

走路の違いによる筋活動の変化

佐藤健^{*1}、阿部晃子^{*1}、丹野真希^{*1}、三好扶^{*2}

*1 日本体育大学体育学部

*2 国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所

Analysis of EMG activity on three different running conditions

Takeshi Sato^{*1}, Akiko Abe^{*2}, Maki Tanno^{*3}, Tasuku Miyoshi^{*4}

*1 Nippon Sport Science University (satota@nittai.ac.jp)

*2 Nippon Sport Science University (abeaki@nittai.ac.jp)

*3 Nippon Sport Science University (01a716@nittai.ac.jp)

*4 National Rehabilitation Center for Persons with Disabilities (tasuku@rehab.go.jp)

ABSTRACT; The purpose of this study were (a) to determine EMG activity pattern and individual totally differences effects during three running conditions and (b) to quantify the difference EMG activity for lower limb muscles. There was not enough date for different ground condition with EMG activity less than wearing shoes studies. Within subjects study comparing EMG while running in three different ground conditions; normal ground, treadmill, and sandy road. Four subjects EMG data were collected in 5 minutes during each conditions. Surface EMG data were collected from the tibialis anterior, medial gastrocnemius, rectus femoris, and biceps femoris. The EMG and total activities was calculated in each EMG signals. EMG onset, offset, and integrated values were reported. EMG data were compared for the different conditions using an ANOVA ($\alpha=0.05$). The finding of this study showed that EMG activities in sand road of running were grater than the other conditions. This study provides evidence that limb muscle activity are controlled not only shoe type but also running condition of grand. Furthermore, greater EMG activity leads to greater energy consumption in sand running than treadmill.

1. はじめに

近年の健康志向の注目で、フィットネス設備利用者やジョギング／ランニングの愛好者は増加傾向にある。ランニングや歩行時における、下腿・下肢の筋活動は、シューズや装具の影響を受けることが知られている[1]。また、ランニングやウォーキングに関する資料や指導方法の知識だけでなく経験も充実してきたが、運動環境全般に関する資料は十分とはいえない現状であった。特にランニングに関する研究は、主に、走行距離、速さ、床反力（衝撃・モーメント）、フォーム、シューズに関する研究が多い[2]。さらに、シューズに関するデータは、日常生活とも関りがあり、足底部ソール部分の検討[3]など、多くの試みがなされてきた。しかし、実際の走行に関するデータは乏しく、走行路面に関するデータは、

実験室内のフォースプレートに限られ、実際の走行パターンとは直接比べられない短い距離であるのが現状であった[4]。そこで、本研究では、走行時（ランニング）における下腿・下肢の筋活動を継続的にモニタリングし、その筋活動の様相や変化を検証することを第一の目的とした。

また、走行路面別の筋活動量を算出することによって、どのようなランニングを提案できるか検討することも目的とした。

2. 実験方法

2.1. 被験者

被験者4名（男性2名・女性2名）身長・体重（男性：平均身長：176.95cm, S. D. 4.95、平均体重：70.0Kg, S. D. 2.83、女性：平均身長：161.0cm, S. D. 2.83、平

均体重：57.0Kg, S.D. 2.83) のランニング愛好者の大学生に同意を得た上で実験に参加してもらった。被験者には、最近下肢に痛みや障害がないことを確認し、アンケートにてランニング習慣・能力等を回答してもらった。なお、被験者には、日常の運動経験から疲労が蓄積しない程度でランニングトレーニングを実施しておくように依頼した。

2.2. ランニング手順

ランニングスピードは、4m/sec(5分間で1200m程度)を維持するように被験者に依頼し、ランニングペースと安全管理のための伴走者を実験中に随伴する方法を確保した。本研究の異なる走行路面として、平地のアスファルト、トレッドミル(Cybox社製500T 仰角0度)、平地の砂地(砂浜:Cocoa Beach, Florida)におけるランニング実験を7日間に渡って、疲労を蓄積しないように配慮して行った。距離の算出や路面の傾斜は、GPS(Global Positioning System)による座標にて確認した。

2.3. シューズの状態とランニング試行

被験者のランニングシューズは、日常愛用している同じシューズを用いた。3つの異なる路面におけるランニングにおいて、ほぼ同じペースでの走行であることに注意を払った。Fig. 1に砂地での実験風景を紹介する。



Fig. 1 Typical experimental scene in sand running.

2.4. 筋電図の測定

筋電図の測定は、表面電極(日本光電工業社製:F-150M)による双極誘導を行った。電極間距離は30mmとした。筋電図用アンプは、バンドパス5Hz-5KHz(Biometrics社製筋電ロガー)、サンプリング1KHzにてA/D変換してコンピュータ処理の準備を行った。

2.5. 被験筋と電極位置

下腿(大腿直筋:RF: rectus femoris, 大腿二頭筋:BF: biceps femoris)と下肢(腓腹筋内側:mGAS:medial gastrocnemius, 前脛骨筋:TA: tibialis anterior)の4筋から筋電図を導出した。電極位置は、マーキングを行い位置の同定に注意を払った。また、筋腹上の皮膚の抵抗を抑えるためにアルコールとシェービングを行った。基準電極は腰骨付近に装着した。

2.6. 筋電図データの分析方法

A/D変換された筋電図データは、生波形データの確認をした後、DC成分の除去をいった。その後、全波整流を行い、積分値筋電図(integrated EMG:iEMG)を算出した。また、アスファルト上のランニング時における各筋活動の積分値筋電図を100とし他の筋とランニング試行との比較を行った。

3. 結果

Fig. 2には、各実験条件での筋活動の様子を被験者1名分について典型例として示した。Fig. 2Aにはアスファルトでの、Bはトレッドミルでの、Cは砂地での走行時の筋活動の様子を、それぞれ走行開始後1分後から5秒間のデータである。大腿二頭筋および大腿直筋の筋活動は、アスファルトでの走行に比べて、トレッドミル走行では減少、逆に砂地走行では増大しているように見える。一方、前脛骨筋の筋活動は、アスファルト走行に比べ、トレッドミル走行および砂地走行では減少しているように見える。これらの傾向はすべての被験者について観察された。

表1より3つの異なる走路の中で砂地(砂浜)での活動量が最も多い。次いで、アスファルト・トレッドミルの順であった。この傾向は全ての被験者において同様に見られた。

Table 1. iEMG data of Subject. A, mV·sec

	アスファルト	トレッドミル	砂地
RF	36.33	22.36	49.72
BF	38.1	6.15	46.96
TA	17.56	12.03	12.59
mGAS	16.47	7.942	18.05

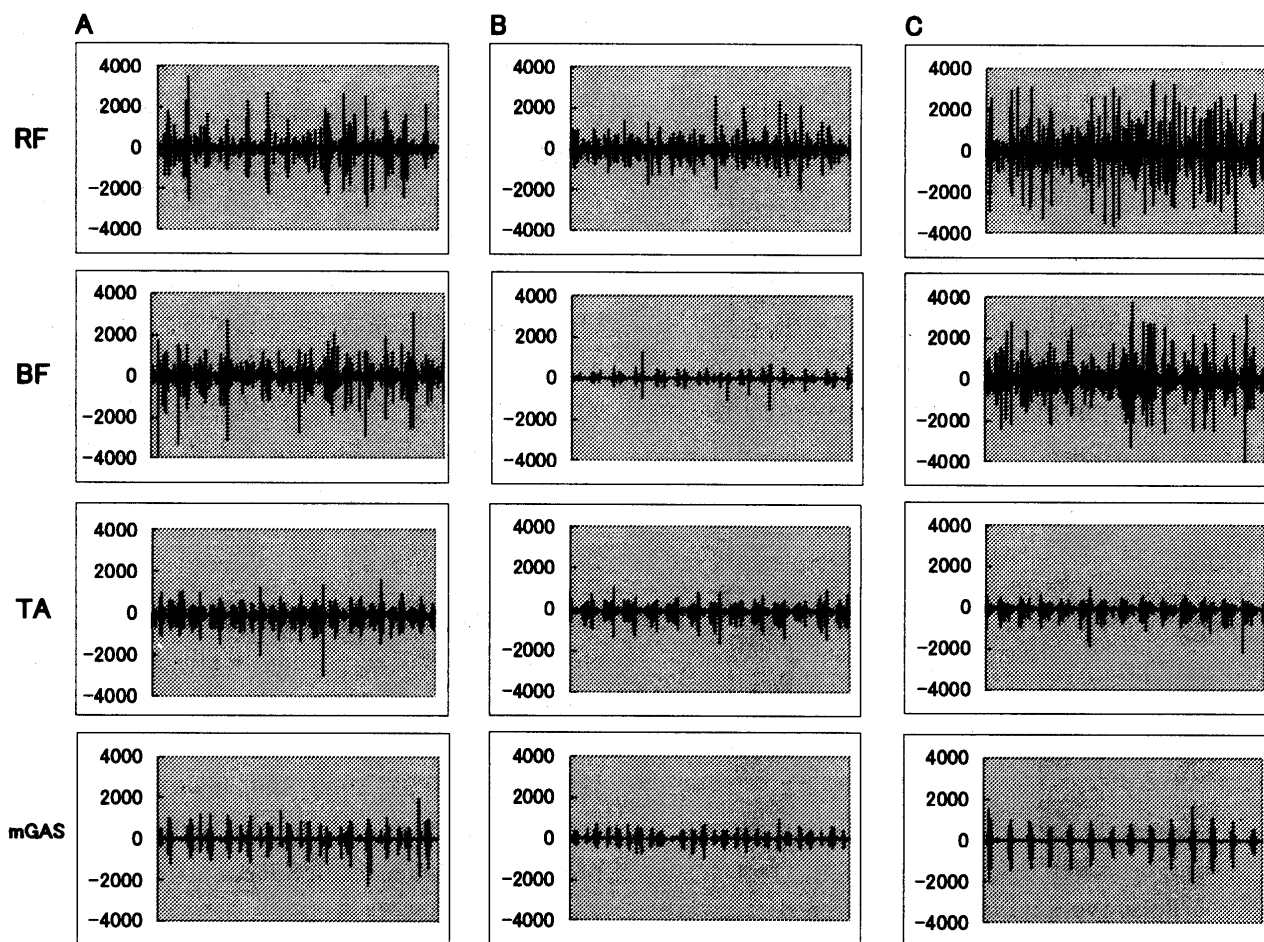


Fig. 2 Raw EMG Data in each running condition at 5 seconds period in 1 minutes; (A) on normal road (asphalt), (B) on treadmill, (C) sandy road, unit Y-axis[uV], X-axis[sec],

この実験では砂地でのランニングの筋活動量は、トレッドミルより平均で約2.2倍の筋活動量が観察された。前脛骨筋 (TA) の活動量は、いずれの実験試行でも、アスファルトロードが最も大きい傾向があった。腓腹筋内側 (mGAS) の活動量は、トレッドミル走行時が最も小さくなった。

各筋別の筋活動量の変化は、砂地における大腿直筋 (RF) の活動量が顕著に大きかった (Fig. 3参照)。

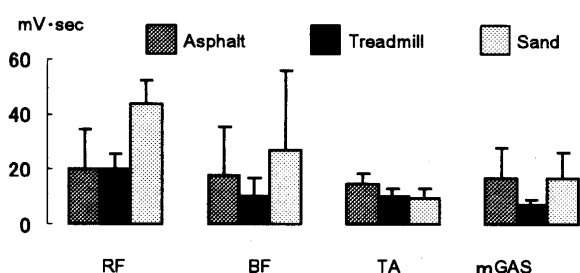


Fig. 3 Average iEMG data of three different road conditions and each muscles.

砂地におけるランニング中の大腿直筋 (RF) の筋活動量は、アスファルト、トレッドミルに比べて、有意に増加した。同じく、砂地ランニングにおける大腿二頭筋 (BF) は、アスファルトに比べて有意に増加した。前脛骨筋 (TA) の活動は、アスファルトにおいて最も増加したが、統計的な差はみられなかった。

トレッドミルにおけるランニングは、4つの被験筋の筋活動量と合わせて、個々の筋活動量において小さかった。活動量では、砂地>アスファルト>トレッドミルの順番になった (Fig. 4参照)。

各被験者のアスファルトにおけるランニング時の各筋における積分値筋電図を100とした場合、アスファルトとトレッドミルでの総活動量の相対的变化はほとんど見られなくなった (Fig. 5参照)。

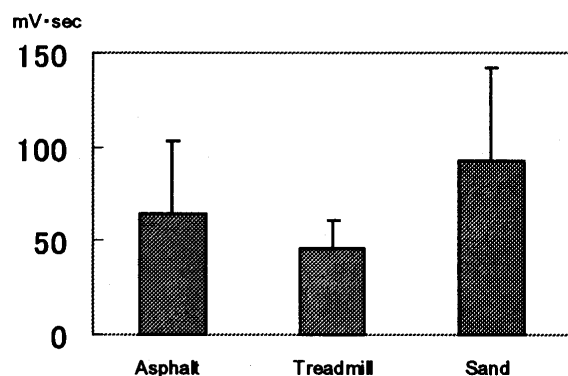


Fig. 4 Changing of three running conditions in total iEMG values.

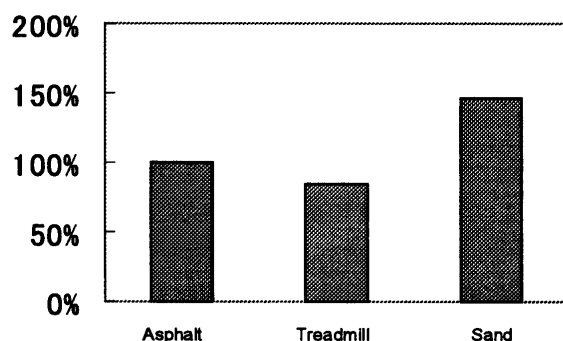


Fig. 5 Relative activities in three different running conditions: value described percent of each muscle's asphalt data.

4. 考察

歩行や走行運動（ランニング）では身体重心を前方へ推進させる必要があり、トレッドミル走行において大腿二頭筋の筋活動が減少したことは、この推進力を産出する必要がなくなったことに起因するであろう。一方、砂地走行では股関節周囲の筋活動が他の走行条件に比べて有意に増大した結果から、砂浜走行は股関節周期筋群を積極的にトレーニングすることができる運動と言えよう。

下肢筋群について、一般に、前脛骨筋は歩行・走行運動時での着床時における衝撃吸収の働きを持つ[5]。前脛骨筋の筋活動は、アスファルト走行に比べてトレッドミル・砂地走行では減少したことから、アスファルト走行運動は着床時の衝撃力が最も高いと言える。一方、腓腹筋内側がトレッドミル走行時に減少した結果は、大腿二頭筋での結果と同様に、身体重心を推進させる必要がないためと考えられる。砂浜走行ではエネルギー消費量が増大すると報告さ

れている[6]ことから、走行運動に動員される筋群の筋活動は増大すると予想される。事実、大腿の筋群では有意な増大が認められたものの、腓腹筋内側の筋活動には砂浜走行とアスファルト走行において差が見られなかった。この点については今後の課題としたい。

総じて、砂地走行は着床時の衝撃力を軽減しつつ股関節周囲筋群を積極的に動員することが可能なトレーニング方法と言えよう。しかしながら、平坦な走路においても、路面状況の違いは下肢筋群の動因パターンが異なる可能性があるため、この点については注意が必要であろう。

5. 参考文献

- [1]Nigg BM, et al., 2003. The effect of material characteristics of shoe soles on muscle activation and energy aspects during running. *Journal of Biomechanics*. 36,569-575
- [2]Nigg BM, et al., 1999. Shoe inserts and orthotics for sport and physical activities. *Medicine and Science in Sports Exercise*.31(7),S421-S428
- [3]Stacoff A, et al., 2001. Effects of shoe sole construction on skeletal motion during running. *Medical Science and Sports Exercise*. 33,311-319
- [4]Vincenz T, et al.,2003. Change in EMG signals for the muscle tibialis anterior while running barefoot or with shoes resolved by non-linearly scaled wavelets. *Journal of Biomechanics*.36,1169-1176
- [5]Winter DA, *Biomechanics and motor control of human movement*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons; 1990
- [6]Pinnington HC and Dawson B, 2001. The energy cost of running on grass compared to soft dry beach sand. *Journal of Science, Medicine and Sports*. 4,416-430

謝辞

本研究の一部は、平成16年度文部科学省科学研究費（若手B）によって行われました。