

靴底の違いが歩行運動に及ぼす影響

加藤 好信

Effect to walking by sole of shoe

Yoshinobu KATO

Abstract

The walk exercises in 3 conditions that there was not a ditch shoes, special ditch shoes and bare feet, depend in EMG, oxygen intake, motion analysis and compared how they differ. The shoes that have a ditch from EMG that the following result was obtained became clear outside of m. gastrocnemius and, inside of m. vastus medialis to do the such movement that they which used a lot do the lower limbs pronatro,. Although the usage of such a muscle is a bare feet and similar trend the authorities concerned activity were a bigger thing than the bare feet.

The sole of a shoe is difficult to transform in the shoes without the ditch and many combine muscles of femoralis extensor group, without using so and the lower limbs muscle group became clear to use. It was conceivable that oxygen intake proportions to the weight of the shoes. In the analysis of the movement by the motion analysis in the walking exercise as for the shoes with the ditch the foot tip point worked largely. The ditch no shoes are able to think that the movement was restricted, because the sole of a shoe is difficult to movement it.

Key words : the sole of shoe, walk exercise, EMG, oxygen uptake

キーワード：靴底、歩行運動、筋電図、酸素摂取量

緒言

歩行は人間のおこなう移動運動の中で、もっとも基本的な運動様式であり、多くの研究^{3,4,5,6,7,8,9,)}が行われてきた。その歩行運動の特徴は、両足を同時に地面から離さないことであり、両足が同時に地面から離れると走行となる。明石¹⁾によると一方の足の踵が地面についてから、その足の踵がもう一度地面につくまでを1サイクルとしている。地面から足が

離れている時期を遊脚期、足が地面と接している時期を立脚期、両足が地面についている時期を二重支持期としている。遊離期は足の指が床を離れ、下肢が前方に振り出される加速期、加速された下肢が前方に振り出され、体の真下を通り過ぎる遊脚期中期、前方に振り出された下肢が踵接地前に減速される減速期に細分される。歩行の速度は、ストライド（歩幅）とピッチ（1サイクルにかかる時間）で決

定される。また、歩行速度と、踵が地面から離れ、さらに足の指が離れる踏み切り期における後方へのキック力が関係している。

歩行運動における靴の役割は、足の保護、地面からの衝撃を和らげたりする受動的な役割と、運動学的に歩行を助ける能動的な側面があると考えられる。特に、靴底は材質や形状によって受ける影響は大きい。一部のデザイン優先の靴を除けば、山や野原を歩くための登山靴やトレッキングシューズは足の保護を優先させ、靴底は固い変形しにくい素材でできている。ランニングシューズや運動靴は軽く、足にフィットして柔らかい素材で出来ている。靴底の形状はどちらも滑り止めの機能を優先して作られている。

本研究の対象としたのは、靴底の溝が放射線状に切つてある靴で、踏み切り期の後方へのキック時に作用する方向が真後ろではなく、斜め内側に回内するようにできたものである。この靴を履くことで、歩行運動にどのような影響を与えるかについて運動学的に解析し、検討することを目的とした。

方 法

被験者は、20歳から21歳の健康な男子大学生2名と女子大学生2名、計4名とした。歩行運動にはランニングマシンを用い、歩行速度はゆっくり歩く速度として時速3 km/h (50m/min)、早足歩行として4.5km/h (75m/min) の2つの速度で連続的、漸増的に行った。歩行の条件は、裸足、溝ありシューズ着用、溝なしシューズ着用でそれぞれの速度での測定を行った。

運動中の生態情報として、心拍数、酸素摂取量、筋電図(大腿直筋、内側広筋、外側広筋、腓腹筋外側、腓腹筋内側、ヒラメ筋)、真横からのビデオ撮影を記録した。筋電図は日本光電社製テレメーターを用い、TEAC社製データレコーダーに記録し、後に、DKH社製解析プログラムWadで積分値を求め

た。撮影されたビデオ映像は、DKH社製フレームディアスで解析した。解析ポイントは、腸稜点、脛骨点、踝点、踵点、足先点であった。各ポイントの変位、速度、加速度を解析した。

測定の手順は、筋電電極、ビデオ撮影の各ポイントマーカーを装着した被験者に、座位安静を3分間記録した後、ランニングマシンでウォーミングアップを1分間おこない、その後、3 km/hで4分間、4.5km/hで4分間、計8分間歩行運動を行った。この手順で、裸足、溝ありシューズ着用、溝なしシューズ着用の3種類の運動を、休みを間に入れて行った。

結 果

図1に溝ありシューズの写真を示した。溝の切り方が指の第一関節あたりで、親指側を中心として放射線状に切つてある。溝なしシューズは、写真はないが、溝ありシューズの溝を、同じ材質のパテのようなもので埋めて、靴底を平らにしたものである。したがって、歩行中の靴底は平らのままで、折れ曲がることはなかった。

4.5km/hでの歩行運動中の画像と筋電図の一例を、図2から図4に示した。図2は裸足での歩行中の連続写真とそのときの筋電図である。裸足では腓腹筋は内側より、外側を若干多く使っていた。大腿

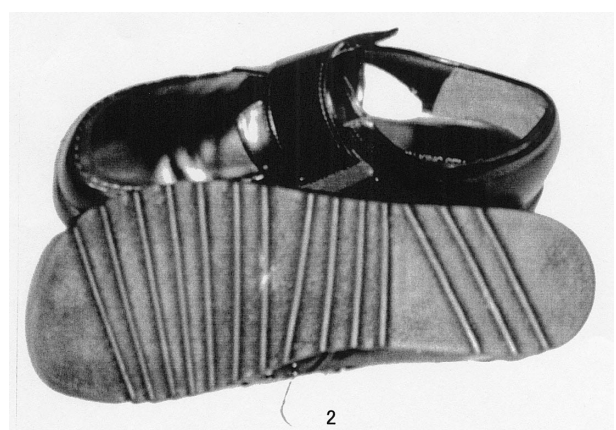


図1 溝ありシューズ

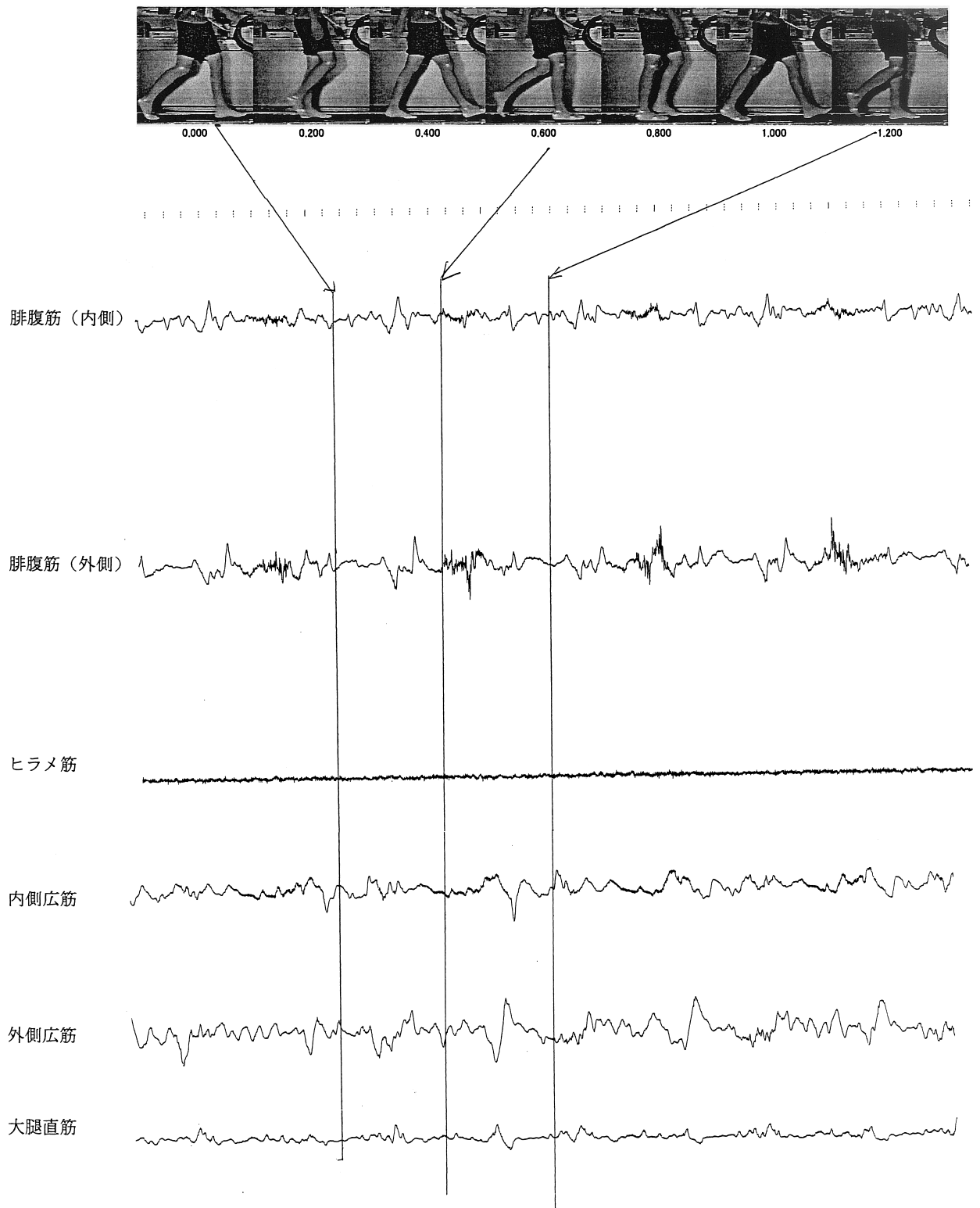


図2 歩行運動中の筋電図 (裸足)

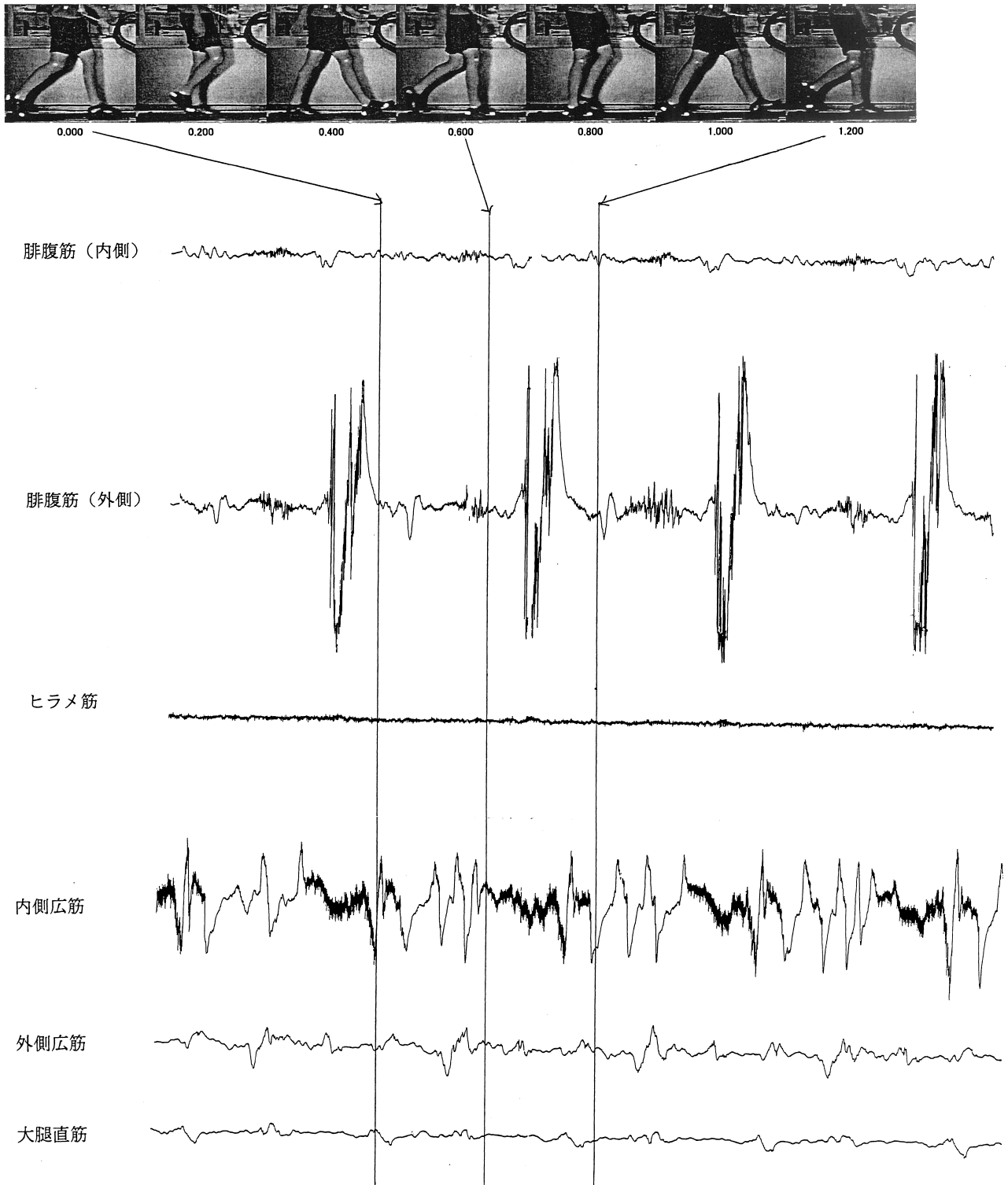


図3 歩行運動中の筋電図 (溝ありシューズ)

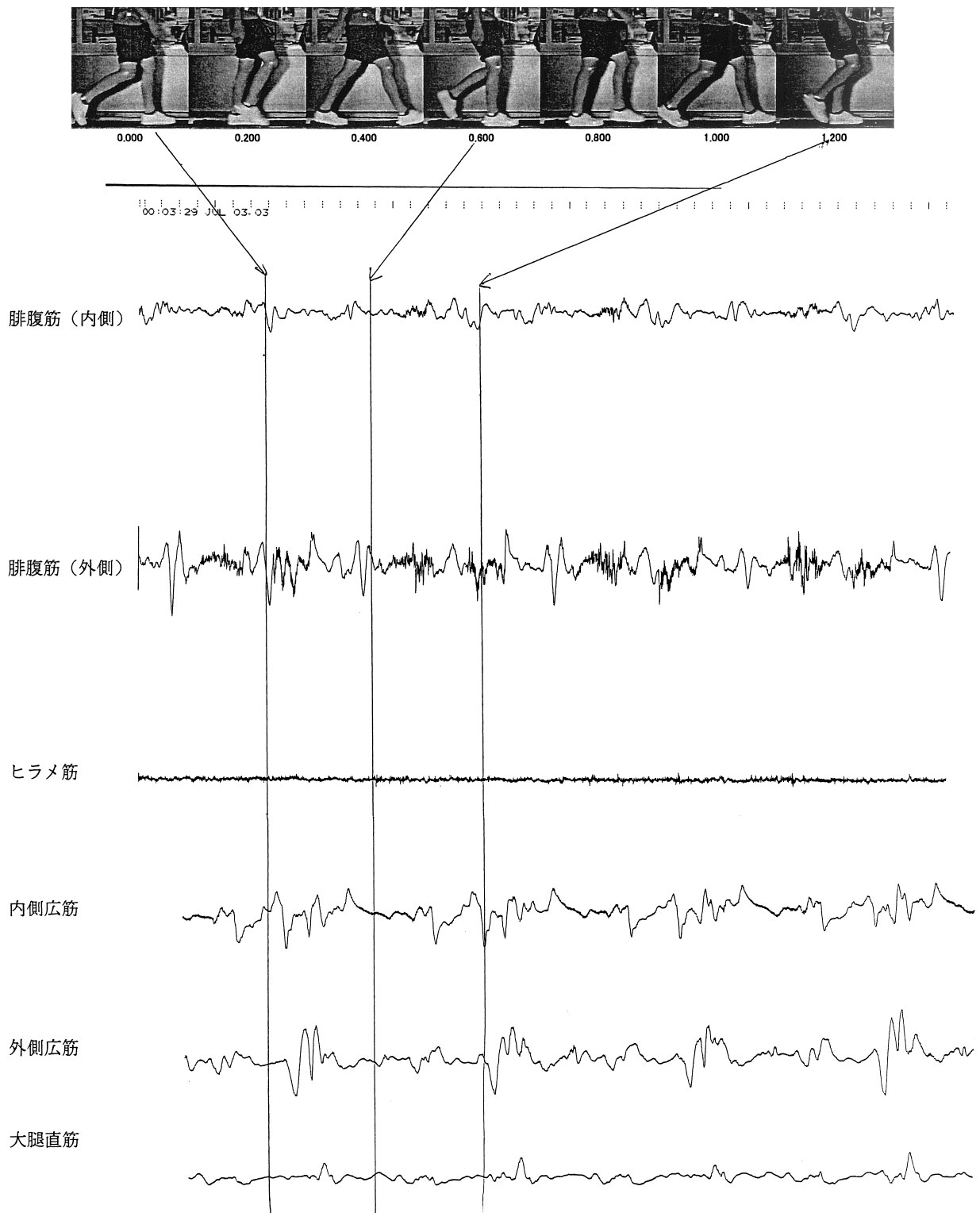


図4 歩行運動中の筋電図 (溝なしシューズ)

伸筋群では内側広筋、外側広筋が同じように使われていた。図3は溝ありシューズの連続写真と筋電図である。腓腹筋では内側はあまり使わずに、外側が多く使われていた。大腿伸筋群では外側広筋はあまり使われず、内側広筋が多く使われた。図4は溝ありシューズでの歩行中の連続写真と筋電図である。腓腹筋では内側より外側を使う傾向にあるが、溝ありシューズほど顕著ではなかった。大腿伸筋群では外側広筋、内側広筋ともに、同じように使用していた。3種類の条件での歩行運動における筋電図で、ヒラメ筋だけはどの条件でも変化なく、ほとんど筋放電は見られなかったのは、筋電電極の装着位置がずれていて、筋の上ではなく、腱の上に装着してしまっただけであった。

図5に被験者全員の3 km/hでの歩行中の筋電データを積分した値を示した。積分に用いた時間は10秒間であった。腓腹筋内側はどの条件でも差は見られなかった。腓腹筋外側は、溝ありシューズがもっとも大きな値を示した。裸足も腓腹筋内側に比べて大きな値を示したが、溝なしでは腓腹筋内側と大きな差は得られなかった。大腿伸筋群では溝なしが外側広筋を他の2条件より、少し多く使う程度で、大きな差は得られなかった。図6に4.5km/hでの歩行運動中のそれぞれの条件で得られた筋電積分値の平均を示した。腓腹筋では3 km/hでの歩行運動時と同じように溝ありの条件が外側で大きな値を示した。裸足も大きな内側に比べて外側が大きな値

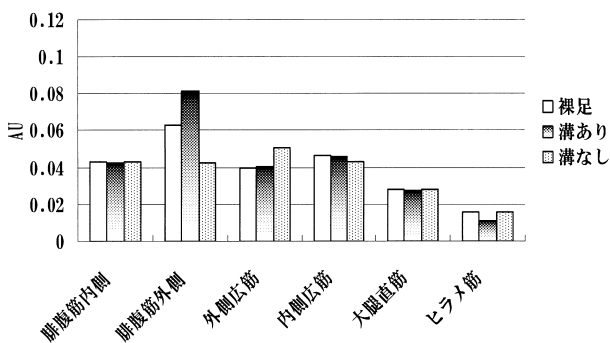


図5 歩行運動中の筋電積分の平均値 (3 km/h)

を示したが、溝ありほど大きな差は得られなかった。溝なしでは、外側よりも内側のほうが大きな値を示した。大腿伸筋群では外側広筋、内側広筋、大腿直筋の間に大きな差は得られなかった。

図7に各条件での単位体重当りの酸素摂取量の平均値を示した。3 km/h、4.5km/hともに、裸足がもっとも酸素摂取量が少なく、次に溝あり、溝なしが最も酸素摂取量が大きかった。

図8に3 km/hでの歩行運動中の画像解析から得た、身体部位のY軸方向での移動距離の平均値を示した。距離は床からの距離であり、ランニングマシンの高さが加算されている。腰と膝では大きな差は見られなかったため、踝、踵、足先点の3つの部位について示した。3つの条件では裸足が最も移動距離が小さく、踵と足先点では溝ありがやや大きな値を示した。図9には4.5km/hでの歩行運動中のY軸方向の移動距離を示した。裸足が最も移動距離が小さく、溝ありが溝なしよりやや移動距離が大きい

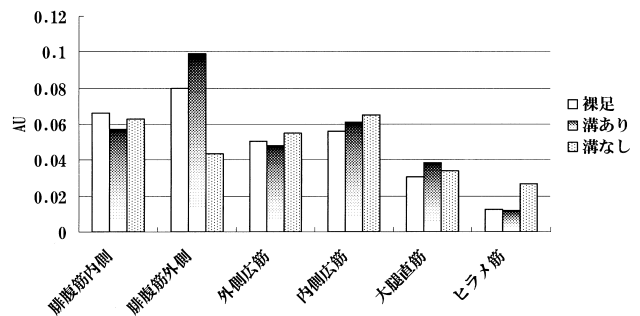


図6 歩行運動中の筋電積分の平均値 (4.5km/h)

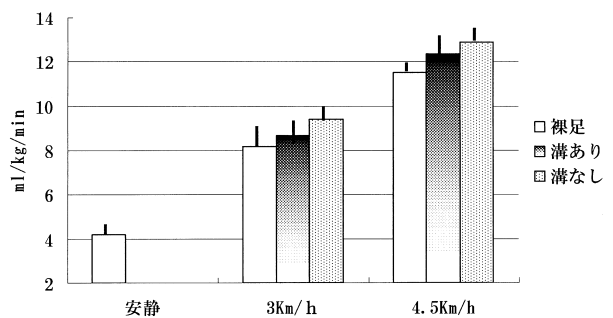


図7 各条件での体重当りの酸素摂取量

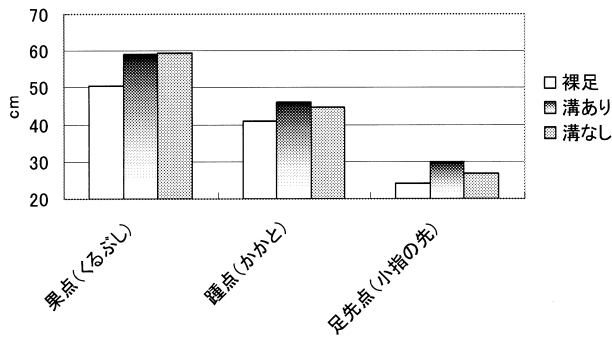


図8 歩行運動中の各部位におけるY軸方向移動距離の平均(3 km/h)

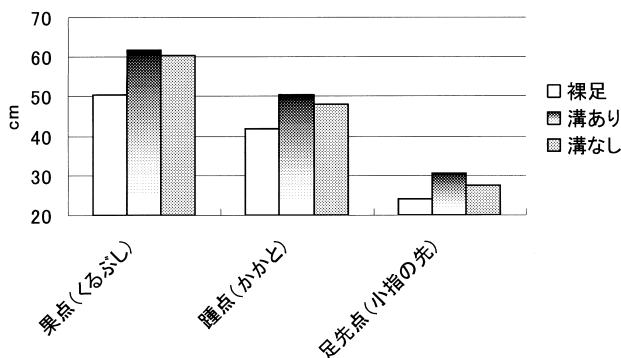


図9 歩行運動中の各部位におけるY軸方向移動距離の平均(4.5km/h)

という、3 km/h とまったく同じ傾向が得られた。

考 察

溝ありシューズでの歩行中、腓腹筋外側の筋放電が大きく、筋電積分値も大きな値が得られたことは、その歩行において他の条件より多くその筋を使うことを示している。後藤²⁾らの報告によると、歩行中の筋電図では、腓腹筋、ヒラメ筋、内側広筋がよく使われるようであるが、今回の実験ではヒラメ筋の筋電電極の装着位置が悪くて、データが得られなかった。しかし、腓腹筋は他のどの筋より多く使われた。溝ありシューズでは、溝が親指側を中心に放射線状に溝が切つてあるために、立脚期から遊離期に移るときに、後方へ押し出す(キック)力が内側に偏る傾向があると考えられる。すなわち、下肢が回内するように動くということである。このとき、下肢では外側の筋が働くことで、腓腹筋の外側

が内側より多く働いたと考えられる。大腿伸筋群ではゆっくりと歩く3 km/hの速度では内側広筋と外側広筋の使われ方に大きな差は得られなかったものの、早足歩行となる、4.5km/hでは内側広筋のほうが筋電図積分値は大きかった。このことは、より大きなキック力が必要となる、4.5km/hでは大腿が内側、下肢が外側の筋を多く使い、下肢が回内するように筋が働いたと考えられる。溝なしでは腓腹筋は内側、外側を同じように使っているが、裸足では、内側より外側を使う傾向が見られた。この結果から、溝ありシューズは、裸足歩行と同じ筋の使い方をするが、腓腹筋外側を裸足よりさらに多く使うと考えられる。溝なしは腓腹筋では3 km/hでは内側、外側を同じようを使うが、4.5km/hでは逆に、腓腹筋外側より内側を多く使った。また、溝なしは下肢と同じように大腿伸筋群も使って運動を行った。この結果は、溝なしは靴底が変形しにくい構造であるために、下肢のキック力が有効に使えず、足の裏全体でキック力を得ていたことによると考えられる。

酸素摂取量の結果は裸足がもっとも小さく、次に溝あり、最も大きかったのは溝なしであった。この結果は、靴の重量が影響していると考えられる。溝ありは靴底の溝を埋めるために、溝なしの靴底にさらにパテのようなものを埋め込んであるために、最も重量が重い。歩行運動は足を振り子のように大きく動かすために、そこにかかる重量は運動量に少なからず影響を与えると考えられる。酸素摂取量はエネルギー消費量を表すことから、靴の重量が直接影響したと考えられる。

画像解析から得た、Y軸方向の移動距離は、それぞれの条件での動きの違いを示すものである。裸足が最も移動距離が小さかったのは、靴による動きの制限がなかったことによるものであろう。溝ありと、溝なしでは3 km/h、4.5km/hの量速度において、踵と踵ではあまり差はなかったが、足先点では

溝ありが大きかった。この結果は、溝ありでの靴底の変形が容易で、溝なしは靴底の変形が難しいことによると考えられる。

まとめ

靴底の溝が特殊な切り方をしてある靴と、溝が埋めてある靴、さらに裸足の3つの条件での歩行運動がどのように異なるかを、筋電図、酸素摂取量、画像解析によって比較した。その結果から、筋電図からは溝ありシューズを着用すると、腓腹筋外側と、内側広筋を多く使い、下肢を回内するような動きを

することが明らかとなった。この、筋の使い方は、裸足と同じような傾向ではあるが、その筋活動は裸足より大きなものであった。溝なしでは、靴底が変形しにくく、下肢筋群はそれほど多くは使わずに、大腿伸筋群をあわせて使うことが明らかとなった。酸素摂取量は靴の重さに比例すると考えられる。歩行運動での画像解析による動きの分析では、溝ありシューズは足先点が大きく動いた。溝なしシューズは、靴底が変形しにくいため、動きが制限されたと考えられる。

参考文献

- 1) 明石 譲：運動学、医歯薬出版、1973
- 2) 後藤 威：歩行の動力学的研究、日整会誌、33(7)、51-68
- 3) 羽田雄一，阿江通良，榎本靖士，法元康二，藤井範久：100m 走における疾走スピードと下肢関節のキネティクスの変化、バイオメカニクス研究 (Japanese Journal of Biomechanics in Sports & Exercise)、7(3)、193-205、2003
- 4) 早川康之：動作分析とバイオメカニクス 義足歩行のバイオメカニクス、理学療法科学、18(3)、123-129、2003
- 5) 石倉隆，清水ミシェルアイズマン，岡崎大資，梅田伸子：正常歩行の下肢筋活動量 抵抗運動との比較検討、総合リハビリテーション、31(5)、481-483、2003
- 6) 小宮山伴与志：姿勢制御とバランス 人の歩行と相反神経支配、体育の科学、53(4)、241-247、2003
- 7) 西嶋尚彦，大塚慶輔，鈴木宏哉，田中秀典，中野貴博，高橋信二，田淵裕崇，山田庸，松田光生，久野譜也：地域在住中高齢者の運動教室参加における筋力と歩行能力発達との因果関係、体力科学、52 (suppl.)、203-212、2003
- 8) 野口勉，倉秀治：歩行時の平均的足底圧分布の把握方法、靴の医学、16(2)、5-9、2003
- 9) 柳川和優，磨井祥夫，山口立雄，渡部和彦：若年者と高齢者における歩行動作の比較 歩行速度に着目して、バイオメカニクス研究 (Japanese Journal of Biomechanics in Sports & Exercise)、7(3)、179-192、2003