

インソール装着時の疲労軽減度及び効果の評価に関する研究

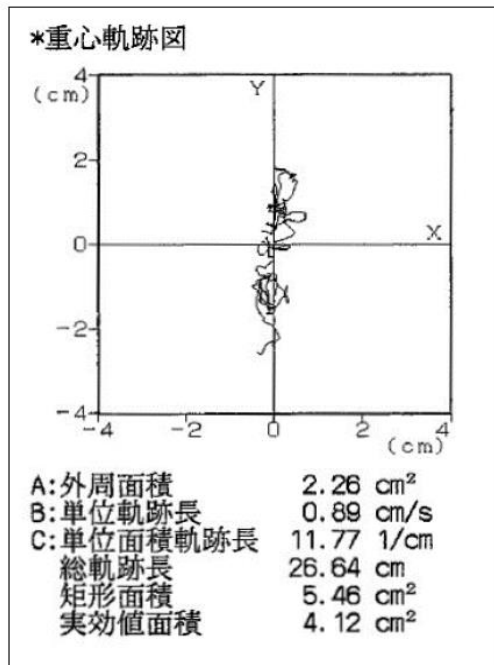
下記研究資料は一部を抜粋して掲載しています。

重心動揺、筋負担、ストレスの3つの項目の研究評価について掲載しています。

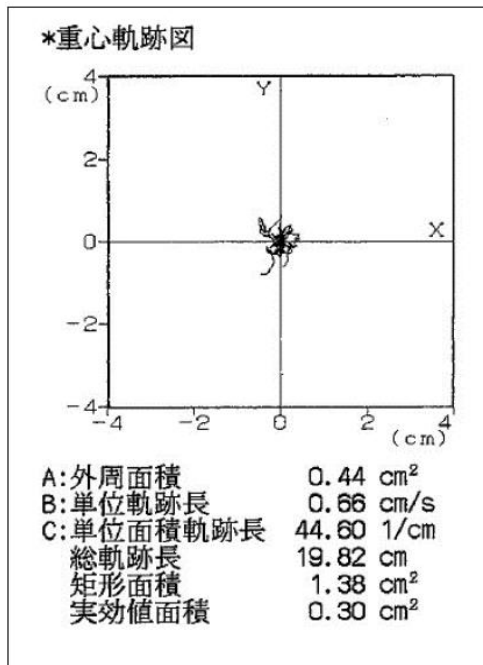
それぞれの棒グラフから見て折れるように明らかにインソール装着時に数値で評価されています。

1、重心動揺の測定による安定性評価

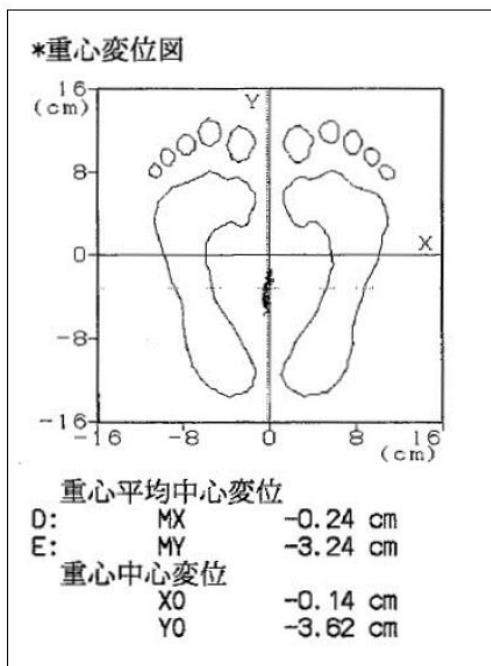
被験者は男性30名



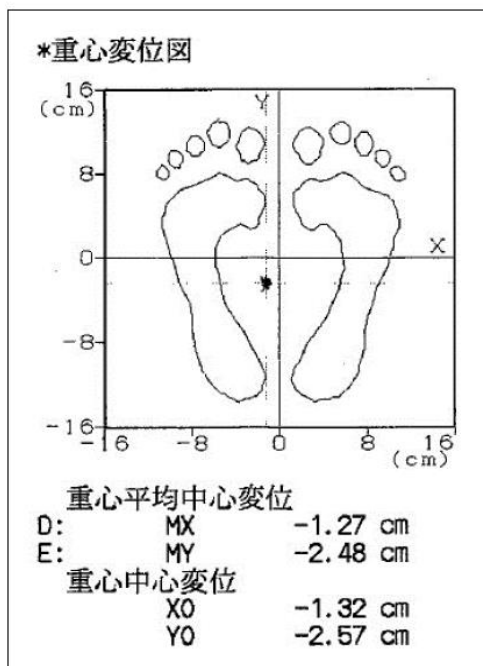
(a)重心軌跡図
(両足立ち, インソール無し)



(b)重心軌跡図
(両足立ち, インソール有り)

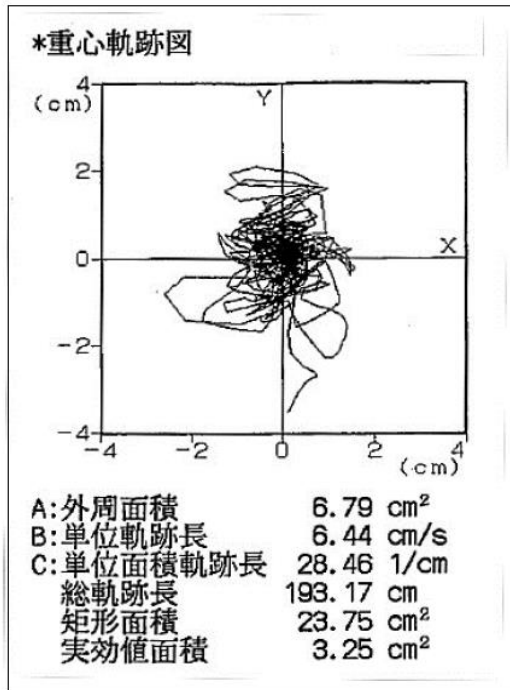


(c)重心変位図
(両足立ち, インソール無し)

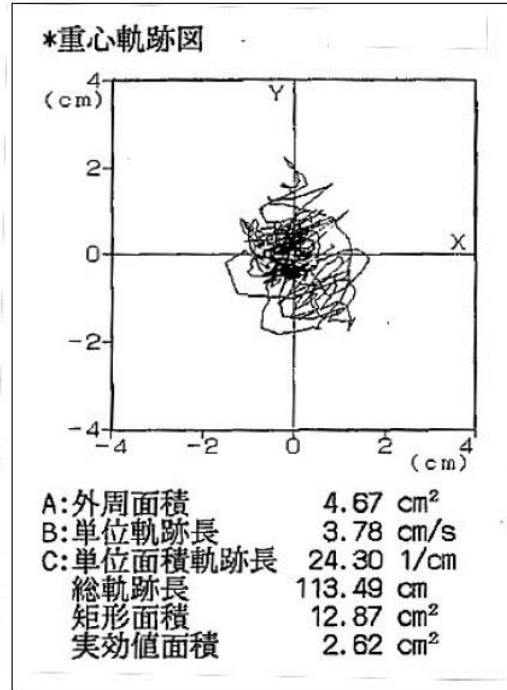


(d)重心変位図
(両足立ち, インソール有り)

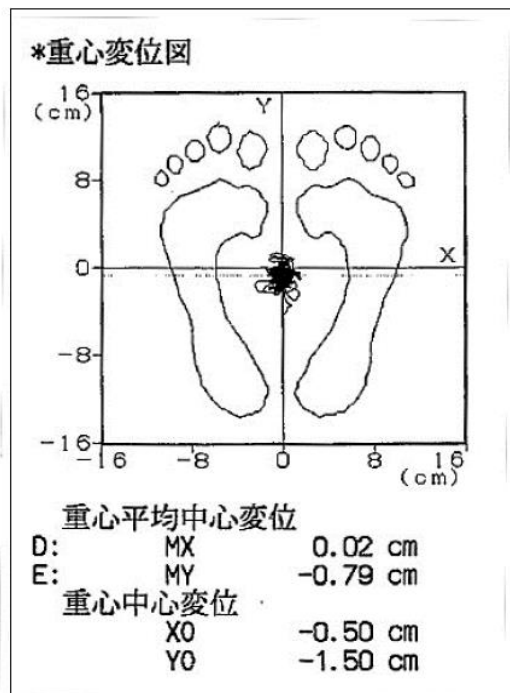
図7 重心動揺の計測結果の例2 (両足立ち姿勢)



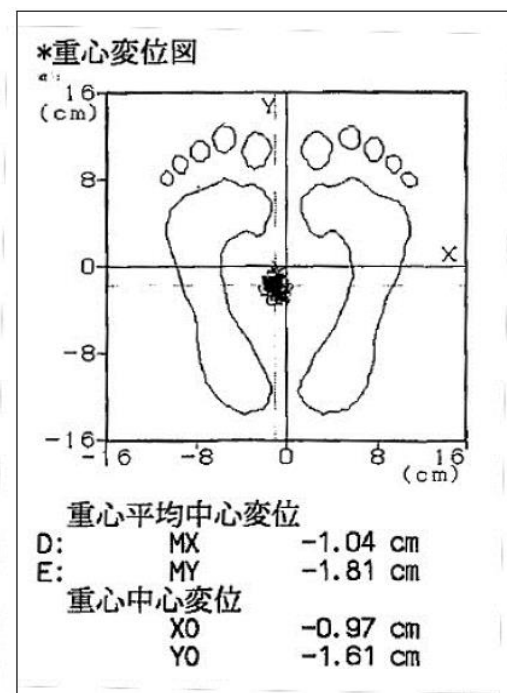
(a)重心軌跡図
(片足立ち, インソール無し)



(b)重心軌跡図
(片足立ち, インソール有り)

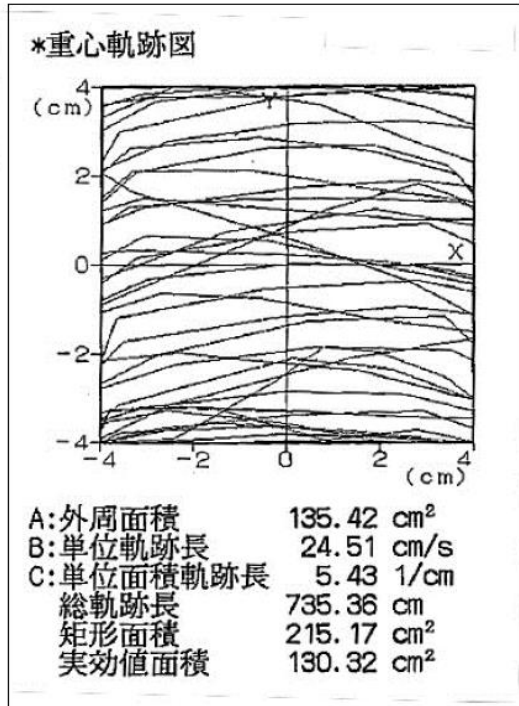


(c)重心変位図
(片足立ち, インソール無し)

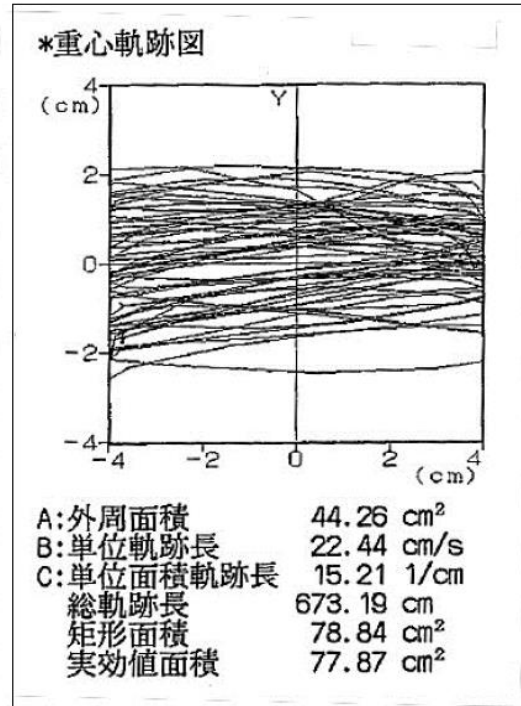


(d)重心変位図
(片足立ち, インソール有り)

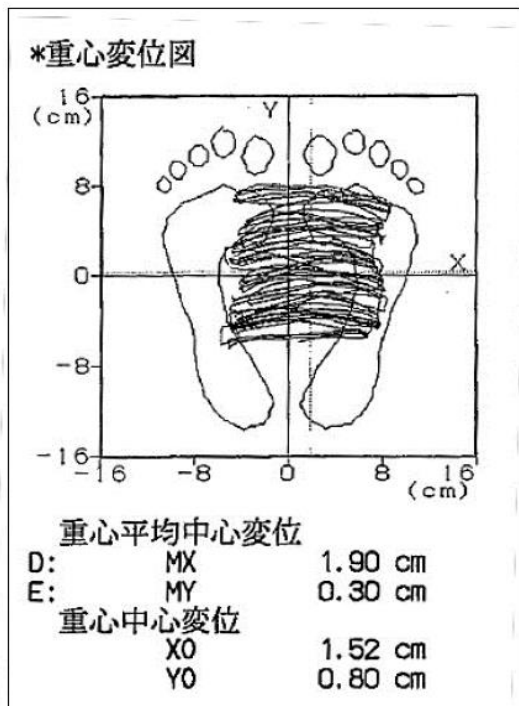
図8 重心動揺の計測結果の例3 (片足立ち姿勢)



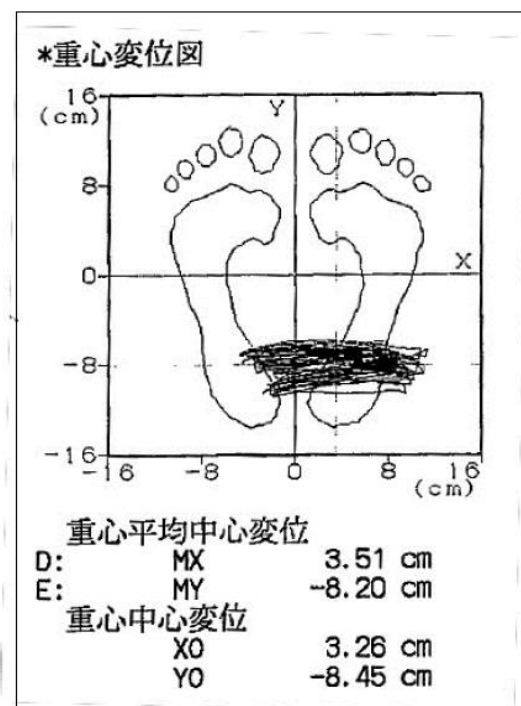
(a)重心軌跡図
(足踏み, インソール無し)



(b)重心軌跡図
(足踏み, インソール有り)



(c)重心変位図
(足踏み, インソール無し)



(d)重心変位図
(足踏み, インソール有り)

図 10 重心動揺の計測結果の例 5 (足踏み動作)

図12～図14は被験者30人の重心動揺の平均値を示す。ここではいずれも外周面積の評価値で示している。図12は両足立ちの場合で、インソール装着時の方が、重心動揺が小さい傾向が認められる ($p=0.09$)。すなわち、インソール装着時の方がより安定することを示している。

図13は片足立ちの場合で、同様にインソール装着時の方が、重心動揺が小さい傾向が認められる ($p=0.07$)。

図14は足踏みの場合で、インソール装着時の方が、重心動揺が有意に小さくなることが認められる ($p<0.01$)。すなわち、アシサプリメディハーフは特に足踏み動作において、安定性に優れていると言える。

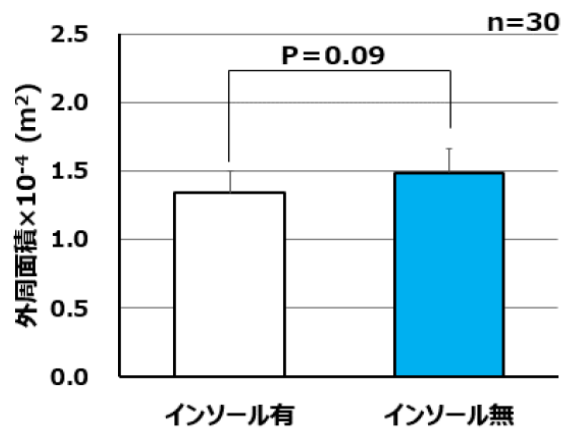


図12 重心動揺の平均値 (両足立ち)

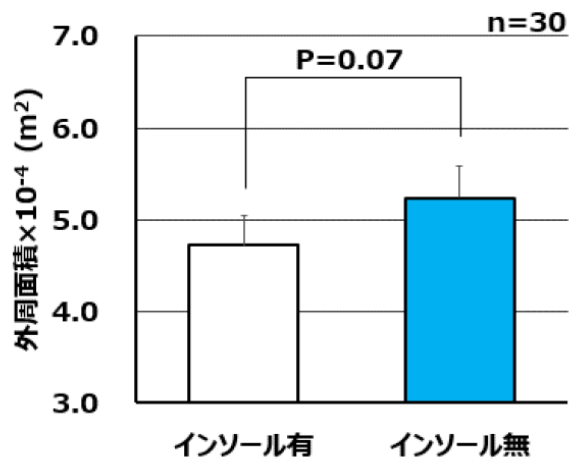


図13 重心動揺の平均値 (片足立ち)

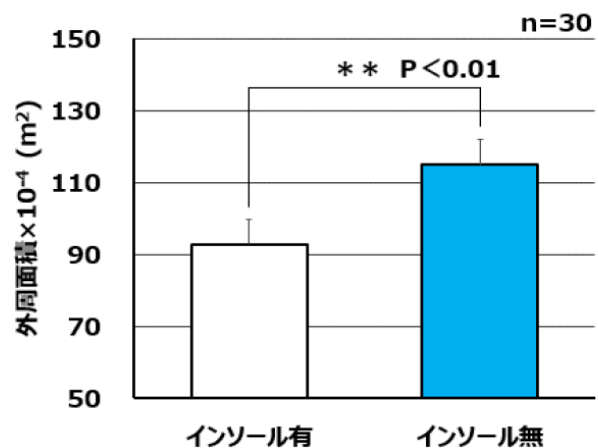


図14 重心動揺の平均値 (足踏み)

2、筋電図の測定による筋負担の評価

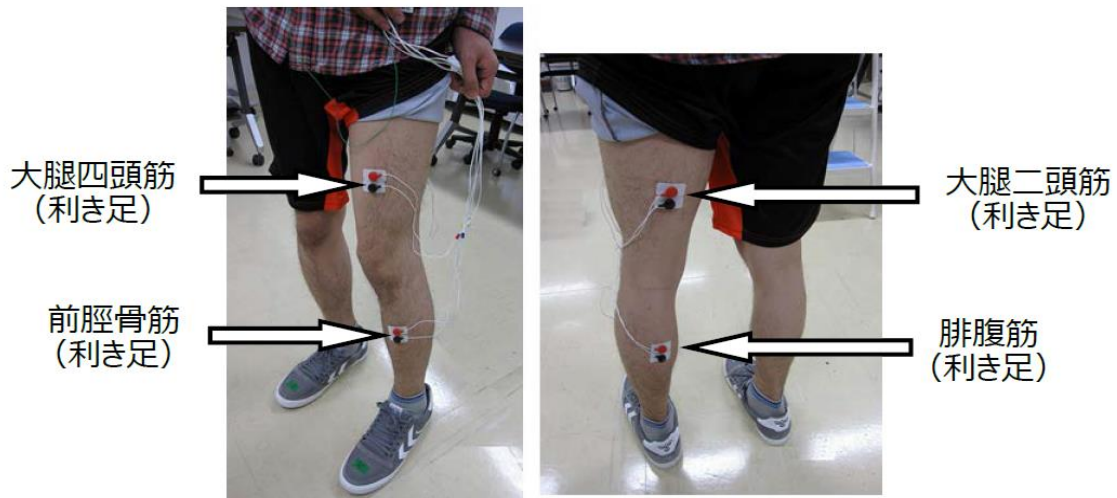
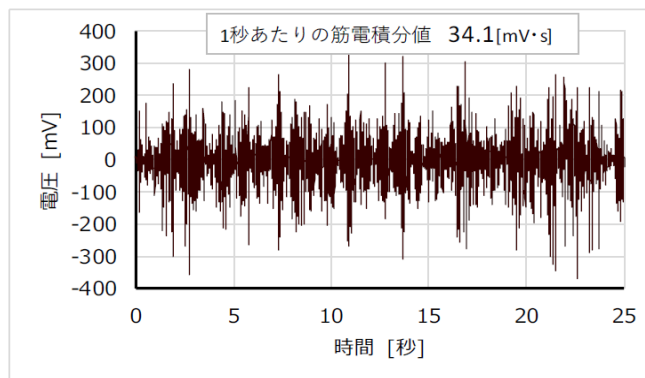


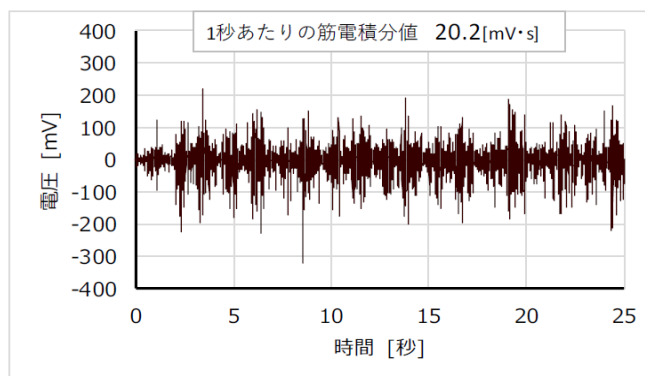
図 21 筋電図の測定対象の筋肉と表面電極

5.2 筋電図と評価方法

筋電図とは、筋肉が活動した際の筋肉からの放電を記録した波形のことで、一般的に筋活動（筋負担）が大きいときは放電波形の振幅が大きくなる。筋電図の測定には、表面電極が用いられることが多い。



(a) 踏み台 1 の昇降作業時の筋電図
(腓腹筋, インソール無し)



(b) 踏み台 1 の昇降作業時の筋電図
(腓腹筋, インソール有り)

図 22 下肢の筋電図の例

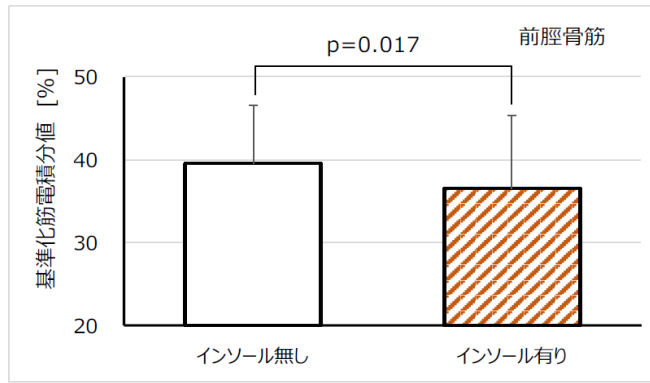


図 24 インソール有り無しの筋負担の比較（前脛骨筋，全作業）

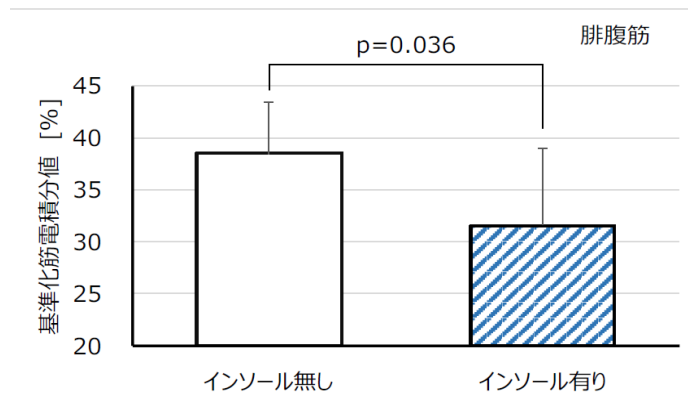


図 25 インソール有り無しの筋負担の比較（腓腹筋，全作業）

図24 は被験者4名の全作業における前脛骨筋（1秒あたりの基準化筋負担）のみについて、インソール有り無しを比較した結果である。この図は前脛骨筋の負担は、インソール有りの方が有意に小さいことを示している（ $p=0.017$ ）。また、図25は被験者4名の全作業における腓腹筋（1秒あたりの基準化筋負担）のみについて、インソール有り無しを比較した結果である。この図についても、腓腹筋の負担は、インソール有りの方が有意に小さいことを示している（ $p=0.036$ ）。

次に、図26は被験者4名の全作業における膝下の筋肉、すなわち前脛骨筋と腓腹筋について、インソール有り無しの8組のデータを比較した結果である。この図は膝下の筋負担は、インソール有りの方が有意に小さいことを示している（ $p=0.015$ ）。 p 値がより小さくなったのは、サンプル数が図24、図25に比べて多いためである。

図24～図26から、アシサプリメディハーフは、本研究で取り上げた4種類の作業全体において、膝下の筋負担を軽減する効果があると判断される。次に図27は被験者4名の全筋肉の負担を対象として、踏み台2(変形踏み台)のみについてインソール有り無しを比較した結果である。この図は、踏み台2(変形踏み台)の作業では、インソール有りの方の全筋肉の負担が有意に小さいことを示している（ $p=0.03$ ）。このことは、踏み台2のような非常に不安定な台に上る作業においては、アシサプリメディハーフが下肢の4つの筋肉の負担を軽減する効果があることを意味している。

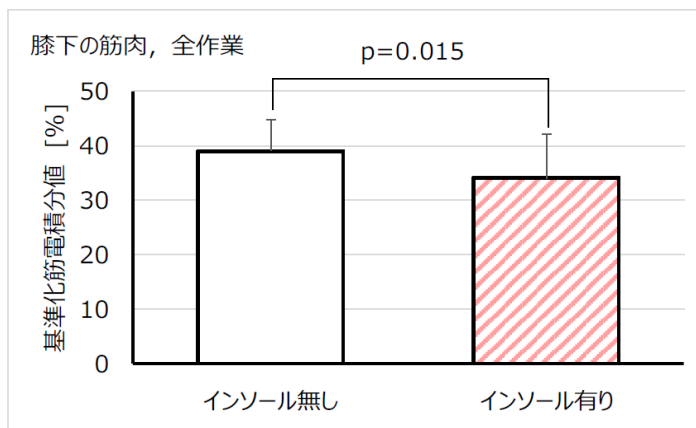


図 26 インソール有り無しの筋負担の比較 (膝下の筋肉, 全作業)

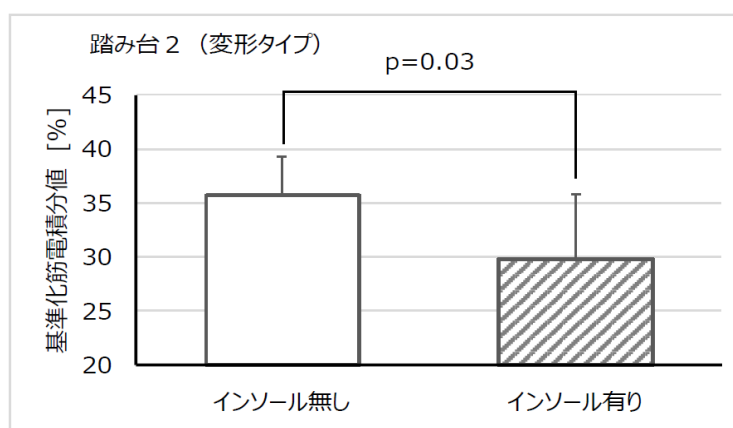


図 27 インソール有り無しの筋負担の比較 (全筋肉, 作業: 踏み台 2 (変形踏み台))

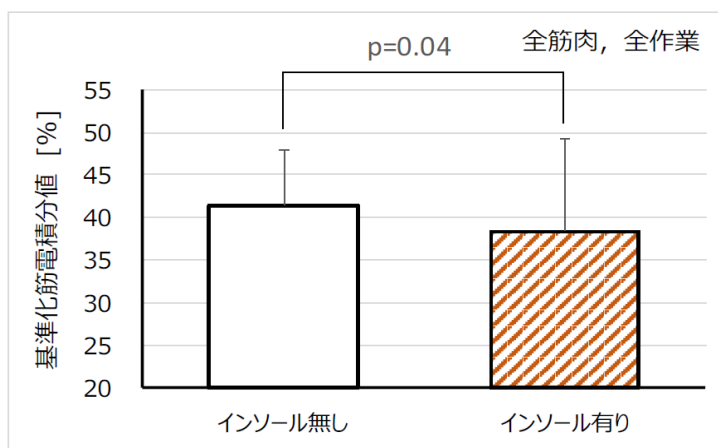


図 28 インソール有り無しの筋負担の比較 (全筋肉, 全作業)

図28は、被験者4名の全作業、全筋肉の負担を対象として、インソール有り無しの16組のデータを比較した結果である。この図は、全作業においてインソール有りの方の全筋肉の負担が有意に小さいことを示している ($p=0.04$)。このことからアシサプリメディハーフは、全作業において下肢の筋負担を軽減する効果があると言える。

3、心拍変動の測定によるストレスの評価

6. 心拍変動測定によるストレスの評価

6.1 心拍変動によるストレスの評価

本研究が対象としているインソール（アシサプリ メディハーフ）を靴に装着して履くことが、人間のストレスにどのように作用するかを検討した。ストレスの評価方法はいくつか存在するが、本研究では心拍変動による解析を行った。

図 29 に心拍変動による自律神経活動の評価方法に関する概略図を示す。心拍は心電図による波形で見ると、図の左上にあるように、P, Q, R, S, T と付された 5 つのピークからなる周期的な波形で表される。ピークの中では R が最も大きく、この出現が心拍となって現れる。ここで R と次の R の間隔を R-R 間隔と呼んでいる。この R-R 間隔は一定に推移するのではなく、何かに集中すると一定に近くなり、リラックスすると変動するようになる。したがって、横軸を時間とし、縦軸に R-R 間隔をとると、図 29 の右上のように時間の経過に対して変動するグラフが得られる。この R-R 間隔のグラフの低周波成分 (0.04~0.15Hz, 約 10 秒周期) を LF と表記し、高周波成分 (0.15~0.4Hz, 約 4 秒周期) を HF と表記する。ここで LF は精神的ストレスの指標であり、HF はリラックスの指

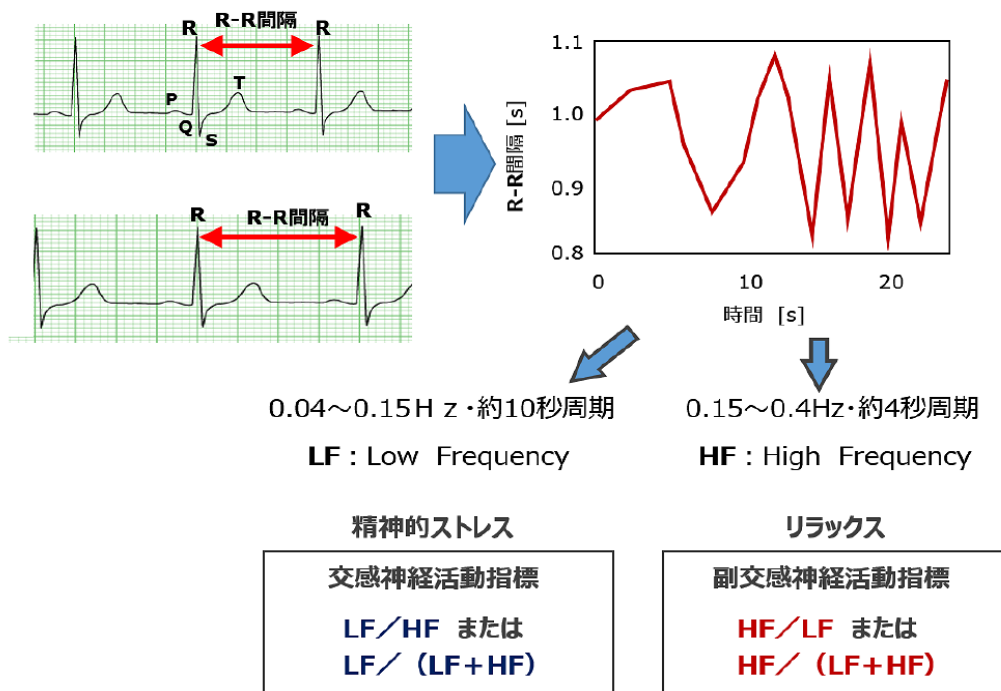


図 29 心拍変動による自律神経活動の評価

標であるとされている。数値をより顕著なものとするため、LF/HF の比を精神的ストレス（交感神経活動指標）、HF/LF の比をリラックス（副交感神経活動指標）として扱われることが多い⁹⁾。

6.2 心拍変動の測定方法

心拍変動を測定するために、図 30 に示す心電計（マイクロ DAQ Intercross 413, インタークロス社製）を用いた。この測定器は 4 種類 (4ch) の測定ができるが、心電測定には 1ch の ⊕ と ⊖ の電極のみを用いる。図に示すように、⊕ の電極をみぞおちに、⊖ の電極を鎖骨中央に、さらにグラウンド ⊙ を鎖骨端部に貼りつける。測定された心電波形は、Bluetooth によってノート PC に転送される。

心拍変動の測定は、図 31 に示すように、(a)着座姿勢と(b)直立姿勢で行った。被験者はまず、胸に表面電極を貼り

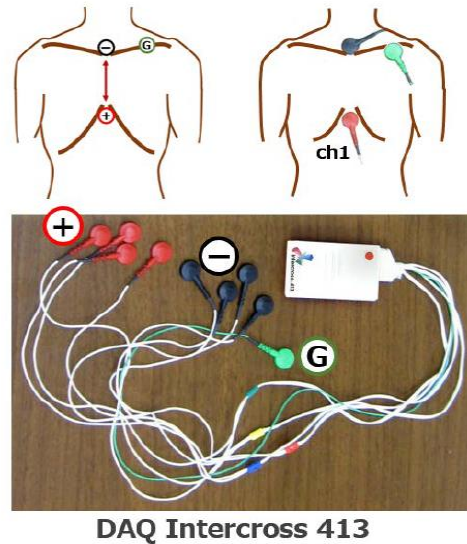


図 30 心拍変動のための心電計

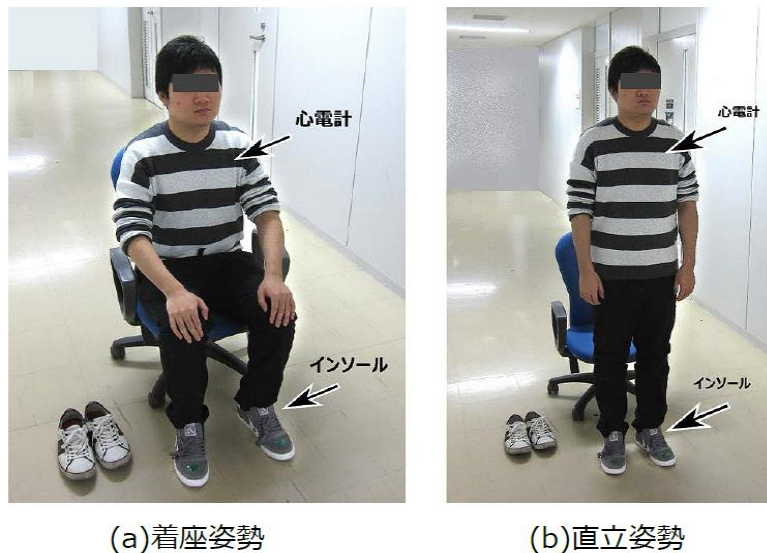


図 31 心拍変動の測定の様子

付ける。次に椅子に腰かけ、目を開いた状態で静かに靴を履き、その後、(a)の着座姿勢ではそのまま着座姿勢を維持し、(b)の直立姿勢では静かに起立し、直立姿勢を維持する。これらの姿勢をインソールの有り無しでそれぞれ行う。測定時間はいずれも 3 分間とし、それぞれ 2 回ずつ、計 8 回行う。

表 9 に被験者 4 名の年齢、身長、体重、足長、足幅の平均値を示す。実験と測定の前には各被験者に説明を行い、各被験者からインフォームドコンセントを得た。

表 9 被験者の特性
(男性 4 名)
(平均値±標準偏差)

年齢	21.5 ± 0.6 歳
身長	172.3 ± 3.6 cm
体重	62.0 ± 6.8 kg
足長	25.0 ± 1.4 cm
足幅	9.7 ± 0.3 cm

6.3 心拍変動の測定結果

図 32 に被験者 4 名の心拍変動から求めたストレス指標（交感神経活動指標）の比較を示す。ストレス指標としては、先に述べたように R-R 間隔の変動の低周波成分 LF と高周波成分 HF の比、LF/HF を用いている。同図(a)は着座姿勢の場合、同図(b)は直立姿勢の場合を示している。いずれもインソール無しに比べてインソール有りの方が、ストレス指標が小さい傾向が認められる。この結果から、インソール（アシサプリ メディハーフ）が足の裏面に触れる、あるいは圧迫することによって交感神経系の活動を抑制したことが示唆される。許ら⁽¹⁰⁾

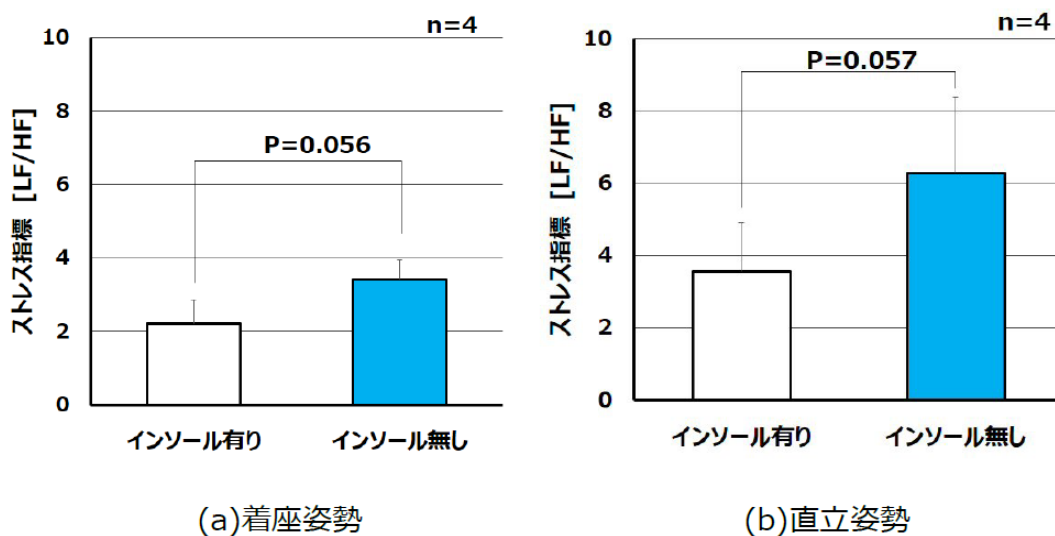


図 32 ストレス指標（交感神経活動指標）の比較

の研究では、足底刺激が副交感神経を亢進させて心拍数の減少と身体の休息をもたらす作用があると報告している⁽¹¹⁾。インソールの有り無しに関わらず、靴を履くことで足底が何らかの刺激を受けるが、アシサプリ メディハーフによって、より大きい刺激を受け、副交感神経活動が活発になりストレス指標が軽減されたと考えられる。このことはインソールの意外な効果であると思われる。図(a)の着座姿勢に比べて図(b)の直立姿勢の方がストレスが高いのは、直立すること自体が人間にとってはストレスであることを表している。

本研究の主な結果

(1) アシサプリ メディハーフを試着1回の場合に、両足立ち、片足立ち、足踏みにおける重心動揺の測定を行った結果、インソール無しの場合に比べて、インソール有りの場合に重心動揺が小さくなる傾向が認められた。特に足踏み動作においてアシサプリ メディハーフは安定性に優れている。

(2) アシサプリ メディハーフを日常生活で長期間着用した場合に、重心動揺がどのように変化するかを検討した結果、インソール有りの場合の重心動揺は、週の経過に関係なくほぼ一定であり、それに対して、インソール無しの場合の重心動揺は1~2週間目が比較的大きく、週の経過とともに減少し、5週目にはインソール有りの場合の重心動揺とほぼ等しくなった。これはアシサプリ メディハーフを長期間着用することによって、インソール無しの靴でもインソール有りの靴同様に安定性が保たれることを意味する。このことからアシサプリ メディハーフを長期間使用することによって足の形態が矯正される可能性が示唆された。

(3) ある動作や作業を行う際に、アシサプリ メディハーフの有り無しで下肢の筋負担が異なるかどうかを検討した。動作や作業として、比較的に足元が安定する「ステップ付き脚立の昇降」と「歩行」、比較的に足元が不安定な「踏み台の昇降」を取り上げた。その結果、全作業に対して、インソール無しの場合に比べて、インソール有りの場合に、全筋肉の負担が有意に小さくなることが認められた。特に膝下の筋肉についてはその傾向が強い。また、足元の不安定な「踏み台の昇降」では、アシサプリ メディハーフを着用することによって、下肢の筋肉の負担が有意に小さくなった。

(4) 心拍変動によるストレスの評価を行った結果、着座姿勢と直立姿勢ともに、

- 38 -
インソール有りの方が、ストレス指標が小さい傾向が認められた。この結果から、アシサプリ メディハーフが足の裏面に触れる、あるいは圧迫することによって交感神経系の活動を抑制したことが示唆される。インソールの有り無しに関わらず、靴を履くことで足底が何らかの刺激を受けるが、アシサプリ メディハーフによって、より大きい刺激を受け、副交感神経活動が活発になりストレス指標が軽減されたと考えられる。

(5) インソールと足底の接触具合を検討するため、感圧紙による圧力分布測定を行った。その結果、アシサプリ メディハーフは足底全体に圧力を分散し、体重を足裏全体でささえる状態になっていることがわかった。

(6) 最後にアシサプリ メディハーフの効果について主観的な評価を行った。その結果、アシサプリ メディハーフは、初めて装着すると違和感や姿勢の変化を感じるが、フィット感と安定感には非常に優れていることがわかった。