があるのか、反対に筋力増加や筋肥大という効果をもたらすのかについては未だに一定の見解が得られていない。そこで、本研究では幅広い年齢の男子野球選手を対象に超音波法や

MRI を用いた回旋腱板筋の形態測定とともに肩関節の等尺性および等速性筋力評価を行なって、投球が野球選手投球側の回旋腱板筋の形態や筋力に与える影響を明らかにしたいと考えた。

第2章「回旋腱板筋の筋厚・筋力における加齢変化」

第2章では小学生の時期にチームに所属して週1回以上定期的に野球を行っていて、利き腕と投球側が一致する12歳から21歳までの野球選手合計428名を被験者とした。各年齢群の平均経験年数は4.0~11.6年であった。棘上筋と棘下筋の筋厚はBモード超音波検査装置を用いて、肩甲棘に沿って肩峰角から肩甲骨内側縁を結ぶ直線の中央の30mm上方(棘上筋)および下方(棘下筋)で測定した。筋力測定にはHand-held dynamometerを用い、仰臥位において肩関節90度外転、肘関節90度屈曲位での等尺性筋力を測定した。また、補足的データとして外旋・内旋の肩関節可動域をアーム式角度計によって測定した。

その結果、筋厚に関しては棘上筋においていずれの年齢群でも両側間に差が見られないのに対して、棘下筋では17~19歳群で投球側が非投球側より高い値を示した。筋力では外旋筋力において18歳以上の群で投球側が低い値を示し、また外旋/内旋筋力比率も19歳以上で低下していた。関節可動域ではいずれの年齢においても外旋可動域では投球側、内旋可動域では非投球側がそれぞれ高値を示すという顕著な傾向が見られた。このように、投球側において棘上筋や棘下筋の筋厚はいずれの年齢群も非投球側と同水準にあるが、筋力発揮能力においては18歳以上の群に低下傾向を有する者が多く含まれていることが示唆された。肩関節の可動域においては、投球側において外旋可動域の増加に対して、内旋可動域の減少という野球選手特有の傾向はすでに競技歴の短い12歳群において見られるということが明らかとなった。

第3章「超音波断層法を用いた後部回旋腱板筋の筋厚評価」

3.1「肩関節障害を持たない野球選手の後部回旋腱板筋の形態的・機能的特性」では、メディカルチェックにおいてストレステスト(インピンジメントテスト・ヤーガソンテスト)と関節不安定テストの結果が陽性を示さなかった大学生野球選手37名(投手12名、野手25名、競技歴 10.4 ± 1.7 年)を被験者に、超音波法による筋厚測定と等尺性筋力測定から野球選手投球側の後部回旋腱板筋(棘上筋と棘下筋)の特性を検討した。対照群はオーバーヘッドスポーツを行っていない同年代の男子大学生22名であった。筋厚の測定にはBモード超音波検査装置を用いて、肩甲角から肩甲骨内側縁を結ぶ直線の30mm上方と下方に引いた平行線に沿って画像を撮影したが、肩甲棘内側1/4(25%)部位から外側1/4(75%)部位までを5%間隔でそれぞれ合計11ポイントの計測を行った。計測法の検討はあらかじめ生体において再現性テストを行い、また死体解剖によって妥当性を確認した。筋力測定ではHand-held dynamometerを用いて等尺性筋力を測定した。測定姿勢は棘上筋機能に関連する外転筋力では座位で上肢を肩甲骨面において肩関節外転45度、最大内旋位とし、棘下筋機能に関連する外旋筋力では座位で上肢を下垂し肩関節回旋中間位、肘関節90度屈

曲位とした。筋力測定はすべて3秒間の最大努力で2回の試行を行った。

野球選手において棘上筋の筋厚では最大筋厚を含むいずれの部位においても投球側と非投球側との間に差はなかったのに対して、棘下筋の筋厚では50~60%部位において投球側が高い値を示した。群間の比較では両側ともに野球選手が高い値を示したが、身長による補正值では両群間に差はなかった。筋力においては、外転・外旋筋力およびそれらをもとに算出したトルクいずれも野球選手の投球側と非投球側との間に差はなかった。群間の比較において外転筋力では投球側のトルクのみ、外旋筋力では両側のすべての値に野球選手が高い値を示したが、体重補正を加えた値では両群間に差は見られなかった。このことから、肩関節に障害を持たない野球選手では投球側の棘上筋や棘下筋の筋厚は非投球側と同等かまたは上回る傾向にあるが、等尺性筋力では外転筋力・外旋筋力ともに両側間に差が見られず、投球動作の反復はこれらの後部回旋腱板筋の筋力発揮能力を向上させる効果をもたらしていないことが示唆された。

3.2「肩関節障害が後部回旋腱板筋の形態と機能に及ぼす影響」では、大学生硬式野球選手の内メディカルチェックにおいて誘発テスト（インピンジメントテスト・ヤーガソントテスト）、関節不安定性テスト、圧痛の有無調査を行い陽性と判断された者を陽性群（17名）、すべてに陰性であった者を正常群（19名）、合計36名を被験者とした。筋厚の計測にはBモード超音波検査装置を用いてすべて前節3.1の実験と同じ方法で撮影し、肩甲棘内側1/4（25%）から外側1/4（75%）部位の範囲で棘上筋・棘下筋を、50%~70%部位の範囲で三角筋後部を計測した。外転筋力ではHand-held dynamometerを用いて等尺性筋力を測定したが、座位で上肢が肩甲骨面で肩関節外転45度、内旋位という測定姿勢とした。内旋・外旋筋力の測定にはBiodex multi-joint systemを用いて等速性筋力を測定したが、座位で上肢を90度外転位とし可動域を外旋90度から内旋10度までとした。測定は180deg/secと300deg/secの角速度でそれぞれ5回試行し、分析には反復中のピークトルクを用いた。筋力の分析はすべて体重を用いた補正值によって行った。

陽性群では棘上筋の筋厚において投球側が非投球側を下回る傾向を示し、棘下筋の筋厚においては部分的に非投球側が高い傾向を示したが、その平均筋厚には両側間に差は見られなかった。正常群では棘上筋の筋厚においては両側間に差が無く、棘下筋においては陽性群と同様の傾向を、三角筋後部には3部位と平均筋厚において投球側が高い値を示した。筋力測定値では、陽性群は投球側の等尺性外転筋力、等速性外旋筋力（300deg/sec）、外旋/内旋比率において非投球側を下回る傾向を示した。正常群では投球側が非投球側に対して外旋筋力において下回ったが、内旋筋力においては上回る傾向が見られた。このように、メディカルチェック陽性選手には投球側における棘上筋筋厚の低下とそれに関連する外転・外旋筋力にも低下傾向が見られるという特徴が明らかとなった。

第4章「MRIを用いた回旋腱板筋の筋体積評価」

第4章ではMRIによる回旋腱板筋と三角筋の形態を個々に計測し、肩関節の筋力測定を

実施して筋体積との関連からそれらの特性を分析した。被験者は大学硬式野球投手 12 名とオーバーヘッドスポーツを行っていない一般成人男子 10 名である。筋断面積測定には MRI 装置(Straits、日立メディコ、1.5T)を用いた。被験者は仰臥位で肩関節内転位、回旋中間位として、肩外側から肩甲骨内側縁までが撮影範囲に入るようにし、肩甲棘内側縁から遠位方向へスライス厚 5mm、スライス間隔 3mm で T1 強調画像を撮影した。撮影された画像は画像解析ソフトによってスライスごとに 3 回ずつトレースしてその面積の平均値を筋断面積とした。棘下筋と小円筋の 2 筋は明確に区別することができないため、両筋を合わせて棘下筋とした。等尺性筋力測定には Hand-held dynamometer を用い、外転筋力では座位で肩甲骨面において肩関節外転 45 度で内旋位を取らせて測定した。内旋・外旋筋力では座位と仰臥位との 2 種類の姿勢で測定したが、座位では肩関節外転 0 度、回旋中間位、肘関節屈曲 90 度とし、仰臥位では肩関節外転 90 度、回旋中間位、肘関節屈曲 90 度とした。等速性筋力測定には Cybex340 を用い、測定姿勢は仰臥位で肩関節外転 90 度、肘関節屈曲 90 度とした。試行は角速度 60deg/sec、180deg/sec、300deg/sec の順にそれぞれ 3 回実施した。

投手群では回旋腱板筋の筋長・筋体積・筋体積の体重補正值という形態指標には両側間に差は見られなかったが、三角筋におけるそれらの値には投球側が高値を示した。群間の比較では棘下筋と肩甲下筋の筋体積・生理学的断面積の指標において投手群が対照群に対して高値を示した。等尺性筋力では投手群は外旋筋力において座位では投球側優位の傾向を示したが、仰臥位では両側間に差は見られず、その他内旋筋力や外旋/内旋筋力比でも同様に差は見られなかった。等速性筋力では投手群の投球側が非投球側に対して外旋筋力のピークトルクや平均パワーにおいて低下し、内旋筋力のそれらの指標では逆に増加傾向を示すが、外旋/内旋比では低下していた。関節トルク/筋体積比としての固有筋力では投手群は棘下筋の固有筋力において投球側が非投球側を下回る傾向を示した。このように投手の投球側では形態的には個々の回旋腱板筋は非投球側と同程度を保っているのに対して、三角筋には発達傾向が見られた。しかし機能的には等速性筋力において外旋筋力や棘下筋の筋力発揮に低下傾向を示すという問題点が明らかとなった。

第 5 章「総合討論」

第 5 章では肩関節障害を持たない野球選手の回旋腱板筋の形態的・機能的特性、競技歴の長期化に伴う影響、野球選手対象の筋力測定法、本研究の問題点と今後の課題を述べた。

一般の大学生野球選手では回旋腱板筋の形態的指標には両側間に差がほとんど見られないことから、棘上筋の筋萎縮傾向は肩関節障害を持つ選手の特徴的現象であると考えられる。しかし競技歴が長い 18 歳以上の選手の中には、特に後部回旋腱板筋に関連する回旋筋力発揮に問題を有する者が多く存在することが示された。遠心性運動は筋損傷を起こしやすいことが知られているが、投球側の外旋筋における筋力低下は投球動作に見られる遠心性収縮に特異的なトレーニング効果の結果生じた筋力低下であり、筋線維の動員閾値の変

化を伴う神経的な適応である可能性も考えられる。測定法に関しては本研究で採用した等尺性筋力測定では関節角度による特異性という問題があり、ピークトルクや平均パワーという指標を分析した等速性ダイナモメーターによる測定では筋力波形分析の採用などが考えられる。本研究では大学生選手までを対象としたが、更に競技歴の長い選手や縦断的な分析などの研究が今後必要と思われる。

第6章「結論」

投球動作が回旋腱板筋に形態的变化をもたらすような効果は持たないものの、機能的な変化を生じさせる可能性が示唆された。また長年野球を続けることが必然的に投球側の回旋腱板筋に形態的・機能的低下をもたらすものではないが、競技歴の長い選手の中には筋力発揮に問題を抱えている選手が多く存在する可能性が示唆された。

4、本論文の評価

本研究の意義と評価を以下のようにまとめることができる。

第一に、野球を継続している選手の年齢別比較から、棘上筋と棘下筋の筋厚では投球側と非投球側が同水準にあるが、18歳以上の年齢選手には等尺性回旋筋力において投球側が低下するという筋力発揮に問題を有する選手が多く存在するという事を明らかにした。

第二に、障害を持たない選手では回旋腱板筋の形態的指標には両側間にほとんど差が見られないのに対して、機能的指標では投球側が等速性外旋筋力とそれに伴う棘下筋の固有筋力低下が見られ、後部回旋腱板筋関連の筋力発揮能力が抑制される可能性を示した。

第三に、障害を有する選手では投球側における棘上筋筋厚の低下と外転・外旋筋力に低下傾向が見られるという特徴を明らかにすることができた。また方法論的には超音波法やMRIが回旋腱板筋の形態分析に非常に有用であることを示すことができた。

このように、本研究は肩の回旋腱板筋研究の発展に大いに貢献するものであり、その成果はオーバーヘッド型スポーツ選手、特に野球選手の肩関節の障害予防や強化というスポーツ医学の実践分野にも示唆を与えるものとして非常に高く評価することができる。

5、結論

上記のような評価を得て、本審査委員会は、長谷川 伸氏の学位申請論文が博士（人間科学）に十分値する研究との結論に達した。

以上

長谷川 伸氏 博士学位申請論文審査委員会

主任審査員	早稲田大学	教授	医学博士（東京医科歯科大学）	加藤	清忠
審査員	早稲田大学	教授	教育学博士（東京大学）	福永	哲夫
審査員	早稲田大学	教授	博士（医学）（筑波大学）	福林	徹

