

Isokinetic Closed Kinetic Chain による下肢筋力評価の有用性

行岡病院リハビリテーション部理学療法科

松尾高行

岡山大学医学部・歯学部附属病院整形外科

阿部信寛

吉備国際大学保健科学部

河村顕治

はじめに

近年のスポーツ医学のめざましい進歩にもなつて前十字靭帯（以下 ACL）再建術が発展してきているが、その術後リハビリテーションや下肢全体の協調的な訓練方法として閉運動連鎖（以下 CKC）が注目されてきている¹⁾。ACL 再建術を成功させるには、ACL 機能の再獲得とともに再建後の ACL に負荷をかけずに下肢筋力の維持または増強を行うことがきわめて重要となる。また、術前術後の筋力評価を安全かつ正確に行うことも非常に重要である。CKC の優位性は近年ますます注目されてきているが、現在は開運動連鎖（以下 OKC）を用いての下肢筋力の評価訓練が一般的である。そこで本研究は、OKC と CKC での下肢伸展出力の測定を行い、両者を比較して新しい下肢機能の評価訓練法の可能性を探るものである。

対象と方法

20 歳から 23 歳の膝関節に障害のない健康若年女性 10 人（ 21.2 ± 0.7 歳）を対象とした。身長は 159.4 ± 5.3 cm、体重は 52.2 ± 4.4

kg であった。OKC は CYBEX 6000（LUMEX, USA）を用いて、両膝関節伸展筋群および屈曲筋群の等速性筋力測定を行った。計測は座位で膝関節の角速度を 40 deg / sec に設定し測定した。CKC は河村らが開発した閉運動連鎖型評価訓練機（オージー技研特注）を用いて、両下肢の測定を行った（図 1）

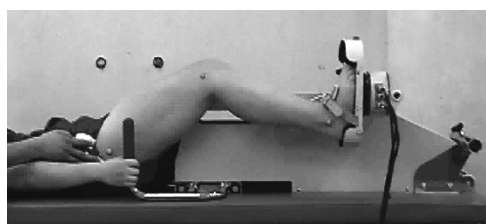


図 1：サイクロイド曲線を利用した閉運動連鎖型評価訓練機

この閉運動連鎖型評価訓練機はサイクロイド曲線を利用し背臥位で足部が緩やかな円弧を描く運動が可能であり、あらかじめプログラムされたスピードでアームが動くので等速性運動が行える。アーム回転速度は 40 deg / sec の設定で測定した。フット

プレートを押す力（以下、足部出力）を計測するためフットプレートの下に 3 軸ロードセル LSM-B-5KNSA15（KYOWA, JAPAN）を設置した。PCD-300A（KYOWA, JAPAN）およびノートパソコンを用いて 3 方向の出力を同時に記録し、これらの分力より実際の足部の矢状面での出力とその方向を計算で求めた。被験者は股関節、膝関節屈曲位から下肢伸展方向へフットプレートを最大筋力で蹴り続け、足部出力を計測した。運動はデジタルビデオカメラで側面から撮影し、その映像をノートパソコン PowerBook G4（Apple, USA）に取り込み、1 秒間に 4 枚（4Hz）のレートで Quick Time 形式で書き出した。さらにこの動画を NIH Image Version1.62（U.S. National Institutes of Health, <http://rsb.info.nih.gov/nih-image/>）を用いて、静止画に分割し、各々の静止画上で作図しモーメントアーム長を求めた。足部出力の大きさと各々のモーメントアーム長を乗じて各関節トルクを求めた。股関節伸展、膝関節伸展、足関節底屈方向を正、逆方向を負のトルクとし、その 3 関節のトルクの合計値を CKC における下肢の伸展出力とした。また、ピークトルク値を示した時の膝関節角度を求めた。

結果

ピークトルク値は OKC の伸展筋群 141.7 ± 30.3 Nm、屈曲筋群 64.6 ± 13.6 Nm であった。CKC では 276.4 ± 91.5 Nm であった。ピークトルク値を示した時の膝屈曲角度は、OKC の伸展筋群で 54.7 ± 4.8

度、屈曲筋群で 32.2 ± 13.0 度であった。CKC では 76.1 ± 12.4 度であった。膝関節伸展筋群のピークトルク値と CKC での下肢伸展出力のピークトルク値との相関係数は 0.811、膝関節屈曲筋群のピークトルク値と CKC での下肢伸展出力のピークトルク値との相関係数は 0.751 で非常に高い正の相関を示した（図 2, 3）。

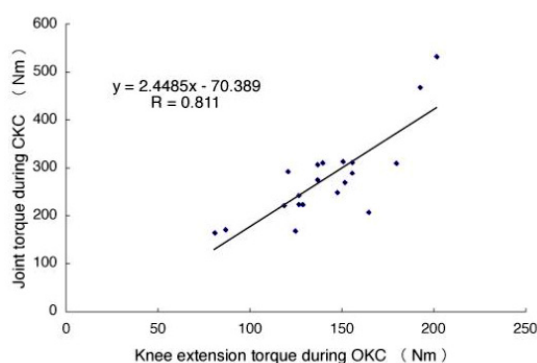


図 2：膝関節伸展筋群のピークトルク値と閉運動連鎖での下肢伸展出力のピークトルク値との相関

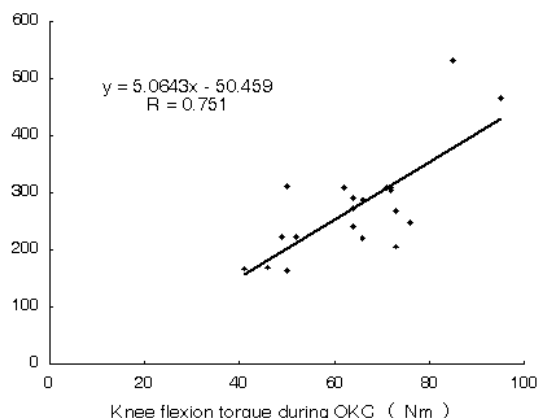


図 3：膝関節屈曲筋群のピークトルク値と閉運動連鎖での下肢伸展出力のピークトルク値との相関

考察

従来行われてきた整形外科領域での膝関節周辺のリハビリテーションはほとんどが OKC であり,この時大腿四頭筋の単独収縮によって生じる脛骨前方引き出し力が特に ACL に対して非生理的なストレスとなり問題であった²⁾.特に ACL 再建術後に最大努力で Cybex テストを行うことについては安全性の上で非常に問題がある.一般的に通常の Cybex テストは ACL に危険なストレスをもたらすと考えられている.一方,CKC は大腿四頭筋とハムストリングの共同収縮を引き起こし,ACL に働く脛骨前方引き出し力を減少させる^{3),4)}.これまでの研究で CKC の持つ利点は徐々に認められつつあるが,Isokinetic CKC を行うための訓練機器はまだ少ない.座位でフットプレートを直進状に蹴る力を計測する機器が報告されているが,このような設定では膝関節に主に屈曲モーメントが働き,股関節には屈曲モーメントはあまり生じない.したがって大腿四頭筋中心の収縮が起こり,CKC の最大の利点である大腿四頭筋とハムストリングの共同収縮は十分には起こらない.CKC の基本であるスクワットのような運動を背臥位で再現しようとするれば,足部は円弧を描くように動くのが理想である.そのようにして初めて股,膝関節に均等に屈曲モーメントを生じるようになるからである.本来トルクは回転運動で生じるが,今回試みた Isokinetic CKC ではサイクロイド曲線を利用しているため,運動のトルクを計測することに困難がある.しかし,本研究で用いた設定条件下で測定及び解析を行うことによって,Isokinetic CKC における下肢の出力を算出することが可能となった.さらに Isokinetic

CKC でのピークトルク値は従来の Isokinetic OKC でのピークトルク値との間に高い正の相関関係を認めた.このことは,従来筋力の指標として用いられてきた大腿四頭筋の Isokinetic OKC でのピークトルク値評価の代わりに,本研究における設定での Isokinetic CKC でのピークトルク値評価が使用できるという可能性を示唆している.さらに被験者によってレバーアームを蹴る力は自在にコントロールできるため膝関節に疼痛を生じる場合などは出力を控えればよい.この方法によって安全で有効な下肢筋力増強と正確な筋力評価が可能になると考えられる.

参考文献

- 1) Yack HJ, et al.: Comparison of closed and open kinetic chain exercise in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med* 21:49-54, 1993.
- 2) Palmitier RA, et al.: Kinetic chain exercise in knee rehabilitation. *Sports Medicine* 11:402-413, 1991.
- 3) Lutz GE, et al.: Comparison of tibiofemoral joint forces during open-kinetic-chain and closed-kinetic-chain exercises. *JBJS* 75-A:732-739, 1993.
- 4) O'Connor JJ.: Can muscle co-contraction protect knee ligaments after injury or repair? *JBJS* 75-B:41-48, 1993.