

2022年8月24日

## インソールの評価実験結果報告書

東京電機大学 工学部機械工学科  
准教授 井上淳

### 1. 実験内容

本実験は、IRERUDAKE 株式会社より依頼のあった足裏貼り付け式インソールの歩行に与える影響を検討することを目的として行った。

インソールの有無の2条件を対象として、モーションキャプチャを用いて第一頸椎中央と骨盤中心、骨盤中心と左右踝中心の進行方向距離及び直行方向距離の推移を計測し、筋電計を用いて平地歩行時の筋電位を計測した。実験条件は以下のとおりである。

被験者は20代健常男性5名である。選定条件として、大学入学以降本格的なスポーツの経験のある者は除外した。また、下肢の障害や直近3年間の足部の重大な怪我、その他通常歩行に影響を及ぼすと考えられる病気があるものを除外した。

歩行は8m歩行を行い、歩き出しと歩き終わりの不安定な部分を除いてデータを使用した。三次元動作計測にはNatural Point社製三次元運動解析システムOPTITRACKを用い、第一頸椎の左右、骨盤の左右外側にある腸骨稜、左右脚の外踝に張り付けたマーカーを用いて、それぞれ中心位置を計算した。筋活動量比の計測には追坂電子製の筋電位センサを用い、僧帽筋、大胸筋、最長筋、大腿直筋、半腱様筋、腓腹筋外側頭、前脛骨筋の7点をサンプリング周波数1000Hzで計測した。筋電位を整流し、平滑化を行った後、一歩行ごとに切り出し、歩行周期の長さによって正規化を行った後、一歩ごとの積分値を算出した。

### 2. 実験結果

#### 2.1 三次元動作解析

第一頸椎左側と右側、左右腸骨稜、左右外踝にモーションキャプチャ用マーカーを貼付し、第一頸椎左側と右側の中央を第一頸椎中央(以下首と記載する)、左右腸骨稜の中央を骨盤中央(以下腰と記載する)、左右外踝の中央を踝中央(以下踝と記載する)とした。これらの点を用い、歩行中の首-腰間直進方向最大距離(首と腰の進行方向のずれ)、首-腰間直行方向最大距離(横方向のずれ)および、腰-踝間直進方向最大距離(腰と踝の進行方向のずれ)、腰-踝間直行方向最大距離(横方向のずれ)を計算した。首と腰の直進方向のずれと直行方向のずれを図1、図2および表1、表2に、腰と首の直

進方向のずれと直行方向のずれを図 3、図 4 および表 3、表 4 に記載する。なお、実験結果の図表に関しては報告書の最後にまとめて記載している。

首-腰間の最大距離を見ると、進行方向では 5 名中全員が、インソールの使用によってずれが小さくなっていることがわかる。直行方向では 5 名中 3 名がずれが小さくなっていることがわかる。次に、腰-踝間の最大距離を見ると、進行方向では 5 名中 2 名が、インソールの使用によってずれが小さくなっていることがわかる。直行方向では 5 名中 1 名がずれが小さくなっていることがわかる。

このことから、インソールの使用によって骨盤の直上に頭骨が乗るように姿勢が変化していることがわかる。また、左右方向に関しても、骨盤と頭骨のずれが小さくなる傾向があることがわかる。一方で、骨盤と踝の中央のずれは大きくなる傾向がある。言い換えると、いわゆる「背筋を伸ばした美しい歩行」をするために足の動かし方が変化していることが示唆される。

## 2.2 筋電位計測

僧帽筋、大胸筋、最長筋、大腿直筋、半腱様筋、腓腹筋外側頭、前脛骨筋の 7 点をサンプリング周波数 1000Hz で計測した。得られた結果を整流平滑化し、一歩行ごとに切り出し、歩行周期の長さによって正規化を行った後、一歩ごとの積分値を算出した。その平均値を用い、インソール有りの値をインソール無しの値で割って比率を算出した。この値が 1 未満の場合、インソールを使用した際に筋活動量が減少することを意味する。それぞれの結果を図 5 から図 11、および表 5 から表 11 に示す。

インソールの有無による比率について、僧帽筋は、5 名中 2 名が 1 未満、大胸筋は 5 名中 4 名が 1 未満、最長筋は 5 名中 2 名が 1 未満、大腿直筋は 5 名中 4 名が 1 未満、半腱様筋は 5 名中 3 名が 1 未満、腓腹筋外側頭は 5 名中 3 名が 1 未満、前脛骨筋は 5 名中全員が 1 未満となった。

これらの結果から、インソールを用いることで、歩行時の大胸筋、大腿直筋、半腱様筋、腓腹筋外側頭、前脛骨筋の筋活動量が低下することがわかる。

## 3. 考察

本項ではそれぞれの実験結果からインソールの効果を考察していく。

三次元動作解析の結果からはインソールを使用した際、骨盤の直上に頭骨が乗るように姿勢が変化していることがわかった。また、左右方向に関しても、骨盤と頭骨のずれが小さくなる傾向があることがわかる。これらは、姿勢が良くなり、いわゆる猫背改善が行われていることと、頭部の左右への揺れが小さくなっていることを意味する。

また、筋活動量比の結果からは、インソールを使用した際、歩行時の大胸筋、大腿直筋、半腱様筋、腓腹筋外側頭、前脛骨筋の筋活動量が低下することがわかった。

大胸筋の筋活動量低下に関しては、三次元動作解析で分かった骨盤と頭骨の距離が短くなっている、つまり背筋が伸びていることと関係していると考えられる。大胸筋は前方に上腕を挙上する動作の初期に働くため、背筋が伸びた状態ではこの働きが弱くなり、大胸筋の活動量が落ちると考えられる。

大腿直筋、半腱様筋、腓腹筋外側頭、前脛骨筋の4つの筋の活動量低下に関しては、足部全体の筋活動量が低下していることから、歩行の効率化が図られていることが考えられる。さらに、その中でも膝関節の伸展と股関節の屈曲を司る大腿直筋は5名中4名が低下しており、無理に足を振り出したり、股関節を屈曲させて体を前に押し出す必要がなくなっていることが考えられる。また、前脛骨筋は土踏まずを引き上げて足の縦アーチを保持する役割をもっており、この筋活動量は5名中全員が低下している。このことから、足裏貼り付け式インソールが縦アーチを保持してくれることで、前脛骨筋の筋活動量を低下させることができていると考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、開発中のインソールの効果を定量的に明らかにするために、インソールの有無の条件で、第一頸椎中央と骨盤中心、骨盤中心と左右踝中心の進行方向距離及び直行方向距離の推移を計測し、筋電計を用いて平地歩行時の筋電位を計測した。

その結果、骨盤と頭骨のずれが小さくなる傾向があることがわかる。これらは、姿勢が良くなり、いわゆる猫背改善が行われていることと、頭部の左右への揺れが小さくなっていることがわかった。また、それに付随して大胸筋の活動量が低下していること、足部の4つの筋が活動量低下する被験者が多いことから、歩行の効率化が図られていること、足裏貼付け式インソールが足部アーチを保持していることが考えられる。

以前、類似のインソールの歩行を解析した際はインソールを用いることで、立位時の左右バランスが改善されることと、平地歩行、上り坂歩行、下り坂歩行中の重心左右動揺量が軽減し、安定した歩行が実現できることが示されており、その結果を支持する結果が今回の実験からも得られた。

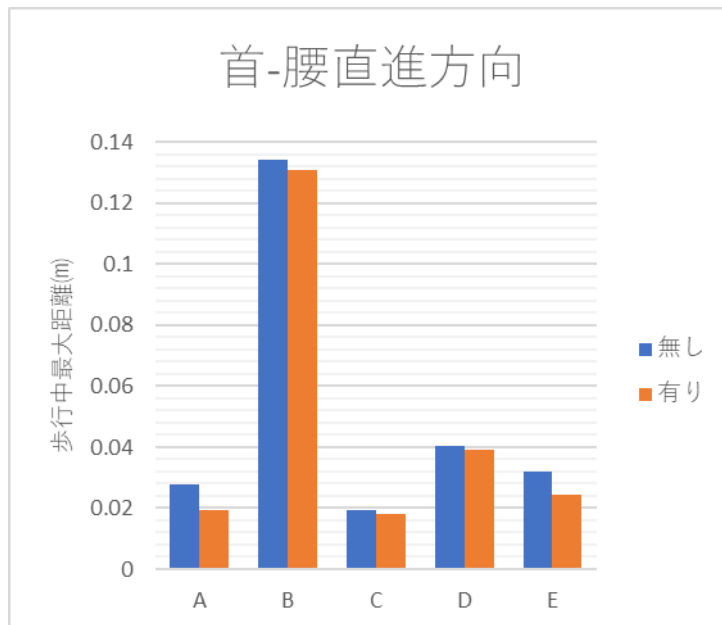


Fig.1 歩行中の首-腰間直進方向最大距離

Table1 歩行中の首-腰間直進方向最大距離

	インソール無し	インソール有り
A	0.028	0.019
B	0.134	0.131
C	0.019	0.018
D	0.040	0.039
E	0.032	0.025

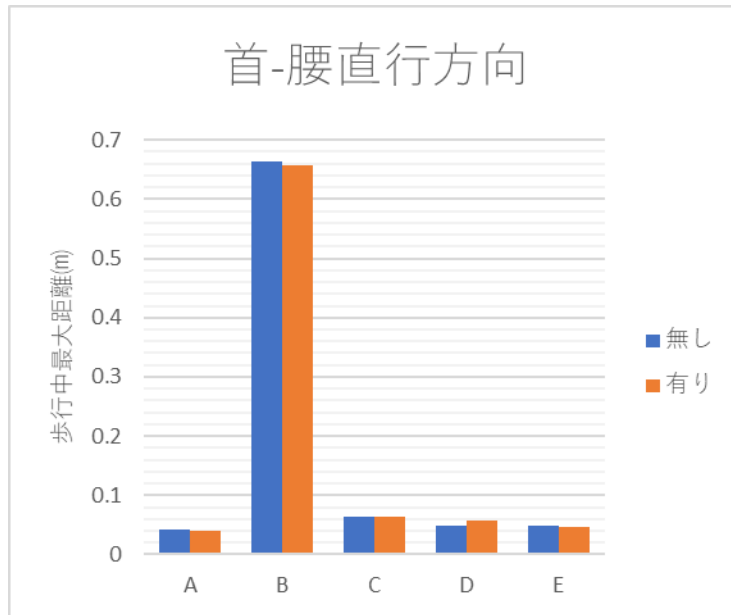


Fig.2 歩行中の首-腰間直行方向最大距離

Table2 歩行中の首-腰間直行方向最大距離

	インソール無し	インソール有り
A	0.042	0.040
B	0.664	0.657
C	0.063	0.064
D	0.049	0.058
E	0.049	0.047

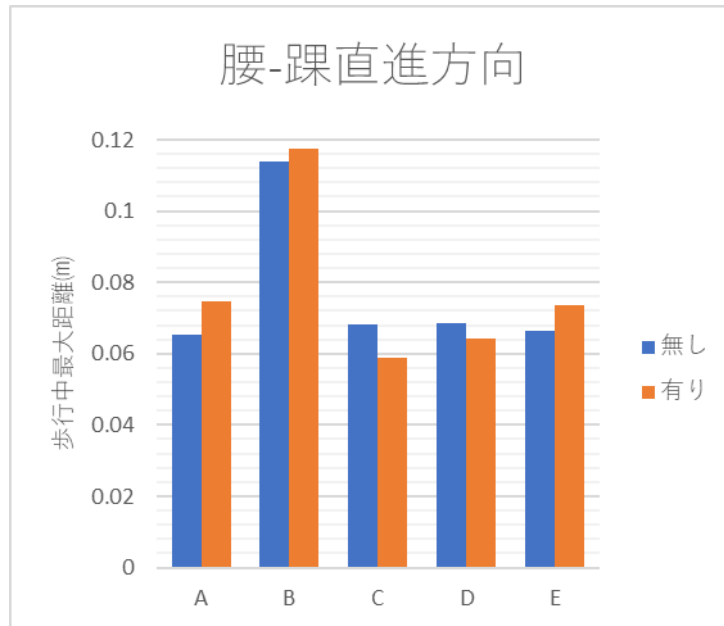


Fig.3 歩行中の腰-踝間直進方向最大距離

Table3 歩行中の腰-踝間直進方向最大距離

	インソール無し	インソール有り
A	0.065	0.074
B	0.114	0.117
C	0.068	0.059
D	0.069	0.064
E	0.066	0.073

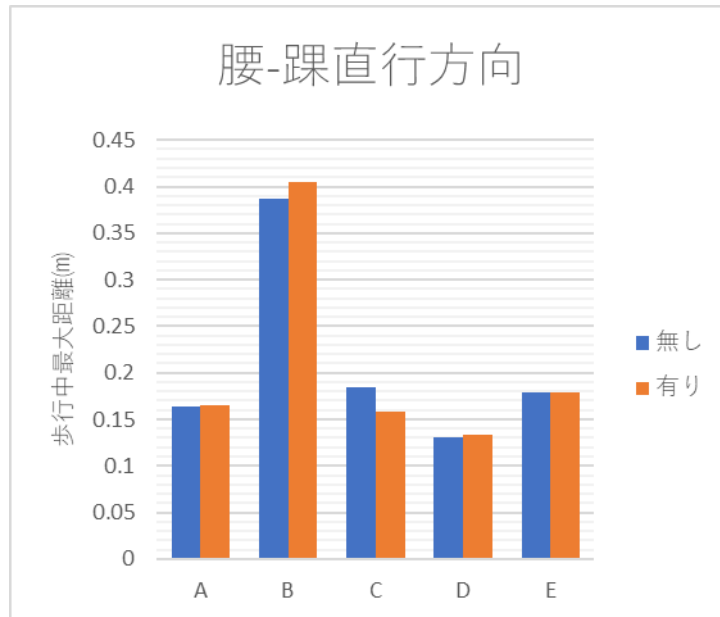


Fig.4 歩行中の腰-踝間直行方向最大距離

Table4 歩行中の首-腰間直行方向最大距離

	インソール無し	インソール有り
A	0.164	0.165
B	0.387	0.404
C	0.185	0.158
D	0.13	0.134
E	0.179	0.179

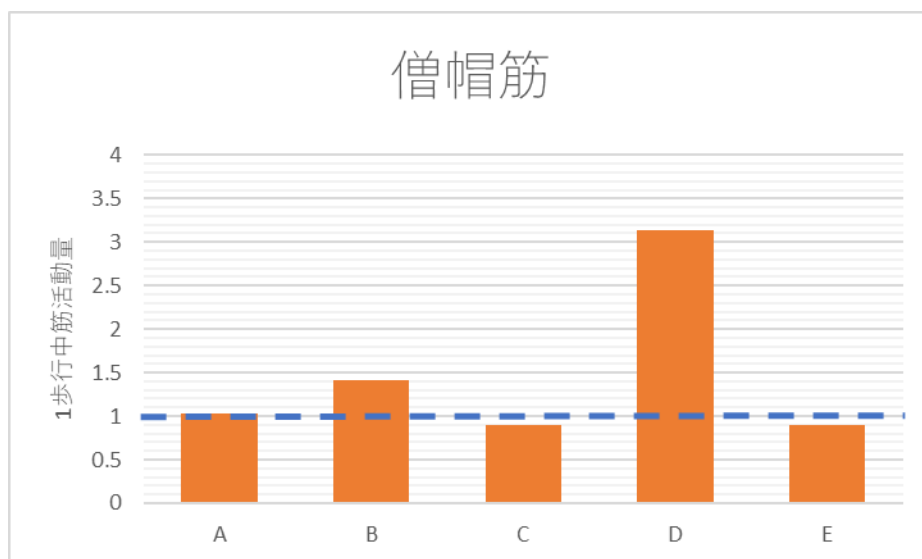


Fig.5 一歩行中の僧帽筋活動量比

Table5 一歩行中の僧帽筋活動量比

	筋活動量比
A	1.034
B	1.415
C	0.899
D	3.143
E	0.902



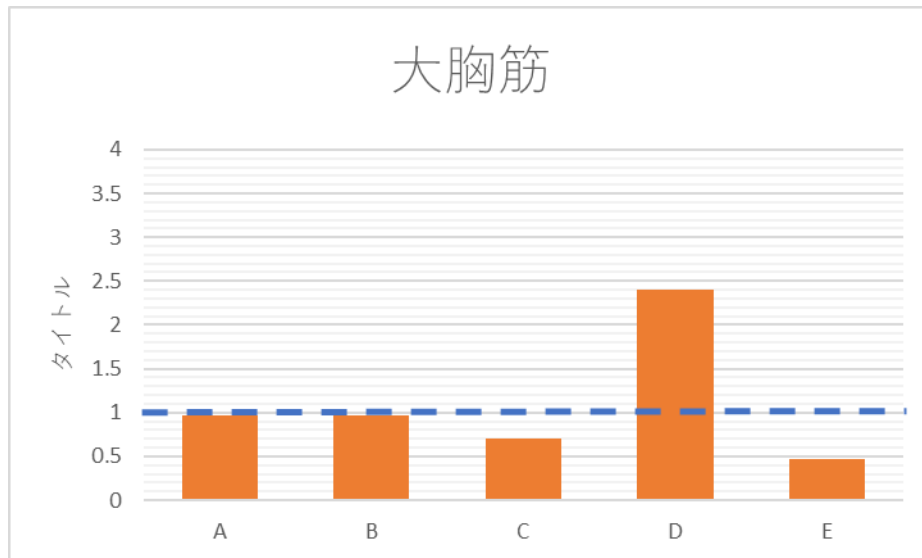


Fig.6 一歩行中の僧帽筋活動量比

Table6 一歩行中の僧帽筋活動量比

	筋活動量比
A	0.971
B	0.961
C	0.703
D	2.408
E	0.472

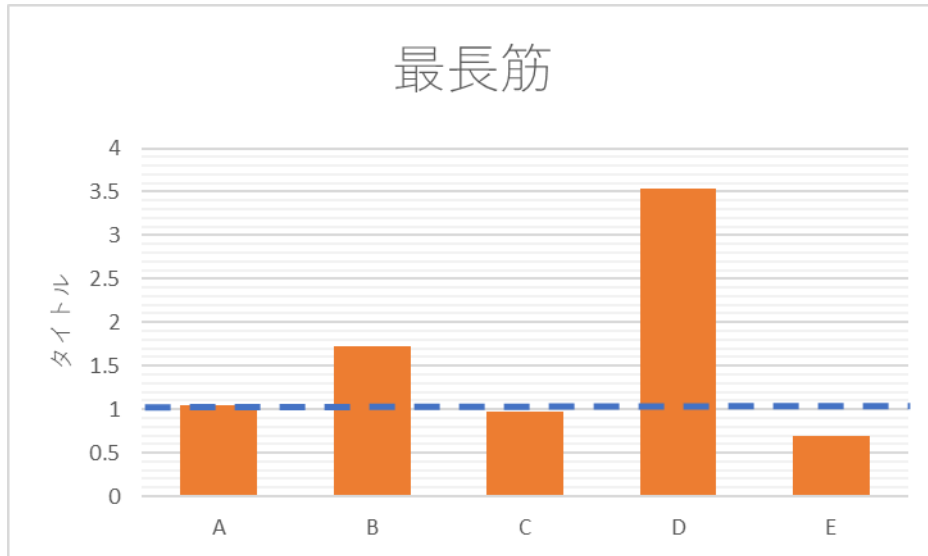


Fig.7 一歩行中の僧帽筋活動量比

Table7 一歩行中の僧帽筋活動量比

	筋活動量比
A	1.044
B	1.718
C	0.977
D	3.53
E	0.687

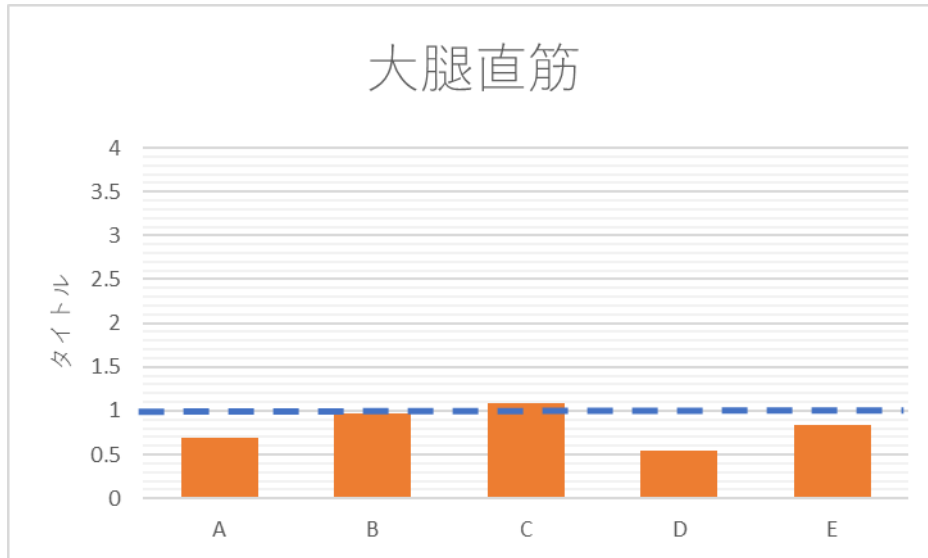


Fig.8 一歩行中の僧帽筋活動量比

Table8 一歩行中の僧帽筋活動量比

	筋活動量比
A	0.692
B	0.967
C	1.087
D	0.545
E	0.833

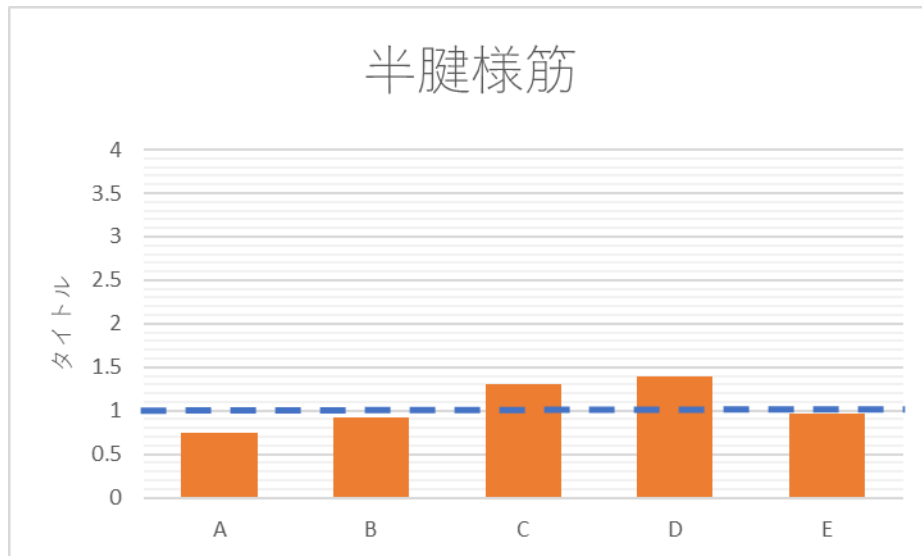


Fig.9 一歩行中の半腱様筋活動量比

Table9 一歩行中の半腱様筋活動量比

	筋活動量比
A	0.745
B	0.925
C	1.308
D	1.387
E	0.964

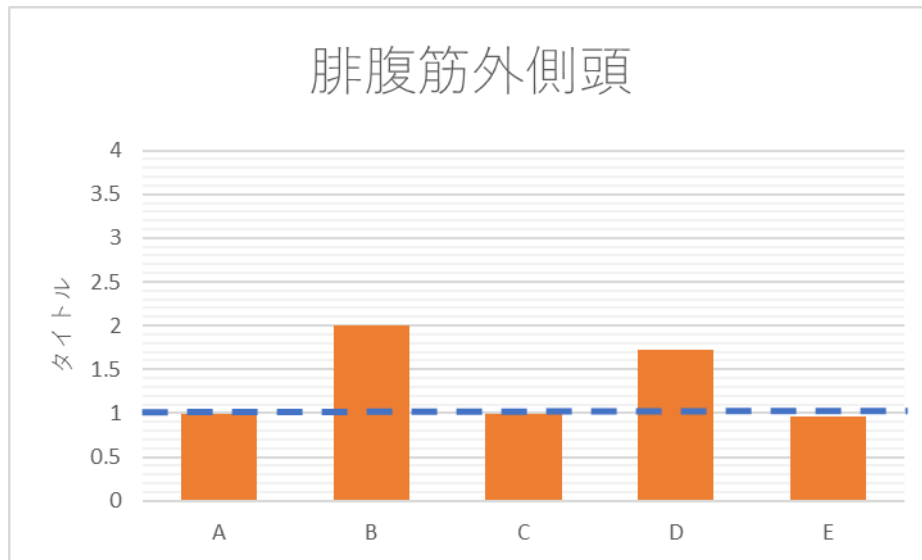


Fig.10 一歩行中の腓腹筋外側頭筋活動量比

Table10 一歩行中の腓腹筋外側頭筋活動量比

	筋活動量比
A	0.986
B	2.003
C	0.992
D	1.725
E	0.957

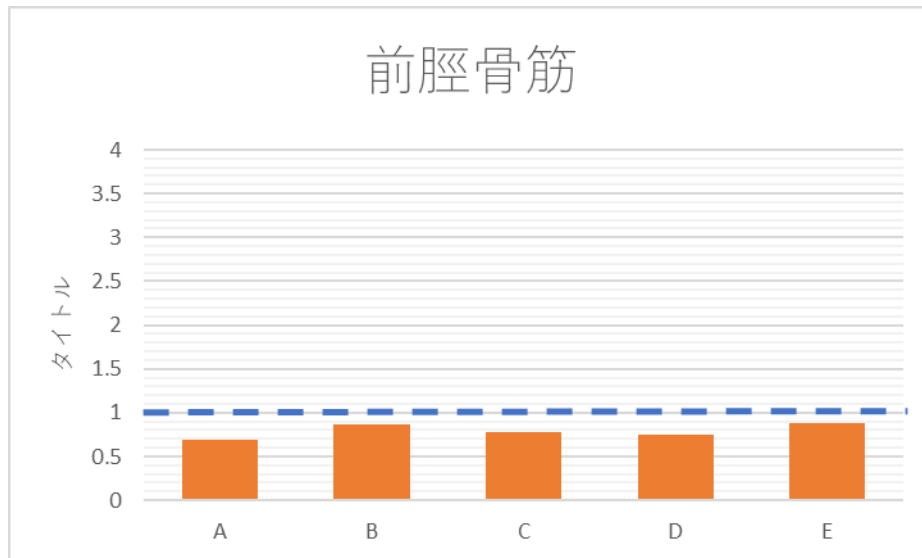


Fig.11 一歩行中の前脛骨筋活動量比

Table11 一歩行中の前脛骨筋活動量比

	筋活動量比
A	0.691
B	0.863
C	0.784
D	0.75
E	0.885