



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	インソールは肥満を想定した過剰な繰り返し負荷に対して足アーチを維持できるか？
Author(s) 著 者	齋藤, 悠城
Degree number 学位記番号	第 92 号
Degree name 学位の種別	修士 (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	

## 修士論文の内容の要旨

保健医療学研究科 博士課程前期 理学療法学・作業療法学 専攻 (コース) 生体工学 分野	学籍番号 12MP05 氏 名 齋藤 悠城
論文題名 (日本語) インソールは肥満を想定した過剰な繰り返し負荷に対して足アーチを維持できるか?	
論文題名 (英語) Can insole for obesity maintain the arch of the foot against repeated hyper loading?	
研究目的 近年の肥満人口の増加に伴い、後天性扁平足は急増している。後天性扁平足は足アーチの著しい低下、踵骨の外反がみられ、後脛骨筋腱機能不全を伴う場合が多い。後脛骨筋腱機能不全症では足部の疼痛から始まり、最終的には深刻な扁平足と歩行障害を生じる。後天性扁平足に対する治療として、インソールはしばしば使用され、その有効性もいくつか示されている。しかし、治療・予防の必要性が高い肥満の足部に対するインソールの効果は明らかでない。本研究の目的は、肥満を想定した繰り返される過剰な負荷に対する、足部構造の経時的変化を計測し、肥満に対するインソールが足部構造維持に与える影響を明らかにする事である。	
研究方法 対象は未固定凍結遺体標本の下腿・足部 20 肢を使用した。3 肢が女性、17 肢が男性、平均年齢は 83 歳(59-93 歳)であった。標本を下腿近位 1/3 で切断し、脛骨と腓骨をジグで固定した。標本を正常群(7 肢)、肥満群(7 肢)、インソール群(6 肢)の 3 群に分け、10,000 サイクルの繰り返し軸荷重を正常群に 500N、肥満群およびインソール群に 1,000N を負荷した。経時的な足アーチ高の変化を計測するため、発光ダイオードと CCD カメラからなる 2 次元変位計測装置を使用した。歩行の立脚中期を再現するため、標本の近位端に繰り返し軸荷重を負荷し、軸荷重と同期して後脛骨筋腱を 32N で牽引した。 足アーチ構造の評価には bony arch index を用いた。bony arch index は荷重	

時の舟状骨の高さから算出される。足アーチの力学特性の評価には、flexibility とエネルギー量を用いた。Flexibility は足アーチの変化量を荷重で除した値である。エネルギー量は変化量と荷重の積で表される。

結果はすべて平均値±標準偏差で示した。反復 2 元分散分析後、post hoc tukey の多重比較検定を用いた。統計学的解析には SPSS 17.0 software を用いた。すべての有意水準を  $\alpha=0.05$  とした。本研究は札幌医科大学倫理委員会の承認を受けている。

### 研究結果

1,000 サイクルから 3,000 サイクルの繰り返し軸荷重で、インソール群、正常群の BAI は肥満群よりも有意に大きかった( $p<0.05$ )。肥満群の BAI は 3,000 サイクル以降、正常群よりも有意に減少していたが、インソール群と肥満群との間に有意差はなかった。インソール群と正常群の間には 10,000 サイクルを通して差はなかった。

BAI の経時的変化は 3 群で異なる経過を示した。正常群では 1,000 サイクル以降一定の BAI を維持した。肥満群では 1 サイクルから 1,000 サイクルで急激に減少し、ローアーチの基準を下回った。インソール群では 3,000 サイクルまでは正常アーチを保ったが、その後 10,000 サイクルまで減少し続けた。

足アーチの Flexibility およびエネルギー量は正常群において 10,000 サイクルを通して一定に維持された。肥満群では 1,000 サイクル時で有意に減少し、その後は一定に維持された。インソール群では 4,000 サイクルまで維持されたが、その後減少し続けた。

### 考察

本研究では肥満に対するインソールの効果を明らかにするために、繰り返される軸荷重に対する足部構造の経時的変化を観察した。インソールを使用することで肥満を想定した過剰な負荷であっても 3,000 サイクルまで BAI を維持することが可能であった。しかし、その後 BAI は減少し続け、4,000 サイクル以降で足アーチは基準値を下回った。足アーチの Flexibility やエネルギーなども 4,000 サイクル以降減少し、足アーチでエネルギーを吸収する能力が低下していった。これにより、肥満条件下において繰り返しが少ない場合はインソールの効果が期待できるが、繰り返しが過剰となると足部構造が破綻してしまう可能性を示唆され、日常生活でインソールを使用する場合、肥満の影響だけでなく、歩行距離や使用頻度を注意する必要があるかもしれない。

## 結論

肥満に対するインソールは初期には足部構造を維持できるが、繰り返し負荷によって足部構造が破綻してしまう。インソールの使用には時間のファクターを考慮することで、効果的なサポートにも不十分なサポートにもなる可能性が示唆された。

**Introduction:** Increasing obesity population, adult acquired flatfoot deformity (AAFD) has notably risen in recent years. The AAFD is marked by arch collapse and increase heel valgus and is related to posterior tibial tendon dysfunction (PTTD) which cause pain behind medial malleolus and along medial longitudinal arch. At the end of the stage of the PTTD, serious AAFD and loss of gait ability are occurred. Although the use of insole for AAFD in normal weight has effects in clinical practice, it is still unknown that the insole protects the foot structure of obesity against repeated hyper loading during ADL. The purpose of this study was to investigate time-dependent change of arch structure when insole applies to cadaveric foot during repeated hyper loading as simulated obesity.

### **Methods:**

20 cadaveric feet from 3 female and 17 male were studied. Mean age was 83 years (range, 59 -93yrs). Each specimen was cut at the proximal third of the leg. Tibia and fibula were fixed with special jig. Specimens were assigned to three groups: normal group (n=7), obese group (n=7) and obesity with insole group (n=6). A total of 10,000 cyclic axial loadings of 500 N (Normal group) or 1,000N (Obese and obesity with insole group) were applied to the longitudinal axis of the tibia.

Time-dependent change of arch height was monitored with 2-dimentional analyzer, which was consisted of light emitting diode (LED) and charge-coupled device (CCD) camera. To simulate the mid-stance phase of gait, cyclic loads applied to proximal end of specimen by material testing machine and 32 N tibialis posterior tendon forces were applied.

We evaluated the arch structure using the bony arch index. The bony arch index was calculated from the height of the navicular height. We further evaluated flexibility and energy absorption. Flexibility was equal to deformation divide by load. Deformation was difference of arch height between weight and non-weight bearing. Energy absorption was equal to multiplying deformation by load.

Results were expressed as a mean  $\pm$  standard deviation (SD). Repeated measurement two-way analysis of variance with post- hoc Tukey comparisons was used for the BAIs data analysis. Statistical testing was performed using SPSS 17.0 software (SPSS Inc.,

Chicago, IL). All significance levels were set as  $\alpha=0.05$ . This study was approved by our institutional review board (IRB).

**Results:** From 1,000 to 3,000 cyclic loads, the BAI of the insole and normal group were significantly higher than that of obese group ( $p<0.05$ ). The BAI of the obese group was significantly decreased compared to normal group from 3,000 to 10,000 cycles ( $p<0.05$ ), however, the BAI between insole and obesity group was not different significantly. There was no difference between insole and normal group during whole cycles.

Regarding the time dependent change of BAIs, normal group was maintained BAI $>0.21$  after 1,000 cycles. In obese group, the BAI was dropped steeply from 1 cycle to 1,000 cycles, and marked  $<0.21$ , which is the diagnostic criterion for a low arch. In insole group, the BAI was maintained  $>0.21$  until 3,000 cycles, however gradually decreased until 10,000 cycles.

Flexibility and energy absorption in normal group were maintained throughout 10,000 cycles. In obese group, the flexibility and energy absorption started to decrease at 1,000 cycles, and stayed the low value until 10,000. In insole group, Flexibility and energy absorption were maintained until 4,000 cycles, however gradually decreased until 10,000 cycles.

**Discussion:** We demonstrated that time-dependent change of arch structure when the insole was applied to the obesity condition. The insole maintained the BAI even in the state of obesity until 3,000 cycles. After 4,000 cycles, however, the BAI of insole group was low arch until 10,000 cycles. Further, the flexibility and energy absorption were also decreased after 4,000 cycles. These results suggested that the insole for obesity might maintain the arch structure in the early period of time, but it might be corrupted by repeated hyper loading with duration.

**Significance:** Insole for obesity would protect foot structure. However, the repeated hyper loading caused failure of foot. Time-dependent consideration of insole might elicit positive or negative effects in their ADL.

キーワード (5個以内): インソール, 肥満, 後天性扁平足, 繰り返し負荷

- 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 <b>92</b> 号	氏名	齋藤 悠城
論文審査 担当者	理学療法学第 2 講座 主査：教授 内山 英一 理学療法学第 2 講座 副査：教授 片寄 正樹		作業療法学第 1 講座 副査：教授 中村 真理子
<p>審査論文題名</p> <p style="text-align: center;">インソールは肥満を想定した過剰な繰り返し負荷に対して 足アーチを維持できるか？</p> <p style="text-align: center;">Can insole for obesity maintain the arch of the foot against repeated hyper loading?</p> <p>肥満は、21 世紀で最も深刻な健康問題とされる。肥満では日常生活でさえ運動器に対する過剰な負荷となり、特に足部・足関節に対する影響は大きい。中でも扁平足と肥満の関連性は強い。扁平足が進行することで疼痛や歩行障害が生じ、日常生活レベルを著明に低下させるため、治療・予防法を確立することは急務である。本論文は、肥満を伴う扁平足に対する治療・予防法を確立するための基礎データを、足部への繰り返し荷重による疲労負荷試験にて明らかにした。</p> <p>本研究結果から、過剰な繰り返し負荷に対するインソールの効果は時間のファクターが影響することが明らかになった。つまり、初期ではインソールの使用で、足部構造、エネルギー吸収能を維持できたが、繰り返し負荷により徐々に足部構造、エネルギー吸収能は失われ、十分なサポートが得られなかった。</p> <p>この結果から臨床でインソールを使用する際には時間のファクターを考慮する必要性が示唆された。これまで計測されていなかった繰り返し負荷試験によりインソールの効果を計測したことが本研究の強みである。日常生活での生理的負荷領域における繰り返し負荷試験から得られる疲労特性は、実際に生じる構造破壊の過程を再現できる。本実験システムを用い、インソールの効果の検討に、時間軸を加えて評価出来たことは、今後様々な装具の効果やより有効なインソールの開発にも応用可能で、今後の発展性も十分に期待できる。</p> <p>以上より、本論文は研究の目的、方法、結果、考察、臨床応用、記述方法いずれにおいても優れており、審査委員会では修士(理学療法学)の学位論文にふさわしいと判断した。</p>			

※報告番号につきましては、事務局が記入します。