

股関節屈曲が脚筋力の発揮に及ぼす影響

森 井 秀 樹 山 岡 憲 二

健康な女子大学生7名を被検者に、股関節屈曲度の異なる姿勢（座位および水平位）が脚の伸展力と屈曲力に及ぼす影響を検討した。その結果、屈曲力（N、N/kg）には姿勢による有意な違いを認めることはできなかった。一方、伸展力（N、N/kg）については、座位姿勢で高値（ $p < 0.001$ ）が認められたことから、最大脚伸展力を評価する場合、股関節の屈曲位（座位姿勢）が選択的肢位であることが明らかとなった。

キーワード：最大脚伸展パワー、選択的肢位、CON-TREX LP

I. はじめに

力学的パワー（power）とは、「仕事量÷時間」と定義され、発揮される力と運動速度の積としても算出することが可能である。しかしながら、筋肉には発揮する力が大きくなるとそれに対応して収縮速度は遅くなるという特徴があり、力を変化させると発揮パワーも変化することになる。同様に速度を変化させた場合にも、発揮パワーは変化する。その為、パワーの測定は①運動速度を規定し、ある速度での最大パワーを評価する。②力を相対的あるいは絶対的に規定し、その力で発揮できる最大パワーを評価する。③速度-力条件の組み合わせのうち何れか一方を変えていくつかの測定を行い、その結果から最大のパワーを推定する。という3つの方法がとられている¹⁾。特に、脚の伸展パワーを測定する場合には、速度を規定して力を計測する方法が用いられている。

脚伸展動作は、多関節同時運動であり、パワーを測定する場合、座位姿勢で前方に設置されたフットペダルを全力で水平移動させた際に発

揮された力（N）を計測する^{1,2)}。しかしながら、より実践的な機器の開発により、従来の脚伸展パワー測定のみならず、股関節の固定角度（「座位」、「仰臥位」）、測定脚の選択（「片脚」、「両脚同時」、「両脚交互」）など、被検者の特性や測定目的に応じた多様な計測が可能になってきた。そこで本研究では、筋力評価システム CON-TREX LP（スイスCMV社製）を用い、股関節固定角度の違い（屈曲位と水平位）が両脚での伸展・屈曲パワーの発揮に与える影響を検討した。

II. 方 法

1. 被検者

本研究の被検者は、健康な女子大学生7名（年齢： 19.1 ± 0.4 歳、体重： 53.9 ± 4.8 kg、BMI： 22.5 ± 1.5 ）であった。すべての被検者に対して、実験の内容とその手順、リスク等を説明し、途中辞退も可能であることを理解させた上で、文章による実験参加の同意を得た。

2. 測定機器

脚筋力の測定には、スイスCMV社製の筋力

評価システムCON-TREX LP (写真1) を用いた。本測定器は、2ペダル式のレッグプレス専用のシステムで有り、片脚、両脚、両脚交互の伸展・屈曲測定が可能である。また、アイソキネティック (等速性)、アイソトニック (等張性)、アイソメトリック (等尺性) での計測とトレーニングができる。

本研究では、股関節の初期屈曲角度の異なる姿勢から、両脚による脚伸展・屈曲動作における等速性筋力を測定した。

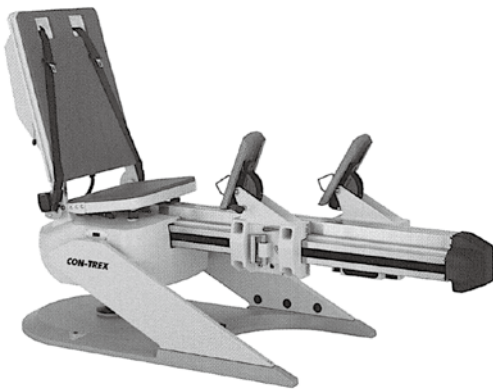


写真1: CON-TREX LP

3. 筋力測定

各被検者は、15分間の下肢筋群を中心としたウォームアップ (5分間の自転車エルゴメータ運動の後、ダイナミックストレッチング) の後、等速性活動による脚の伸展および屈曲動作を実施した。各被検者は、股関節90° 屈曲位 (図1 座位姿勢) および股関節0° 水平位 (図2 仰向き姿勢) に位置し、筋力発揮時の姿勢支持を目的に体幹部をシートベルトで、足部をフットストラップにより固定した。また、腕による代償運動を防ぐため、両腕を体側に固定した。さらに、各被検者の脚の伸展・屈曲動作に伴う解剖学的・生理学的限界を設定し、重力補正の後、膝関節90° 屈曲を開始位置にして、フットペダ

ルの移動速度1.0m/秒で、全力での脚伸展および脚屈曲を3回連続して実施し、最大値を解析データに用いた。

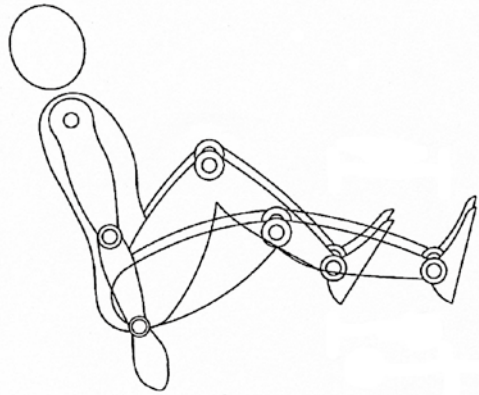


図1 座位姿勢 (Seated Position)

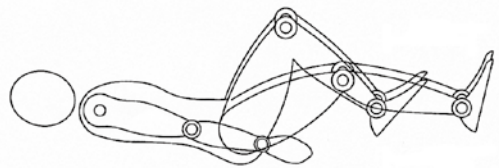


図2 仰向き姿勢 (Supine Position)

4. 統計分析

データは、平均値±標準偏差 (mean±SD) で示した。姿勢の違いによる脚伸展・屈曲パワーの平均値の比較は、対応のあるt-testを用い検定した。危険率1%未満 ($p<0.01$) を有意な差とした。

Ⅲ. 結 果

姿勢の違いによる最大脚伸展力および脚屈曲力の結果については、表1に示す。伸展力および屈曲力とも、仰向け姿勢に比べ座位姿勢で高値を示した。特に伸展力は、座位姿勢で有意に

表 1 脚伸展力と脚屈曲力の比較

姿 勢	最大伸展力 (N)	最大屈曲力 (N)
座位姿勢	1715.1 ± 463.4 ^{***}	810.6 ± 214.5
仰向き姿勢	942.1 ± 177.8	548.1 ± 202.0

平均値 ± 標準偏差 N: newton ^{***}: p<0.001, vs.仰向き姿勢

高い値 (p<0.001) が認められた。

図3は、体重当たりの脚伸展力および脚屈曲力の姿勢による違いを示す。絶対値同様に、伸展力と屈曲力は、座位姿勢で高値を示し、特に伸展力については、座位姿勢で有意に高い値 (p<0.01) が認められた。

IV. 考 察

脚の伸展・屈曲動作は、スポーツパフォーマンスのみならず、日常生活においても自然な動きである。日常の「歩く」、「走る」、「跳ぶ」などの動作では、股関節・膝関節・足関節の特に、伸展と屈曲に関わる筋群が収縮と弛緩を繰り返すことにより、動的バランスを保っている。また、多くの競技スポーツにおいてトリプル・エクステンション（股関節の伸展動作・膝関節の

伸展動作・足関節の底屈動作）は、パワーを発揮する上で重要なパフォーマンス要素でもある。その為、脚筋力の強化および評価は、健康増進とパフォーマンス向上を目的とする老若男女の主要プログラムとして位置づけられる。

一般に下肢の筋力（膝の伸展力と屈曲力）を評価する場合、等速性筋力測定装置による単関節動作での特定筋群の筋力を等尺性または等速性で測定する方法が用いられる。このような測定は、開放運動連鎖系（OKC: open kinetic chain）での測定であり、実際の生活動作や競技動作としては生じにくい動きのパターンである。一般的にOKCは、四肢の最遠位に位置する体節の動きは自由であり、手を振っている動作や歩行中のスイング期に足が浮いている状態である³⁾。OKCの動きやエクササイズは、基本的に1つの回転軸上で起こる。また、ある体節を固定した状態でそれに隣接した体節を可動させることから、特定の筋活動を刺激することができる³⁾。その為、OKCでの測定はリハビリテーションの際の筋力の左右差や前後差を測定、評価するのに適しているが、動きの中での力発揮を評価するには、实际的ではなく、閉鎖運動連鎖系（CKC: closed kinetic chain）での測定と評価が必要となる。CKCは、最遠位部の体節に自由な動きを制限する外的負荷がかけられた状態であり、四肢の遠位端に負荷抵抗がかけられ固定された状態で行われる³⁾。CKCエクササイズのパターンは、動きに含まれる関節を構成している体節が同時に運動を起こし、複数の体節

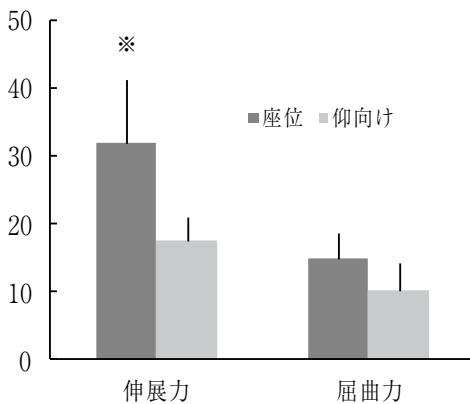


図3 体重当たりの脚伸展力と屈曲力の比較 (N/kg)

^{*}p<0.01, vs.仰向け姿勢

の同時運動はキネティックリンク・システムにおいて同時に収縮する筋の数を増加させることで関節の動きを安定させている³⁾。

CKCでの測定として、ジャンプや垂直跳びが頻繁に用いられる。この方法では、マットスイッチを用い、跳躍高と踏切時間から、RJパワー(W/kg)が算出される。しかしながら、このジャンプ動作は空中で3次元的に展開されるため、正確な脚の筋出力を測定することは困難である²⁾。そこで本研究では、等速性での脚伸展力と脚屈曲力の測定を可能とする筋力評価システムCON-TREX LP(スイスCMV社製)を用いた。他社の測定機器(等速性脚伸展力のみが測定可能)との違いは、股関節固定角度を任意に設定可能な点である。一般に用いられている脚伸展パワー測定器では、着座部の背もたれが110°に固定されている。脚の伸展・屈曲動作は、足関節および股関節の動作に連動する。特に股関節の屈曲角度は、脚筋力(パワー)の発揮に影響を及ぼすと考えられる⁴⁶⁾。本研究における脚の最大伸展力については、絶対値および相対値において、座位姿勢で有意に高い値が認められた。しかしながら、最大屈曲力については、姿勢による違いを認めることはできなかった。脚の伸展動作に関与する筋群と屈曲動作に関与する筋群には、大きな違いが存在する。特に、脚の伸展には膝関節の伸展に関わる大腿四頭筋(大腿直筋、内側広筋、中間広筋、外側広筋)および股関節の伸展動作に関わる殿筋、ハムストリングス(大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋)等、筋断面積の大きい筋肉が主働筋となるため、屈筋群に比べ大きな力を発揮すると考えられる。また、姿勢の違いは筋の力学的特性から、力-長さ関係による関節トルクの発揮に影響を及ぼす。特に、筋肉は引き伸ばされると筋の伸張に比例して張力は減少する。逆に至適筋長付

近では最大張力(最大筋力)を発揮することが報告されている⁷⁾。

本研究において、最大屈曲力(絶対値・相対値)に差が認められなかったことは、股関節屈筋(腸腰筋、大腿直筋、大腿筋膜張筋、薄筋、恥骨筋)および膝関節屈筋(ハムストリングス、腓腹筋、縫工筋)の力発揮が、座位または仰向けという姿勢変化に大きく影響しないことを示す。しかしながら、伸展力については、仰向き姿勢よりも座位姿勢が、至適筋長に近いと考えられる。原ら⁸⁾は、股関節初期角度の異なるスクワットジャンプが、跳躍高に及ぼす影響を検討し、可能な限り股関節を屈曲させた状態でのジャンプ動作により、跳躍高は増加しており、脚伸展における股関節屈曲動作の重要性を示す報告である。本研究の結果も同様に、股関節屈曲位での脚伸展動作が、最大脚伸展力(パワー)を評価する上での選択的肢位であることを明らかにする結果となった。しかし、どの程度の股関節屈曲角度が脚伸展力に影響を及ぼすかについては評価していない。特に競技スポーツにおけるパフォーマンスを評価する場合、特異的な姿勢でのパワーの発揮を測定する必要がある。素早い動きが要求される競技等においては、瞬時に反応して動作を遂行する必要があり、体幹セグメントが前傾しすぎることで視線が低下し、素早い判断や動きに対して不利になる可能性もあり、パフォーマンス低下の原因ともなりかねない。そこで今後は、股関節の屈曲角度と脚の伸展力・屈曲力について明らかにする必要がある。

本研究は、平成20・21年度京都文教短期大学研究助成金の補助を受けたものである。

参考文献

- 1) 宮下充正編著(1986):一般人・スポーツ選手のための体力診断システム、pp.62-67、ソニー企業。

- 2) 西菌秀嗣著 (2004) : スポーツ選手と指導者のための体力・運動能力測定法、pp.22-26、大修館書店.
- 3) 山本利春・中村千秋監訳 (2003) : CKCエクササイズ、pp.1-22、ナッブ.
- 4) 吉村茂和・田口孝行 (1995) : 片脚伸展筋力の測定、理学療法学22(8)、443-448.
- 5) 市橋則明他 (1997) : 脚伸展動作と膝伸展動作の運動学的分析、理学療法学24(6)、341-346.
- 6) 佐々木誠他 (1998) : 等速性片側脚伸展筋力測定の再現性および等速性膝伸展筋力との関係、理学療法学25(2)、67-71.
- 7) 彼末一之、能勢 博 (2011) : やさしい生理学 改訂第6版、pp.191-194、南江堂.
- 8) 原 樹子他 (2008) : スクワットジャンプの股関節初期角度の違いがパフォーマンスに与える影響、JJESS 1、21-31.