

小学生を対象としたスポーツ障害予防のための身体機能評価の実践的研究

研究代表者名 山下 和彦

目 次

要約	1
1. はじめに	2
2. 足部の発達過程と発生する課題	3
3. 子どもの下肢筋力を計測・評価するための足指力計測器と膝間力計測器の開発	4
4. 実験方法	
4.1 対象者	5
4.2 計測と観察方法	5
4.3 統計解析	6
5. 結果	
5.1 子どもの下肢筋力の計測結果	7
5.2 小学生の足部の観察による外反母趾の発生状況	9
5.3 子どもの足部の観察からわかる現状	9
5.4 幼稚園児(保護者・指導者)への足部ケアと運動指導の介入効果	11
6. 考察	
6.1 子どものスポーツ障害予防の背景因子	12
6.2 子どもの下肢筋力の発達と足部の形状の問題の発生	12
6.3 足部のケアと運動による介入効果の考察	13
7. まとめ	14
謝辞	14
参考文献	15

要約

子どもの身体機能の発達支援が求められる。特に、子どものスポーツ障害やスポーツのパフォーマンスには下肢筋力や足部の形態的な状態が関係するため定量的かつ定期的な評価と観察が必要である。そこで本研究では、下肢筋力を計測するための計測機器を開発した。本装置を用いて、子どもの下肢筋力と外反母趾などの足部の形態的観察を行った。

対象者は、3歳から12歳までの1726名である。計測は、本研究で開発した足指力、膝間力、および足圧分布である。さらに足部の骨格形状の観察とアンケートを実施した。5歳児の208名については足部のケアと運動指導による介入を実施し、下肢筋力と足圧分布への影響を調べた。

その結果、3～12歳までの足指力と膝間力の平均値および20パーセンタイルが明らかになった。各年齢での発達の様子が具体的に分かったことで、下肢筋力の発達過程が推察された。すなわち、小学生の男子の身長や体重などの体格の増加が大きかったのは9歳であり、足指力などの筋力の向上が著しかったのも9歳であった。

一方、女子は10歳ごろ身長や体重の増加が大きいのに対し、足指力などの筋力の向上が著しかったのは12歳であった。さらに、足部の形状の観察から外反母趾が発生しつつある年齢は10歳であることがわかった。すなわち、足部の問題の発生時期よりも下肢筋力の発達が遅いことが要因であることが示唆された。以上より、下肢筋力と足部の変形は密接に関係することから、下肢筋力にアプローチすべき年齢が見えてきた。

そこで、9歳より前の5歳に着目し介入を行ったところ、足部のケアと運動を指導することで足指力は1.2～1.3倍、膝間力は1.1～1.2倍有意に向上することがわかり、足圧分布が発達(改善)することがわかった。

以上の結果より、下肢筋力と足圧分布を定量的に計測、評価することが足部の問題の予防やスポーツ障害予防に有効であることが示唆された。

1. はじめに

日本のトップレベルのスポーツ水準は向上しているが、肥満で慢性疾患が心配される子どもが存在するなど、身体機能の格差が大きい現実が課題として挙げられる。子どもの体格は昭和 60 年と比べ向上傾向にあるが、体力や運動能力は低下傾向にあると指摘されている^[1]。子どもの体格や運動能力は、年 1 回の身体検査で身長等が調べられ、体力テストで 50m 走や握力等が調べられる。幼稚園児については体格の調査は行われているが、運動能力についてはほとんど調べられていない。そのため発達に関する一貫した評価項目がなく、子どもの発達過程に対する検討は十分ではない。

さらに体格調査により、身長などからホルモン異常や低栄養などの推定はある程度可能^[2]であるが、足部や足底部の筋骨格系の発達や運動機能の詳細な評価は難しい。歩く、走る、跳ぶなどの移動・バランス能力が求められる要素には、足部が大きく関与している。さらに筋骨格系に対する発達という観点から、幼少期のヒトの骨格は軟骨成分で構成されており、成長に伴って骨化が進み 20 歳頃までに骨化が完成する^[3]。すなわち、発達過程の子どもの足部は軟骨で構成され、筋力や骨格系の発達に伴って、足裏のアーチ（前足部アーチ、縦アーチ等）の機能も向上する^[4]。骨化を円滑に進めるには、足部に機械的刺激（運動）と栄養の 2 つの要素が必要とされる。解剖学的見地からは、足関節以下を構成する骨は片足 26～28 個であり、複雑な構造体を形成していることがわかっている^[5]。さらに、足底部を構成する関節面は、遺伝や本人の持つ特性の影響を強く受ける。そして、足部の骨格形状を支える筋、靱帯、筋機能が十分に発達しなければ、外反母趾等を誘発する要因の 1 つとなると考えられる^[6]。

さらに姿勢制御システムに関する発達の観点からは、視覚、前庭系、体性感覚は 3 歳から 15 歳にかけて幅広く発達するが、発達過程の詳細について一定の見解は得られておらず、姿勢制御システムにおける発達障害の評価についても十分な知見が得られていない^[7,8]。

子どもの足部の形態的な課題として、佐藤らは 13 歳の中学生において、足部の中足骨と足拇指の指骨の角度が 30 度以上曲がっている外反母趾の男子は 6.6%、女子は 8.7%であり、20 度以上曲がっている外反母趾リスク群は男子 46.7%、女子 55.5%であると報告した^[6]。外反母趾は経過が進むと、対症療法や手術などの外科的療法しかないため、予防が重要である。外反母趾を含む足部の形態的な課題の要因として、足底部の関節面の構造、発達過程の足部の変化、および筋力や筋骨格系の未発達、靴などの外的因子、スポーツなどが挙げられる。すなわち、足部の筋骨格の構造的、下肢筋力や姿勢制御能などの機能的な発達過程に関して、体力テストに加えて、3 歳から 12 歳にかけての一貫した評価指標に基づいた筋力や骨格形成の状況等を定量的に評価し、結果に基づいた適切な指導を行わなければ、円滑な成長を阻害し、身体作りという観点から将来の問題を引き起こすことは、容易に推察される。

足部の発達は筋力や歩行機能に密接に関与するが、幼少期の定量的なデータは乏しい。発達の評価は様々な項目に関係するが、上述したように日常生活に関係する身体機能の観点からは、下肢筋力、歩行機能、バランス機能を定量的に可視化することが重要であると考えられる。そこで本報告では、特に下肢筋力と足圧分布に着目した。下肢筋力の計測・評価については、定量的で簡便な装置を開発し、幼稚園児および小学生に対し、フィールドテストを実施するとともに、運動習慣等のアンケート調査を行い、下肢筋力からみた子どもの発達の評価を試みた。

2. 足部の発達過程と発生する課題

足裏には3つのアーチが存在する。つまり、①土踏まずを形成する縦アーチ、②踵と足第5中足骨頭でアーチを構成する外側アーチ、③拇指球と足第5中足骨頭でアーチを構成する横アーチ(前足部アーチ)である。人間の足部の骨格の発達過程は、幼少期は軟骨で構成され、20歳頃までに骨化が完了する^[3]。骨化が進展する過程と並行して、筋力の発達や骨格形成の進行が進み、足裏の3つのアーチの機能が構成される^[9]。足裏のアーチのような骨格形状を支えるのは筋や靱帯であり、筋機能が十分に発達しなければ扁平足や外反母趾等を誘発する要因の1つとなる^[6]。以上より、足部の筋骨格系の発達には幼稚園や小学校の時期へのアプローチが重要だと考えられる。

図1に健常な大学生の足圧分布の一例を示した。図1左は足指が地面に接地せず、さらに足底部の筋骨格形成が不十分であることがわかる。図1右は足裏を構成する3つのアーチが十分に形成されていないことがわかる。特に横アーチの中央部が極端に低下しており、強い荷重が認められる。この2名はすでに20歳を超えているため、発達過程における骨格形成は終了しており、足部の骨格形態が今後大きく改善する可能性は低いと考える。

図2に中高齢者の足部と足爪の様子を示した。図2の対象者は、地域で健常に活動している中高齢者であり、車いす利用者や寝たきりではない。図2左上は外反母趾であり、両足の拇指が捻じれており、足第2指に乗っていることが観察される。図2右上は足爪の変形と変色であり、外反母趾も認められる。図2下は踵部の外反である。踵部(距骨下関節)の外反(過回内)は歩行による衝撃吸収などに大きな影響を与えると同時に、膝部や腰部への負担を増加させる要因の1つとなる。

なお、図1, 2は本研究により計測・撮影したものである。これらの状態を予防するためには、幼少過程における筋骨格系の構造的発達や下肢筋力、姿勢制御能の機能的発達が必要であったと予測できる。

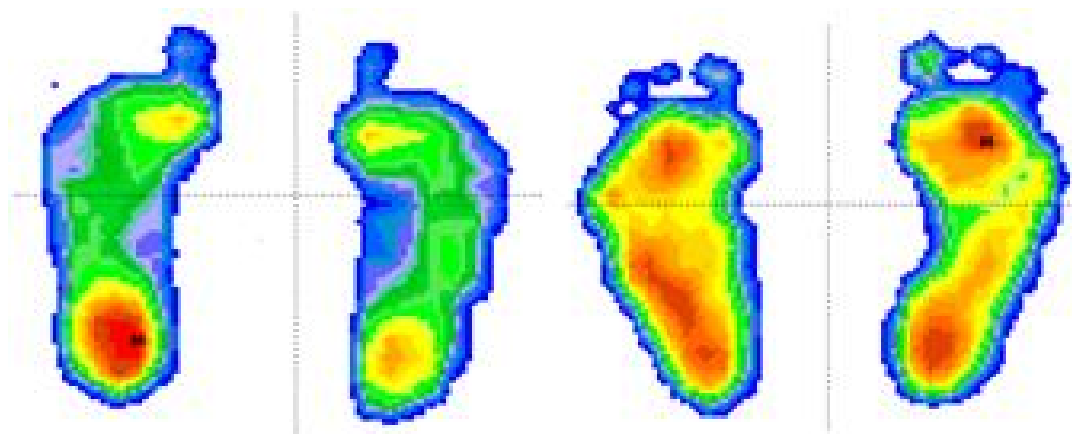


図1 健常な大学生の足圧分布の一例



図 2 中高齢者の足部と足爪の様子

3. 子どもの下肢筋力を計測・評価するための足指力計測器と膝間力計測器の開発

図 1, 2 のような状態を予防するには, 下肢筋力や筋骨格系の発達の状況を定量的かつ定期的に調べることが求められる. そのためには, 定量的で簡便な計測装置の開発が必要である. そこで, 本研究では, この考え方にに基づき計測機器や指標の開発を行った.

図 3 に子どもの下肢筋力を計測・評価するための足指力計測器, 図 4 に膝間力計測器を示した. 足指力計測器は, 小型であり, 足指を屈曲, 内外転させる計測方法から膝下の筋力を総合的に反映すると考えられる^[10]. 図 4 の膝間力計測器は等尺性膝伸展力と異なり, 直接的に股関節内転筋力を計測できるよう構成した. 膝間力計測器で評価している股関節内転筋力は, 日常生活動作に密接な股関節の屈筋として作用するとともに, 歩行中の骨盤の支持や階段の昇降にも関与すると考えられ, 骨盤の保持, バランス機能等に関係する^[11]. 身体機能の発達過程では, 単なる直線運動のみではなく, 複雑な歩行(走行)と姿勢制御が求められる運動能力の獲得も必要である. 股関節内転筋力は 10m 障害物歩行において歩行時間と膝間力と相関関係にあることが明らかであり, 子どもの総合的な姿勢制御能に関与する機能評価が可能である^[12].

足指力計測および膝間力計測にかかる時間は, 一人当たり 2 分程度であることから, 短時間に計測を完了できる. さらに, 電源を必要としない構造であり, 小型・軽量であることから, 持ち運びが可能であり, 健全な発達過程にある幼稚園児や小学生, あるいはスポーツ選手に対する大規模な計測・評価に適していると考えられる.

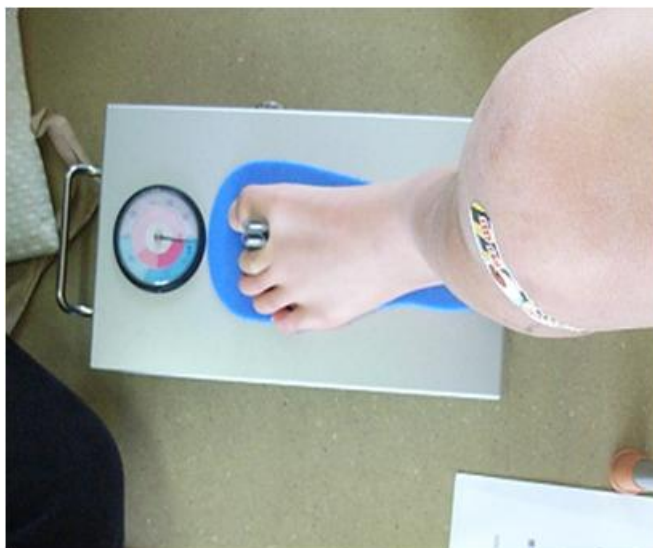


図 3 子どもの足指力計測の様子



図 4 子どもの膝間力計測の様子

4. 実験方法

4.1 対象者

本実験では小学生に特に着目しているが、小学校の発達過程の前段階である3歳から調査をした。まだ下肢筋力等の年齢ごとの基準値(評価指標)が明らかではないため、本実験では、基礎特性の調査と介入による下肢筋力等の改善効果について明らかにすることとした。

対象は、①基礎特性の調査のために、幼稚園児(3～6歳)が579人、小学生(6～12歳)が939人の1518名とした。さらに、②短期的な運動指導と足部のケアについての効果検証のために5歳児(208名)に介入を行った。したがって、本研究の対象者は幼稚園および小学生1726名である。

4.2 計測と観察方法

計測項目は、発達の評価という観点から、子どもの下肢筋力を足指力と膝間力を用いて調べた。そして足部の筋骨格系などを評価するために図5のように足圧分布を計測した。足指力の計測方法は、椅座位にて膝関節角度、および足関節角度が約90度になるよう椅子の高さ等を調節し、左右足ともに2回ずつ計測を行い、左右それぞれにつき、より大きい足指力の値を計測値として記録した。計測の際には、膝の位置を左右に動かさないこと、かかとを上げないこと、息を止めないことを指示した。

膝間力の計測方法は、椅座位にて膝関節角度、および足関節角度が約90度になるよう椅子の高さ等を調整し、やや浅めに椅子に座り、足幅は肩幅に取るよう指示した。そして、左右の膝関節内側に触れることができる骨、すなわち大腿骨内側顆部分に膝間力計測器の左右の接触部分が当たるよう調整した。計測は2回を行い、より大きい膝間力の値を計測値として記録した。計測の際には、足位置を動かさないこと、椅子などを手で持たないこと、息を止めないことを指示した。

図5の足圧分布計測は、開眼静止立位姿勢にて45秒間計測を行った。計測中は、約3m前方の目印を注視するよう指示した。計測のサンプリング周波数は20Hzである。

子どもの足部や足爪の外観を観察するため、写真撮影を行った。撮影方法は、前足部と足爪の状態を観察するために、前足部上方と前方から撮影を行った。さらに踵の形状を観察するため、踵の後方から撮影した。

②において、ある地域の5歳児については、保護者と担当教諭に日常的な足部のケア方法や運動方法の指導を行い、所属施設および家庭での介入を実施した。介入は3ヶ月間実施し、介入前後の計測を行った。

本実験は東京医療保健大学の倫理審査の承認を得て行った。さらに、実験フィールド先の幼稚園、小学校の同意を得るとともに、対象となる幼稚園児および小学生の保護者に同意を得た上で実施した。計測結果はすべての子ども(保護者)と所属する幼稚園と小学校にフィードバックした。

4.3 統計解析

解析にはSPSS バージョン 18を用いた。各計測値(身長、体重、足指力、膝間力)の解析は、一元配置分散分析の後、有意差が確認されたものをTukey BとDuncanを用いて多重解析を行った。介入による足指力、膝間力の変化は、関連のあるt検定を用いた。有意水準は危険率5%以下を有意差があると定義した。



図5 子どもの足圧分布計測の様子

5. 結果

5.1 子どもの下肢筋力の計測結果

表 1, 2 に 3～12 歳までの体格(身長, 体重)と下肢筋力の計測結果を性別に示した. 結果には平均と標準偏差を記載した. 表 1 より, 男子の幼稚園児について年齢が進むごとに身長は 3.5～5.9cm, 体重は 1.2～2.0kg 増加した. 身長, 体重ともに年齢群間に有意差が確認された. 小学生の男子は 1～6 年生までの学年が進むごとに 2.8～6.7cm の増加であり, 身長の増加が最も大きかったのは 9 歳の 6.7cm, 最も小さかったのは 12 歳の 2.8cm であった.

幼稚園児の足指力の右足は, 年齢が進むごとに 1.2～1.4 倍の増加が認められた(右足の足指力の年齢間の F 値:14.0, $p<0.01$). 右足の足指力における多重比較の結果, 4 歳と 5 歳間以外のすべての年齢間に有意差が確認された. 足指力の左足は, 年齢が進むごとに 1.3 倍の増加が認められた(F 値:14.1, $p<0.01$). 左足の足指力における多重比較の結果, 右足と同様に 4 歳と 5 歳間以外のすべての年齢間に有意差が確認された. 膝間力は学年が進むごとに 1.1～1.3 倍の変化が認められた(F 値:35.6, $p<0.01$). 膝間力の多重比較の結果, 3 歳から 4 歳を除くすべての年齢間で有意差が確認された.

小学生の男子の足指力の左右足は, 学年が進むごとに 1～1.4 倍の増加であった. 増加が最も著しかったのは左右ともに 8 歳から 9 歳の間であった. 膝間力は 1.1～1.5 倍の増加であり, 11 歳から 12 歳の間が最も大きな増加であった.

表 2 より, 幼稚園児の女子の身長は年齢が進むごとに 5.0～6.4cm, 体重は 1.5～2.4kg の増加であり, 身長, 体重ともに成長するにしたがって増加率が大きいことがわかった. 身長, 体重ともに年齢間に有意差が確認された. 足指力の右足は 1.0～1.4 倍の増加が認められた(F 値:7.4, $p<0.01$). 右足の足指力の多重比較の結果, 4 歳と 5 歳間を除くすべての年齢間に有意差が確認された. 足指力の左足は 1.1～1.4 倍の増加が認められた(F 値:7.1, $p<0.01$). 左足の足指力の多重比較の結果, 4 歳から 5 歳を除くすべての年齢間に有意差が確認された. 膝間力は 1.1～1.3 倍の増加が認められた(F 値:39.1, $p<0.01$). 膝間力の多重比較の結果, すべての年齢間で有意差が確認された.

小学生の女子の足指力は右足が 1.1～1.4 倍の増加であり, 左足は 1.0～1.4 倍の増加であった. 女子の足指力の増加が最も著しかったのは 11 歳から 12 歳の間であった. 膝間力は 1.1～1.5 倍の増加であった. 増加が最も著しかったのは 11 歳から 12 歳の間であった.

図 6～8 には小学生の下肢筋力の 20 パーセンタイルを示した. 図 6 より男子は足指力が 9 歳ごろから平均, 20 パーセンタイルともに増加するが, 12 歳になると平均と 20 パーセンタイルの差が大きくなるのがわかる. 図 7 の女子にも同様のことが当てはまり, 12 歳になると差が大きくなるのがわかる. さらに図 8 の膝間力の結果でも足指力と同様のことがわかった.

表 1 子どもの体格と筋力の変化（男子）

	身長[cm]	体重[kg]	足指力 (右)[kgf]	足指力 (左)[kgf]	膝間力 [kgf]
3歳	100.6±4.7	15.7±1.7	1.01±0.73	0.92±0.76	4.0±1.6
4歳	104.1±5.1	16.9±2.4	1.27±0.86	1.21±0.86	4.4±1.6
5歳	110.0±4.5	18.8±2.4	1.56±1.05	1.53±0.99	5.4±1.6
6歳	115.5±5.5	20.8±3.8	2.13±1.10	2.03±1.12	6.8±1.4
7歳	116.9±3.6	21.5±3.3	1.98±0.77	1.59±0.83	9.6±3.5
8歳	121.3±5.3	23.0±4.4	2.03±1.17	1.91±1.11	12.9±3.5
9歳	128.0±5.3	27.1±4.1	2.91±1.07	2.62±1.20	14.6±3.9
10歳	134.4±5.4	30.8±4.5	3.30±1.17	2.95±1.16	16.1±3.4
11歳	138.3±5.3	32.2±5.1	3.30±1.05	2.89±1.14	19.7±4.4
12歳	141.1±7.8	35.7±9.4	4.63±1.25	3.85±1.33	30.2±6.9

表 2 子どもの体格と筋力の変化（女子）

	身長[cm]	体重[kg]	足指力 (右)[kgf]	足指力 (左)[kgf]	膝間力 [kgf]
3歳	97.8±4.5	14.9±2.3	0.96±0.59	0.89±0.66	3.3±1.3
4歳	102.8±5.5	16.4±2.1	1.30±0.90	1.24±0.87	4.2±1.4
5歳	108.7±4.6	18.1±2.1	1.30±0.93	1.32±0.89	5.1±1.2
6歳	115.1±4.6	20.5±2.7	1.82±1.11	1.74±1.14	5.8±1.0
7歳	116.1±5.3	20.6±3.7	1.73±0.68	1.54±0.71	10.0±2.5
8歳	120.7±5.2	22.5±3.3	2.13±0.76	1.95±0.82	12.3±3.3
9歳	126.6±6.2	25.5±4.5	2.45±1.03	2.25±1.11	12.9±4.0
10歳	133.6±6.6	29.5±5.4	2.73±1.11	2.23±1.03	15.4±3.7
11歳	139.7±6.3	32.9±6.0	3.09±1.07	2.89±1.30	16.5±4.6
12歳	140.3±6.2	32.2±4.9	4.36±1.46	4.01±1.42	24.6±5.6

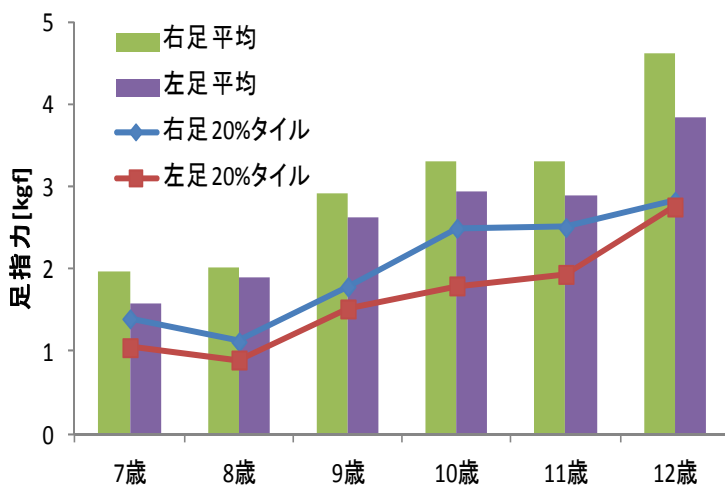


図 6 小学生(男子)の足指力の 20 パーセンタイル

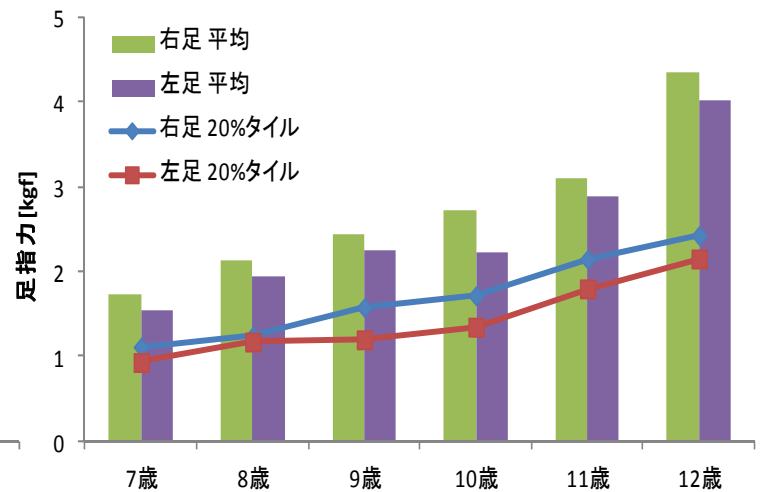
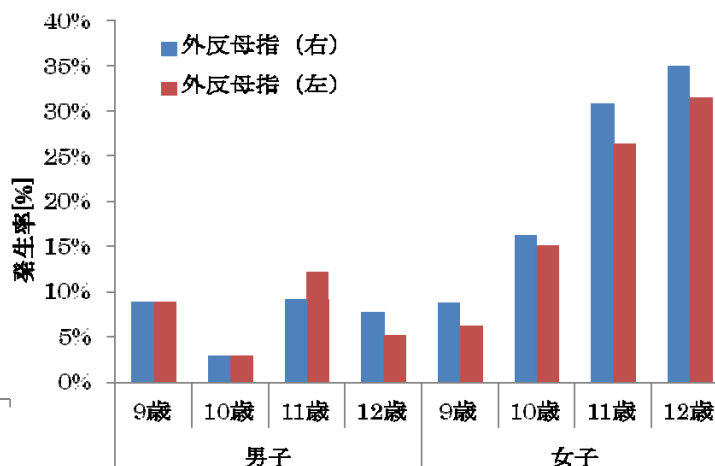
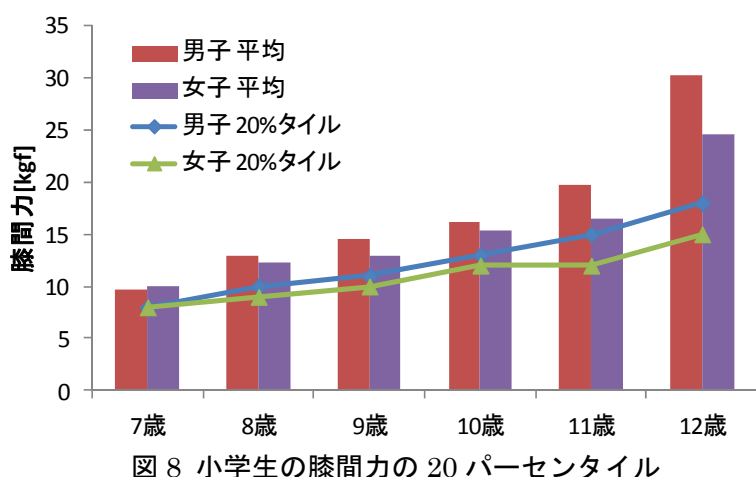


図 7 小学生(女子)の足指力の 20 パーセンタイル



5.2 小学生の足部の観察による外反母趾の発生状況

図 9 に小学生の外反母趾のリスク群を含む割合を示した。足部の骨格形成の発達の立場から、足根骨の骨化が進む 9 歳からの結果を示した。男子は 9～12 歳までで外反母趾の発生率が 10%以下であるのに対し、女子は、9 歳から 12 歳に向けて増加していることがわかる。特に 10 歳から 11 歳にかけて 11.4%増加していることがわかった。

5.3 子どもの足部の観察からわかる現状

幼稚園児から小学生の発達過程において、本研究により観察された課題と考えられる足部の様子を示す。図 10 に子どもの踵部(距骨下関節)の外反(過回内)の様子を示す。3 歳～12 歳にかけて多くの子どもに距骨下関節の過回内が観察された。図 10 のように、距骨下関節が重度に過回内している子どもを中心に、足底部の縦アーチの足部に舟状骨あるいは外脛骨が極端に触れられる例も見られた。その程度は様々であるが、重度と判断できるものも観察された。

図 11 は足第 2 指の浮き指の様子を示した。この一例は足第 2 指であるが、第 3 指にもこのような例が観察された。さらに、足第 3, 4, 5 指が内捻する例も多数観察された。

図 12 は小学生の外反母趾(リスク群を含む)と前足部の扁平化の外観を示した。図 9 に示したように女子の場合、10 歳を超える頃から急速に外反母趾の発生割合が増加することが明らかになりつつある。

図 13 は子どもの足爪の切り方の様子を示した。図 13 左は爪を深く切りすぎたために、足爪の前方部分が爪先端より盛り上がっていることがわかる。図 13 右は足爪の両端を深く切りすぎているために、足爪の両端が皮膚に食い込んでいる様子がわかる。

図 14 は 4, 5 歳の足圧分布の様子、図 15 は 10 歳の様子を示した。発達の観点からは 5 歳以下はまだ足根骨の骨化が進んでいないと考えられるため、図 14 のように足底部のアーチ構造や踵のはっきりとした区分が見られない。図 15 の 10 歳の例は中足部の地面への接地が見られず、足指も地面に接地せず浮いていることがわかる。



図 10 踵の外反の様子



図 11 足指の浮き指の様子



図 12 外反母趾と前足部の扁平化の様子



図 13 幼稚園児・小学生の爪の切り方の課題

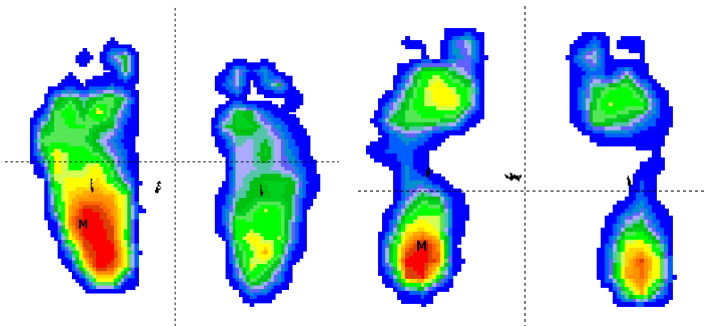


図 14 幼稚園児の足圧分布

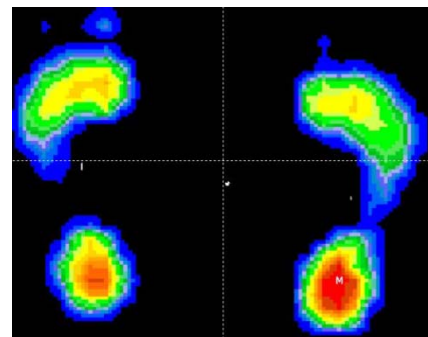


図 15 小学生の足圧分布

5.4 幼稚園児(保護者・指導者)への足部ケアと運動指導の介入効果

図 16, 17 に 5 歳児の保護者等への子どもの運動指導と足部のケアを指導したことによる足指力と膝間力の変化を示した。3 カ月の介入により、足指力について男子は左右ともに 1.3 倍、女子は 1.2～1.3 倍向上した。膝間力は 1.1～1.2 倍向上した。

図 18 に介入前後の足圧分布の変化の一例を示した。介入前の足圧分布は、中足部が地面に接地せず、足指も十分に接地していないのに対し、介入後は中足部が変化しているのがわかる。さらに足指も少しずつではあるが、地面に接地しつつあるのがわかる。

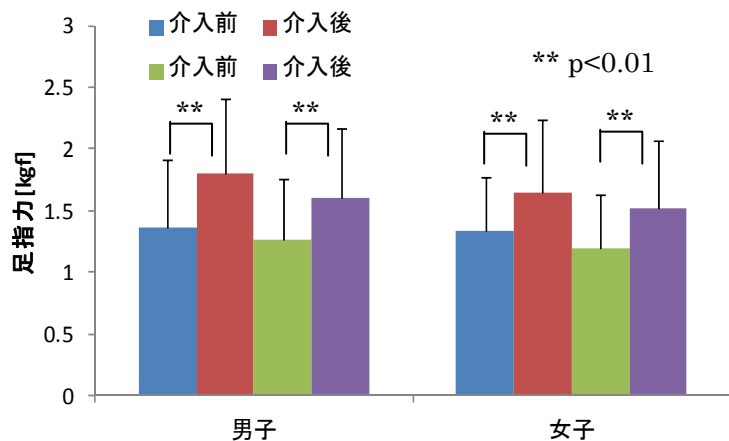


図 16 5 歳児における介入による足指力の変化

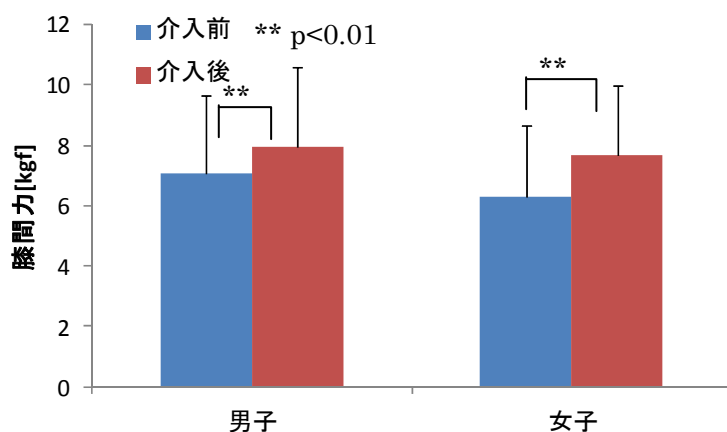


図 17 5 歳児における介入による膝間力の変化

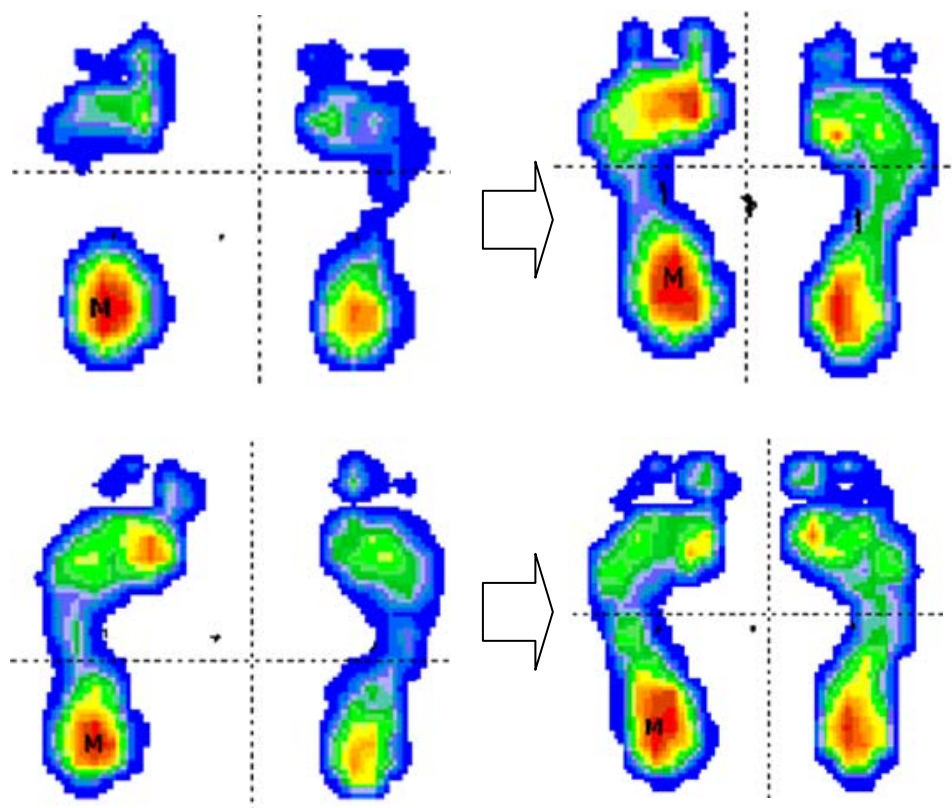


図 18 介入前後の足圧分布の変化 (左：介入前，右：介入後)

6. 考察

6.1 子どものスポーツ障害予防の背景因子

本研究では、足部の筋骨格系の発達という観点から、3歳から12歳までの下肢筋力、足底部の足圧分布を調べ、下肢筋力の発達の基準値、介入による効果検証を行った。さらに足部や足爪の観察から子どもに発生している課題を明らかにすることに取り組んだ。ジュニアのスポーツ選手の怪我や身体の不具合はゴールデンエイジと言われる10歳以降を中心に起こると考える。足部の疲労骨折であるJones骨折は小学生の高学年でも発生することが本研究のヒアリングでも明らかになった。慢性的な捻挫や痛み、疲労骨折は突発的なアクシデントから発生する以外に、足部の筋骨格系の特性や形状などの影響を受けると考える。さらに、3～6歳の時期は足裏の情報より姿勢制御や運動戦略を構築するための体性感覚が向上する発達プロセスにあたる^[8]。そのため子どもに発生する外傷などの怪我のみに着目するのではなく、その背景にある発生要因や身体機能に踏みこんで定量的な評価を行うことで、怪我の根本要因に到達できると考える。

幼児期における下肢筋力の未発達は、幼児に観察される扁平足の自然矯正につながらない要因の1つであると考えられる^[13]。扁平足が矯正されず、アーチ構造と筋力の未発達とともに骨密度が十分に高まらないことは歩行中や運動による足部への衝撃を十分に吸収できず、怪我、障害、足部の変形に高いリスクを負うことになると予測できる。そして、骨化の観点から、骨密度は小児期に著しく増加する^[14]。骨密度が低いことは、骨格形成が不十分になるとともに、高齢期の転倒骨折リスクを向上させる。

さらに、下肢筋力の発達が不十分で扁平足が改善しない子どもは、運動刺激による骨へのストレスレベルが低くなり、結果的に骨の発達に遅延が生じる可能性がある^[15]。そして、転びやすく下肢痛を訴える場合が多いという報告もある^[16]ことから、下肢筋力を定量的方法で評価し、介入の必要性を判定するための閾値を決めることは意義が大きいと考えられる。そのため、幼少期の足部の筋力の向上とアーチ構造の評価と支援はスポーツ障害予防や生涯の健康支援に密接に関係すると考えられる。

本研究で開発した子どもの下肢筋力を計測するための足指力計測器と膝間力計測器は短時間に簡便かつ定量的な計測が可能である。計測方法がわかりやすいため、子ども同士でも利用可能であり、専門家が必要ない。そのため、自分自身の下肢筋力の状態の理解や指導者との情報を共有することが容易である利点がある。実際に図16～18で実施した介入研究では、介入前の計測結果を子どもと保護者、運動の指導者と共有した。子どもたちも計測結果に高い関心を示し、モチベーションを向上させるツールに計測機器を有効に活用できた。その結果、実際に介入により下肢筋力の向上と足底部の筋骨格系の変化が観察された。このように計測装置の開発により、下肢筋力や足部の状態などを可視化することができた。

6.2 子どもの下肢筋力の発達と足部の形状の問題の発生

表1、図6の結果より、小学生の男子において身長、体重および足指力の増加が最も顕著であったのは9歳、膝間力は12歳であった。表2、図7の結果より、小学生の女子において身長と体重の増加が最も著しいのは10歳であり、足指力と膝間力の増加が著しいのは12歳であった。特に女子に着目すると、足指力の20パーセンタイルと平均値は9歳を超えることで拡大していることが明らかになった。つまり男子は、身長、体重、足指力の発達が同時期に進んでいくのに対し、女子は足指力の発達が遅いことがこの結果から明らかになった。さらに、図12は小学生の外反母趾と前足部の扁平化の外観のように、図9の女子の外反母趾は、10歳を超える頃から発生率が增大していることが明らかになった。本研究の対象者に対する履物に対するヒアリングの結果、女子は9～10歳のころからおしゃれな靴を履くようになることもわかってき

た. すなわち, 身長や体重が発達により増加し, さらにおしゃれな履物へと変化するものの一方で, 体重や靴などの外力を支持する足底部の筋力が未発達であることから, 外反母趾のリスク群が増加する可能性が示唆された.

図 6~8 の下肢筋力の 20 パーセンタイルの結果から, 年齢や体重などの体格の発達に伴い, 下肢筋力も向上することが期待されるが, 筋力の発達が不十分な子どもが存在することがわかった. 先行研究では, 身体活動(Physical activity)の様々な検討が行われている^[17]. その中では, 環境因子に起因するもの, 25m 走や立ち幅跳び, ソフトボール投げ, 反復横とびなど運動のパフォーマンスに関連する項目が調べられている. さらに, 子どもの体力の二極化は幼児期に出現するという報告もある^[18]. 本研究では, 走るなどの足部の機能自体に言及して評価することを試みた. 運動のパフォーマンスも重要であるが, それに加えて, パフォーマンスに関係する要素にも着目し, 子ども個人ごとに対するアプローチが重要であることが示唆された.

さらに小学生の踵の外反化, 足爪の不具合, 図 15 のような中足部が地面に接地しないことで, 足底部への荷重が十分に制御できていない可能性も推察される. 特に, 図 10 の子どもの距骨下関節の過回内は 3~12 歳にかけて多くの子どもに観察され, 重度な例も観察された. (図 2 には高齢者の一例を示したが) 距骨下関節の過回内は, 足底部アーチの未発達を誘発するとともに, 歩行や運動による膝や腰への負担が増大することが予測される. さらに距骨下関節の過回内は外反母趾の要因の 1 つとも考えられ, スポーツ障害に密接に関係すると予測できる. そして, 図 13 のように足爪を深く切りすぎたり, 巻爪傾向になってくことで, 床面への接地の圧力が減少し, 図 15 のように足指の不接地が発生することが考えられる. 筋力の発達に伴って筋緊張や柔軟性の低下が起こり, 図 15 の中足部の不接地, すなわちハイアーチ傾向が出現する可能性がある.

さらに, 歩行やスポーツ実施中に要求される足指の機能は, 地面の蹴り出しである. すなわち, 足指が歩行相最終期に地面を蹴り出す, あるいは姿勢保持や急に方向を変えるために重心を制御することが要求される^[19,20,21]. すなわち, 足指が地面に十分に接しないこと, あるいは十分な制御が行えないことは, 身体他の部分に代償が起こるなどの負荷が増大することが考えられる.

6.3 足部のケアと運動による介入効果の考察

以上の結果より, 外反母趾などの足部の骨格形成の問題や距骨下関節の過回内に代表されるスポーツ障害リスクの上昇因子を予防するためには, 9 歳以前よりアプローチすることが期待される. そこで, 5 歳児への運動と足部ケアの介入を実施した. その結果, 図 16, 17 より 3 ヶ月間の介入により足指力は有意に向上し, 同年齢の平均値を介入後には 1.2~1.3 倍上回ることが明らかになった. 図 18 より, 足圧分布は介入前に比べて, 中足部の接地が改善した. すなわち, 足部ケアや足部に焦点を当てた運動により柔軟性の向上などの効果が反映されたと推察された.

すなわち, 子どもの足部は軟骨で構成され, 9 歳ごろから足根骨の骨化が急速に進むことから, 5 歳に着目し, 運動や足部のケアの介入を行ったところ, 3 カ月という短期間にも関わらず下肢筋力や足圧分布の改善が確認された. スポーツ障害の予防や足部の構造的課題の改善を目指すために, 幼児期から足部の

ケアや簡単な運動を取り入れ、下肢筋力、足部の筋骨格系の定量的計測を行うことで、発達の評価を行い、それぞれの特性にあった支援が求められることがわかった。

7. まとめ

本研究では、子どものスポーツ障害予防と足部の筋骨格系の機能的・構造的発達の支援のために実践的な調査を行った。以下に得られた知見を示す。

①子どものスポーツ障害予防と下肢筋力、下肢機能の発達の計測・評価のために足指力計測器と膝間力計測器を開発した。計測結果は定量的で、持ち運びが簡便であり、一人2分程度で実施可能であり、本実験の対象者全員の計測を実施できたことから、計測の有用性が明らかになった。

②3～12歳までの足指力と膝間力の平均値および20パーセンタイルが明らかになった。各年齢での発達の様子が具体的に分かったことで、下肢筋力の発達過程が推察された。さらに、足部の形状の観察から外反母趾が発生しつつある年齢も明らかになった。女子の場合、身長や体重の発達と外反母趾の発生時期は10歳からであるが、下肢筋力の発達は12歳ごろに著しく向上することがわかった。すなわち、足部の問題の発生時期よりも下肢筋力の発達が遅いことが要因であることが示唆された。以上より、下肢筋力と足部の変形は密接に関係することから、下肢筋力にアプローチすべき年齢が見えてきた。

③足部のケアと運動を指導することで下肢筋力と足圧分布が発達(改善)することがわかった。

謝辞:

本研究は一般財団法人 上月財団の第11回(2013年)スポーツ研究助成により行われた。ご支援を賜り感謝申し上げます。

参考文献:

- [1] 文部科学省:平成 20 年度体力・運動能力調査, 2008
- [2] 田中敏章, 横谷進, 西美和:SGA 性低身長症における GH 治療に関するガイドライン, 日本小児科学会雑誌, 111, pp.641-646, 2007
- [3] 大藁恵一:小児の骨発達とその異常, 日本小児科学会雑誌, 113(12), pp.1779-1788, 2009
- [4] Staheli LT, Chew DE, Corbett M: The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adult, J Bone Joint Surg AM, 69(3), pp. 426-428, 1987
- [5] 山崎信寿編:足の辞典, 朝倉書店, 東京, 2004, p.6
- [6] 佐藤雅人:外反扁平足と外反母趾, 日本医事新報, 4384, pp.49-52, 2008
- [7] woollacott MH, Shumway-Cook A: Changes in postural control across the life span -a systems approach, Phys Ther, 70, pp.799-807, 1990
- [8] Rine RM, Rubish K, Feeney C: Measurement of sensory system effectiveness and maturational changes in postural control in young children, Ped Phy The, 10, pp.16-22, 1998
- [9] Staheli LT, Chew DE, Corbett M: The longitudinal arch. A survey of eight hundred and eighty-two feet in normal children and adults, J Bone Joint Surg AM, 69(3), pp.426-428, 1987
- [10] 山下和彦, 斎藤正男:高齢者転倒予防能力の足指間圧力計測による推定, 計測自動制御学会誌, 38(11), pp.952-957, 2002
- [11] Runge CF, Shupert CL, Horak FB, Zajac FE: Ankle and hip postural strategies defined by joint torques, Gait posture, 10, pp.161-170, 1999
- [12] 山下和彦, 今泉一哉, 岩上優美, 佐藤満, 中島佐和子, 井野秀一, 小山裕徳, 川澄正史, 伊福部達:高齢者の定量的下肢筋力評価のための膝間力計測器の開発, 電学誌 C, 130(2), pp.267-274, 2010
- [13] 和田郁雄, 杉村育生, 寺澤貴志:小児の足部変形に対する治療の現況 小児外反扁平足, 整形・災害外科, 44, pp.815-923, 2001
- [14] 長村敏生, 大野邦彦, 船木秀則 他:健常小児の全身骨密度の評価 dual energy X-ray absorptiometry (DEXA)による測定, 日本小児科学会雑誌, 97, pp.2116- 2123, 1993
- [15] 近藤高明, 平野幸伸, 堀容子, 鈴木重行, 三浦弥生, 塩沢まゆみ, 小林あゆみ, 伊藤美香, 新宅幸憲:小中学生の footprint を用いた扁平足の評価と骨密度の関連, 社会医学研究, 23, pp.1-8, 2005

-
- [16] 和田郁雄, 加藤文之, 堀内統, 他: 子どもの足の健康 小児外反扁平足, チャイルドヘルス, 7, pp.896-904, 2004
- [17] Abbott RA, Davies PS: Habitual physical activity and physical activity intensity: their relation to body composition in 5.0-10.5-years old children, Eur J clin Nutr, 58, pp.285-291, 2004
- [18] 小林寛道: 子どもの体操と体さばき, 子どもと発育発達, 3, pp.17-20, 2005
- [19] Siegler S, Moskowitz GD: Passive and active components of the internal moment developed about the ankle joint during human ambulation, J Biomech, 17, pp.647-652, 1984
- [20] Jacquelin Perry, 武田功(監修): 歩行分析 正常歩行と異常歩行, 医歯薬出版, pp.94-97, 2007
- [21] Winter DA, Patla AE, Prince F, Ishac M, Gioloporzak k: Stiffness control of balance in quiet standing, J Neuro-physiol, 80, pp.1211-1221, 1998