

足趾把持筋力は100m走記録に影響するか

—小学陸上競技選手に着目して—

仲田 秀 臣[†]・濱口 幹 太^{††}
中西 康 人[†]・大槻 伸 吾[†]

Does Toe Grip Strength Affect 100-meter Sprint Time?:

Focusing on Elementary School Age Track and Field Athletes

NAKATA Hideomi[†], HAMAGUCHI Kanta^{††}
NAKANISHI Yasuto[†], OTSUKI Shingo[†]

要 旨

先行研究において、足趾把持筋力は疾走能力に影響を与えることが示唆されている。しかし、小学陸上競技選手の足趾把持筋力と100m走記録の関係を検討した研究は見当たらない。そこで、本研究では小学陸上競技選手を対象に、足趾把持筋力と100m走記録の関係を検討することを目的とした。対象は民間の陸上競技クラブに所属し、下肢に整形外科的疾患や疼痛などの既往がなく、足趾や足関節に関節可動域制限のない小学陸上競技選手24名（小学5年生男子13名および小学4年生女子11名）であった。足趾把持筋力は竹井機器工業社製の足指筋力測定器Ⅱ（TKK3364）を用いて測定した。また、100m走記録は日本陸上競技連盟が主催または共催する競技会において、公認された記録とし、足趾把持筋力測定前の約1ヶ月以内の公認された記録の中で、最も良い記録を採用した。なお、足趾把持筋力と100m走記録の関係は、ピアソンの積率相関係数を用いて相関性の有無を検討した。いずれの統計処理も有意水準は危険率5%未満とした。足趾把持筋力と100m走記録には、男子（ $p=0.003$ ）および女子（ $p=0.007$ ）ともに有意な相関関係が認められ、小学陸上競技選手における足部や足関節筋群などの筋力が100m走記録に影響する可能性が示唆された。

† 大阪産業大学 スポーツ健康学部スポーツ健康学科教授

†† 大阪産業大学大学院 人間環境学研究科博士後期課程

草稿提出日 11月26日

最終原稿提出日 1月7日

Abstract

Background and aim: The relationship between toe grip strength (TGS) and 100-meter sprint time (100-m) of elementary school age track and field athletes are not well known, although the TGS is thought to affect sprint performance. Therefore, we aimed to examine relationship between the TGS and the 100-m on elementary school age track and field athletes. **Methods:** Thirteen boys (10.2 ± 0.4 yrs.) and eleven girls (9.6 ± 0.5 yrs.) participated in the study. All subjects were healthy and did not have any history of orthopedic disease. The TGS was measured using the toe grip dynamometer II (TKK3364) manufactured by Takei Scientific Instruments Co., Ltd. The 100-m stands for the official record, which was marked at most a month before the TGS measurement. Correlations between the TGS and the 100-m were analyzed by Pearson's correlation coefficient. Probability values less than 0.05 level were considered to be statistically significant. **Results:** According to the Pearson's correlation coefficients, the TGS and the TGS/Wt. of boys were significantly correlated with the 100-m ($p=0.003$, $p=0.002$). As for girls, the TGS and the TGS/Wt. were also significantly correlated with the 100-m ($p=0.007$, $p=0.014$). **Conclusion:** Based on the results, it can be concluded that the strength of foot and ankle muscles may affect the 100-meter sprint time of elementary school age track and field athletes.

キーワード：小学陸上競技選手，足趾把持筋力，100m走記録

Keywords : elementary school age track and field athletes, toe grip strength, 100-meter sprint time

目的

下肢3関節の筋力やパワーが陸上競技選手における100m走記録などのスプリントパフォーマンスに及ぼす影響を検討した研究はこれまで数多く行われてきており、特に膝関節や股関節の筋力やパワーの優劣は100m走記録に大きく影響するものと考えられている。

膝関節の筋力については、山本ら(1992)が100m走記録11秒台と10秒6以内のスプリンターにおける膝関節屈曲筋力は10秒6以内のグループの方が有意に高いこと、狩野ら(1997)が膝関節屈曲パワーと100m走記録との間に有意な相関関係がみられること、小林(1987, 1990)がオリンピック代表スプリンターと国内トップジュニアスプリンターの膝関節屈曲筋力はオリンピック代表スプリンターの方が相対的に大きいこと、Alexander(1989)がエリート短距離選手の膝関節伸展筋力と100m走記録に有意な負の相関関係が認められること、杉田ら(1994)が国内一流女子スプリンターの膝関節等尺性・短縮性・伸張性筋力と100m走記録に高い相関関係がみられることを報告している。

足趾把持筋力は100m走記録に影響するか—小学陸上競技選手に着目して— (仲田・濱口・中西・大槻)

また、股関節の筋力については、Alexander (1989) がスプリントパフォーマンスと股関節屈曲・伸展筋力に有意な相関関係があること、van Ingen Schenau et al. (1994) がスプリントにおいて脚を素速く前後に動かすための股関節屈曲・伸展筋力が最高速度を決定する要因であること、渡邊ら (2000) が男子スプリンターにおいて等速性股関節屈曲・伸展筋力と疾走速度に有意な相関関係があることを報告している。

さらに、足関節の筋力については、Alexander (1989) がエリート短距離選手において足関節の背屈筋力と100m走記録の間に有意な相関関係が認められること、Weyand et al. (2000) が足底屈力の大きさを反映する鉛直地面反力の大きさが最大疾走速度に寄与すること、Bezodis et al. (2008) が足底屈筋はスプリントにおいて最高速度を獲得するための重要な役割を果たすことを報告している。

一方、足部における足趾把持筋力については、福本ら (2010)、関ら (2014)、山田・須藤 (2015)、鹿内ら (2017)、山田ら (2017)、日置ら (2020) などが、足趾把持筋力と疾走能力に有意な相関関係がみられることを報告している。しかしながら、それらの多くは一般の幼児あるいは児童を対象に、足趾筋力と25mや50mなどの比較的短い距離での疾走能力の関係を検討したものであり、我々が渉猟した限り、少年・少女スポーツ選手を対象に、足趾把持筋力と陸上競技種目である100mにおける疾走能力の関係を検討した研究は見当たらない。そこで、本研究では男女小学陸上競技選手を対象に、足趾把持筋力と100m走記録の関係を検討することを目的とした。

対象および方法

1. 対象

民間の陸上競技クラブに所属し、下肢に整形外科的疾患や疼痛などの既往がなく、足趾や足関節に関節可動域制限のない小学陸上競技選手24名 (小学5年生男子13名, Boys

Table 1. Characteristics of each group

	Boys group, n=13	Girls group, n=11
Age, yrs.	10.2 ± 0.4	9.6 ± 0.5
Body height, cm	141.7 ± 5.4	133.0 ± 6.1
Body weight, kg	36.6 ± 5.3	29.7 ± 5.1
Length of athletic career, yrs.	2.0 ± 1.0	1.8 ± 1.1
Age at first competition, yrs.	9.0 ± 0.9	8.3 ± 1.0

Table 2. Typical workout program during competitive period

One workout time	Around 90minutes per once
Workout frequency	Three times at a week (Monday, Wednesday, Friday)
Workout program	<ol style="list-style-type: none"> 1. Warm-up 2. Walking swings with hummer (1-4kg), 4reps. × 20-m 3. Walking Leg lunges, 2reps. × 20-m 4. Core strengthening (4-exercise), 1set × 20reps. 5. Squat snatch (the bar, approximately 0.5kg) , 1set × 10reps. 6. High knee lifts, 3sets × 20reps. 7. Wind sprints, 4reps. × 100-120-m 8. Start dash, 4reps. × 50-m 9. Sprints, 100-200-m/ Sprints relays, 400-m/ Long jump/ High jump/ Hurdles/ Javelic throw 10. Cool-down

Abbreviations: Warm-up, light jog and dynamic stretching;
 Wind sprints, running at subjective effort of 70%;
 Start dash, start sprinting from a crouched or standing start;
 Cool down, light jog and static stretching

Table 3. Typical workout program during preparatory period

One workout time	Around 90minutes per once
Workout frequency	Two times at a week (Monday, Thursday)
Workout program	<ol style="list-style-type: none"> 1. Walking swings with hummer (1-4kg) , 4reps. × 20-m 2. Walking Leg lunges, 2reps. × 20-m 3. Core strengthening, 4reps. × 20reps. 4. Squat snatch (the bar, approximately 0.5kg), 1set × 10reps. 5. High knee lifts, 3sets × 20reps. 6. Jumping ropes, double unders, 1set × 50reps./ single unders, 1set × 150reps. 7. Light jogging, 2-km 8. Dynamic stretching 9. Burpees, 2sets × 10reps. 10. Sprint drills 11. Wind sprints, 4reps. × 100-120-m 12. Sprint relays, 4-6reps. × 80-120-m/ Circuit training (4-6-exercise) , 3-5sets × 3-round / Relays while jumping ropes, 3sets × 4reps. × 20-40-m 13. Partners wheelbarrow walks, 1set × 20-m 14. Cool-down

Abbreviations: Wind sprints, running at subjective effort of 70%;
 Cool down, light jog and static stretching

足趾把持筋力は100m走記録に影響するか—小学陸上競技選手に着目して—（仲田・濱口・中西・大槻）

groupおよび小学4年生女子11名, Girls group) を対象とした。Table 1には各群における年齢, 身長, 体重, 競技歴, 競技開始年齢, Table 2およびTable 3にはすべての対象の試合期および鍛錬期の主な練習内容, Table 4には年間における練習の期分けを示した。

本研究は大阪産業大学倫理審査委員会の承認（2020-人倫-03）を受けた後, ヘルシンキ宣言の趣旨に則り, 対象, 保護者, およびクラブの指導者には, 本研究の目的, 方法, および倫理的配慮等に関する説明を十分に行い, 書面により本研究参加への承諾を得た。

Table 4. Annual workout period

Months	Periods	Duration
March	competitive period	33-34weeks
April		
May		
Jun		
July		
August		
September		
October		
Novenber		
December		
January		
February		
March		

2. 足趾把持筋力

足趾把持筋力 (TGS) の測定は, 竹井機器工業社製の足指筋力測定器 II (TKK3364) を用いて測定した。測定時には, 本測定器の把持バーを対象の第1中足趾節関節に合うように調節した。測定肢位は端座位で体幹垂直位に保持し, 体幹は椅子にもたれないよう指

示し、両腕を胸の前で組ませ、股関節および膝関節を屈曲90度位に保ち測定を行った。その後、足趾把持の発揮に慣れさせるため、左右1回ずつ練習を行い、練習後すぐに左右2回ずつ測定し、左右最大値の平均値を測定値とした（露口ら，2018）。また、TGSは体重との関連性が報告されていることから（村田・忽那，2003；関ら，2014），TGSを体重で補正したTGS体重比（TGS/Wt., %）も算出した。なお、本測定機器は信頼性を確保するために、事前に校正検査を受けたものであった。

本測定機器における有用性や信頼性は、若年者から高齢者を対象とした研究において証明されている（Uritani et al., 2014, 2015）。また、本測定器における級内相関係数は、成人を対象とした研究で0.97（Uchitani et al., 2012），幼児を対象とした研究で0.846～0.909（日置ら，2020）であることが示されている。さらに、Tsuyuguchi et al. (2017) は、本測定器を用いて検出できる最小変化が0.95kgであることを報告している。

3. 100m走記録

100m走記録（100-m）は、日本陸上競技連盟が主催または共催する競技会において、公認された記録とした。なお、100-mはTGS測定前の約1ヶ月以内の公認された記録の中で、最も良い記録を採用した。

4. 統計処理

測定値はすべて平均値±標準偏差で表した。各連続変数の正規性の有無をシャピロ-ウィルク検定を用いて確認した後、TGSの再テスト信頼性を判断するため、級内相関係数の1つであるICC（1, 1）を算出した。なお、ICCは0.75以上をexcellent, 0.4以上0.75未満をmoderate, および0.4未満をpoorとした（Matthews et al, 2017）。また、TGSと100-mの関係は、ピアソンの積率相関係数を用いて相関性の有無を検討した。いずれの統計処理も有意水準は危険率5%未満とした。TGSと100-mの相関関係の強さを示す効果量（ES）は相関係数（r）を指標とし（Field, 2005），ESの目安はrが0.10をsmall, 0.30をmedium, 0.50をlargeと判断した（Cohen, 1988）。すべての統計分析は、The R Foundation for Statistics Computing（Wein, Austria）のグラフィカルユーザーインターフェイスであるEZR（自治医科大学，埼玉医療センター）を用いて実行した（神田，2012；Kanda, 2013）。

足趾把持筋力は100m走記録に影響するか—小学陸上競技選手に着目して— (仲田・濱口・中西・大槻)

結果

1. TGS

左右2試行間におけるICC(1,1)は、左足0.879、右足0.891であり、再テスト信頼性はexcellentと判断した。TGSはBoys groupが 15.2 ± 3.1 kg、Girls groupが 10.4 ± 3.1 kg、TGS/Wt.はBoys groupが $42.9 \pm 11.9\%$ 、Girls groupが $34.9 \pm 7.1\%$ であった (Table 5)。

Table 5. Toe grip strength and toe grip strength/ body weight in each group

	Boys group, n=13	Girls group, n=11
TGS, kg	15.2 ± 3.1	10.4 ± 3.1
TGS/Wt., %	42.9 ± 11.9	34.9 ± 7.1

mean \pm standard deviation

Abbreviations: TGS, toe grip strength; TGS/Wt., TGS-to-weight ratio

2. 100-m

100-mはBoys groupが 16.43 ± 1.3 sec., Girls groupが 18.16 ± 1.9 sec.であった (Table 6)。

Table 6. 100-meter sprint race record in each group

	Boys group, n=13	Girls group, n=11
100-m, sec.	16.43 ± 1.3	18.16 ± 1.9

mean \pm standard deviation

Abbreviations: 100-m, 100-meter sprint race record in track and field competitions

3. TGSと100-mの関係

(1) TGSと100-mの関係

TGSと100-mにおける相関性の有無を検討したところ、Boys groupおよびGirls groupにそれぞれ有意な相関関係が認められた ($p=0.003$, $p=0.007$; Figure 1, 2)。また、 r はBoys groupが 0.761 、Girls groupが 0.754 であり、ESはそれぞれlargeと判断した (Figure 1, 2)。

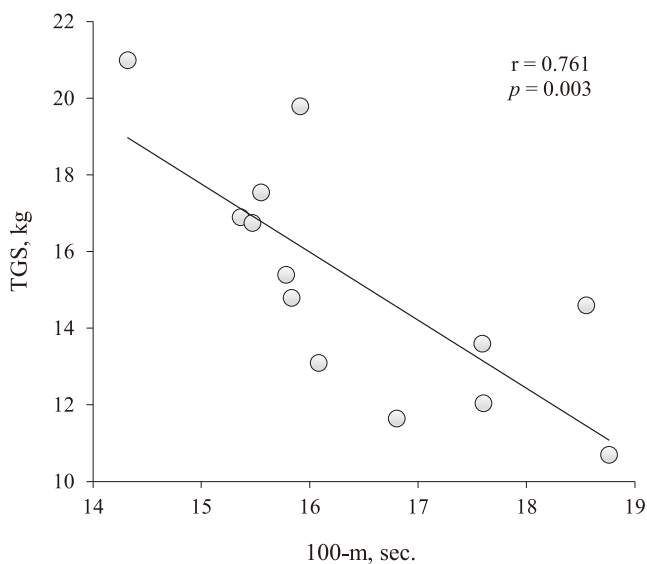


Figure 1. Relationship between TGS and 100-m in boys group

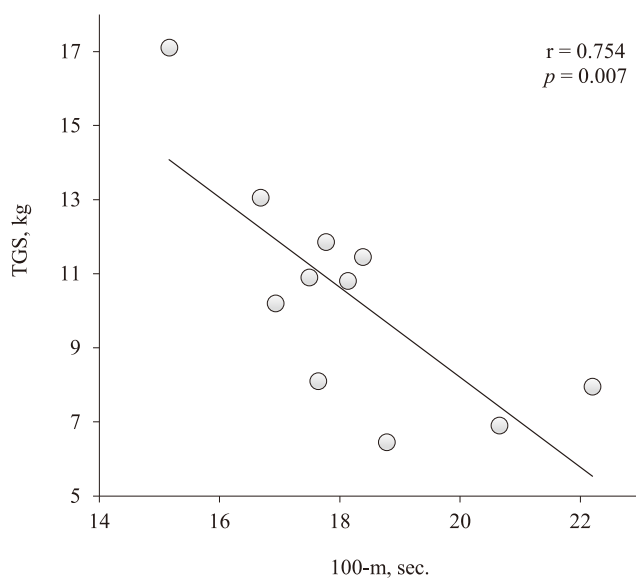


Figure 2. Relationship between TGS and 100-m in girls group

(2) TGS/Wt.と100-mの関係

TGS/Wt.と100-mにおける相関性の有無を検討したところ、Boys groupおよびGirls groupにそれぞれ有意な相関関係が認められた ($p=0.002$, $p=0.014$; Figure 3, 4)。また、

足趾把持筋力は100m走記録に影響するか—小学陸上競技選手に着目して— (仲田・濱口・中西・大槻)

rはBoys groupが0.765, Girls groupが0.713であり, ESはそれぞれlargeと判断した (Figure 3, 4)。

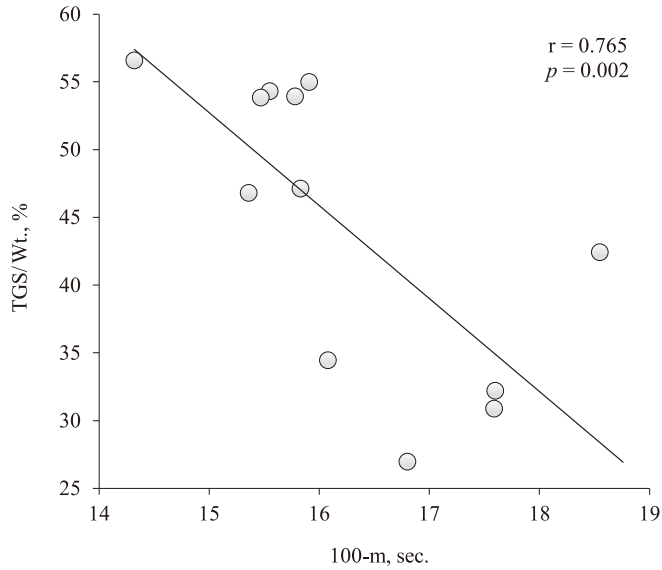


Figure 3. Relationship between TGS/Wt. and 100-m in boys group

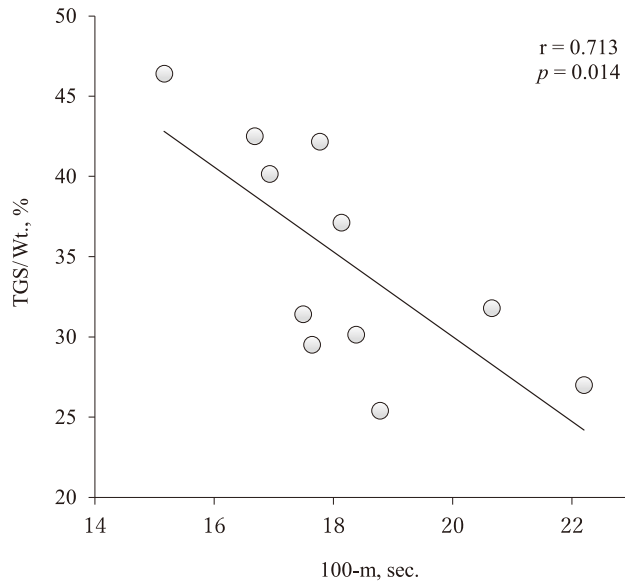


Figure 4. Relationship between TGS/Wt. and 100-m in girls group

考察

足趾把持筋力とは、足趾および足底で地面を掴む力であり、短母趾屈筋、長母趾屈筋、虫様筋、短趾屈筋、長趾屈筋などの作用により起こる複合運動とされている（村田・忽那、2004）。また、足趾把持筋力は、静止立位および前傾姿勢の安定性（藤原ら、1982）、片脚立位の安定性（山口ら、1989）、歩行時の歩幅（橋本ら、2000）や速度（相馬ら、2012；大杉ら、2014）、転倒（露口ら、2018）、転倒予防（木藤ら、2001）に関連することが報告されている。

足趾把持筋力と体力・運動能力の関係についても、これまで幼児から成人まで幅広い研究が報告されている。とりわけ、足趾把持筋力と疾走能力の関係については、山田ら（2017）が園児38名を対象にした研究において、足趾把持筋力と25m走速度に有意な相関関係を認めている。日置ら（2020）も園児50名を対象にした研究において、足趾把持筋力と25m走（Tスコア）との間に有意な相関関係を認めている。また、小学生（1～6年生440名）を対象とした研究では、関ら（2014）が足趾把持筋力と50m走記録に有意な相関関係を認めている。さらに、大学生（体育学生101名）を対象とした研究では、山田・須藤（2015）が裸足および靴での50m走の疾走速度と足趾把持筋力との間に有意な相関関係を認めている。

足趾把持筋力が疾走能力に影響する理由として、村上ら（2008）は足趾把持筋力を構成する筋群に含まれる長母趾屈筋や長趾屈筋が、走行動作になると遊脚期の始めのころまで筋活動が延長し、それらの筋力が走行時の蹴り出しに関与することを示している。また、山田・須藤（2015）も歩行動作と同様に走動作においても、やはり足趾把持筋力が蹴りだし時の前進推進力の役割を果たしていることや、足趾把持筋力が歩行動作や走動作の重心移動の安定に重要であることを示している。さらに、疾走中における足部や足関節は、剛性を高めることにより、エネルギーロスを最小限にしていること（Stefanyshyn & Nigg, 1998）や、連続リバウンドジャンプ時における下肢の剛性は、足関節の剛性に大きく依存すること（Farley & Morgenroth, 1999）から、足部の剛性も疾走能力に影響している可能性が示唆され、湯浅ら（2019）は足趾筋力を増強させることで、足部のトラス構造を介し、足部の剛性を高められるとしている。本研究において足趾把持筋力と100m走記録に、Boys groupおよびGirls groupともに有意な相関関係が認められたことは、上記の先行研究で示唆された同様の機序、つまり、足趾把持筋力が走動作の前進推進力や重心移動の安定性に影響を及ぼすこと、また足趾把持筋力が走能力に影響する足部剛性に関係すること、などの要因が100mという比較的長いスプリントにおいても働く可能性が推察された。

足趾把持筋力は100m走記録に影響するか—小学陸上競技選手に着目して— (仲田・濱口・中西・大槻)

一方、目的でも述べたように、エリート短距離選手においては足関節の背屈筋力と100m走記録の間に有意な相関関係が認められること (Alexander, 1989), また足底屈力の大きさが反映される鉛直地面反力の大きさが最大疾走速度に寄与すること (Weyand et al., 2000), さらには足底屈筋がスプリントにおいて最高速度を獲得するための重要な役割を果たすこと (Bezodis et al., 2008) などが報告されていることから、今後は疾走能力に影響を及ぼす因子として、足部や足関節筋群の筋力も含めて検討すること、またそれら筋群の筋力を増強させるための新たなトレーニング方法の開発を検討することが望まれる。

研究の限界

本研究では、小学陸上競技選手における足趾把持筋力と100m走記録に有意な相関関係が認められ、足趾把持筋力の優劣は100m走記録に影響する可能性が示唆された。しかしながら、対象がある地域の1つのクラブにとどまっていること、小学5年生男子および小学4年生女子に限定されること、両群とも対象数が十分とは言えないことなどが、本研究の限界として挙げられる。

結語

本研究では民間の陸上競技クラブに所属している小学陸上競技選手24名 (小学5年生男子13名および小学4年生女子11名) を対象に、足趾把持筋力と100m走記録の関係を検討したところ、足趾把持筋力と100m走記録には、男子および女子ともに有意な相関関係が認められ、小学陸上競技選手における足部や足関節筋群などの筋力が100m走記録に影響する可能性が示唆された。

利益相反

本研究において開示すべき利益相反はない。

参考文献

- Alexander, M. J. L. (1989) The relationship between muscle strength and sprint kinematics in elite sprinters. *Can. J. Sports Sci.*, 14, 148-157.
- Bezodis, IN., Kerwin, DG., and Salo, AI. (2008) Lower-limb mechanics during the support phase of maximum-velocity sprint running. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40, 707-715.

- Cohen, J. (1988) *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.), Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Publishers.
- Farley, CT. and Morgenroth, DC. (1999) Leg stiffness primarily depends on ankle stiffness during human hopping. *J. Biomech.*, 32, 267-273, doi: 10.1016/S0021-9290 (98) 00170-5.
- Field, A. (2005) *Discovering statistics using SPSS* (2nd ed.). London: Sage Publications Ltd.
- 福本貴彦, 前岡 浩, 瓜谷大輔, 岡田洋平, 松本大輔 (2010) 小学生の足指握力と身体機能の関係. *理学療法学*, 38 (2), OF 1-004.
- 藤原勝夫, 池上晴夫, 岡田守彦, 小山吉明 (1982) 立位姿勢の安定性における年齢および下肢筋力の関与. *人類学雑誌*, 90 (4), 358-399.
- 橋本貴幸, 林 典雄, 鶴飼建志, 大嶽昇弘, 長谷部武久, 堀 信宏, 山田みゆき (2000) 足部内在屈筋力が歩幅に及ぼす影響について. *理学療法学*, 27 (2), 336.
- 日置佑輔, 春日晃章, 坂本拓巳, 野末拓夢, 小島莉緒, 木村夏佳, 浅川正堂, 上田真也, 林 陵平 (2020) 足趾把持力計を幼児に用いた場合の妥当性, 信頼性および客観性の検討. *岐阜大学教育学部研究報告 自然科学*, 44, 75-80.
- 神田善伸 (2012) 統計ソフトEZR, 自治医科大学 埼玉医療センター,
<http://www.jichi.ac.jp/saitama-sct/SaitamaHP.files/statmed.html> (参照2020-10-20).
- Kanda, Y. (2013) Investigation of the freely available easy-to-use software “EZ R” (Easy R) for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*, 48, 452-458.
- 狩野 豊, 高橋英幸, 森丘保典, 秋間 広, 宮下 憲, 久野譜也, 勝田 茂 (1997) スプリンターにおける内転筋群の形態的特性とスプリント能力の関係. *体育学研究*, 41 (5), 352-359.
- 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の効果. *理学療法学*, 28 (7), 313-319.
- 小林寛道 (1987) ジュニア陸上競技選手の体力特性. *Jpn. J. Sports Sci.*, 6, 725-733.
- 小林寛道 (1990) *走る科学*, 大修館書店, 東京, 136-141.
- Matthews, B., Wilkinson, M., McEwen, P., Hazratwala, K., Doma, K., Manoharan, V., Bahoo, Z., and McEwen, S. (2017) In Vivo Arthroscopic Temperatures: A Comparison Between 2 Types of Radiofrequency Ablation Systems in Arthroscopic Anterior Cruciate Ligament Reconstruction-A Randomized Controlled Trial. *Arthroscopy*, 33, 165-172.
- 村上茂雄, 森田正治, 清水和代 (2008) 足部内在筋と外在筋の機能. *柳川リハビリテーション学院・福岡国際医療福祉学院紀要*, 4, 61-64.
- 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.

足趾把持筋力は100m走記録に影響するか—小学陸上競技選手に着目して— (仲田・濱口・中西・大槻)

- 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.
- 大杉紘徳, 村田 伸, 堀江 淳, 宮崎純弥, 大田尾 浩, 久保温子, 八谷瑞紀, 溝田勝彦, 岩瀬弘明 (2014) 地域在住高齢者の各種歩行パラメータに関連する要因分析. ヘルスプロモーション理学療法研究, 4 (1), 31-35.
- 鹿内和也, 尾田 敦, 石川大瑛, 川口陽亮, 吉田深咲, 横山寛子, 前田健太郎, 浦本史也, 伊藤亮太, 藤林直樹 (2017) 小学生の50m走のタイムとアーチ高率, 足趾把持力の関連. 東北理学療法学, 29, 64-68.
- 杉田正明, 安部 孝, 八田秀雄, 川上泰雄, 小林寛道 (1994) 一流女子短距離選手の体力特性とパフォーマンス. 体育学紀要 (東京大学教養学部体育研究室), 28, 37-44.
- 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. 地域学論集, 10 (3), 135-144.
- 相馬正之, 五十嵐健文, 工藤 渉, 中江秀幸, 安彦鉄平 (2012) 若年者における足指把持力と歩行能力の関係について. 東北理学療法学, 24, 54-58.
- Stefanyshyn, DJ. and Nigg, BM. (1998) Dynamic angular stiffness of the ankle joint during running and sprinting. J. Appl. Biomech., 14, 292-299.
- 露口亮太, 黒瀬聖司, 田頭悟志, 濱口幹太, 新野弘美, 瀬戸孝幸, 堤 博美, 大槻伸吾, 木村 穰 (2018) Fall Risk Indexを用いた高齢者の転倒スコアと足趾把持筋力の関係. 日本臨床スポーツ医学会誌, 26 (1), 27-32.
- Tsuyuguchi, R., Kurose, S., Seto, T., Takao, N., Tagashira, S., Tsutsumi, H., Otsuki, S., and Kimura, Y. (2017) Toe grip strength in middle-aged individuals as a risk factor for falls. J. Sports Med. Phys. Fitness, 58 (9), 1325-1330, doi: 10.23736/S0022-4707.17.07473-4.
- Uritani, D., Fukumoto, T., Matsumoto, D., and Shima, M. (2014) Reference values for toe grip strength among Japanese adults aged 20 to 79 years: a cross-sectional study. J. Foot Ankle Res., 7 (1), doi: 10.1186/1757-1146-7-28.
- Uritani, D., Fukumoto, T., Matsumoto, D., and Shima, M. (2015) Associations between toe grip strength and hallux valgus, toe curl ability, and foot arch height in Japanese adults aged 20 to 79 years: a cross-sectional study. J. Foot Ankle Res., 8 (1), doi: 10.1186/s13047-015-0076-7.
- van Ingen Schenau, GJ., de Koning, JJ., and de Groot, G. (1994) Optimization of sprinting performance in running, cycling and speed skating. Sports Med., 17, 259-275.
- 渡邊信晃, 榎本好孝, 大山圭悟, 狩野 豊, 安井年文, 宮下 憲, 久野譜也, 勝田 茂 (2000) スプ

- リンターの股関節筋力とスプリント走パフォーマンスとの関係. 体育学研究, 45 (4), 520-529.
- Weyand, P.G., Sternlight, D.B., Bellizzi, M.J., and Wright, S. (2000) Faster top running speeds are achieved with greater ground forces not more rapid leg movements. *J. Appl. Physiol.*, 89, 1991-1999.
- 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.
- 山田悟史, 館 俊樹, 木村憂子 (2017) 幼児の25m走における足指筋力の影響. *環境と経営*, 23 (2), 65-69.
- 山口光国, 入谷 誠, 大野範夫, 永井 聡, 山嵜 勉, 福井 勉 (1989) 片脚起立時での足趾屈筋群の役割について. *理学療法のための運動生理*, 4 (2), 65-69.
- 山本利春, 山本正嘉, 金久博昭 (1992) 陸上競技における一流および二流選手の下肢筋出力の比較 - 100m走・走幅跳・三段跳選手を対象として -. *Japanese Journal of Sports Sciences*, 11, 72-76.
- 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.