

男子大学生における足趾把持筋力と動作遂行能力の 関係：走力、跳躍力、敏捷性およびバランス能力 に着目して

その他のタイトル	Associations between the toe-gripping strength and motor performance skills in male college students : focus on running, jumping, agility and balance ability
著者	辻 慎太郎, 臼井 達矢, 松尾 貴司, 竹安 知枝, 織田 恵輔, 涌井 忠昭
雑誌名	人間健康研究科論集
巻	4
ページ	1-20
発行年	2021-03-30
URL	http://doi.org/10.32286/00022941

原著論文

男子大学生における足趾把持筋力と動作遂行能力の関係

—走力、跳躍力、敏捷性およびバランス能力に着目して—

辻慎太郎¹、臼井達矢²、松尾貴司³、竹安知枝⁴、織田恵輔⁵、涌井忠昭⁶

抄録

近年、足趾の屈曲筋力を計測した足趾把持筋力が体力因子との関係を示す新しい指標として注目されている。例えば、児童を対象とした研究では、足趾把持筋力が強いほど握力と立ち幅跳びなどの値が高いこと、また、女子大学生を対象とした研究では、足趾把持筋力と握力、上体おこしおよび立ち幅跳びとの間に有意な相関が認められている。以上の先行研究から、児童や女子大学生の足趾把持筋力と体力因子との関係については報告されているが、男子大学生における足趾把持筋力と体力因子に関する報告は筆者らの知る限り見られない。

そこで、本研究では男子大学生の足趾把持筋力とスポーツ時に重要な動作遂行能力である走力、跳躍力、敏捷性およびバランス能力との関連について明らかにすることを目的とした。

男子大学生 23 名（平均年齢 18.5 ± 1.5 歳）を対象として、走力（25 m 走、50 m 走）、跳躍力（垂直とび、立ち幅跳び、立ち 5 段跳び）、敏捷性（Illinois Test、T 字走）およびバランス能力（閉眼片足立ち）を測定し、これらと足趾把持筋力との関係をそれぞれ検討した。その結果、足趾把持筋力と動作遂行能力である、走力および跳躍力、敏捷性との間に有意な相関が認められた。

以上の結果から、男子大学生における足趾把持筋力は、動作遂行能力である走力、跳躍力および敏捷性と関連があることが明らかとなり、スポーツにおいて欠かせない体力の一つであることが確認された。

キーワード：足趾把持筋力、動作遂行能力、男子大学生

¹ 関西大学大学院人間健康研究科博士課程後期課程、神戸医療福祉大学

² 大阪成蹊大学

³ 大阪市立大学

⁴ 芦屋大学

⁵ プール学院短期大学

⁶ 関西大学大学院人間健康研究科

Associations between the toe-gripping strength and motor performance skills in male college students - focus on running, jumping, agility and balance ability -

Shintaro Tsuji, Tatsuya Usui, Takashi Matsuo,

Chie Takeyasu, Eisuke Orita, Tadaaki Wakui

Abstract

In recent years, toe-gripping strength measured during the maximal toe gripping exertion, has been drawing attention as a new indicator of physical fitness. For example, a study on children revealed that the stronger the toe-gripping strength, the higher the grip strength and standing long jump scores. Similarly, a study on female college students found a significant association of this muscle strength with grip strength, sit-ups, and standing long jump performances. These studies reported relationships between toe-gripping strength and physical fitness factors in children or female college students. However, to the authors' knowledge, there are no reports on such relationships in male college students. Thus, the purpose of this study was to reveal the relationships between toe-gripping strength and critical motor performance skills in sports like running and jumping, as well as agility, in male college students. Twenty-three male college students (mean age 18.5 ± 1.5 years) were measured for running (25m, 50m), jumping (vertical, standing long jump, standing five-step jump) agility (Illinois Test, agility T-test) and balance ability (Standing on one leg with eyes closed), to examine their relationships with toe-gripping strength. Our results showed significant correlations between toe-gripping strength and movement performance skill running and jumping, as well as agility. These relationships in male college students showed that toe-gripping strength is an essential component of physical fitness in sports.

Keywords: Toe-Gripping Strength, Motor Performance Skill, Male College Students

1. 研究の背景と目的

近年、足趾の屈曲筋力を計測した足趾把持筋力が、体力因子との関係を示す新しい指標として注目されている。足趾の屈曲に関与している筋群には、短母指屈筋、長母指屈筋、虫様筋、短指屈筋および長指屈筋があり、これらの筋群をまとめて足趾把持筋力と称されている。また、この足趾把持筋力は、手の屈曲筋である握力に相当するものと考えられている（池田ほか，2011；村田ほか，2008；村田・忽那，2003）。さらに、足部機能の一つである足趾把持筋力は、衝撃緩衝器としての機能を有する足部アーチ高率との関連が報告されており、足部柔軟性が高いほど足趾把持筋力が強いとされている（村田・忽那，2003）。一方、足趾把持筋力は、立位姿勢の保持や歩行姿勢の安定、また、転倒を防ぐための重心位置の調節に関与している（村田，2008）など、さまざまな報告がなされていることから、以下にそれらについて概説する。

1) 足趾把持筋力と筋力の関係

足趾の屈曲筋と足趾把持動作の研究報告によれば（相馬ほか，2013a）若年者における足趾把持動作時の足趾把持筋力は、前脛骨筋の筋活動量との間に相関がある一方、ヒラメ筋および腓腹筋の各々の筋活動量との間には、共に相関は認められなかったと報告されている（相馬ほか，2013a）。また、相馬ほか（2013b）は、足関節の角度の違いによって足趾把持筋力が異なるとしており、足関節背屈 10° 位と底背屈 0° 位（中間位）、底屈 10° 位の3条件において、底背屈 0° 位（中間位）および足関節背屈 10° 位の角度が底屈 10° 位より足趾把持筋力の値が高かったと報告している。このようなことから、末梢の足趾把持筋力を効率よく発揮するためには、足趾把持動作時の拮抗筋である前脛骨筋が足関節の安定化を図っていると考えられる。さらに、足趾把持筋力は、母指の屈曲に働く母指外転筋および短指屈筋の筋活動量との相関が認められており（山田・須藤，2018）、MRIを用いた足関節周囲筋の筋断面積との関係において、特に母指外転筋の筋断面積との間に相関が確認されている（kurihara et al., 2014）。これらの報告からも、足趾把持筋力の発揮時には、前脛骨筋や母指外転筋および短指屈筋の作用が強く関係していると考えられる。

高齢者における足趾把持筋力と大腿筋群との関係性については、足趾把持筋力と股関節開排運動に関与している股関節周囲筋（大腿筋膜張筋、大殿筋、中殿筋、縫工筋）との間に相関を示し、また、足趾把持筋力と大腿四頭筋との間にも相関を示し（松本ほか，2020）、これらの先行研究からも、足趾把持筋力と大腿四頭筋および股関節筋周囲筋は密接に関係していることがわかる。

足趾把持筋力と下肢の筋力との比較に関する報告において、村田ほか（2008）は、地域在住の女性高齢者の上下肢筋力の代表値として頻繁に用いられる握力や大腿四頭筋力よりも、足趾把持筋力の方が、片足立ちの保持時間に影響を及ぼすとしている。また、開眼片足立ち位での重心動揺の総軌跡長と、腸腰筋・大殿筋・中殿筋・大腿四頭筋・ハムストリング・前脛骨筋および足趾把持筋力のこれら3項目に関する研究によると、足趾把持筋力が最も高い相関を示したと報告されている（村田，2004）。さらに、高齢者における下肢筋力と立位動作能力との関係においては、歩行速度と関係するのは大腿四頭筋の筋力と同様に足趾把持筋力であることも報告されている（池田ほか，2011）。従来、大腿四頭筋やハムストリングスなどの主要筋は、速く歩くこと（歩行速度）において重要とされてきたが（村田ほか，2010；中江ほか，2016）、先の研究報告から、足趾把持筋力の方が他の下肢筋力よりも重要であることがわかる。また、歩行速度だけでなく、足趾把持筋力の方が大腿四頭筋よりもバランス能力との相関が確認されていることから（池田ほか，2011；村田，2004；村田ほか，2008）足趾把持筋力と体力因子との関係を明らかにすることは重要と考える。

2) 足趾把持筋力と体力の関係

足趾把持筋力と体力との関係において、安藤・原（2016）は、女子大学生の足趾把持筋力と新体力テストの項目である握力・上体おこし・立ち幅跳びとの間に、それぞれ有意な相関があることを報告している。また、Morita et al.（2015）による発育期の児童を対象とした研究では、足趾把持筋力が高い児童ほど、反復横とびや立ち幅跳び、リバウンドジャンプといった下肢に関する体力が高いことを、さらに、関ら（2014）の研究では、男女の児童において、足趾把持筋力と新体力テストにおけるすべての項目において有意な相関が認められたと、それぞれ報告されている。また、山田・須藤（2015）は、足趾把持筋力と疾走速度との間に相関が認め、さらに、靴を履いて走行した時よりも裸足の方が疾走速度が速かったとしている。これらの研究結果から、足底、足趾が身体を動かす際の機能として重要であることがわかる。

一方、高齢者における足趾把持筋力に関する研究では、村田ほか（2008）は、足趾屈曲筋力と立位時のバランス能力との相関が高いことを、新井ほか（2011）およびMisu et al.（2014）は、歩行時は足趾機能が重要な体力因子であることをそれぞれ報告している。一方、開眼片足立ち時間と10m歩行時間との間には有意な相関が認められているが（半田ほか，2004）、足趾把持筋力と開眼片足立ちについては相関が認められなかったという報告もあり（沖田ほか，1998）、足趾把持筋力と開眼片足立ちの関係についての見解は統一されていない。

以上の研究報告から、足趾把持筋力と一部の体力因子との間に関係は認められているが、これらの報告は発育発達期の児童や、高齢者を対象とした研究が多く、さらに、一般的な体力測

定項目と足趾把持筋力との関係についての報告のみである。一方、高齢者の足趾に関する研究は、健康維持や増進、介護予防および転倒予防の観点から重要と考える。

3) 足趾把持筋力とスポーツパフォーマンスの関係

他方、スポーツや運動に取り組む競技者は、ベストな状態で高いパフォーマンスを発揮できる方法を日々追求している。これまで、パフォーマンスの向上を目的とした動作分析（伊藤ほか、1998）やトレーニング（松田・田村、1998）などのさまざまな研究により、多くの知見が得られている。たとえば、運動能力には、足底・足趾が地面と接する重要な役割を果たしていること（光井、2016；村田、2004；関ほか、2014）また、足で物を握む力である足趾把持筋力が運動能力に不可欠であることが報告されている（新井ほか、2011；山田・須藤2015）。さらに、足趾をトレーニングすることによってパフォーマンスを高められるとされており、これに関する足趾把持トレーニング方法も公開されている（井原ほか、1995；宇佐波ほか、1994；相馬ほか、2012）。具体的には、宇佐波ほか（1994）は、健常成人が足趾把持トレーニングを行った後の50 m走と垂直跳びの記録が向上したことを、相馬ほか（2012）は、足趾トレーニングを行った大学生の動的バランスと歩行速度が向上したことを、井原ほか（1995）は、筋の反応性テストとして利用される反復横跳びの記録が向上したことを報告している。また、藤高ほか（2015）は、足趾把持筋力と足関節の傷害に関する研究において、大学サッカー選手の足趾把持筋力の低下が動的バランスの低下を招き、それによって外側荷重が増加すると、第5中足骨の疲労骨折が多いことを報告している。さらに、藤高ほか（2012）は、大学サッカー選手に足趾トレーニングを導入すると、足関節捻挫の発生数が低下したとしている。これらの研究報告からも、足趾把持筋力がパフォーマンスの向上だけでなく、足関節における傷害予防にも重要であることがわかる。

4) 足趾把持筋力と動作遂行能力

また、サッカーや野球などのスポーツでは、爆発的な加速を伴う疾走スピードや高い跳躍能力、さらには素早い巧みな方向転換能力などの動作遂行能力が必要とされる（遠藤ほか、2007；永松・武田、2008）。このように、さまざまなスポーツ場面における動作遂行能力には、関節や筋の協調した動きである運動制御や姿勢の安定性を保つ姿勢制御の観点から、足趾把持筋力が重要な役割を果たしていると考えられる。例えば、土江（2008）は、短距離走においては、足首で地面を蹴らない動き、すなわち足首を固定する動きが重要であると報告している。足首の固定は、屈曲筋と伸展筋の共収縮によるものと考えられるが、相馬ほか（2016）は、短

距離走時の足趾把持動作は、足首を固定する可能性があるとしている。また、田中ほか（2007）によれば、足関節の底屈および背屈動作は、跳躍動作と密接な関係にあると報告している。さらに、先の相馬ほか（2013a）の報告の通り、足趾把持筋力は、足趾の屈筋群の影響だけでなく、足趾伸展筋群の影響も受けることがわかっており、足趾の伸筋群や屈曲群、さらには足関節の屈曲群や伸筋群までの制御が及ぶ複雑かつ総合的な運動制御によって成り立っていると考えられる。一方、始動動作や方向転換動作といった運動制御には、地面に接している足趾把持筋力が動作遂行能力に対して重要な役割を果たしているという仮説を立て、動作遂行能力に関与している体力因子と足趾把持筋力との関係性を見出すことができれば、スポーツにおける足趾把持筋力の重要性を示すことができる。

以上のことを踏まえて本研究では、動作遂行能力を走力・跳躍力・敏捷性・バランス能力に関連した、25 m走・50 m走、垂直跳び、立ち幅跳び、立ち五段跳び、Illinois Test、T字走、閉眼片足立ちの7項目と考えた。

5) 足趾把持筋力と走力の関係

山田・須藤（2015）は、大学生を対象に50 mの疾走速度と足趾把持筋力との間に関係があることを、関ら（2014）も、小学生における50 m走と足趾把持筋力との間に関係があることを報告している。しかし、先行研究では50 m走と足趾把持筋力との関連についての報告が多く、25 m走と足趾把持筋力の関係を調べた報告は見られない。また、多くの球技スポーツでは全力疾走する距離は50 mよりも短いことが多いことから、スタートから10～20 mあたりの疾走速度に及ぼす要因を明らかにすることは、球技スポーツにおいて重要な意味を持つと考える（篠原・前田，2010）。

三本木・黒須（2011）は、30 m走の疾走速度と垂直跳び、メディシンボール投げおよび最大無酸素パワーの成績との間に有意な相関を、また、10 m～20 m区間の疾走速度と垂直跳びとの間に有意な相関を認めたが、最大無酸素パワーとの間には有意な相関は認められなかったとし、10 m～20 m区間の疾走は、跳躍に関係する筋力の影響が大きいと報告している。

また、川上・横田（1994）は、立ち五段跳びと30 m走との間に有意な相関を、笹木（2012）は、跳躍高（垂直跳び）と20 m走との間に有意な相関があることを報告している。一方、跳躍時は、足関節底屈筋が効率よく跳躍高に反映することが明らかとなっている（甲斐ほか，2013）。

これらの報告からも、疾走速度と跳躍の間には、足関節底屈に関与している足趾把持筋力が跳躍時や疾走時の蹴り出しに関わっていると考えられ、さらに、50 m走よりも短い25 m走と足趾把持筋力との関係が確認できれば、球技スポーツにおいても有意義な研究であると言え

る。

6) 足趾把持力と跳躍力の関係

跳躍力には、垂直跳びのほかに立ち幅跳びのように垂直に跳ぶ動作と前方に跳ぶ動作だけでなく、立ち五段跳びのように片足からの反動で前方に跳ぶ動作も含まれる。また、跳躍には膝関節伸展動作に関わる筋群が大きく貢献している（宮下，1990）。しかし、膝屈曲筋力や膝伸展筋力と跳躍との関係については、必ずしも一致した見解が得られていない（海老沢ほか，2009；嶋田ほか，1998）。跳躍に関する筋力とトレーニングの研究報告では、垂直跳びと足関節底屈・背屈運動との間には有意な相関が認められ、膝関節伸展・屈曲トレーニング群は、垂直跳びの記録に変化は認められなかったが、足関節底屈運動・背屈トレーニング群は、垂直跳びの記録が有意に増加したことが報告されている（田中ほか，2006）。垂直跳びのように両足で跳躍する動作は、バレーボールのスパイクやブロックなどの技術的要素に深く関与し、勝敗に大きく影響すると考えられている（黒川，2000）。さらに、羽田ほか（2020）は、立ち五段跳びは、ハンドボール競技において高いパフォーマンスを発揮する際の重要な片脚の筋力であると指摘している。

これらの先行研究から、跳躍力には膝屈伸動作に関わる筋群だけでなく、足関節の底背屈動作に関わる筋群の重要性も示されているが、足趾把持筋力とさまざまな跳躍力との関係については明確ではない。そこで、足趾把持力と垂直跳び、立ち幅跳びおよび立ち五段跳びのように上方や前方に跳ぶ動作との関係を明らかにすることは、特に跳躍力を必要とするスポーツにおけるパフォーマンスの向上に貢献し得ると考える。

7) 足趾把持筋力と敏捷性の関係

敏捷性の能力を測る Illinois Test や T 字走は、前方への疾走中に方向転換を繰り返す動作が含まれていること、また、走速度はジグザグ走およびプロアジリティテスト（方向転換スピードテスト）との間に関連があることが明らかになっている（八木ほか，1989；笹木ほか，2011）。

一方、谷所ほか（2017）は、20 m 走と T 字走の間には関係性が認められなかったことを報告しており、疾走だけでなく同時に方向転換時の急減速や急転回の技術も重要であると指摘している。

この研究からも、T 字走や Illinois Test 時の方向転換や急減速の際には、地面と接している足趾把持筋力が動作中に方向転換する際の筋力として重要な働きをしている可能性が考えら

れる。また、敏捷性能力は高いパフォーマンスを発揮するための不可欠な要素であることから（岡本ほか，2012）、本研究において足趾把持筋力とT字走やIllinois Testといった敏捷性との関係性を見出すことができれば、さまざまなスポーツにおいて足趾を鍛える重要性が高まると考えられる。

8) 足趾把持筋力とバランス能力の関係

閉眼片足立ち時の姿勢制御には、前庭神経・体性感覚・筋骨格筋システムを正しく働かせなければバランスを保つことはできない（Hu and Woollacott, 1994）。また、開眼片足立ちより、閉眼片足立ちの方が視覚情報を除いた状態での姿勢制御能力を検査することができるため、閉眼片足立ちを推奨する報告もなされている（日丸ほか，1991；Potvin et al, 1980）。

『走る』『跳ぶ』『打つ』『投げる』などのスポーツで必要な動作には、常にバランスのとれた姿勢と円滑な動きを維持することが重要である（朴澤，1995）。たとえば、黒川ほか（1976）は、柔道選手は一般学生よりも閉眼片足立ちの時間が長いことを、禿ほか（2019）は、剣道部員は他の種目の部員よりも閉眼片足立ちの時間が長かったことを報告している。

これらの先行研究から、開眼片足立ちと足趾把持筋力との関係性については明らかにされているが、視覚を遮断した状況下における閉眼片足立ちと足趾把持筋力の関係についての報告は筆者らの知る限り見られない。そこで、足趾把持力と閉眼片足立ちの関係を明らかにすることは、バランス能力の観点からも重要と考える。

9) 足趾把持筋力に関する研究の意義

以上、足趾把持筋力と筋力、体力、スポーツパフォーマンスおよび動作遂行能力（走力、跳躍力、敏捷性、バランス能力）との関係を述べてきた。さらに、先行研究から、身体を前方や上方に動かす動作や、バランスを保つためには、地面と接している足底と足趾の屈曲に関係している足趾把持筋力が重要であることが明らかとなった。しかし、本研究で挙げた動作遂行能力における敏捷性テストのIllinois TestやT字走と足趾把持筋力に関する報告は筆者らの知る限り見られない。また、足趾把持筋力に関するこれまでの研究対象は子どもおよび高齢者が多く、男子大学生を対象とした報告は見られない。

そこで本研究では、男子大学生の足趾把持筋力と動作遂行能力である走力、跳躍力、敏捷性およびバランス能力との関係を明らかにすることを目的とした。

2. 対象者および方法

1) 対象者

某大学に在籍し、下肢の疾患に関する既往のない18歳～19歳の健常な男子学生23名（平均年齢 18.5 ± 1.5 歳）を対象とした。

また、対象者には、研究の目的と内容、個人を特定しないデータの収集および管理、本研究の目的以外にデータは使用しないこと、個人情報の漏洩防止に努めることを口頭で説明し、同意書への署名を以て本研究への参加の同意を得た。なお、本研究は神戸医療福祉大学研究倫理委員会（番号：201909）の承認を受けて行った。

2) 測定項目および測定方法

測定項目は、足趾把持筋力と動作遂行能力に関する25m走・50m走、垂直跳び、立ち幅跳び、立ち五段跳び、Illinois Test、T字走、閉眼片足立ちの7項目を選択し、測定した。

① 足趾把持筋力（竹井機器工業社製、TKK3364）

足趾把持筋力の発揮には足関節の安定化作用が重要となることから、測定時には、対象者は端座位にて身体を垂直にし、その下肢の位置を膝関節屈曲90度、足関節背屈0度になるよう下肢の位置を決めた。さらに、足趾把持力計バーを対象者の第1中足指関節に合うように調節した上で、平坦な床上に足を肩幅に開いてもらい、両上肢を体側に下垂して上体を前方、後方へ重心移動することがないようにしてもらった（相馬ほか，2018）。対象者によって利き足と非利き足が異なるが、甲斐ほか（2007）の報告においては、利き足と非利き足の足趾把持筋力には差がないことを明らかにされている。そこで本研究では、十分に足趾動作を習得させた後、右・左の順で左右3回測定し、左右それぞれの最高値の平均を算出して足趾把持力の値とした。



写真1 足趾把持筋力の測定

② 25 m走・50 m走（合同ファクトリー社製、FASTRun：反射型無線タイム測定装置）

対象者には、スタートラインを踏まないように両足を前後に開いてもらい、「用意」の姿勢をとらせた。対象者自身のタイミングでスタートし、25 m地点および50 m地点を通過するまでの時間を各々2回ずつ計測して、共に速い方のタイムを25 m走・50 m走の値とした。

③ 垂直跳び（竹井機器工業社製、ジャンプ MD TTK5406）

対象者には、測定器のマット上に立って腰に紐を巻き付けてもらい、紐には緩みがないようにした。跳躍前の立位姿勢の腰の高さは基準の0 cmとし、対象者にはその場で膝を曲げて腕を大きく振りながら真上に跳び上がってもらったときの高さを2回計測した。これらのうち、高い方の数値を垂直跳びの値とした。

④ 立ち幅跳び

対象者には両足を軽く開いて、つま先が踏み切り線の手前に揃うように立ってもらい、両足で同時に踏み切り前方へ跳んでもらった。対象者の身体が砂場に触れた位置のうち、最も踏み切り線に近い位置と踏み切り前の両足の中央の位置（踏み切り線の前端）を結ぶ直線の距離を計測した。これを2回実施して高い方の数値を立ち幅跳びの値とした。

⑤ 立ち五段跳び

立ち五段跳びは左右脚の交互による連続跳躍であるため、対象者には助走は付けず、両足が地面についている状態から踏み切りを行うよう指示した。また、5歩目が砂場への着地となるよう、各自にスタート時の踏み切り線を選択させた。5歩目の着地位置のうち、最も踏み切り線に近い位置と踏み切り前の両足の中央の位置（踏み切り線の前端）を結ぶ直線の距離を計測した。これを2回実施して、高い方の数値を立ち五段跳びの値とした。

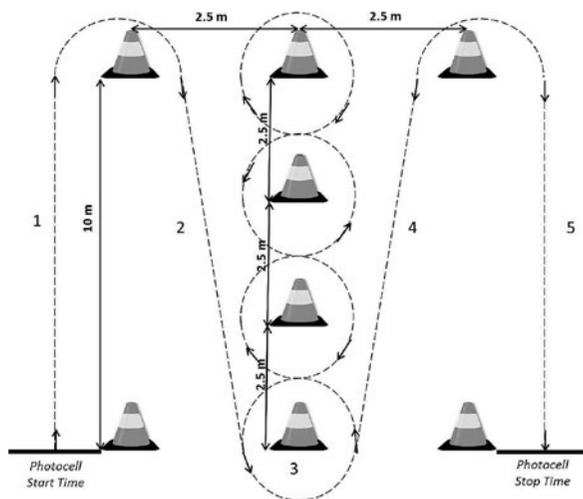


写真2 Illinois Test

⑥ Illinois Test (Getchell, 1979)（直線の速さやターンを素早く・正確に動かす能力を測定するテスト）

対象者はスタートラインに向かってうつ伏せになり、両手は床面に接地させた。実験者の「Go」の合図で測定を開始し、対象者はできるだけ早く立ち上がって10 m進んでコーンの周りを回った後、10 m戻り、次に4つのコーンを立てたスラロームコースを上下に走り、最後はフィニッシュコーンまで走り抜けた。これを2回実施し、速い方のタイムをIllinois Testの値とした。

⑦ T字走 (Semenick, 1990) (素早く動き・切り返す動作能力を測定するテスト)

対象者には、AからBまで走り、コーンに触れてもらった。その際、サイドステップで左に進んでCのコーンを左手で触れ、次にサイドステップで右に進んでDのコーンを右手で触れてもらった。さらに、サイドステップで左に戻って左右どちらかの手でBのコーンに触れ、その後、後ろ向きでAまで走ってもらった。これを2回実施し、速い方のタイムをT字走の値とした。

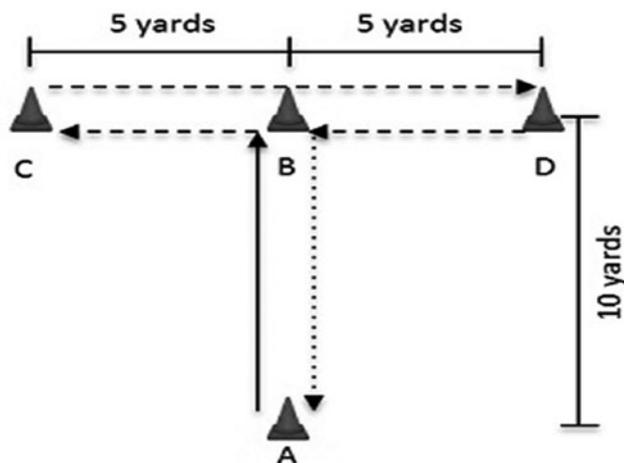


写真3 T字走

⑧ 閉眼片足立ち (竹井機器工業社製、TTK5407c)

対象者には腰に両手を当て、目を閉じた状態で片足立ちを行ってもらった。姿勢保持時間は200秒を上限とした。また、テスト終了の条件は、両手が腰から離れる、軸足が装置からずれる、上げている脚が地面に着く、のいずれかが認められた時点とした。これを2回実施し、長い方のタイムを閉眼片足立ちの値とした。

3) 統計処理

結果については、Pearsonの相関係数を用いて足趾把持筋力と動作遂行能力の相関係数(単相関)を求めた。統計解析にはSPSS (Ver21, IBM社)を用い、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

本研究で得られた男子大学生の足趾把持筋力の左右の平均値は、 $25.2 \pm 4.5\text{kg}$ であった。Pearsonの相関係数を用いて足趾把持筋力と動作遂行能力の相関について調べた結果、足趾把持筋力と25m走 ($r = -0.687, p < 0.001$) (図1) および50m走 ($r = -0.640, p < 0.001$) (図2) の間に有意な負の相関が認められ、足趾把持筋力と走力との関係が確認された。

また、足趾把持筋力と垂直跳び ($r = 0.505, p < 0.05$) (図3)、立ち幅跳び ($r = 0.546, p < 0.01$) (図4) および立ち五段跳び ($r = 0.602, p < 0.01$) (図5) の間にも有意な相関がそれぞれ認められ、足趾把持筋力と跳躍力との関係が確認された。

さらに、足趾把持筋力と加速や減速、方向転換(敏捷性)に関するIllinois Test ($r = -0.546, p < 0.01$) (図6) およびT字走 ($r = -0.647, p < 0.001$) (図7) の間にも有意な負の相関が認められ、足趾把持筋力と敏捷性との関係が確認された。

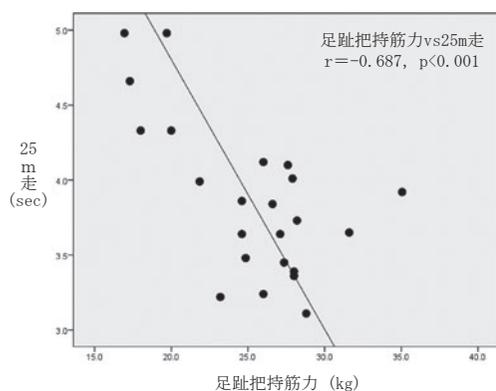


図1 足趾把持筋力と25m走との関連

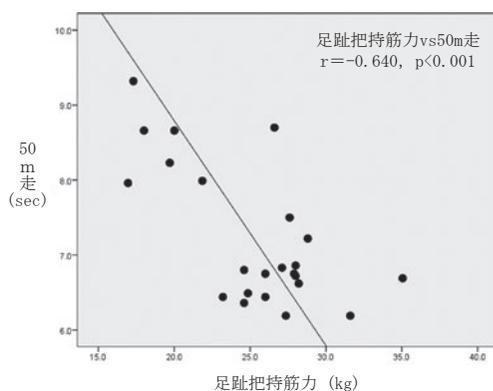


図2 足趾把持筋力と50m走との関連

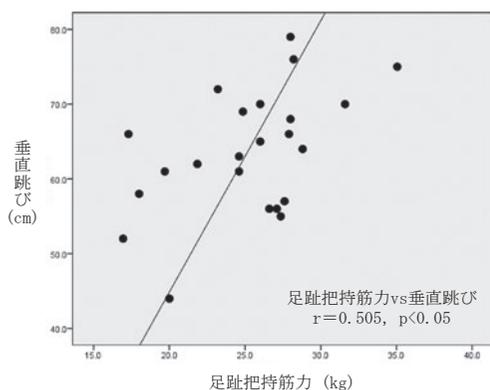


図3 足趾把持筋力と垂直跳びとの関連

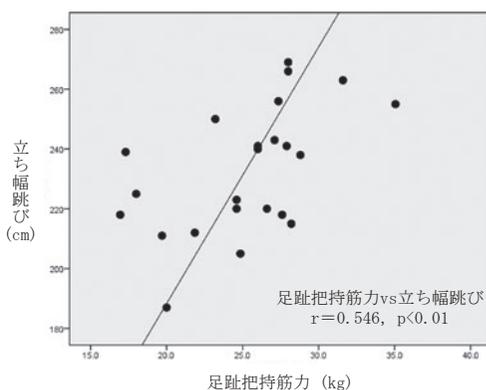


図4 足趾把持筋力と立ち幅跳びとの関連

一方、足趾把持筋力とバランス能力である閉眼片足立ちの間には有意な相関は認められなかった ($r = -0.242$, n. s.) (図8)。なお、各体力因子の相関関係を表1に示した。

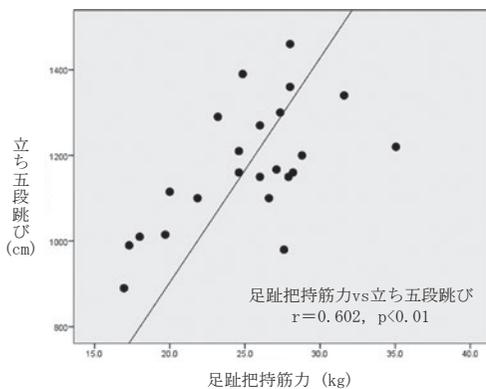


図5 足趾把持筋力と立ち五段跳びとの関連

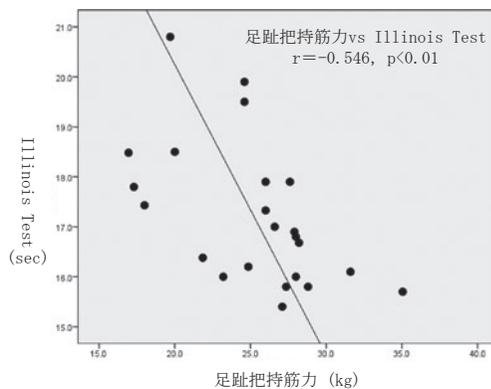


図6 足趾把持筋力とIllinois Testとの関連

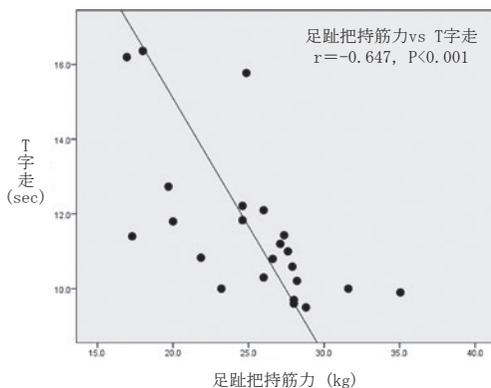


図7 足趾把持筋力とT字走との関連

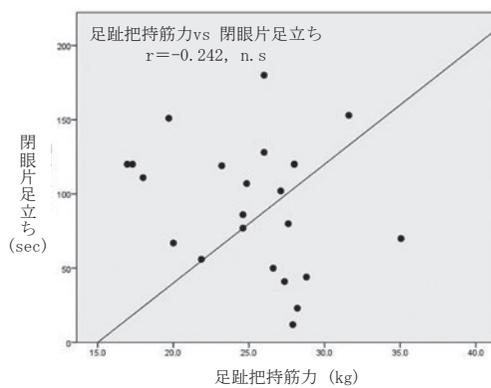


図8 足趾把持筋力と閉眼片足立ちとの関連

表1 各変数間の相関行列

	足趾把持筋力	25m走	50m走	垂直跳び	立ち幅跳び	立ち五段跳び	Illinois Test	T字走	閉眼片足立ち
足趾把持筋力	1.00								
25m走	-0.687***	1.00							
50m走	-0.640***	-0.699***	1.00						
垂直跳び	0.505*	-0.464*	-0.517*	1.00					
立ち幅跳び	0.546**	-0.485*	-0.497*	0.547**	1.00				
立ち五段跳び	0.602**	-0.825***	-0.725***	0.587**	0.558**	1.00			
Illinois Test	-0.546**	0.590**	0.347	-0.365	-0.530**	-0.504*	1.00		
T字走	-0.647***	0.537**	0.325	-0.431	-0.516*	-0.423	0.359	1.00	
閉眼片足立ち	-0.242	0.111	-0.014	0.173	0.232	0.109	0.240	0.192	1.00

*p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001

4. 考 察

本研究で得られた男子大学生の足趾把持筋力の左右の平均値は、 $25.2 \pm 4.5\text{kg}$ であった。同世代を対象とした足趾把持筋力の研究では、平均年齢 20.3 ± 1.1 歳の男性 10 名の足趾把持筋力は $25.1 \pm 8.86\text{kg}$ (光井, 2016)、平均年齢 21.5 ± 2.9 歳の男性 8 名の足趾把持筋力は $22.0 \pm 6.4\text{kg}$ (山田・須藤, 2018) と、多少数値は異なるがほぼ同様な結果であった。

本研究の結果を基に、男子大学生の足趾把持筋力と動作遂行能力との関係について検討したところ、走力、跳躍力および敏捷性との間に関係があると考えられた。その詳細を以下に述べる。

足趾把持筋力と 25 m 走および 50 m 走、ダッシュやターンなどの切り返し動作が多い Illinois Test および T 字走との間にそれぞれ有意な相関が得られた。山田・須藤 (2015) は、足趾把持筋力と疾走速度との間には有意な相関があり、特に足趾把持筋力は蹴りだし時の前方への推進力の役割を果たしていると報告している。また、藤田ほか (2015) は、足趾把持筋力がサッカー選手における 10 m 折り返し走のターン動作テストと関係していることを、辻ほか (2018) は、サッカースクールに所属する幼児の足趾把持筋力が、SAQ テスト (ジャンプ・ダッシュ・ターン) の成績と関係していることを報告している。さらに、八木ほか (1989) は、走速度とジグザグ走との間に有意な相関が得られたとし、笹木ほか (2011) では、走速度とプロアジリティテストとの間に関係性があつたことが明らかにされている。これらの報告からも、T 字走や Illinois Test のように方向転換や急減速などの際には、地面と接している足趾が切り返し動作に重要な働きをしていると考えられる。

また、敏捷性能力は高いパフォーマンスを発揮する際の不可欠な要因であり (岡本ほか, 2012)、本研究の結果においても、足趾把持筋力と T 字走および Illinois Test との関係性を見出せたことから、スポーツにおける足趾の重要性が明らかとなった。

さらに、本研究の各々の運動能力間における実験では、25 m 走と T 字走および Illinois Test との関係が確認された。土江 (2008) は、足首で地面を蹴らない動きや足首を固定する動きが重要であることを報告しており、足首の固定は屈曲筋と伸展筋の共収縮によるものと考えられる。

一方、相馬ほか (2016) は、足趾把持動作によって短距離走における足首の固定を導く可能性を示唆している。また、本研究の結果から、足趾把持筋力は疾走だけでなく、方向転換時の急減速や急転回の動作にも関与していることから、敏捷性能力にも関係していると言える。本研究の結果および先行研究から、足趾把持筋力は走力や軽快さ (Agility)、動作の切り返し (Quick) など、スポーツ全般に必要なとされる走力とアジリティ動作に関係していると推察される。

足趾把持筋力と跳躍力である垂直跳び、立ち幅跳びおよび立ち五段跳びとの間に、有意な相関が認められた。跳躍には、膝関節伸展動作に関わる筋群が大きく貢献している（宮下，1990）。しかし、膝屈曲筋力や膝伸展筋力と跳躍力の関連性については、必ずしも一致した見解は得られていない（海老沢ほか，2009；嶋田ほか，1998）。先述したように、田中ほか（2006）の研究において、足関節底屈・背屈運動の最大筋力と垂直跳びとの間には有意な相関が認められたこと、足関節底屈運動・背屈運動のトレーニングのみ垂直跳びの記録が有意に増加したことが報告されている。これらの研究からも、立ち幅跳びや立ち五段跳びにおいては、跳躍時に身体を前方へ押し出す動作の際に足趾が活用され、足趾把持筋力が高い者ほどより身体を前方に押し出すことができると言える。

今回、跳躍力と運動能力間との関係性においては、特に25 m走との相関が認められている。川上・横田（1994）は、立ち五段跳びと30 m走との関係を示し、笹木（2012）は、20 m走と垂直跳びである跳躍高との間に有意な相関があったことを報告している。また、跳躍時には女子より男子の方が足関節底屈筋を効率よく跳躍高に反映していることが明らかとなっている（甲斐ほか，2013）。これらの報告においても、短距離における疾走速度と跳躍の関係が示されており、足関節底屈に関与している足趾把持筋力は、跳躍や疾走時の蹴り出しに関わっていると言える。

黒川（2000）は、垂直跳びのような両足で跳躍する動作は、バレーボールでのスパイクやブロックなどの技術的要素に深く関与し、勝敗に大きく影響するとしている。また、羽田ほか（2020）は、立ち五段跳びはハンドボール競技において、高いパフォーマンスを得るためにも、片脚による大きな筋力発揮が重要であると報告している。これらの先行研究からも、跳躍が必要なスポーツにおいて足趾把持筋力が重要な役割を果たしており、跳躍力を高めるためには足趾のトレーニングも重要と考える。

一方、本研究では、足趾把持筋力とバランス能力である閉眼片足立ちとの間に有意な相関は認められなかった。沖田ほか（1998）も、本研究結果と同様に、足趾把持筋力と閉眼片足立ちおよび開眼片足立ちとの間に有意な相関が見られなかったと報告している。

しかし、山口ほか（1989）が、健常成人の足趾把持筋力と片足立ちでの重心動揺との間に、半田ほか（2004）は、高齢者の足趾把持筋力と開眼片足立ちとの間に、それぞれ有意な相関を認めている。また、足趾把持筋力と下肢筋力との比較に関して、村田ほか（2008）は、地域在住の女性高齢者の上下肢筋力の代表値として頻繁に用いられる握力や大腿四頭筋筋力よりも、足趾把持筋力の方が、片足立ち保持時間に影響を及ぼしたとしている。さらに、開眼片足立ち位での重心動揺の総軌跡長と、下肢筋力である腸腰筋・大殿筋・中殿筋・大腿四頭筋・ハムストリング・前脛骨筋・足趾把持筋力との関係について前出は（村田，2004）、足趾把持筋力が重心動揺の総軌跡長と最も高い相関を示したと報告している（村田，2004）。

本研究における閉眼片足立ちの測定は、被験者が片足立ちしやすい脚を軸足にしてもらい測定を行った。甲斐ほか（2007）の報告では、被験者によって利き足と非利き足が異なるものの、利き足と非利き足の足趾把持筋力には差がないことを明らかにしている。また、閉眼片足立ちの姿勢を維持するためには、前庭神経・体性感覚・筋骨格筋システムを正しく働かせなければバランスを保ち行うことはできない（Hu and Woollacott, 1994）。このような観点から、閉眼片足立ちにおいては、足趾（制御）とは異なる別の脳神経系の働きが関与していると推察される。

5. まとめ

男子大学生において、足趾把持筋力と動作遂行能力である走力、跳躍力および敏捷性との関係が明らかとなり、足趾把持筋力はスポーツには欠かせない体力の一つであることが確認された。

文 献

- 安藤彰朗・原丈貴（2016）女子短期大学生における足趾把持筋力の頻度分布と体力との関係。島根県立大学短期大学部研究紀要，54：45-49.
- 新井智之・藤田博暁・細井俊希・森田奏裕・石橋英明（2011）地域高齢者における足趾把持筋力，年齢，性別および運動機能との関連。理学療法学，38（7）：489-496.
- 海老沢恵・斎藤明・室井良太・立松加寿子・中里友哉・南谷晶（2009）等速性膝伸展筋力・脚伸展筋力がhop test に及ぼす影響。理学療法学，36（2）：3-14.
- 遠藤俊典・田内健二・木越清信・尾縣貢（2007）リバウンドジャンプと垂直跳の遂行能力の発達に関する横断的研究。体育学研究，52：149-159.
- 藤田芳正・櫻庭景殖・窪田敦之・藤田真平・青木和浩・福士徳文（2015）高校生男子サッカー選手における足趾把持筋力とターン動作の足底分布の関係。日本整形外科スポーツ医学会雑誌，35（1）：47-51.
- 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・足関節傷害に対する足部アーチ保持筋力トレーニングの効果。理学療法科学，27（3）：263-272.
- 藤高紘平・橋本雅至・大槻伸吾・大久保衛・熊井司・田中康仁（2015）大学サッカー選手における足趾屈曲筋力が足部スポーツ障害の発生に与える。日本整形外科スポーツ医学会雑誌，35（2）：133-138.

- Getchell, B. (1979) *Physical Fitness: A Way of Life* (2nd ed). John Wiley and Sons : New Jersey, pp.105-107.
- 半田幸子・堀内邦雄・青和夫 (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.
- 羽田圭宏・宮地司・高野吉朗 (2020) ハンドボール競技者の下肢筋力と跳躍動作の関連. *理学療法科学*, 35 (1) : 1-4.
- 日丸哲也・青山英康・永田晟編著 (1991) *健康・体力・評価基準値辞典*. ぎょうせい:東京, pp.22-27.
- 朴澤二郎 (1995) 身体平衡のメカニズムについて. *仙台大学紀要*, 26 (1) : 1-6.
- Hu, M. H., and Woollacott., M. (1994) Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *Journal of Gerontology*, 49 (2) : 52-61.
- 井原秀俊・吉田拓也・高柳清美・三輪恵・浜田哲郎・石橋敏郎・高山正伸 (1995) 足指・足底訓練が筋力, 筋反応, バランス能に及ぼす効果. *日本整形外科スポーツ医学会雑誌*, 15 (2) : 268-277.
- 池田望・村田伸・大田尾浩・村田潤・堀江淳・溝田勝彦 (2011) 地域在住女性高齢者の握力と身体機能との関係. *理学療法科学*, 26 (2) : 255-258.
- 伊藤章・市川博啓・斉藤昌久・佐川和則・伊藤道郎・小林寛道 (1998) 100 m中間疾走局面における疾走動作と速度との関連. *体育学研究*, 43 : 260-273.
- 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の比較. *理学療法科学*, 22 (3) : 365-368.
- 甲斐義浩・村田伸・相馬正之・田守康彦・藤田美和子・中井啓太・石川晴美・中崎千秋・窓場勝之 (2013) 垂直跳びにおける下肢筋力の貢献度—男女の特性比較—. *ヘルスプロモーション理学療法研究*, 3 (3) : 109-112.
- 禿隆一・土田洋・井上元輝・安達詩穂・本田亜希子 (2019) スポーツ系学科の大学生における身体的・体力的特徴について: 第2報 2018年度調査について. *朝日大学保健医療学部健康スポーツ科学科紀要*, 1 (2) : 1-7.
- 川上正人・横田幸訓 (1994) 加速走と立ち五段跳びの関係に関する研究. *基礎科学論集, 教養課程紀要*, 12 : 92-95.
- Kurihara, T., Yamauchi, J., Otsuka, M., Tottori, N., Hashimoto T., and Isaka T. (2014) Maximum toe flexor muscle strength and quantitative analysis of human plantar in-trinsic and extrinsic muscles by a magnetic resonance imaging technique. *Journal of Foot and Ankle Research*, 7:26.

- 黒川貞夫 (2000) バレーボールの競技力向上に資するスポーツ科学の成果. 21世紀と非育・スポーツ科学の発展 2. 日本体育学会第50回記念大会誌, 日本体育学会第50回記念大会特別委員会編集, 89-99.
- 黒川隆志・浅見高明・柳沢久 (1976) 柔道選手の平衡機能について. 武道学研究, 8 (2) : 47-48.
- 永松幸一・武田誠司 (2008) SCC 遂行能力と体力・運動能力評価種目の関係について. 都城工業高等専門学校研究報告, 43 : 1-5.
- 松田亮・田村孝洋 (2020) スプリントにおける伸張反射プログラムが陸上競技選手のパフォーマンス向上に及ぼす有用性—異なるトレーニング環境が加速能力に与える影響について—. 広島経済大学研究論集, 43 (1) : 47-58.
- 松本典久・村田伸・白岩加代子・合田明生・安彦鉄平・中野英樹・堀江淳 (2020) 地域在住高齢者における股関節開排筋力および大腿四頭筋筋力と身体機能との関連. ヘルスプロモーション理学療法研究, 10 (1) 10-15.
- Misu, S., Doi, T., Asai, T., Sawa, R., Tsutsumimoto, K., Nakakubo, S., Yamada, M., and Ono, R. (2014) Association between toe flexor strength and spatiotemporal gait parameters in community-dwelling older people. *J Neuroeng Rehabil.*, 11: 143-149.
- 光井信介 (2016) 足趾筋力と体力因子との関係. 日本経大論集, 46 (1) : 215-219.
- 宮下充正・深代千之・出際哲夫 (1990) 跳ぶ科学 (スポーツ科学ライブラリー). 大修館書店 : 東京. pp.87-97.
- Morita, N., Yamauchi, J., Kurihara, T., Fukuoka, R., Otsuka, M., Okuda, T., Ishizawa, N., Nakajima, T., Nakamichi, R., Matsuno, S., Kmie, S., Shide, N., Kambayashi, I., and Shinkaiya, H. (2015) Toe flexor strength and foot arch height in children. *Med Sci Sports Exerc.*, 47: 350-356.
- 村田伸 (2004) 片足立ち位での重心動揺と足部機能との関連—健常女性を対象とした検討—. 理学療法科学, 19 (3) : 245-249.
- 村田伸・大田尾浩・村田潤・堀江淳・八木原幸子・甲斐健一郎・大塚真 (2010) 虚弱高齢者における Timed Up and Go Test, 歩行速度, 下肢機能との関連. 理学療法科学, 25 (4) : 513-516.
- 村田伸・大山実智江・太田尾浩・村田潤・富田謙二・藤野英巴・弓岡光徳・武田功 (2008) 地域在住女性高齢者の開眼片足立ち保持と身体機能との関連. 理学療法科学, 23 (1) : 11-14.
- 村田伸・忽那龍雄 (2003) 在宅障害高齢者の足趾把持筋力と転倒との関連性. 国立大学理学療

- 法士学会誌, 24 : 8-13.
- 村田伸・忽那龍雄 (2003) 足把持力に影響を及ぼす因子と足把持力の予測. 理学療法科学, 18 (4) : 207-212.
- 村田伸・忽那龍雄 (2004) 在宅障害高齢者に対する転倒予防対策—足把持力トレーニング—. 日本在宅ケア学会誌, 7 (2) : 67-74.
- 中江秀幸・村田伸・甲斐義浩・相馬正之・佐藤洋介 (2016) 健常女性における歩行パラメータと身体機能との関連性. ヘルスプロモーション理学療法研究, 6 (1) : 9-15.
- 岡本直輝・伊坂忠夫・藤田聡 (2012) 球技選手の方向変換能力向上のためのジグザグ走の検討. 体育学研究, 57 (1) : 225-235.
- 沖田千恵美・室井宏育・柳沢ひでみ・内山恵美・千葉正裕・山口和之, ・渡辺一夫 (1998) 足部が高齢者の立位バランスに及ぼす影響—足趾把持力と立位静的バランスの関係について—. 東北理学療法学, 10 : 94-95.
- Potvin, A. R., Sydulko, K., Tourtellotte, W. W., Lemmon, J. A., Potvin J. H. (1980) Human neurologic function and the aging process. J Am Geriatr Soc, 28: 1-9.
- 三本木温・黒須慎矢 (2011) 陸上競技選手における 30 m 走の疾走能力と無酸素性パワーおよび柔軟性との関係. 八戸大学紀要, 42 : 57-64.
- 笹木正悟 (2012) サッカー選手における方向変換を伴う運動のパフォーマンスに関する研究 : 早稲田大学審査学位論文博士 (スポーツ科学). 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科.
- 笹木正悟・金子聡・矢野玲・浅野翔太・永野康治・櫻井敬晋・福林徹 (2011) 方向転換走と直線走および垂直跳びの関係—重回帰分析を用いた検討—. トレーニング科学, 23 (2) : 143-151.
- 関耕二・米嶋美智子・西田彰訓・露木亮人 (2014) 小学生の足指筋力と体力や生活習慣の関係について. 鳥取大学地域学部紀要, 10 (3) : 135-144.
- Semenick, D. (1990) Tests and measurements: The T-test. NSCA Journal, 12 (1) : 36-37.
- 嶋田誠一郎・佐々木伸一・武村啓住・奥村康弘・和田真・馬場久敏・井村慎一 (1998) 前十字靭帯再建患者に対する片脚跳躍能力の運動学的評価. 日本臨床バイオメカニクス学会, 19 : 169-172.
- 篠原康男・前田正登 (2010) 球技系スポーツ選手における疾走加速様態に関する研究. コーチング研究, 23 (2) : 179-182.
- 相馬正之・五十嵐健文・工藤渉・中江秀幸・安彦鉄平 (2012) 足趾トレーニング Faunctional Reach Test や最大 1 歩歩幅, 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.
- 相馬正之・村田伸・甲斐義浩・中江秀幸・佐藤洋介 (2013a) 足趾把持筋力発揮時における下

- 肢筋力の筋活動. 理学療法科学, 28 (4) : 491-494.
- 相馬正之・村田伸・甲斐義浩・中江秀幸・佐藤洋介 (2013b) 足関節の角度変化による足趾把持力の比較. ヘルスプロモーション理学療法研究, 3 (1) : 21-23.
- 相馬正之・村田伸・太田尾浩・甲斐義浩・中江秀幸・佐藤洋介・村田潤 (2018) 足趾把持力および足趾圧迫力と身体機能との関係について—足関節固定ベルト使用の有無による検討—. ヘルスプロモーション理学療法研究, 8 (1) : 13-18.
- Soma, M., Murata, S., Kai, Y., Nakae, H., Satou Y. (2016) Strength and muscle activities during the toe-gripping action: comparison of ankle angle in the horizontal plane between the sitting upright and standing positions. Journal of physical therapy science, 28 (3) : 992-995.
- 田中弘之・清水安希子・山本洋司・松下亮 (2007) 足関節運動の筋力トレーニングが垂直跳びの跳躍高に及ぼす影響—バレーボール競技におけるジャンプパフォーマンス向上のための実践的方策について—. 鳴門教育大学実技教育研究, 17 : 27-32.
- 谷所慶・鶴木秀夫・矢野琢也・賀屋光晴・長野崇・平川和文 (2017) 児童の疾走能力と敏捷性能力に関する縦断的研究: スポーツタレント発掘事業におけるジュニア選手を対象として. 体育学研究, 62 : 455-464.
- 辻慎太郎・永井伸人・竹安知恵・臼井達矢 (2018) サッカースクールに所属する幼児の足趾把持筋力と体力因子との関連性. 幼児体育学研究, 10 (1) : 101-108.
- 土江寛裕 (2008) スプリント走の各局面に影響をおよぼす体力と技術. 陸上競技研究, 75 (4) : 2-11.
- 宇佐波政輝・吉田拓也・高柳清美 (2002) 足趾屈筋群の筋力増強が粗筋力や動的運動に及ぼす影響—足趾把持訓練を用いて—. 九州スポーツ学会誌, 6 : 81-85.
- 八木規夫・脇田裕久・水谷四郎 (1989) 幼児の疾走能力と瞬発力及び調整力との関係. 三重大学教育学部研究紀要, 自然科学, 40 : 81-91.
- 山口光圀・入谷誠・大野範夫・永井聡・山寄勉・福井勉 (1989) 片足起立位時での足趾屈筋群の役割について. 運動生理, 4 (2) : 65-69.
- 山田健二・須藤明治 (2015) 足把持力と疾走速度との関係. 理学療法科学, 30 (4) : 519-521.
- 山田健二・須藤明治 (2018) 足把持運動における足部筋活動との関係. 理学療法科学, 33 (1) : 183-186.
- 湯浅康弘・栗原俊之・積山和明・小澤翔・有賀誠司・小山孟志・伊坂忠夫 (2019) アスリートにおける方向および様式の異なる跳躍能力と足趾筋力の関係—足趾筋力発揮時の中足趾関節角度に着目して—. 体力科学, 68 (1) : 83-90.