

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：32616

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2023

課題番号：20K19614

研究課題名（和文）3次元足部形状からみた子どもの足部アーチの定量化と体型や運動能力との関係の解明

研究課題名（英文）Quantification of the foot arch in children based on 3D foot geometry and its relationship to body shape and motor performance

研究代表者

平野 智也（Hirano, Tomoya）

国土舘大学・スポーツ・システム研究科・助手

研究者番号：90805186

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000 円

研究成果の概要（和文）：本研究は3次元足部形状から子どもの足部アーチの定量化を行ない、体型や運動能力との関係を明らかにすることを目的とした。まず、幼児から成人を対象としてアーチボリュームの定量方法確立した。また、小学校高学年男児を対象として、肥満・過体重群と通常体重群の舟状骨高には有意な差がないこと、舟状骨高と運動能力（50m走、立ち幅跳び）の間には有意な相関関係が認められないことが明らかとなった。これらのことから、子どもの足部内側縦アーチは個人差が大きく、必ずしも体型や運動能力とは関係しないことが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、延べ1000名を超える日本人の子どもの3次元足部形状データを収集でき、これらのデータそのものはシューズやインソール等の工業製品の開発に必要な基礎的知見となりうる。さらに、新たな足部内側縦アーチの評価指標であるアーチボリュームを定量化したことで、更なる足部アーチ研究の発展が期待できる。

研究成果の概要（英文）：This study aimed to quantify the foot arch in children based on 3D foot geometry and clarify its relationship with body shape and athletic performance. First, a method for quantifying arch volume was established for infants and adults. In addition, we found that there was no significant difference in navicular height between obese/overweight and normal weight groups and no significant correlation between navicular height and athletic ability (50-m run, standing long jump) in boys in the upper grades of elementary school. These findings suggest that children's medial longitudinal arch of the foot varies greatly among individuals and is not necessarily related to body shape or athletic ability.

研究分野：スポーツバイオメカニクス

キーワード：子ども 3次元足部形状 足部アーチ 肥満 体型 運動能力 発育発達

1. 研究開始当初の背景

足部は身体で唯一地面と接し、全体重を支えることのできる部位であり、非常に複雑な構造をしている。その構造の一つに内側縦アーチ、外側縦アーチ、横アーチの 3 つのアーチ構造があり、その中でも、伸縮性に富む構造であり、歩行の際に足部への荷重による衝撃を吸収することができ、臨床上の重要な意義をもつとされている。

内側縦アーチは、足部への荷重が増加すると扁平化し、衝撃を吸収することで臨床上重要な役割を果たすと言われている（中村と加倉井，2002）。内側縦アーチは、距骨、舟状骨、内側楔状骨、第 1 中足骨によって形成され、底側踵舟靭帯、長足底靭帯などの靭帯や後脛骨筋、前脛骨筋、長母指屈筋、長趾屈筋、母指外転筋の活動によって維持される。このアーチは 6 歳までに形成され、その時期までにアーチを構成する足部の骨化が進むと報告されている（Chang et al., 2012）。

現在、子どものアーチに関する健康問題が取り上げられている。足部のアーチは正しい形成がなされないと足部への衝撃を十分に吸収できず、扁平足やハイアーチといった問題が生じると言われている。ここで、扁平足はアーチが低いために衝撃を吸収できず、ハイアーチはアーチが高すぎて特定の部分に過度の負担がかかるとされている。これらは、現代の子どもたちにとって深刻な問題となっている。

しかしながら、日本の子どもたちにおける扁平足の割合や、内側縦アーチと体型、運動能力との関係については、まだ十分に明らかとなっていない。また、このようなアーチを直接評価することは大変困難であり、これまで内側縦アーチはフットプリントや舟状骨高（アーチ高率）を用いて評価されてきた。それらは二次元的な評価方法であり、高さもしくは幅を考慮しておらず、アーチ構造は三次元的であるため、より詳細に捉えるためには、長さ、幅、高さを同時に計測することのできる三次元的な評価をすることが妥当であると考えられる。

2. 研究の目的

詳細に子どもの足部アーチを評価するためには、測定現場ですぐに測定が可能な実用性に優れた舟状骨高等の指標に加えて、より妥当な足部内側縦アーチの評価方法を開発する必要がある。そこで本研究では、3 次元足部形状から子どもの足部内側縦アーチの定量化を行い、体型や運動能力との関係を明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

(1) 足部アーチボリュームの定量化

研究 1 では、幼児 63 名（年齢：5.2±0.6 歳，身長：106.6±5.5cm，体重：17.7±2.4kg），中学生 38 名（年齢：14.8±0.6 歳，身長：163.8±7.3cm，体重：57.2±9.6kg），高校生 25 名（年齢：17.1±0.7 歳，身長：163.2±7.2cm，体重：56.5±9.8kg）および成人 153 名（年齢：30.5±18.3 歳，身長：166.6±8.4cm，体重：63.6±10.5kg）を対象として、足部アーチボリュームの定量化を行った。足部の形態計測値および三次元形状は、三次元足形測定装置 INF00T（I-Ware Laboratory 社製）を用いて取得した。計測時の姿勢は両足均等荷重と片足全荷重とした。足底の接地面から土踏まずの足底面までの体積をアーチボリュームとして算出した。

(2) 足部内側縦アーチと体型との関係の検討

研究 2 では、子どもの足部内側縦アーチと体型との関係を検討した。小学校高学年男児 145 名を対象として、身長、体重および 3 次元足部形状データを収集した。身長と体重からボディマス指数（BMI）を算出し、Cole et al.（2000）の BMI による過体重と肥満判定の基準値をもとに、肥満・過体重群 13 名（年齢：12.0±0.5 歳，身長：154.2±7.1cm，体重：57.0±8.4kg，BMI：23.8±1.9kg/m²）を抽出した。また、比較対象として、通常体重群 13 名（年齢：12.0±0.4 歳，身長：147.5±6.4cm，体重：39.4±3.3kg，BMI：18.1±0.4kg/m²）を無作為抽出した。三次元足形測定装置 INF00T（I-Ware Laboratory 社製）を用いて取得した舟状骨高（足部内側縦アーチの高さ）について、肥満・過体重群と通常体重群の比較を行った。

(3) 足部内側縦アーチと運動能力との関係の検討

研究 3 では、子どもの足部内側縦アーチと運動能力との関係を検討した。小学校高学年男児 141 名（年齢：11.7±0.6 歳，身長：147.3±7.7cm，体重：39.9±8.1kg）を対象として、舟状骨高（足部内側縦アーチの高さ）と運動能力データ（50m 走タイム，立ち幅跳びの跳躍距離）を収集した。足長で正規化した舟状骨高と 50m 走タイム，立ち幅跳びの跳躍距離の関係を明らかにするためにピアソンの積率相関係数を求めた。

4. 研究成果

(1) 両足均等荷重と片足全荷重条件における幼児，中学生，高校生および成人のアーチボリュームを算出し、条件間で比較を行った。すべての群において、両足均等荷重条件のアーチボリューム

ムは、片足全荷重条件と比較して、有意に小さな値を示した ($p<0.05$)。また、両足均等荷重におけるアーチボリュームから片足全荷重におけるアーチボリュームを差し引き、体重の半分で除することにより、荷重 1kg に対するアーチボリュームを算出した。幼児は、中学生 ($38.8 \pm 32.6 \text{ mm}^3/\text{kg}$)、高校生 ($40.5 \pm 24.2 \text{ mm}^3/\text{kg}$) および成人 ($37.9 \pm 30.1 \text{ mm}^3/\text{kg}$) と比較してアーチボリュームの変化率が有意に大きな値を示した ($p<0.01$)。また、これらのアーチボリュームと舟状骨高との間に有意な正の相関関係が認められた。

(2) 両群の舟状骨高を比較した結果、絶対値 (肥満・過体重群: $39.3 \pm 6.6 \text{ mm}$ vs. 通常体重群: $34.4 \pm 7.3 \text{ mm}$) と足長で除した相対値 (肥満・過体重群: 0.26 ± 0.01 vs. 通常体重群: 0.25 ± 0.02) とともに、両群間に有意な差が示されなかった。また、両群ともに、舟状骨高 (足部内側縦アーチ) の個人差が大きいことが示された。本結果から、肥満・過体重の小学校高学年男児は必ずしも足部内側縦アーチが低いわけでない (偏平足ではない) ことが示唆された。

(3) 対象者の 50m 走タイムは 9.0 ± 0.9 秒、立ち幅跳びの跳躍距離は $157.6 \pm 23.8 \text{ cm}$ であった。相関分析の結果、足長で正規化した舟状骨高と 50m 走タイム ($r=0.04$) および立ち幅跳びの跳躍距離 ($r=0.36$) には有意な相関関係が認められなかった。また、研究 2 と同様に、対象とした子どもの足部寸法と運動能力は個人差が大きいことが示された。本結果から、足部内側縦アーチが低いこと (偏平足) と運動能力は関係しないことが示唆された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 4件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Tomoya Hirano, Yu Kashiwagi, Seiji Shimatani, Naoya Tsunoda, Kazuo Funato	4. 巻 23
2. 論文標題 Ground reaction forces during the driver full shot in Japanese male professional golfer: a case study	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 体育・スポーツ科学研究	6. 最初と最後の頁 17-22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 齋藤愛見, 平野智也, 船渡和男	4. 巻 38
2. 論文標題 クラシックバレエにおけるターンアウトが直立およびプリエ姿勢に及ぼす影響	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 理学療法科学	6. 最初と最後の頁 25-31
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1589/rika.38.25	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 木内聖, 平野智也, 角田直也, 船渡和男	4. 巻 44
2. 論文標題 ランニング中の足部アーチ変化および足底荷重分布パターンの定量化	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 デサントスポーツ科学	6. 最初と最後の頁 184-191
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.57488/descente.44.0_184	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 亀山歩, 田中理沙, 王善賜, 古田なつみ, 平野智也, 船渡和男	4. 巻 23
2. 論文標題 女子大学空手選手の逆突きおよび刻み突き動作における反応時間に関する研究 - 床反力及び動作分析からの検討 -	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 体育・スポーツ科学研究	6. 最初と最後の頁 23-29
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1．著者名 飯田周平，木内聖，尹鉉喆，平野智也，船渡和男	4．巻 41
2．論文標題 大学女子バレーボール選手のスパイクジャンプとカウタームーブメントジャンプにおける地面反力の比較	5．発行年 2023年
3．雑誌名 国土舘大学体育研究所報	6．最初と最後の頁 9-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1．著者名 船渡和男、平野智也、角田直也	4．巻 40
2．論文標題 小学校児童の発育に伴う歩容および足部内側縦アーチ構造の変化	5．発行年 2021年
3．雑誌名 国土舘大学体育研究所報	6．最初と最後の頁 25-31
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1．著者名 柏木悠、平野智也、相馬満利、藤戸靖則、袴田智子、船渡和男	4．巻 44
2．論文標題 パラアスリートにおける車いすエルゴメーターを用いた100mレースシミュレーション中の力発揮の両側性対称性の特徴	5．発行年 2021年
3．雑誌名 専修大学スポーツ研究所紀要	6．最初と最後の頁 11-22
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1．著者名 竹腰誠、柏木悠、神和人、平野智也、藤戸靖則、相馬満利、石濱慎司、船渡和男	4．巻 50
2．論文標題 大学アルペンスキー選手の体力値とFISポイントの関連性と有効性：世界一流アルペンスキー選手の体力値からトレーニング目標値の検討	5．発行年 2021年
3．雑誌名 日本体育大学紀要	6．最初と最後の頁 1051-1061
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平野智也、角田直也、船渡和男	4. 巻 40
2. 論文標題 男子ゴルファーにおけるドライバーのフルショットとコントロールショット時の地面反力の比較	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 国土舘大学体育研究所報	6. 最初と最後の頁 113-136
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 金子 憲一、平野 智也、山岸 道央縛、柏木 悠、船渡 和男	4. 巻 33
2. 論文標題 高校生男子サッカー選手における180度方向転換走のキネマティクス及びキネティクス特性	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 トレーニング科学	6. 最初と最後の頁 51-59
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計21件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 木内聖，平野智也，柏木悠，船渡和男
2. 発表標題 歩行中の足部内側縦アーチ構造の発育変化：小学校全学年児童を対象として
3. 学会等名 第77回日本体力医学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 藤戸靖則，柏木悠，平野智也，古田なつみ，相馬満利，船渡和男
2. 発表標題 10kmクロスカントリーローラースキー時における心拍応答の遅延を考慮した生理的運動強度の同定
3. 学会等名 第77回日本体力医学会
4. 発表年 2022年

1．発表者名 白井健三，平野智也，畠田好章，船渡和男
2．発表標題 体操競技のゆか種目における後方伸身宙返り4回ひねり(Shirai/Nguyen)獲得に必要な技術的要因
3．学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第72回大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 木内聖，平野智也，古田なつみ，尹鉉喆，船渡和男
2．発表標題 歩行速度の違いによる足底圧分布の変化
3．学会等名 第28回日本バイオメカニクス学会大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 平野智也，柏木悠，嶋谷誠司，船渡和男
2．発表標題 男子プロゴルファーのドライバーフルショットとコントロールショットにおける地面反力の比較
3．学会等名 第28回日本バイオメカニクス学会大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 山本智貴，平野智也，小林史明，船渡和男
2．発表標題 棒高跳びの踏切局面における地面反力と踏切動作の特徴
3．学会等名 第28回日本バイオメカニクス学会大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 木内聖，平野智也，古田なつみ，尹鉉詰，船渡和男
2．発表標題 歩行速度の違いによる足部内側縦アーチおよび足底荷重の変化
3．学会等名 東京体育学会第14回大会
4．発表年 2023年

1．発表者名 立澤孝菜，山本里佳，畑島一翔，平野智也，田中重陽，船渡和男
2．発表標題 日本の女子新体操一流選手におけるパンシェローテーション動作のバイオメカニクスの研究
3．学会等名 東京体育学会第14回大会
4．発表年 2023年

1．発表者名 松田柊斗，木内聖，平野智也，船渡和男
2．発表標題 バックスクワット運動におけるスティッキング領域の発生原因の検討
3．学会等名 東京体育学会第14回大会
4．発表年 2023年

1．発表者名 平野智也、阿江通良、柏木悠、木原祐二、嶋谷誠司、角田直也、船渡和男
2．発表標題 男子ゴルファーのドライバーショットにおけるフルショットとコントロールショット時のキネティクスの比較
3．学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第71学会大会
4．発表年 2021年

1．発表者名 藤戸靖則、柏木悠、平野智也、古田なつみ、相馬満利、竹腰誠、神和人、船渡和男
2．発表標題 10kmクロスカントリーローラースキーにおける勾配およびLap間の運動強度の比較
3．学会等名 日本体育・スポーツ・健康学会第71学会大会
4．発表年 2021年

1．発表者名 木内聖、平野智也、藤戸靖則、尹鉉喆、柏木悠、船渡和男
2．発表標題 小学校児童の発育に伴う歩容および足部内側縦アーチ構造の変化と性差
3．学会等名 第76回日本体力医学会
4．発表年 2021年

1．発表者名 王善賜、木内聖、尹鉉喆、古田なつみ、藤戸靖則、平野智也、田中理沙、亀山歩、船渡和男
2．発表標題 女子大学空手選手の逆突きおよび刻み突き動作における反応時間に関する研究 - 床反力及び動作分析からの検討 -
3．学会等名 東京体育学会第13回学会大会
4．発表年 2022年

1．発表者名 長沼舜、木内聖、尹鉉喆、平野智也、飯田周平、船渡和男
2．発表標題 学生女子バレーボール選手におけるスパイクジャンプの跳躍高に影響するバイオメカニクスの要因
3．学会等名 東京体育学会第13回学会大会
4．発表年 2022年

1 . 発表者名 Kiuchi, A., Hirano, T., Soma, M., Fujito, Y., Nozawa, T., Enokiya, T., Yoon, H., Kashiwagi, Y., Funato, K.
2 . 発表標題 Relationship between dynamic and static measurements of medial longitudinal arch in elementary school girls
3 . 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Fujito, Y., Kashiwagi, Y., Hirano, T., Furuta, N., Soma, M., Takegoshi, M., Jin, K., Funato, K.
2 . 発表標題 Relationship between race pacing and performance on each slope in 10km cross-country roller skiing
3 . 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Yoon, H., Kashiwagi, Y., Hirano, T., Fujito Y., Funato, K.
2 . 発表標題 Mechanical outputs developed during rowing movements using fixed and slide mode rowing ergometers
3 . 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Hirano, T., Ae, M., Kashiwagi, Y., Kihara, Y., Ae, K., Shimatani, S., Funato, K.
2 . 発表標題 Moment of the ground reaction force about the center of mass during the driver shot in female professional and amateur golfers
3 . 学会等名 The 2020 Yokohama Sport Conference (国際学会)
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 木内聖、平野智也、相馬満利、藤戸靖則、野澤巧、榎屋剛、尹鉉喆、柏木悠、船渡和男
2. 発表標題 発育発達による歩行中のCOP軌跡の変化
3. 学会等名 日本バイオメカニクス学会第26回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 木内聖、平野智也、相馬満利、藤戸靖則、古田なつみ、野澤巧、榎屋剛、尹鉉喆、柏木悠、船渡和男
2. 発表標題 小学校児童の発育に伴う歩容および足部内側縦アーチ構造の変化
3. 学会等名 東京体育学会第12回大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西山侑斗、横沢翔平、平野智也、田中重陽、角田直也
2. 発表標題 連続した足関節底屈運動前後における下腿筋群及びアキレス腱の形状変化特性
3. 学会等名 東京体育学会第12回大会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織			
	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------