

令和元年6月16日現在

機関番号：17702

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2017～2018

課題番号：17K13141

研究課題名（和文）疾走能力の間接的評価指標となる下肢関節屈曲トルク・パワー計測システムの開発

研究課題名（英文）Development of leg joint flexion strength measurement system for indirect evaluation of sprinting ability

研究代表者

永原 隆（Nagahara, Ryu）

鹿屋体育大学・スポーツ・武道実践科学系・特任助教

研究者番号：80755372

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、下肢関節のバリスティックな屈曲筋力・パワー発揮能力の簡便な評価システムを開発し、その測定値の妥当性、疾走能力の間接的評価としての有効性を検証することであった。本研究を通して、慣性センサを用いた簡便なシステムによる屈曲力・パワー計測の妥当性が示され、開発したシステムによって計測した膝関節、股関節の屈曲力・パワーが疾走能力の間接的評価指標として有効であることが明らかとなった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発したシステムにより、これまで簡便に計測することができなかったバリスティックな下肢関節の屈曲力・パワーが計測できるようになり、従来評価が困難であった実践的な下肢関節屈曲筋力・パワー発揮能力の評価が可能となった。また、本研究のシステムはスポーツフィールドにおいて、疾走能力を間接的に評価できることから、さまざまなスポーツ種目におけるトレーニング状況のモニタリングやコンディション評価に生かすことができる。さらに、本研究のシステムを用いた下肢の筋力評価により、従来とは異なる観点から下肢筋力の発達を捉えられる可能性がある。

研究成果の概要（英文）：The purposes of this research project were 1) to develop inertial measurement unit based simple leg joint flexion strength-power evaluation system, 2) to examine the validity of the system for evaluating joint flexion strength-power, and 3) to investigate the leg joint flexion strength test as an indicator of sprint performance. Through the research project, it was revealed that 1) the hip and knee flexion strength-power variables obtained using the developed system were valid, and 2) the hip and knee flexion strength-power test variables can be considered as indicators of better sprinting performance.

研究分野：スポーツ科学

キーワード：慣性センサ 疾走能力 関節トルク パワー 体力テスト 筋力評価

様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

1. 研究開始当初の背景

世界で最も注目を集めるスポーツの1つである100m走では、レース中の最大速度が記録と強く関係することから、加速局面（約50m）において疾走速度を高める能力がパフォーマンス向上のために重要であり、効果的な加速の実現に必要な下肢の力・パワー発揮特性が加速局面の速度増加にともなって変化すると考えられてきた。

疾走パフォーマンスと下肢の力・パワー発揮能力の関係を検討した過去の研究により、複数の鉛直ジャンプテストによって、加速局面の異なる区間における疾走能力を下肢の力・パワー発揮能力の観点から評価できることがわかっていた。しかし一方で、研究開始時点まで用いられてきた下肢の力・パワー発揮能力を評価する簡便なテストは、下肢の各関節の伸展（底屈）によって遂行されるものだけであった。加速疾走のスタート直後では、股関節屈曲筋力が強く影響すると考えられるステップ頻度の増加と疾走速度の増加に有意な相関関係が報告されていることや、高い最大速度発揮のために、スイング期における股関節や膝関節の屈曲筋力の重要性が指摘されており、疾走能力の体力面からの間接的評価法の拡充や必要とされる体力特性を解明するために、疾走能力を間接的に評価する指標として、股関節、膝関節の屈曲筋力・パワー発揮能力のテストが求められていた。

研究開始時点まで、股関節や膝関節の屈曲筋力・パワーは、ダイナモメータなどを用いた等尺性や等速性の筋力測定によって評価されてきた。しかし、それらの測定装置では、実際の疾走動作において発揮される股関節、膝関節の屈曲角速度（膝関節は1000deg/s以上）での筋力の測定ができず、疾走パフォーマンスの間接的評価指標として有効ではないという結果が示されていた。したがって、疾走パフォーマンスを間接的に評価するためには、よりダイナミックな動作における股関節、膝関節屈曲筋力・パワーの計測システムが必要であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、下肢関節のバリスティックな屈曲筋力・パワー発揮能力の簡便な評価システムを開発し、その測定値の正確性・妥当性、疾走能力の間接的評価への有効性を検証することであった。また、本研究の目的を達成するために、以下の3つの課題を設定した。

研究課題1：慣性センサを用いた簡便な関節トルク・パワーの計測、表示システムの開発。

研究課題2：開発したシステムで計測した単関節屈曲動作時の発揮トルク・パワー値の正確性・妥当性検証。

研究課題3：開発したシステムが、実際の疾走パフォーマンスの間接的評価指標となるのか、その有効性の証明。

3. 研究の方法

本研究では、第一に無線式慣性センサから得られる下腿や下肢全体の角度、角速度の情報と身体部分慣性係数から簡便に関節トルク・パワーを計測・表示するシステムを開発し、その値の正確性、妥当性についてスプリント走選手を含む10名の男子体育大学生を対象に検証した。

開発したシステムは、股関節の場合は仰臥位、膝関節の場合は腹臥位で、それぞれの関節のみを屈曲・伸展させた際に発揮される関節トルクを、慣性センサから得られる部分の角度と角速度情報、初期姿勢、身体部分の長さ、身体部分慣性係数を用いて推定した部分の重心位置や質量から逆動力学演算によって算出するものであった。一つの慣性センサによって測定値を推定するために、実験対象者には測定対象となる関節より遠位の関節における角度の変化を生じさせないように指示し、遠位の関節角度の変化を最小限にするため、足関節や膝関節に装具を着用させた。

開発したシステムで得られた値の妥当性については、努力度50%、75%、100%での股関節、膝関節屈曲伸展動作における股関節、膝関節トルク・パワーについて、開発したシステムから推定した値と三次元動作計測装置を用いて取得した下肢各部の座標から算出した値を比較することで検証した。また、既存のダイナモメータやテストでの筋力評価と本システムによって計測した下肢筋力・パワーの比較を行った。

開発したシステムで計測した値が疾走パフォーマンスの間接的評価指標として有効であるかを検証するために、男子体育大学生を対象に、疾走パフォーマンス（50m走）と開発したシステムで計測した全力での股関節、膝関節屈曲伸展運動における関節トルク、仕事、パワーとの関係について検証した。その後、男子スプリンターを対象に、疾走パフォーマンスと開発したシステムで計測した全力での股関節、膝関節屈曲伸展運動における関節トルク、仕事、パワーとの関係について検証した。開発したシステムでの股関節、膝関節屈曲力・パワーの計測では、0.75kgの錘、1.5kgの錘を足首に装着する条件、錘を装着しない条件の計3条件とした。

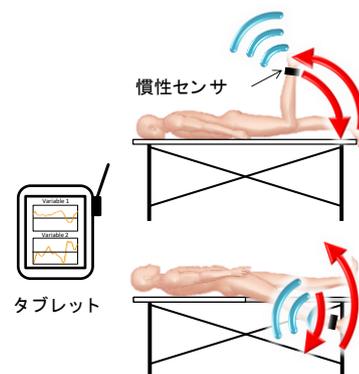


図1 慣性センサを用いた下肢関節屈曲力・パワー計測システムの概要

4. 研究成果

図2は、本研究で開発したシステムの操作画面を示している。開発したシステムで計測した値の妥当性について、三次元動作計測装置で取得した座標値から算出した値と比較した結果、股関節屈曲力・パワーの計測では、角力積、平均トルク、正の仕事、平均パワーの各変数に関して高い正確性、妥当性が示された。膝関節屈曲力・パワーの計測では、角力積、平均トルク、正の仕事の各変数に関して高い正確性、妥当性が示された。また、股関節の負の仕事、平均パワーや膝関節の負の仕事、正負の平均パワーに関しても妥当性という観点では、テストとして有効な値が得られることがわかった。これらの結果から、一つの慣性センサを用いた簡便なシステムにより、股関節、膝関節に関する筋力・パワーが計測できることが示された。また、全力での試技における膝関節の最大屈曲角速度は、スプリント走選手の場合、およそ 1000deg/s に達しており、疾走中に発揮される膝関節屈曲角速度の最大値に近い値であった。

疾走パフォーマンスのレベルが幅広い男子体育大学生を対象とした実験では、疾走速度と膝関節、股関節の屈曲パワーに有意な関係があることがわかり、疾走能力の間接的評価指標として有効であることが明らかになった。また、既存のダイナモメータやテストでの筋力評価と本システムによって計測した下肢筋力・パワーの関係は弱く、本研究で開発したシステムは、既存のテストでは評価できない下肢の屈曲筋力・パワーを評価できることがわかった。

スプリンターのみの対象とした実験では、本研究で開発したシステムによって計測した股関節屈曲力・パワーの各値は、加速局面の中盤から後半（9歩目以降）における疾走速度と有意な相関を示し、それらの区間における疾走能力の間接的評価指標として有効であることがわかった。また、相関係数は付加した錘が重いほど高くなる傾向があり、本研究で開発したシステムを用いた股関節屈曲力・パワーの計測では、より重い負荷でテストを行うほうが疾走パフォーマンスの間接的評価指標として有効であることが示された。さらに、股関節屈曲力・パワーの各値は、ステップ長とは有意な関係が見られなかったが、ステップ頻度とは加速局面の後半において有意な相関があった。これらの結果から、本研究で開発したシステムで計測した股関節屈曲力・パワーは、加速局面後半において高いステップを発揮する能力を評価できることがわかった。

スプリンターのみの対象とした場合において、本研究で開発したシステムによって計測した膝関節屈曲力・パワーの各値は、加速局面の後半（17歩目以降）において疾走速度と有意な相関関係があり、それらの区間における疾走能力の間接的評価指標として有効であることがわかった。また、有意な相関関係は錘を付加しない条件においてのみ示され、本研究で開発したシステムを用いた膝関節屈曲力・パワーの計測では、より軽い負荷でテストを行うほうが疾走パフォーマンスの間接的評価指標として有効であることが示された。この点は、股関節屈曲力・パワーテストとは異なるものであった。一方、膝関節屈曲力・パワーの各値は、股関節屈曲力・パワーの各値の場合と同じく、ステップ長とは有意な関係が見られなかったが、ステップ頻度とは加速局面の後半において有意な相関があった。これらの結果から、本研究で開発したシステムで計測した膝関節屈曲力・パワーは、加速局面後半において高いステップを発揮する能力を評価できることがわかった。

本研究の結果から、開発したシステムは既存の装置では評価できなかった疾走に特有な股関節、膝関節の屈曲力・パワーを評価できることが明らかになった。このことは、疾走パフォーマンスの体力的側面からの間接的評価法の構築に大きく寄与すると考えられる。本研究で開発したシステムは、使用する場所を選ばず、簡便に用いることができ、リアルタイムに測定値を表示できることから、フィールドテストの1つとして実践の現場で活用することができる。本システムにより、従来簡便に評価することができなかった下肢関節の屈曲力・パワー発揮能力がスポーツフィールドで計測できるようになり、簡便に疾走能力の間接的評価ができるように

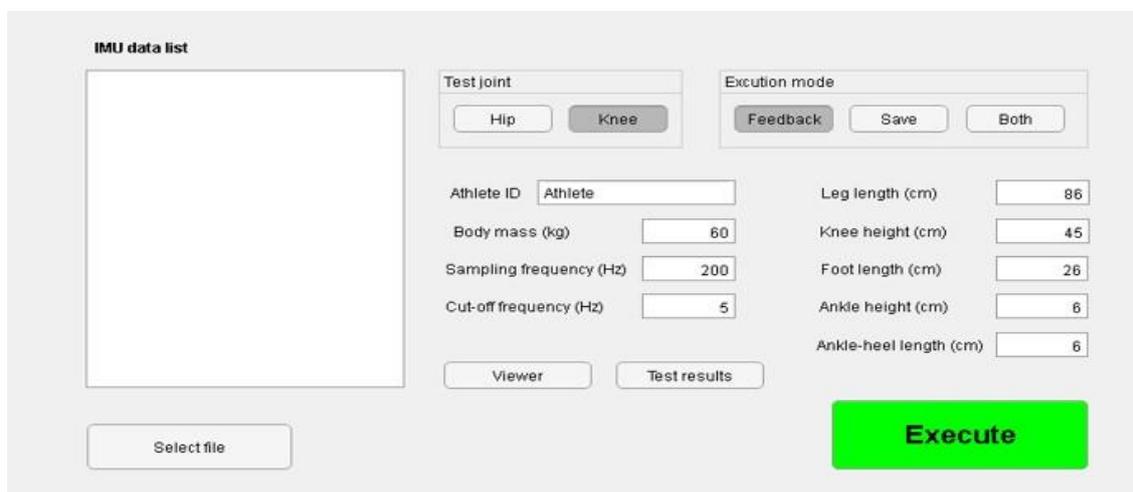


図2 本研究で開発したシステムの操作画面

なった。したがって、本システムは、トレーニング状況のモニタリングやコンディション評価に生かされることが期待される。本研究で開発したシステムを用いて、下肢関節屈曲力・パワーの評価法を構築することは、疾走能力の間接的評価のみならず、サッカーのキックのような脚のスイング動作パフォーマンスの間接的評価にも活用できる。さらに、開発したシステムを使い、膝関節屈曲筋力・パワーの定期的計測を行うことで、ハムストリングスの肉離れを予防する指標を提示できる可能性もある。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3 件)

1. Nagahara R, Kameda M, Neville J. Validity of inertial measurement unit based knee flexion strength-power test. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology, 査読有, epub ahead of print, 2019, 1–7. DOI: 10.1177/1754337119845601
2. Nagahara R, Kanehisa H, Matsuo A, Fukunaga T. Are peak ground reaction forces related to better sprint acceleration performance? Sports Biomechanics, 査読有, epub ahead of print, 2019, 1–10. DOI: 10.1080/14763141.2018.156049
3. Murata M, Takai Y, Kanehisa H, Fukunaga T, Nagahara R. Spatiotemporal and kinetic determinants of sprint acceleration performance in soccer players. Sports, 査読有, 6, 2018, 169 (pp1–7). DOI: 10.3390/sports6040169

〔学会発表〕(計 4 件)

1. 永原隆. 慣性センサを用いた膝関節屈曲パワーテストの妥当性. 第 25 回日本バイオメカニクス学会, 2018.
2. 永原隆, 和田智仁. 慣性センサを用いた股関節屈曲パワーテストと疾走能力の関係. 日本体育学会第 69 回大会, 2018.
3. Nagahara R, Wada T, Sharp A, Neville J. IMU-based knee joint flexion test as an indicator of sprint performance: A pilot study. 23rd annual Congress of the European College of Sport Science, 2018.
4. Nagahara R. Sprint acceleration: Sections and Determinants. UPSI Strength & Conditioning Conference, 2018.

6. 研究組織

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。