

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007 ～ 2008

課題番号：19591726

研究課題名（和文） 後天性偏平足発症と肥満との関連性の解明

研究課題名（英文） Pathogenic Mechanism of Acquired Flatfoot
-Influence of Obesity-

研究代表者

内山 英一（UCHIYAMA EIICHI）

札幌医科大学・保健医療学部・教授

研究者番号：70221108

研究成果の概要：

足部への繰り返し荷重システム、制御・解析アプリケーションの開発：万能試験機、LEDマーカとCCDカメラで構成する微小変位解析システム、反復荷重負荷システムと組み合わせによる荷重-変位解析システムの開発を行った。

反復荷重-変位計測システムを用いた実験：正常未固定凍結標本を用い、後脛骨筋力（+）群と後脛骨筋力（-）群（それぞれ n=7）で 10,000 cycles の負荷試験を行い、足アーチ高の変化を計測した。

結果：足アーチ高は後脛骨筋力（+）群では 3,000 cycles 以降も維持され正常範囲に保たれたが、後脛骨筋力（-）群では低アーチとなり、その後も低下し続け 7,000 cycles 以降は後脛骨筋力（+）群と比べ有為に低下した。足アーチの維持には、骨・靭帯の受動的な構造だけでは十分ではなく、後脛骨筋によるダイナミックなサポートが不可欠であることが分かった。

交付額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2008 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	2,800,000	840,000	3640,000

研究分野：医歯薬学

科研費の分科・細目：外科系臨床医学・整形外科学

キーワード：運動器リハビリテーション

1. 研究開始当初の背景

21 世紀に入り我が国では、超高齢社会を迎えつつある。医療費の高騰は差し迫った重要課題である。食生活の欧米化にともない、肥満人口は急速

に増加している。整形外科領域では肥満の予防のため、日常生活の中での安全かつ適度の運動が不可欠である。

肥満人口の増加にともない、今欧米で最重要課

題の一つであり、肥満が危険因子のひとつである後脛骨筋不全症（posterior tibial tendon deficiency, PTTD）（Fig. 1）による後天性扁平足は日本でも患者の増加の危険性が增大している。

歩行時の静的サポートと動的サポート：

足アーチは骨・関節・靭帯による静的なサポート¹と筋肉による動的なサポートが互いに協力することにより、重力にさからい直立二足歩行する人体の重さを支えている。適度な弾性をもった足アーチは歩行時の衝撃を緩和し、より中枢の関節を保護している。この力学的特性を解明するためには、1回の荷重負荷試験から求められる足アーチの単なる破断強度ではなく、日常生活で実際に骨・関節・靭帯にかかる生理的負荷領域での繰り返し負荷試験（fatigue test, 疲労試験）により足アーチの疲労特性を調べることにより、はじめて、より適切な生理的負荷領域での足アーチの力学特性を解明することができる。

2. 研究の目的

本開発研究では：

従来の材料試験装置、動作解析装置をベースに繰り返し荷重システムを開発し、未固定凍結標本*を使った疲労試験をおこなう。これらの研究の統合的な成果として、

- (1) 歩行をシミュレートした繰り返し荷重の足アーチ高への影響、
 - (2) 足アーチ維持のためにダイナミックに働く後脛骨筋の役割、
 - (3) 肥満による軸荷重増加の足アーチへの影響、
 - (4) 扁平足予防のための足底板の効果、
- に関する質と量の解明が可能となる。

今回の研究では第一段階として、繰り返し荷重装置の開発と上記(1)、(2)の計測・解析を行った。

*未固定凍結標本を使った研究は、2003年に札幌医科大学の倫理委員会の承認を受けている。

3. 研究の方法

A. 骨・靭帯の材料特性計測装置の開発

足アーチの疲労特性を計測するために、医療機器開発メーカーであるメディセンス(株)と共同で繰り返し荷重システム、制御・解析アプリケーションの開発を行った。（Fig. 1）

万能試験機（島津製作所(株), AG-I）、LEDマ

カ（パナソニック(株), 1.6 x 0.8 mm 矩形 赤色発光ダイオード）と CCD カメラ（メディセンス(株), 解像度 640x480 pixels）で構成する微小変位解析システム、反復荷重負荷システムと組み合わせによる繰り返し荷重-変位解析システムの開発を行った。

- 下腿（中1/3で切断）を専用ジグで固定し、万能試験機にウエイトを取りつけ、1Hzで反復軸荷重を負荷した。
 - 軸荷重に同期したステップモータ（メディセンス(株), 最大トルク 6 kg・cm, 回転速度 60 deg / 0.1 sec）荷重負荷システムを用い後脛骨筋腱中枢部をワイヤー（#5 Tevdek suture, Denknatel, Mansfield, MA）でロードセルを介して反復荷重した。
 - 変位はLEDマーカ微小変位解析システムにより記録され、最小荷重時と最大荷重時のアーチ高を計測した。
 - システムの制御は新開発の専用ソフト（メディセンス(株)）により行った。
 - 足アーチの評価は、[舟状骨高(h)/足長(l)]つまり BAI (bony arch index) = h/l^2 で評価した。hは舟状骨高、lは踵骨端-MTP関節間距離である。h, lはデジタルノギス（株ミットヨ, 精度 0.01 mm）で計測した。
- BAI > 0.27は高アーチ, 0.27 ≥ BAI ≥ 0.21は標準アーチ, BAI < 0.21は低アーチである。

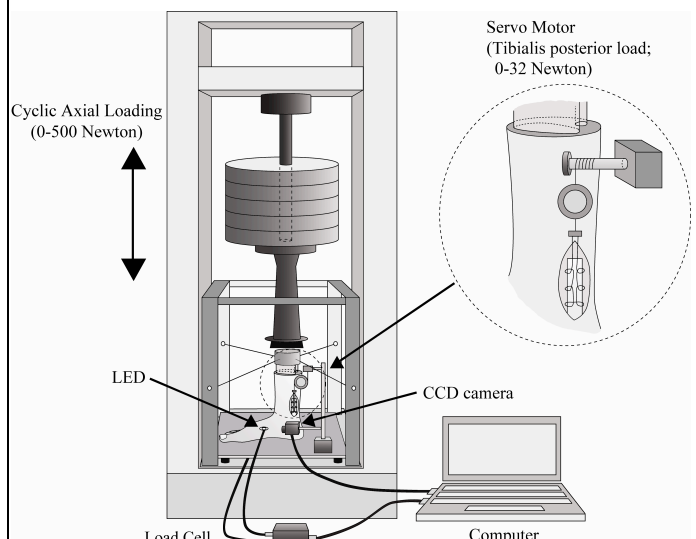


Figure 1. Apparatus of the experimental system

B. A で開発した反復荷重-変位計測システムと正常未固定凍結標本を用いた実験.

(1) 後脛骨筋力 (-) 群: 静的な足アーチの力学特性を計測. 下腿切断した下肢(n=7)を用い, 歩行をシミュレートした軸荷重(500N)を繰り返し(1~10,000 cycles)を負荷し最小荷重時と最大荷重時の足アーチの高さの変化, つまり繰り返し荷重-変位曲線, 疲労特性を計測した.

(2) 後脛骨筋力 (+) 群: 動的な足アーチの力学特性を計測. 下腿切断した下肢(n=7)を用い, 後脛骨筋腱中枢側に軸荷重に同期した引張り荷重(40% MMT, 32N, 1~10,000 cycles)を加え, 最小荷重時と最大荷重時の足アーチの高さの変化, つまり, 繰り返し荷重-変位曲線, 疲労特性を計測した.

C. 統計解析

最小荷重時と最大荷重時の足アーチの高さの変化はBAIで評価し, 後脛骨筋力 (-) 群と後脛骨筋力 (+) 群 でそれぞれ1,000 cyclesごとの値で比較した。統計処理はstudent's t-testにより, 有意水準は $p < 0.05$ とした。

4. 研究成果

後脛骨筋力 (-) 群, 後脛骨筋力 (+) 群ともアーチ高は繰り返し荷重により低下した. 特に, 後脛骨筋力 (-) 群で著明であった.

最小荷重時: (Fig. 2)

BAIは2,000 cycles以降後脛骨筋力 (+) 群では後脛骨筋力 (-) 群と比べて有意に高値を示した ($p < 0.05$). 後脛骨筋力 (+) 群では3,000 cycles以降ほぼ一定値を示したが, 後脛骨筋力 (-) 群では漸減した.

最大荷重時: (Fig. 3)

後脛骨筋力 (-) 群のBAIは3,000 cycles以降0.21以下となり低アーチとなった. しかし, 後脛骨筋力 (+) 群では0.21以上の値を維持した. 7,000 cycles以降, 後脛骨筋力 (-) 群は後脛骨筋力 (+) 群と比べアーチ高は有意に低下した ($p < 0.05$).

後脛骨筋力 (+) 群では最大荷重時で3,000 cyclesまではわずかにアーチの高さは低下したが, その後10,000 cyclesまでアーチの高さは維持された. つまり, 骨・靭帯複合体からなる足アーチの維持のためには, 静的なサポート¹⁾のみでは不十分であり, 後脛骨筋による動的なサポートがアーチの維持に重要であることが分った.

今回の研究では, 研究目的に示した足部への繰り返

返し荷重システム, 制御・解析アプリケーションの開発と, 1. 歩行をシミュレートした繰り返し荷重の足アーチ高への影響, 2. 足アーチ維持のためにダイナミックに働く後脛骨筋の役割の計測・解析を行った. 3. アーチの高さと肥満との関連性, 4. 扁平足予防のための足底板の効果については, 次のステップで解明する予定である.

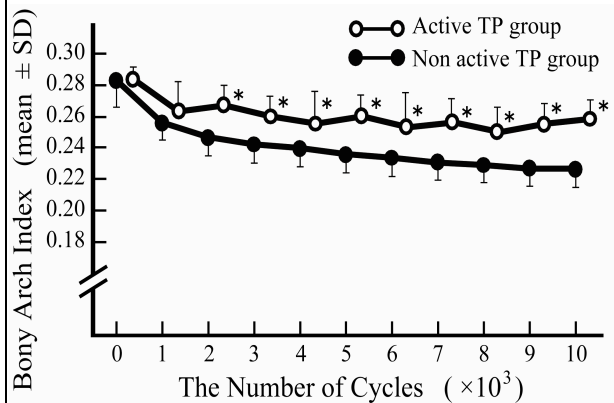


Figure 2. Bony arch index with minimum weightbearing
Statistical differences compared between both groups were checked for each 1,000 cycles. *; $p < 0.05$

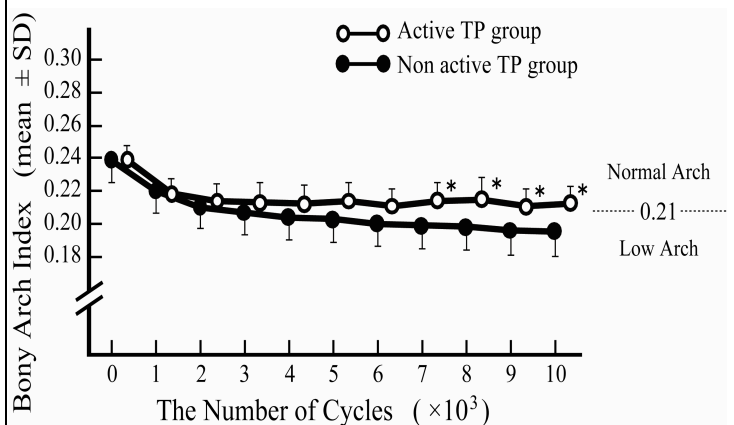


Figure 3. Bony arch index with maximal weightbearing
Statistical differences compared between both groups were checked for each 1,000 cycles. *; $p < 0.05$

参考文献：

1. Cowan, DN; et al: Foot morphologic characteristics and risk of exercise-related injury. Arch Fam Med. 2:773-777, 1993.
2. Huang, CK; et al: Biomechanical evaluation of longitudinal arch stability. Foot Ankle. 14:353-357, 1993.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1. Fujii T, Uchiyama E, Kitaoka HB, Luo ZP, Zhao KD, An KN. The influence of flatfoot deformity on the gliding resistance of tendons about the ankle. Foot Ankle Int. 2009 (11):1107-10. PubMed PMID: 19912723. (査読有り)
2. Fujii M, Suzuki D, Uchiyama E, Muraki T, Teramoto A, Aoki M, Miyamoto S. Does distal tibiofibular joint mobilization decrease limitation of ankle dorsiflexion? Man Ther. 2009 Oct 16. [Epub ahead of print] PubMed PMID: 19837626. (査読有り)

[学会発表] (計 5 件)

1. Kamiya T, Uchiyama E, Watanabe K, Suzuki D, Fujimiya M, Yamashita T. Dynamic Effect of the Tibialis Posterior Tendon on the Foot during Cyclic Axial Loadings. 56th Annual Meeting, Orthopaedic Research Society. Mar 6-9, 2010, New Orleans, Louisiana
2. 神谷智昭, 内山英一, 渡邊耕太, 鈴木大輔, 藤宮峯子, 山下敏彦. 反復荷重に対する足内側アーチの生体力学的解析. 北海道整形災害外科学会第118回 2010年1月30-31日 於: 札幌市
3. 神谷智昭, 内山英一, 渡邊耕太, 鈴木大輔, 藤宮峯子, 山下敏彦. 反復荷重に対する足アーチの生体力学的解析. 日本整形外科学会基礎学術集会第24回 2009年11月5-6日 於: 横浜市
4. 神谷智昭, 内山英一, 渡邊耕太, 鈴木大輔, 藤宮峯子, 山下敏彦. 反復荷重に対する足アーチの生体力学的検討. 日本臨床バイオメカニクス学会第36回 2009年10月16-17日 於: 松山市
5. 神谷智昭, 内山英一, 渡邊耕太, 鈴木大輔, 藤宮峯子, 山下敏彦. 反復荷重に対する足アーチの解析. 日本解剖学会総会 第114回 2009年3月28-30日 於: 岡山市

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

6. 研究組織

(1) 研究代表者

内山 英一 (UCHIYAMA EIICHI)
札幌医科大学・保健医療学部・教授
研究者番号: 70221108

(2) 研究分担者

神谷 智昭 (KAMIYA TOMOAKI)
札幌医科大学・医学部・研究員
研究者番号: 30438006
鈴木 大輔 (SUZUKI DAISUKE)
札幌医科大学・医学部・助教
研究者番号: 40372817
渡邊 耕太 (WATANABE KOTA)
札幌医科大学・医学部・講師
研究者番号: 50404629

(3) 連携研究者

なし