



北海道公立大学法人
札幌医科大学
Sapporo Medical University

SAPPORO MEDICAL UNIVERSITY INFORMATION AND KNOWLEDGE REPOSITORY

Title 論文題目	後天性扁平足発症のメカニズム－繰り返し高荷重の影響－
Author(s) 著者	高田, 雄一
Degree number 学位記番号	甲第 27 号
Degree name 学位の種類	博士 (理学療法学)
Issue Date 学位取得年月日	2014-03-31
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 教育研究分野 生体工学 分野	学籍番号 10DP01 氏 名 高田 雄一
論文題名 (日本語) 後天性扁平足発症のメカニズム・繰り返し高荷重の影響	
論文題名 (英語) Pathomechanics of Acquired Flatfoot · Influence of cyclic overloading	
要旨 研究目的 過剰な体重増加は、ADL 上で繰り返す機械的ストレスとして足部に加わる。さらにこのストレスは後脛骨筋腱の変性につながり、後脛骨筋不全症に罹患する。可動性のある足部のアーチ構造は静的サポートと動的サポートによって、人が重力に抗して動くのを助ける。なかでも、後脛骨筋は足アーチの支持で最も重要な動的サポートとされる。先行研究において、後脛骨筋の動的機能により、正常体重領域では、経時的に足アーチを維持できることが明らかとなった。しかし肥満の足部構造に対する影響について、過剰負荷が加わった場合の足アーチの経時的な変化は明らかでない。本研究の目的は繰り返し荷重条件にて、非肥満状態と比較して肥満を想定した高荷重で後脛骨筋は足アーチ高の維持が可能かどうかを明らかにすることである。 研究方法 本研究には未固定標本の下腿を 21 体使用した。下腿を中 1/3 の位置で切断し、解凍後の下腿標本近位端に直径 5cm のアクリルチューブを設置し、2mm の Kirschner ワイヤーと骨セメントで固定した。下腿は足関節中間位にてカスタムジグの上に設置した。0~500N または 0~1,000N (1Hz) の範囲にて 10,000 サイクルの繰り返し荷重には、万能試験機 (AG-1、島津製作所(株)、京都) を使用し、32N にて後脛骨筋を牽引した。 対象を 3 群に分け、500N の繰り返し荷重に対し、サーボモーターにて後脛骨筋腱を 32N で動的に牽引する群 (normal Tibial Posterior (TP) group, n=7)、500N の繰り返し荷重に対し、後脛骨筋腱を牽引しない群 (non TP group, n=7)、	

さらに肥満を想定した 1,000N の繰り返し荷重に対し、サーボモーターにて後脛骨筋腱を 32N で動的に牽引する群 (obese TP group, n=7) とした。1.6 x 0.8 mm 矩形赤色発光ダイオード (LED) を最小限の侵襲により舟状骨内側面に取り付け、CCD カメラにてモニターを行った。CCD カメラで撮影した LED の光を、0.06mm の精度 (0.02%フルスケール) にて座標系に変換した。

1 サイクルは 5N 以上の軸荷重と定義され、最大荷重と最小荷重での舟状骨高を記録した。アーチ高の変化は Bony Arch Index (BAI) にて定義された。BAI は足長に対する舟状骨高であり、0.21 未満を扁平足とした。1000 サイクル毎の最大荷重と最小荷重の BAI 値を、normal TP group、non TP group、obese TP group の 3 群を二元配置分散分析と多重比較を用いて比較した。有意水準は 5% とした。

研究結果

最大荷重時の初期の BAI は、 0.239 ± 0.009 (normal TP group)、 0.239 ± 0.014 (non TP group) と 0.235 ± 0.018 (obese TP group) であった。obese TP group は 1,000 サイクル以降、non TP group は 3,000 サイクル以降に BAI が 0.21 未満となった。一方、normal TP group は BAI が 0.21 以上のままであった。10,000 サイクル後、最大荷重時の BAI は、 0.212 ± 0.011 (normal TP group)、 0.196 ± 0.015 (non TP group) と 0.161 ± 0.019 (obese TP group) であった。最大荷重時の 1,000 サイクルで、obese TP group は他の群のよりも有意に低い BAI を示し、1,000 サイクル以降も徐々に減少した。

考察

正常負荷では後脛骨筋の機能により足アーチは維持された。一方、肥満を想定した高荷重条件下では後脛骨筋が機能していても、足アーチの高さを維持できず、その後も徐々に足アーチは低下した。これは、肥満のような過剰体重に対して後脛骨筋の動的サポートでは足部構造を維持できないこと、さらにその過剰な負荷が繰り返されることで、徐々に足アーチは低下して痛みを伴う後天性扁平足へ至る可能性を示唆する。

結論

肥満の予防が足アーチを維持するために必要である。

Abstract

Aim

Overweight repeatedly burdens on foot and ankle as a mechanical stress during ADL. The mechanical stress causes posterior tibial tendon degeneration, and eventually induces painful flatfoot. The flexible arch structure of foot is maintained by static and dynamic supports in human movements against gravity. The TP muscle is known as a most important dynamic support of the arch of the foot. Previous studies demonstrated that the TP muscle could maintain the foot arch dynamically, even if repeated normal loadings were added. However, it is still unknown that the dynamic support of the TP muscle could prevent the arch structures by overweight loading such as obesity. The aim of this study was to investigate that the TP muscle could maintain the foot arch height during cyclic axial loading with overload assumed obesity compared to the normal loading assumed non-obese condition.

Methods

Twenty one fresh frozen cadaveric legs were used. Each leg was cut at the proximal third of the crus. The proximal edge of each specimen was mounted by a 5-cm-diameter acrylic tube filled with polymethylmethacrylate resin. The leg was set at the neutral ankle position on the custom jig. A total of 10,000 cyclic axial loadings, range of 0-500 N or 0-1,000 N (1Hz), were applied to the longitudinal axis of the tibia using the Materials Testing Machine (AG-1, SHIMADZU, Kyoto, Japan). The 32 N dynamic muscle loadings were applied to the tibialis posterior tendon.

For the experiments, the specimens were divided into three groups. The 500 N cyclic axial loadings and 32 N dynamic muscle loadings were applied to the tibialis posterior (TP) tendon by the servomotor (normal TP group, n=7). The 500 N cyclic axial loadings without 32 N dynamic muscle loadings were applied to the tibialis posterior tendon (non TP group, n=7). The third group were assumed the obesity and investigated with 1,000 N cyclic axial loadings and 32 N dynamic muscle loadings (obese TP group, n=7).

1.6×0.8 mm² rectangular red light emitting diode (LED) was attached to the medial aspect of the navicular with minimum disruption. The displacement of the LED light was monitored via a charge-coupled device (CCD) camera. The image from the CCD camera was converted to the

coordinate system. The translational accuracy was 0.06 mm (0.2% full scale).

One cycle was determined that the period of over 5 N axial load was applied. The navicular heights with a peak and bottom of axial load, i.e., maximal and minimum weight-bearing were recorded in each cycle. The change of arch was evaluated using the bony arch index (BAI). The BAI was determined by the navicular height to foot length ratio. A low arch was defined as a BAI less than 0.21 with weight-bearing. BAI with maximal and minimum weight-bearing for each 1,000 cycles were compared between normal TP group, non TP group and obese TP group using two-way ANOVA and Tukey multiple comparison test. A p value of 0.05 was chosen as the level of significance.

Results

The initial BAIs with maximal weight-bearing were 0.239 ± 0.009 (normal TP group), 0.239 ± 0.014 (non TP group), and 0.235 ± 0.018 (obese TP group). The mean BAI of obese TP group and non TP group decreased less than 0.21 after 1,000 cycles and 3,000 cyclic axial loadings, respectively. On the other hand, the mean BAI of normal TP group were remained over 0.21. After 10,000 cyclic axial loadings, the mean BAIs with maximal weight-bearing were 0.212 ± 0.011 (normal TP group), 0.196 ± 0.015 (non TP group) and 0.180 ± 0.023 (obese TP group). Statistical significances were found between obese TP group and other groups in the mean BAI with maximal weight-bearing after 1,000 cyclic axial loadings. The BAI was continuously decreased in obese TP group.

Discussion

The medial longitudinal arch was maintained in normal weight-bearing with dynamic support of the TP muscle. However, the TP function could not prevent the arch height during cyclic over-loadings assumed obesity. Further, the arch was gradually decreased until 10,000 axial cyclic loading in the obese group. These results suggested that the arch structure of obese people might be destroyed by their overweight even if they have the dynamic support of the TP muscle. The lower arch is at risk of becoming worse over time with repeated over-loadings, which might cause painful flatfoot deformity.

Conclusion:

The findings indicate that prevention of obesity was essential to keep the medial longitudinal arch of the human foot.

キーワード（5個以内）：高荷重、後脛骨筋、扁平足

- 1 論文内容の要旨は、研究目的・研究方法・研究結果・考察・結論等とし、簡潔に日本語で1,500字程度に要約すること。併せて英語要旨も日本語要旨と同様に作成すること。
- 2 2枚目からも外枠だけは必ず付けること。

論文審査の要旨及び担当者

報告番号	第 27 号	氏名	高田 雄一
論文審査担当者	理学療法学科第二講座 主査：内山 英一 理学療法学科第二講座 副主査：片寄 正樹 作業療法学科第一講座 副主査：太田 久晶	理学療法学科第一講座 委員：小塚 直樹 北海道文教大学 委員：佐々木 鐵人	
<p>審査論文題名</p> <p>後天性扁平足発症のメカニズム-繰り返し高荷重の影響-</p> <p>Pathomechanics of Acquired Flatfoot-Influence of cyclic overloading-</p> <p>本研究は、肥満条件を想定した高荷重モデルでの繰り返し荷重試験条件下で、後脛骨筋力が足アーチを維持可能かどうかについて検討した。未固定標本の下腿に対して、1Hz で 0~1,000N の範囲にて繰り返し荷重を 10,000 サイクル実施した。荷重に同期したサーボモータ荷重負荷システムを用い、後脛骨筋腱を 32N で牽引した。舟状骨に貼付した LED マーカの軌跡を CCD カメラで構成する微小変位解析システムにより記録し、最小荷重時と最大荷重時のアーチ高を計測した。後脛骨筋牽引条件下にて 500N 軸荷重を行う群(以下、normal Tibial Posterior (TP) group)、後脛骨筋非牽引条件下にて 500N 軸荷重を行う群(以下、non TP group)、後脛骨筋牽引条件下にて 1,000N 軸荷重を行う群(以下、obese TP group)の各 1,000 サイクルのアーチ高を比較することにより、obese TP group に対して後脛骨筋力が足アーチの維持に与える影響について明らかにしており、研究手法としても妥当である。上記手法で解析した結果、肥満条件を想定した高荷重モデルでは後脛骨筋力が機能しても足アーチは維持できないことが明らかとなり、繰り返しの高荷重を強いられるスポーツへの対応や肥満の予防を支持する根拠となることが示され、今後これらの分野における臨床研究への利用が大いに期待される。以上より、本論文は研究の目的、方法、結果、応用、記述方法いずれにおいても優れており、審査委員会では、博士(理学療法学)の学位に相応しいと判断した。</p>			

※報告番号につきましては、事務局が記入します。