



Title 論文題目	長母趾屈筋腱分枝数に着目した足趾機能評価、足趾機能と足部障害の関係の検証と、新規足部トレーニングの開発-成長期を対象として- (Flexor hallucis longus tendinous slips and the relationship to toe function and foot disorder, development of a new exercise for toe flexor muscles - in the growing child -)
Author(s) 著者	廣田, 健斗
Degree number 学位記番号	第43号
Degree name 学位の種類	博士(理学療法学)
Issue Date 学位取得年月日	2021-03-31
Original Article 原著論文	
Doc URL	
DOI	
Resource Version	

## 博士論文の内容の要旨

保健医療学研究科 博士課程後期 理学療法学・作業療法学専攻 スポーツ整形外科学分野	学籍番号 18DP01 氏名 廣田 健斗 Name Hirota Kento
論文題名（日本語） 長母趾屈筋腱分枝数に着目した足趾機能評価、 足趾機能と足部障害の関係の検証と、 新規足部トレーニングの開発 -成長期を対象として-	
論文題名（英語） Flexor hallucis longus tendinous slips and their relationship with toe function, the relationship between toe function and foot disorder, and development of a new exercise for toe flexor muscles in the growing child	
<b>【目的】</b> 成長期を対象に、①：FHL分枝数が各足趾機能に与える影響を明らかにすること、②：①で評価した足趾機能が、成長期の足部障害発生に関与するかを検討すること、③FHLの分枝数を考慮した新規の足趾機能トレーニング方法を開発し、その効果を検証すること。	
<b>【方法】</b> ①FHL分枝数と足趾機能 対象は10～15歳の22名44足。 (1) FHL分枝テスト：母趾趾節間関節の自動屈曲運動を行わせ、同時に屈曲運動が生じた足趾を記録 (2) 足趾機能評価 各足趾屈曲力の計測にはデジタルプッシュプルゲージを使用し、各足趾圧迫力と動作課題中の足趾荷重量および足圧中心変位量の計測には足圧分布測定システムを使用した。浮き趾、足趾じゃんけん、intrinsic positive test、つま先立ち評価では静止画もしくは動画から点数を評価した。 (3) 統計学的解析 各足趾屈曲力、各足趾圧迫力、動作課題中の各足趾荷重量の比較には、二元配置分散分析を行った。動作課題中の足圧中心総軌跡長、前後および左右最大変位量の比較には、一元配置分散分析を行った。足趾じゃんけん、intrinsic	

positive test、浮き趾、つま先立ち評価の比較には Kruskal Wallis 検定を行った。

## ②足趾機能と足部障害の関係

対象は①と同じ対象である足部障害群 10 名 10 足、コントロール群 12 名 12 足。「(2) 足趾機能評価」を実施した。群間での比較および足部障害の対象内での患側と健側の比較を統計学的に行った。

## ③新規足趾トレーニング方法の開発

### I. 足趾トレーニングの基礎的研究

対象は健常成人 15 名。剪断波エラストグラフィ装置を用いて足趾屈筋の筋活動を推定した。

(i) 足趾屈曲方法の違いによる足部内在筋と外在筋の剪断弾性率の違い  
MTP 関節のみを屈曲する方法 (IP 伸展条件) と MTP 関節と IP 関節の屈曲を行う方法 (IP 屈曲条件) 間で筋弾性率を比較した。

(ii) 内在筋をターゲットにした足趾屈曲トレーニングの開発  
等尺性 MTP 関節屈曲運動 (MTPF) と short foot exercise 間で筋弾性率を比較した。

### II. 成長期の対象での足趾トレーニング効果の検証

対象は「②の対象」のうち足部障害を有する 7 名 14 足。MTPF および FHL 分枝が付着しない足趾を握るトレーニングを行った。4 週間のトレーニング期間前後で「(2) 足趾機能評価」を実施し、トレーニング前後での比較を統計学的に行った。

## 【結果】

FHL 分枝数と足趾機能の関係検討では、足趾屈曲力、足趾圧迫力、動的評価での片脚スクワットにおける足趾荷重量で有意差がみられた。

足部障害と足趾機能の関係検討では、足趾じゃんけん、静的評価での片脚スクワット、動的評価での片脚スクワット、片脚スクワットでの前後重心移動で有意差がみられた。

母趾外転筋、短母趾屈筋、短趾屈筋において IP 伸展条件の方が IP 屈曲条件よりも有意に弾性率が高かった。

短母趾屈筋、短趾屈筋、長趾屈筋において MTPF の方が short foot exercise よりも有意に弾性率が高かった。

足部内在筋と外在筋の違いに着目した足趾トレーニングにより足趾屈曲力、足趾圧迫力、足趾じゃんけん、intrinsic positive test、つま先立ち評価、動作課題中の足趾荷重量が向上した。

### 【考察】

FHL 分枝数は足趾屈曲力、足趾屈曲力割合、足趾圧迫力に影響することが示唆された。

足趾障害には足趾巧緻性や片脚スクワットでの足圧中心の前後方向制御、母趾荷重量が関連する可能性が示された。

今回新たに考案した MTPF は足内在筋のエクササイズとして有用となる可能性があり、short foot exercise よりも有効であるかもしれない。

足部内在筋と外在筋の違いに着目した足趾トレーニングは足趾機能を向上させるために有用なトレーニングであると考えられる。

### 【結論】

スポーツによる足部障害のある成長期患者において FHL 分枝テストで FHL 分枝数を評価し、それに基づいた足趾トレーニングを個別に立案し実施することが治療の一方法になると考えられた。足趾トレーニングには MTPF を用いると、足趾にかかわる多くの機能を改善させることが期待できる。

キーワード（5個以内）：

足趾屈曲筋、足趾屈曲力、解剖学的バリエーション、足部内在筋、足趾トレーニング

## **Purpose**

The purpose of this study was to investigate flexor hallucis longus tendinous slips and their relationship with toe function, investigate the relationship between toe function and foot disorders, and the development of a new exercise for toe flexor muscles in growing children.

## **Methods**

### 1. Flexor hallucis longus tendinous slips and the relationship to toe function

Forty-four feet of 22 children in the growing phase were evaluated.

#### (1) FHL branch test

The subject flexed the interphalangeal joint of the first toe, and the flexion of the toes was recorded during the test.

#### (2) Toe function

The toe flexor strength was measured using a digital force gauge. The toe pressure strength, the load of the individual toe, and the center of pressure were measured using a plantar pressure measurement system. The floating toe, toe skill, intrinsic positive test, and use of the toes during calf-raise were assessed by photos or movies.

#### (3) Statistical analysis

A two-way ANOVA was used to compare the toe flexor strength, toe pressure strength, and load of the individual toe. A one-way ANOVA was used to compare the center of pressure. The Kruskal-Wallis test was used to compare the floating toe, toe skill, intrinsic positive test, and use of the toes during calf-raise.

### 2. Relationship between the toe function and foot disorders

A total of 10 feet in the foot disorder group and 12 feet in the control group were evaluated. The toe function was assessed. Statistical analyses were performed between the groups.

### 3. Development of a new exercise for toe flexor muscles

#### I. Basic research on toe exercise

A total of 15 healthy adults participated in this study. The muscle stiffness was measured to estimate the muscle activity using shear wave elastography.

(i) Evaluation of toe flexor muscle activity during toe flexion with or without interphalangeal joint flexion.

Toe flexion was performed without and with IP flexion. The muscle stiffness was compared statistically.

## (ii) Development of the exercise for the foot intrinsic muscles

The muscle stiffness during MTP joint flexion (MTPF) and short foot exercise were compared statistically.

### II. Effect of a new exercise on the toes

A total of 14 feet of seven children with foot disorders were studied. The exercises included MTPF and flexion of the toe without FHL tendinous slips, and the training period was 4 weeks. The toe function was compared pre-and post-exercise.

### **Results**

The toe flexor strength, toe pressure strength, and load of the toe during one-leg squat were significantly different between the number of FHL tendinous slips.

The toe skill and the load of the toe during one leg squat were significantly different between the foot disorder group and control group.

The muscle stiffness of the abductor hallucis, flexor hallucis brevis, and flexor digitorum brevis were significantly higher without IP flexion than with IP flexion.

The muscle stiffness of the flexor hallucis brevis, and flexor digitorum brevis, and the flexor digitorum longus were significantly higher in the MTPF than in the short foot exercise.

The new exercise for the toes increased the toe flexor strength, toe pressure strength, toe skill, intrinsic positive test, use of the toes during calf-raise, and load of the toe during a one leg squat.

### **Discussion**

The toe flexor strength and toe pressure strength might be affected by the number of FHL tendinous slips.

The toe skill, control of the center of pressure, and the load of the hallux during a one leg squat might be related to foot disorders.

It is determined that MTPF might be more useful for foot intrinsic muscle exercise than short-foot exercise. The toe flexor muscle exercise, focusing on the difference between the intrinsic and extrinsic muscles, was considered a useful training measure to improve toe function.

### **Conclusion**

The training for the toe flexor muscles based on the the number of FHL tendinous slips was considered to help the treatment in growing children with foot disorders due to sports. Using MTPF for toe training can be expected to improve several functions related to

toes.

Key words (5個以内) :

Toe flexor muscle, Toe flexor strength, Anatomical variation, Foot intrinsic muscle,  
Toe exercise

## 博士論文審査の内容の要旨

報告番号	第1505号	専攻 理学療法学・作業療法学専攻 教育研究分野 生体工学・スポーツ整形外科学 (研究指導教員 渡邊 耕太) 氏名 廣田 健斗
論文題名	長母趾屈筋腱分枝数に着目した足趾機能評価、 足趾機能と足部障害の関係の検証と、 新規足部トレーニングの開発 -成長期を対象として-	
審査委員	主査 片寄 正樹 (札幌医科大学) 副主査 松村 博文 (札幌医科大学) 副主査 内山 英一 (札幌医科大学) 副主査 谷口 圭吾 (札幌医科大学)	
<p>長母趾屈筋 (FHL) の分枝数は足趾機能および足部障害にも関与すると考えられている。成長期における足趾機能を起因とした足部障害と FHL の分枝数の関係性はこれまで検討がなされていなかった。</p> <p>本論文は成長期を対象に、FHL 分枝数が各足趾機能に与える影響と足趾機能が成長期の足部障害発生に関与するかを検討し、FHL の分枝数を考慮した新規の足趾機能トレーニング方法の開発と効果検証を実施した。</p> <p>その結果、成長期において、FHL 分枝数は足趾屈曲力、足趾屈曲力割合、足趾圧迫力に影響すること、足趾障害には足趾巧緻性や片脚スクワットでの足圧中心の前後方向制御、母趾荷重量が関連する可能性があることを示した。また、今回新たに考案した MTP flexion exercise は足内在筋のエクササイズとして有用となる可能性があり、近年報告されている short foot exercise よりも有効である可能性を示すとともに、足部内在筋と外在筋の違いに着目した足趾トレーニングは足趾機能を向上させるために有用なトレーニングである可能性を示した。</p> <p>これらスポーツによる足部障害のある成長期患者における FHL 分枝数の評価に基づいた足趾トレーニングを個別に立案し実施することの有用性を明らかにした研究成果は新規的であり、審査会における質疑応答をふまえ、審査委員会では、博士 (理学療法学) の学位論文に値するものと判断した。</p>		