

氏名（本籍） はたもと よういち
畑本 陽一 (長崎県)

学位の種類 博士（スポーツ健康科学）

報告番号 甲第 1512 号

学位授与の日付 平成 26 年 3 月 25 日

学位授与の要件 学位規則第 4 条第 1 項該当（課程博士）

学位論文題目

The Physiological demands of change of direction while running
(走行中の方向転換動作における生理的負荷についての検討)

論文審査委員（主査）	福岡大学	教授	田中 宏暁
（副査）	福岡大学	教授	檜垣 靖樹
	福岡大学	教授	田中 守
	釜山大学	准教授	Jung-Jun Park

博士学位論文審内容の要旨

博士課程 (後期) 3 年 畑本 陽一

【背景・目的】

40 年以上前から、ビデオカメラ映像を用いたサッカー選手の試合中の動きに関する研究が始まり、現在ではビデオカメラを用いた追跡方法が最も使用されている。この技術により、選手の位置情報が把握でき選手を追跡することで、選手の移動距離・速度が算出される。

ヒトが移動に費すエネルギー消費量は、移送距離・速度からおおよそ推定できる。その情報を基に、先行研究ではサッカー試合中のエネルギー消費量 (エネルギー消費量: EE) を移動距離・速度から推定している。しかしながら、サッカーの試合中の移動距離から消費カロリーを推定することは、過小評価している可能性がある。なぜならサッカーの試合において、選手は単にまっすぐ走るだけでなく、様々な動作を行うからであると考えられる。試合中に最も多く行われている動作の一つに、走行中の方向転換動作 (ターン: 750~1000 回以上) がある。ターンは、減速加速局面を含む動作であり、通常のランニングよりも筋収縮が行われるため余計にエネルギーを消費すると考えられ、このようなエネルギーの消費が過小評価する原因であると推測できる。

もしターン時の EE を明らかにすれば、移動距離情報にターン時の EE を加算することで、過小評価を抑制できる可能性がある。ターンは一瞬の動作であり、EE の定量化が難しいことから、これまでターン時の EE については報告されていない。そこで、1) 本研究ではランニング時の方向転換の EE の評価方法の検討、2) またランニングスピードの違いがターン時の EE に与える影響について明らかにすることを目的とした。

【方法】

1) 10 人の対象者は、4.3 と 5.4 km/h のランニング中に 180° のターンを含む、ターン回数の異なる多段階負荷試験を行った。各試験のターン回数は、ランニング速度が 4.3 km/h の時 8,12,16,20,24 回/分、5.4 km/h の時 10, 15,20,25,30 回/分であった。単位時間当たりの走行距離は、各試験とも統一した。ランニング速度は、メトロノームを用いて調節した (DM-17, SEIKO 社製)。全ての試験中に、呼気ガスを採取し EE を評価した。同時に、心拍数(HR)と主観的運動強度(RPE)を測定した。

2) 9人の対象者は、3~8km/hのランニングスピードで180°のターンを挟むランニングを行った(一人当たり、計6試験)。各ランニングスピードで、ターン回数の異なった多段階試験を行った。それぞれのステージのターン回数は13, 18, 24, 30回/分とした。各ステージは3分間で、ステージ間に1分間の休憩を設けた。試験中は、常に呼気ガスを採取し、EEを評価した。同時にHRとRPEを測定した。

【結果】

1) 両ランニングスピードとも、ターン回数が増加するにつれてVO₂、HR、RPEが増加した。VO₂とターン回数には、有意な相関関係がみられた($r = 0.973$, 4.3km/h; $r = 0.996$, 5.4 km/h)。ターン1回あたりのVO₂は、4.3 km/hの場合 0.34 ± 0.13 (95% CI: 0.193 ó 0.492)、5.4 km/hでは 0.55 ± 0.09 (95% CI: 0.193 ó 0.492)であり、両群に統計的に有意な差がみられた($p < 0.001$)。HRとターン回数の関係による直線回帰式の傾きは、ランニング速度の違いによる有意な差を認めた($p < 0.001$)。ターン1回あたりのエネルギー消費量は、4.3 km/hで 7.2 ± 2.9 kJ、5.4km/hで 12.0 ± 2.1 kJであった。

2) ランニングスピードが増加するにつれて、ターンEEは増加した。ランニング速度とターンEE関係式は、曲線回帰分析で $y = -0.012 + 0.065x + 0.008x^2$ ($r = 0.994$, $p = 0.001$)、直線回帰分析では $y = 0.152x \pm 0.228$ ($r = 0.991$, $p < 0.001$)であった。

【統括】

本研究ではターン時のエネルギー消費量の定量化方法の検討と、ランニングスピードがターンを行う際のエネルギー消費に影響するかについて検討した。

本研究で用いた速度範囲(3~8 km/h)では、同一速度でターンの回数を増加させると、ターン回数に比例してエネルギー消費が増加し、またランニングスピード増加するほど、ターン時のエネルギー消費量が高いことを明らかにした。よって、ターンを含んだランニングは、同一速度のランニングよりもエネルギー消費量が高い。これは、ターン動作が加速と減速の局面を含むことから余計にエネルギーを消費していると考えられる。

審査の結果の要旨

1) 研究の概要

本研究は、『走行中の方向転換動作における生理的負荷』について調査したものである。方向転換（ターン）の EE については、その動作が一瞬であることから、評価方法が難しくこれまで明らかにされていなかった。本研究では一定速度のランニング時に、ターン回数の異なる多段階負荷を行うことにより、ターン回数の増加に伴う生理的負荷への影響について検討を行った。本研究ではターン回数とエネルギー消費量の関係が 1 次回帰式で表せることから、ターン 1 回当たりのエネルギー消費量の定量化が可能であることを明らかにした。またターンのエネルギー消費量は、ランニングスピードに伴い比例して増加することが明らかにした。本研究ではランニングスピードと、ターン回数を詳細に調べた結果、低速度のランニングでも運動処方に有効な運動強度を得ることが明らかとなった。

2) テーマの斬新性

本研究の独創的な点は、ターンのエネルギー消費量を定量化した方法の発案である。これまでターンを含んだランニング時のエネルギー消費量についての研究はあるものの、ターンを行うことによる生理的負荷やエネルギー消費量について明らかにされていなかった。しかし、本研究では様々なランニングスピード時のターンのエネルギー消費量が定量化可能であることを証明した。またターンを含んだランニングのエネルギー消費量は、低速度 (3km/h) でも生理的負荷やエネルギー消費量が高いことを明らかにしている。本研究で用いたエネルギー消費量の定量化方法は、他の様々な動きのエネルギー消費量を定量化することが可能であり、極めて意義が高いと考えられる。

3) 研究成果の有用性

サッカーなどの球技スポーツでビデオカメラ映像を用いてヒト（選手）の追跡を行い、その追跡の移動距離からエネルギー消費量を算出した場合過小評価する事が明らかとなっている。その要因として、サッカーでは単にまっすぐ走るだけでなく様々な動作が含まれているためであると考えられる。その中で、ターンはサッカーで最も行われる動作である。本研究で、ターンのエネルギー消費量が明らかとなったことから、これまでの過小評価をいくらか抑制できる可能性がある。またターンを含んだ低速度 (3km/h) のランニングが、低体力者の健康増進法として有用性の高い運動方法であることを示している。

4) 外部評価

本研究の成果は以下の国際誌の審査を経て掲載されており、外部からの評価に耐えうる内容であると判断できる。

1. A novel method for calculating the energy cost of turning during running. Open Access Journal of Sports Medicine Vol4, 117-122, Vol 14, 2013.

2. The Relationship between Running Velocity and the Energy Cost of Turning during Running
Plos one, 2014, 2月 (掲載予定)

5) 審査委員会の結論

本研究は、方向転換時のエネルギー消費量の定量化方法を確立し、ランニング速度と方向転換時のエネルギー消費量の関係について明らかにした。この方法を用いることで、様々な動作のエネルギー消費量を定量化できる可能性が示唆され、肥満者や高齢者への運動方法の一つとして、ターン運動の有用性を示した研究であり、審査委員会は全員一致で本論文が学位論文に値する研究であったと判定した。