

野球投手の軸脚と踏込み脚の足趾筋力が 投球速度に及ぼす影響及び一側優位性に関する研究

The Influence of Foot Grip Strength of the Pivot Foot and Stepping Foot on Pitching Speed in Baseball Pitchers and One-Side Superiority

光井 信介^{*} 甲斐 裕一^{*}

Nobusuke Mitsui^{*} Yuichi Kai^{*}

Abstract

The purpose of this study was to examine the influence of foot grip strength on pitching speed and one-side superiority in baseball pitchers. We selected 12 university baseball pitchers and measured their pitching speed, foot grip strength and muscle force factors. The present study failed to show a relationship between foot grip strength and pitching speed. Back strength was the only muscular strength factor with a significant positive correlation with pitching speed. In addition, one-side superiority in foot grip strength was not observed when we compared the pivot foot and stepping foot. The results suggest that the muscular strength factors related to pitching speed are greatly influenced by the major muscle groups (mainly those of the trunk), but are not very influenced by the small muscle groups, (such as those involved in foot grip strength). In addition, specificity for the throwing movement was not observed in the foot grip strength.

Key words : foot gripping strength, pitching motion, ball speed, one-side superiority

I. 緒 言

投動作は「手にもつ物体にその手で速度を与えて空中に放すこと」と定義される。下肢、体幹、上肢そしてボールの順に各部位の身体エネルギーが伝達されるため（桜井ら、1990）、速いボールを投げるために身体と腕がムチのように動くことが大切である。その中で、地面と唯一接地する足部の足趾筋力発揮がその後の投動作への影響が考えられる。相馬ら（2013）によれば、足趾筋力発揮時における筋活動は、腓腹筋内側頭、ヒラメ筋及び前脛骨筋が同時性収縮することが知られる。足趾は身体動作時に動的な安定性に関与し、下肢の静的・動的バランス能との関係について報告されている（木藤ら、2001；井上ら、2015）。

その足趾筋力とスポーツパフォーマンスとの関係性の先行研究では、大学陸上選手の疾走速度と足趾筋力との間に正の相関が認められている（山田・那藤、2015）。また、足趾筋力の一側優位性に関する研究では、高校球児のバッティング動作の軸脚とステップ脚の足趾筋力の比較では軸脚の方が有意に強かったと報告し、軸脚の足趾把持力はバッティング動作において安定した体重移動に関与していると考察している（田中ら、2012）。投球動作中の軸脚及び踏込み脚の床反力の先行研究（Mac Williams et al, 1998）によると、軸脚は体重の1.0倍、踏込み脚は体重の1.75倍の大きな筋力発揮が要

^{*}日本経済大学経済学部健康スポーツ経営学科

求される。その他、大学サッカー選手の足部・足関節障害に対する足趾筋力のトレーニング効果に関して報告されている（藤高ら、2012）。投球動作における脚全体の役割は伸展筋群により体幹を支持する（島田ら、2000）。そして、足趾筋力は母趾で地面を押す力と母趾以外の趾では、いずれも地面を掴むような作用がある（藤井・前澤、2004）。足趾筋力は足趾把持力とも言われ（木藤ら、2001）、足底アーチの改善を目的とし、平衡機能、歩行能力及び最大一步幅等の向上効果が報告されている（相馬ら、2012）。藤井・前澤（2004）によれば、足の運動を司る筋を大きく分けて外来筋（*extrinsic muscle*）と足固有筋（*intrinsic muscle*）の2つに分けられる。足固有筋は足趾筋力発揮時における筋活動の介入に関与し、短趾屈筋、虫様筋、短母趾屈筋そして、短趾屈筋等が挙げられる。また、外来筋は下腿筋とも呼ばれ、長趾伸筋、長母趾伸筋、長趾屈筋及び長母趾屈筋は足趾の運動を行うほか足関節運動にも関与する（藤井・前澤、2004）。相馬ら（2013）によれば、足趾把持力発揮時には下腿筋群が同時性収縮をしており、特に前脛骨筋の働きが重要な役割を果たしていることが報告されている。一方、主に足関節運動に関与する筋群では、下腿筋のうち、下腿三頭筋、前脛骨筋、後脛骨筋及び長・短腓骨筋が関与するとしている（藤井・前澤、2004）。これらのことから足趾筋力に関与する筋群と足関節運動に関与する筋群との共通性が考えられる。他方、足関節の底背屈筋と投球速度との関係では、踏込み脚の足関節底屈筋及び軸脚の足関節背屈筋と投球速度との間に正の相関があったと報告している（蔭山ら、2015b）。投球動作の重心移動の際、軸脚の足趾で地面を蹴り、その後、踏込み脚の足趾で地面を蹴る動作が行われることから、足趾は把持力を発揮し、両脚の足趾筋力が投球速度に影響を及ぼすことが推察される。

野球投手のように投球動作を繰り返し行う場合、投球腕側に一側優位性が報告されている（角田ら、2003；長谷川・船津、2013）。これまでの先行研究では、利き手や利き足に形態的、機能的な一側優位性が見られることが知られている（木村・浅枝、1974；臼井・平沢、1989；村田ら、2008）。木村・浅枝（1974）によれば、利き手と反対側の足は支持的役割があり、利き手と同側の足は機能的役割があるとされる。これまで足趾筋力の差に関する研究では、一般成人を対象とした足趾筋力に左右差がないことを報告している（甲斐ら、2007；光井、2016）。また、野球投手における足趾筋力の一側優位性に関する研究は未解明な部分が多く残されており、これまで野球投手を対象とした足趾筋力と投球速度との関係性、足趾筋力の一側優位性に関する報告は見当たらない。

そこで本研究では、野球投手の軸脚と踏込み脚の足趾筋力が投球速度に及ぼす影響及び一側優位性について検討することを目的とした。

II. 方 法

対象は大学硬式野球部に所属する男性の投手12名とした。投球の熟練度の影響を最小限にするため、測定対象者は大学硬式野球部に所属し、大学野球の実力レベルで活躍する野球投手のみを対象とした。対象者の年齢及び身体特性の詳細は表1に示した。本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に準拠して、倫理的配慮のもとに研究の趣旨や内容、データの取扱い方法について説明し、研究への賛同を得た者のみを被験者とした。

体型因子では、身長、体重を測定し、BMI [体重(kg)÷身長(m)²] を算出した。足趾筋力の測定には、足趾筋力計測器 (T. K. K. 3362、竹井機器工業社製) を使用し、椅子座位姿勢で足関節は底背屈中間位とし、左右それぞれの最大値を代表値とした。なお、ボールを投げる利き手側の脚を軸脚とし、非利き手側の脚を踏込み脚と定義した。

また、投球速度と足趾筋力以外の筋力因子との比較検討として、握力と背筋力及びレッグパワーの筋力測定を行った。握力の測定には、握力測定器 (T. K. K. 5401、竹井機器工業社製) を使用し、左右交互に2回ずつ測定を行い、左右それぞれの最大値を代表値として採用した。なお、ボールを投げる手を利き手とした。背筋力の測定には、デジタル背筋力計バック-D (T. K. K. 5402、竹井機器工業社製) を使用した。上体を30度前屈した姿勢から下垂した両手でハンドルを握り、測定は2回行い、その最大値を代表値とした。レッグパワーの測定には、脚伸展パワー測定装置 (ANAEROPRESS 3500、コンビ社製) を使用した。対象者の腰と足は非伸縮性のベルトにより固定した。測定は5回行い、その平均値を代表値とした。

投球速度の測定には、スポーツレーダーガン (Model HP-2、Decatur Electronics. 社製) を用いた。実際の試合形式の中で2イニングの投球速度を計測した。計測はランナーがいない状況でのストレート球種のための投球時で、上位10球の平均値を投球速度とした。

各測定値は平均値±標準偏差で示した。統計検定量の算出には、統計解析ソフトウェア SPSS Statistics 23 (IBM 社製) を用いた。投球速度と筋力因子との関係を検討するため、ピアソンの積率相関係数を算出した。軸脚と踏込み脚の足趾筋力及び利き手と非利き手の握力との比較はそれぞれ対応のある t 検定を用いた。なお、統計学的有意水準は5%未満とした。

Ⅲ. 結 果

対象者 (n=12) の身体特性および筋力因子の測定結果をそれぞれ表1、2に示した。また、投球速度の上位10球の平均値は128±5.8km/hであった。体型と投球速度の絶対値との関係を検討したところ、身長 (r=0.621、p<0.05) との間には有意な正の相関が認められたが、体重 (r=0.505、ns) との間には相関は認められなかった (図1)。筋力因子と投球速度の絶対値との関係において、相関係数が高い順に並べると、背筋力 (r=0.607、p<0.05)、非利き手握力 (r=0.464、ns)、踏込み脚足趾筋力 (r=0.458、ns)、軸脚足趾筋力 (r=0.375、ns)、レッグパワー (r=0.346、ns)、利き手握力 (r=0.257、ns) となり、背筋力のみ投球速度と有意な正の相関が認められた (図2)。

軸脚と踏込み脚の足趾筋力との差の比較では、足趾筋力の軸脚 (平均=33.8kgf) と踏込み脚 (平

表1 年齢及び体型の平均と標準偏差 (SD) (n=12)

	平均	SD
年齢 (years)	19.5	1.2
身長 (cm)	174.7	6.2
体重 (kg)	73.4	8.1
BMI	24.1	1.6

表2 筋力因子の平均と標準偏差 (SD) (n=12)

	絶対値		相対値	
	平均	SD	平均	SD
利き手握力 (kgf)	56.6	7.1	0.77	0.09
非利き手握力 (kgf)	52.3*	9.0	0.71	0.12
軸脚足趾筋力 (kgf)	33.8	7.2	0.46	0.07
踏込み脚足趾筋力 (kgf)	32.3	8.2	0.44	0.08
背筋力 (kgf)	175.7	19.6	2.41	0.31
レッグパワー (W)	1865.3	309.6	25.58	4.26

* : p<0.05, vs. 利き手握力

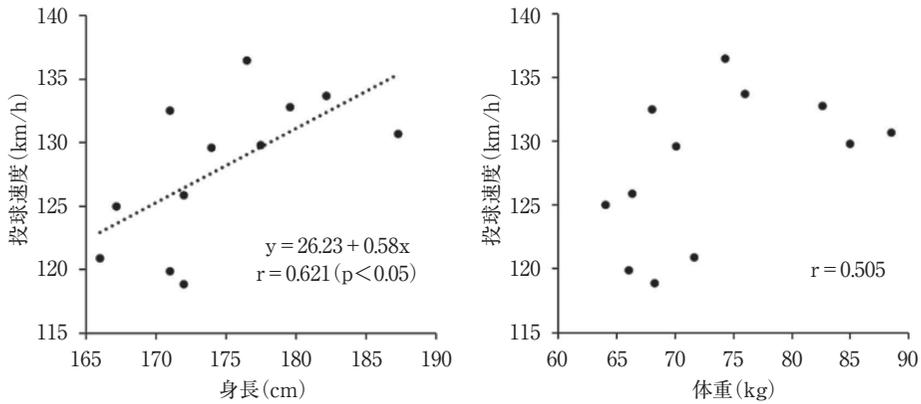


図1 体型と投球速度との関係

均=32.3kgf) に有意差は認められなかった。また、利き手と非利き手の握力との差の比較では、利き手 (平均=56.6kgf) は非利き手 (平均=52.3kgf) に比べ、有意に高くなった ($p < 0.05$)。

IV. 考 察

1) 投球速度と筋力因子との関係

本研究では、野球投手の軸脚と踏込み脚の足趾筋力が投球速度に及ぼす影響について検討した。投球動作において、軸脚への荷重と踏込み脚への荷重が時間差を設けながら、どちらの脚にも十分に加重することが重要であると報告している (松尾ら、2010)。投球動作の軸脚の役割は、身体を保持しながら、下肢及び体幹の捻りを生み出し、捕手方向への重心移動を生み出すために重要である (島田ら、2000; 蔭山ら、2015a)。また、蔭山ら (2015a) によれば、投球速度の大きい投手は、身体を投球方向へ移動するために、軸脚の膝の伸展動作による力発揮によって、進行方向への身体重心の運動量を大きくする能力に優れていると報告している。また、踏込み脚における足関節の底屈トルクは、投球速度と有意な相関関係が認められたと報告している (蔭山ら、2015b)。しかしながら、本研究では、軸脚及び踏込み脚の足趾筋力と投球速度との関係は認められなかった。

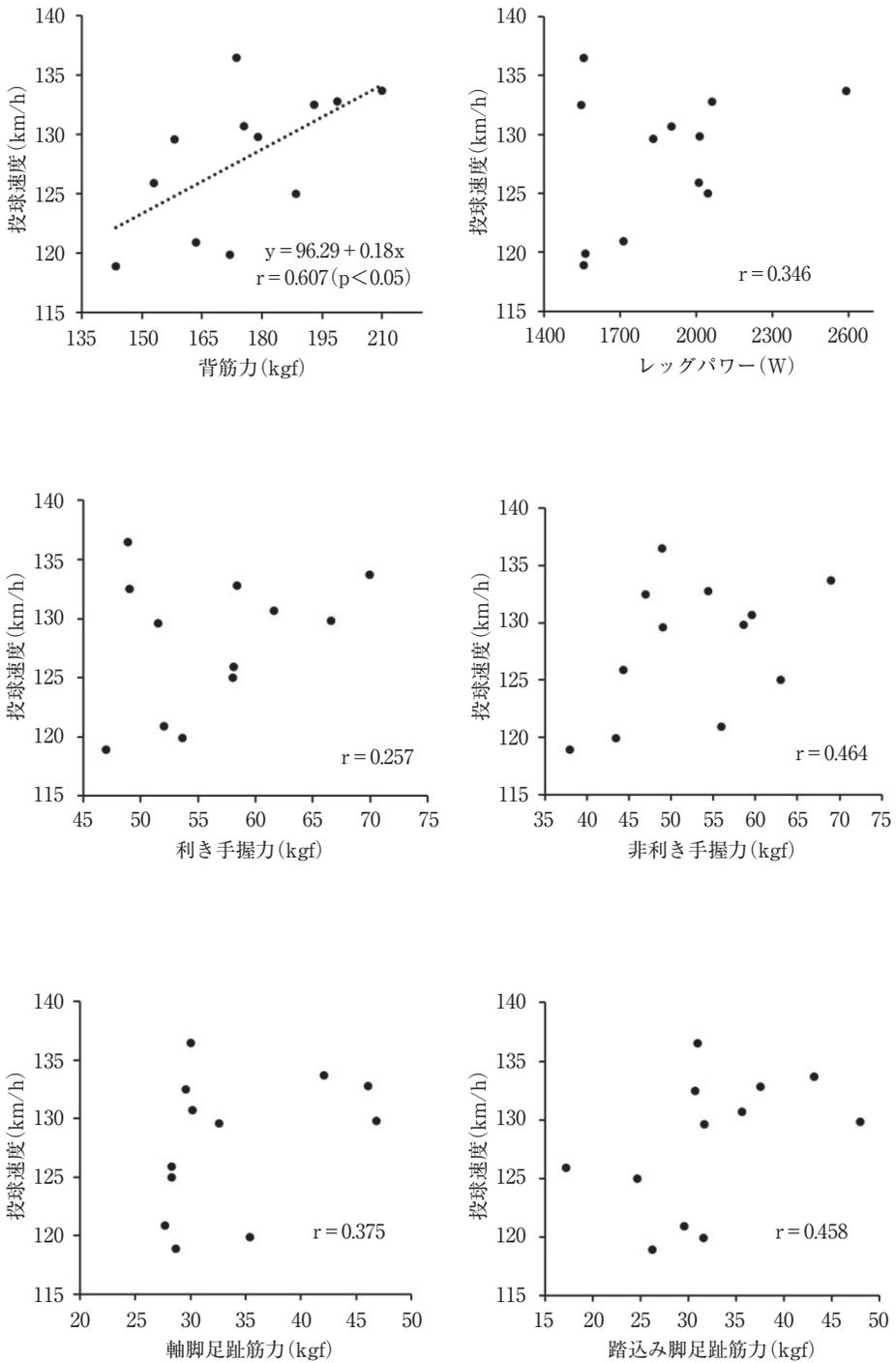


図2 筋力因子と投球速度との関係

その足趾筋力は姿勢制御に関する役割が大きく、安定した立位では足趾筋力の役割は低く、重心の位置を積極的に移動させるような場面で立位の平衡調整能力に貢献する（半田ら、2004）。また、足趾屈曲の母趾では、長母趾屈筋腱は二関節にわたっているため、末節骨を床に押し付ける作用（母趾を床に押し付ける作用）があり、母趾以外の趾では、長趾屈筋は3関節、また、短趾屈筋は2関節にわたっていて、いずれも床を掴むような作用がある（藤井・前澤、2004）。投球動作中においても足趾筋力は平衡調整能力に関与することが考えられる。足趾筋力が強いことで下肢が安定し、その後の身体の回転及び回旋動作のパワー発揮が大きくなる。しかしながら、本研究では足趾筋力と投球速度との関係を支持する結果は確認できなかった。その理由として、本研究で使用した足趾筋力の測定には、上述した足趾屈筋の二つの役割のうち、床を押す（投球の場合は地面を押す）力が反映されていないことが考えられる。実際の投球動作では、地面を把持する力と同時に地面を押す力も作用する。投球動作中の足関節の力学的仕事量について、軸脚の背屈トルクと踏込み脚の底屈トルクに投球速度と有意な正の相関が示唆されている（蔭山ら、2015b）。他方、著者の先行研究では、本研究と同じ装置を用いて、立位と座位で足趾筋力を比較した場合、座位が有意に低値を示した。座位は立位と比べ、母趾が床を押す筋出力が要求されないことが考えられる。本研究も座位で足趾筋力を測定しているため、地面を押す力が反映されていなく、投球速度との関連が認められなかったと示唆された。

一方、投球速度と足趾筋力以外で比較検討した筋力因子との関係では、背筋力と投球速度との間に相関が認められた。投動作の加速期にかけて体幹の回旋筋群がエキセントリックからコンセントリック収縮となり、伸張-短縮サイクル（Stretch Shortening Cycle）運動を利用することで、エネルギーが効果的に伝達する可能性を指摘している（宮西ら、2009）。実際の投球動作では、体幹の関節トルクパワーが体幹捻り速度を増加させ、踏込み脚の伸展筋群により体幹を支持すると報告している（島田ら、2000）。また、投球数の増加に伴い投球スピードが減少する要因を筋疲労の影響により、踏込み脚の伸展筋群の力学的仕事量が減少し、体幹を支持できないためであると報告している（平山ら、2010）。これらのことにより、投球速度に関連する筋力因子は体幹を中心とする大筋群の影響が大きく、足趾筋力のような小筋群の影響は少ないことが示唆された。

2) 足趾筋力の一側優位性

人の四肢は左右対称的であるが、利き手、利き足のように機能的な非対称性が認められる。上肢では利き手と同側に、下肢では利き手と同側及び反対側の優位性が認められる（木村・浅枝、1974）。投動作のように特異的な動作を繰り返し行う競技者の場合、上下肢の一側優位性が考えられる。野球投手の上肢、体幹、下肢において、筋横断面積の左右差が生じる部位が認められると報告されている（角田ら、2002）。一方で、握力値においては利き手の方が非利き手より有意に高く、一側優位性が認められるが、下肢では明らかな筋力の一側優位性が認められなかったとの報告がある（村田ら、2008）。本研究では軸脚と踏込み脚の足趾筋力に一側優位性は認められなかった。一方、利き手と非利き手の握力の関係では、利き手は非利き手に比べ有意に高く、利き手側に一側優位性が示された。

人の手は形態軸と機能軸が一致せず、母指が他の4本の指と向い合う母指対向性のため、握ることに適した機能を有しているといえる（平沢・臼井、1995）。野球投手の場合、利き手側でボールを握

る動作を繰り返すことから利き手側に一側優位性が起きることが考えられる。一方で、人の足は形態軸と機能軸が一致しており、5本の足趾が全て同じ方向を向いていることから、母指対向性がなく、人の足趾は前進運動に適した機能を備えているといえる（平沢・臼井、1995）。野球投手は投球動作だけではなく、バンド処理等で素早く捕球するために走るといった動作が重要となる。また、投球前のウォーミングアップや下半身のトレーニングのために走ることが多いことから、左右対称的な足趾筋力を有していることは歩行や走行運動を行う上で重要であると考えられる。

V. 結 語

軸脚及び踏込み脚の足趾筋力と投球速度との間に関係性は認められなかった。投球速度と有意な正の相関が確認された筋力因子は背筋力であった。また、軸脚と踏込み脚の足趾筋力には一側優位性は示されなかった。本研究の結果より、投球速度に影響を及ぼす筋力因子は体幹を中心とする大筋群の影響が大きく、足趾筋力のような小筋群の影響は少ないことが示唆された。また、投球動作においても軸脚の足趾で地面を蹴り、前方へ重心を移動が行われるが、足趾筋力には、投球動作の特異性は見られないことが示唆された。

文献一覧

- 井上椋太・村田伸・桐野耕太・小澤実奈・小西佑磨・白岩加代子・安彦鉄平・阿波邦彦・窓場勝之・堀江淳（2015）。「地域在住高齢者の転倒要因に関する研究 — 身体・認知・精神機能の共分散分析による検討 —」, ヘルスプロモーション理学療法研究, 5(3), 139-143 頁.
- 臼井永男・平沢彌一郎（1989）。「小児の足の機能的左右差に関する発育発達の一考察」, 放送大学研究年報, 7, 143-154 頁.
- 甲斐義浩・村田伸・田中真一（2007）。「利き足と非利き足における足把持力および大腿四頭筋筋力の比較」, 理学療法学, 22(3), 365-368 頁.
- 藤山雅洋・鈴木智晴・岩本峰明・杉山敬・前田明（2015a）。「大学野球投手における投球動作中の地面反力の経時的変化および力積が投球速度に及ぼす影響」, 九州体育・スポーツ学研究, 29(2), 21-32 頁.
- 藤山雅洋・鈴木智晴・杉山敬・和田智仁・前田明（2015b）。「大学野球投手における下肢関節の力学的仕事量と投球速度との関係」, 体育学研究, 60, 87-102 頁.
- 角田直也・田中重陽・石塚信之・青山利春・岡田雅次・西山一行（2002）。「投動作パフォーマンスに及ぼす筋形態及び機能的特性」, 国士舘大学体育研究所報, 21, 135-140 頁.
- 角田直也・田中重陽・熊川大介・青山利春・岡田雅次・西山一行（2003）。「筋形態の発達競技パフォーマンスの向上に及ぼす影響」, 国士舘大学体育研究所報, 22, 79-85 頁.
- 木藤伸宏・井原秀俊・三輪恵・神谷秀樹・鳥沢真一・馬場八千代・田口直彦（2001）。「高齢者の転倒予防としての足指トレーニング効果」, 理学療法学, 28(7), 313-319 頁.
- 木村邦彦・浅枝澄子（1974）。「ヒトの四幹の一側優位性について」, 人類誌, 82(3), 189-207 頁.
- 桜井伸二・池上康男・矢部京之助・岡本敦・豊島新太郎（1990）。「野球の投手の投動作の3次元動作分析」, 体育学研究, 36, 143-156 頁.
- 島田一志・阿江通良・藤井範久・結城匡啓・川村卓（2000）。「野球のピッチング動作における体幹および下肢の役割に関するバイオメカニクス的研究」, バイオメカニクス研究, 4(1), 47-60 頁.
- 相馬正之・五十嵐健文・工藤渉・中江秀幸・安彦鉄平（2012）。「足趾把持力トレーニングが Functional Reach Test や最大歩幅, 歩行能力に与える影響について」, ヘルスプロモーション理学療法研究, 2(2), 59-63 頁.
- 相馬正之・村田伸・甲斐義浩・中江秀幸・佐藤洋介（2013）。「足趾把持力発揮時における下肢筋の筋活動」, 理学療法学, 28(4), 491-494 頁.

- 田中真一・岩永健之・村田伸 (2012). 「バッティング動作における下肢の一側優位性に関する研究」, ヘルスプロモーション理学療法研究, 2(2), 69-72 頁.
- 長谷川伸・船津京太郎 (2013). 「投動作, 打動作を伴う競技者の筋厚における一側優位性」, 体力科学, 62(3), 227-235 頁.
- 半田幸子・堀内邦雄・青木和夫 (2004). 「足趾把持筋力の測定と立位姿勢調整に及ぼす影響の研究」, 人間工学, 40(3), 139-147 頁.
- 平沢彌一郎・臼井永男 (1995). 『保健体育 — スタシオロジー —』, 放送大学教育振興会.
- 平山大作・藤井範久・小池関也・阿江通良 (2010). 「野球投手の投球数増加による下肢関節の力学的仕事量の変化」, 体力科学, 59, 225-232 頁.
- 藤井英夫・前澤範明 (2004). 『足診療マニュアル』, 医歯薬出版.
- 藤高紘平・藤竹俊輔・来田晃幸・橋本雅至・大槻伸吾・大久保衛 (2012). 「大学サッカー選手の足部・足関節障害に対する足部アーチ保持筋力トレーニングの効果」, 理学療法学, 27(3), 263-267 頁.
- 松尾知之・平野裕一・川村卓 (2010). 「投球動作指導における着眼点の分類と指導者間の意見の共通性: プロ野球投手経験者および熟練指導者による投球解説の内容分析から」, 体育学研究, 55, 343-362 頁.
- MacWilliams, B. A., Choi, T., Perezous, M. K., Chao, E. Y. S., and McFarland, E. G. (1998). Characteristic ground-reaction forces in baseball pitching. *American Journal of Sports Medicine*, 26(1), pp. 66-71.
- 光井信介 (2016). 「足趾筋力における測定肢位の違いが足機能に及ぼす影響 — 身体静止学からみた機能的考察 —」, 日本経大論集, 45(2), 125-138 頁.
- 宮西智久・桜井直樹 (2009). 「野球の投・打動作の体幹捻転研究 — SSC 理論に着目して —」, バイオメカニクス研究, 13, 149-169 頁.
- 村田伸・松尾奈々・溝田勝彦 (2008). 「上下肢の一側優位性に関する研究」, *West Kyushu Journal of Rehabilitation Sciences*, 1, 11-14 頁.
- 山田健二・那藤明治 (2015). 「足把持力と疾走能力との関係」, 理学療法科学, 30(4), 519-521 頁.