

等速性筋力測定装置 Cybex の運動角速度の検証

吉野直美・三和真人・鈴木克彦・宮崎純弥
小野武也・百瀬公人・伊橋光二

Verification of angular velocity by Cybex 770-NORM

Naomi YOSHINO, Makoto MIWA, Katsuhiko SUZUKI, Junya MIYAZAKI,
Takeya ONO, Kimito MOMOSE, Kouji IHASHI

Abstract : The exercising knee joint extension and flexion of maximum effort examined the data that are output from Cybex 770-NORM (Cybex) for 20 healthy adult subjects. We got analog data so that the outside interface and BIMUTAS were connected to Cybex, Cybex data (digital data) was compared with those data. The angular velocity made up in 450deg/sec. None of the angular velocity at peak torque (PT) value in Cybex data was more than 450deg/sec. PT value of Cybex data showed significant high correlation with torque value of analog data corresponding to PT value of Cybex data. However, PT value of Cybex data was significantly lower than torque value of analog data. These results are shown that Cybex may outputs PT values even if it is not isokinetic movement, and that Cybex data is different from analog data. That is, they might be suggested that it was necessary to consider analog data whenever we used the Cybex.

Key Words : Cybex, angular velocity, isokinetic movement

はじめに

等速性筋力測定装置は、現在リハビリテーションやスポーツ分野に広く普及している。本装置の特徴は、Hislop ら¹⁾により紹介された等速性運動を可能としたことにより、それまで得られなかったトルクカーブ（トルク-角度曲線）が得られ、筋機能の定量的評価やトレーニングが可能となったことである。すなわち関節運動を一定角速度に機械的制御をすることにより、関節可動域内の全関節角度におけるトルクを計測することができる。今日、Cybex は我が国で最大のシェアを占めており、これまで多くの報告がなされている。先行研

究で用いられるパラメータは、ピークトルク (PT) 値、PT 値発揮角度、仕事量、仕事率 (パワー) 等である。スポーツ分野で用いられるパワーとは力と速度の積で表される。特に、運動における実質的な仕事量を検討する場合には、筋力だけでなく速度の要素を加える必要があると考えられる。Cybex から得られるデータ (以下、Cybex データ) には多くのパラメータが含まれており、トルク値と関節角度変化を中心に構成データを提供しているが、運動時の角速度との関係は明らかにされていない。

一般に等速性筋力測定装置による等速性モードでの筋出力評価データは、等速性運動域内での測定値と考えられており、これに到達しているか否かを確認する必要がある。本研究の目的は、Cybex にアナログ信号を出力する機器を接続することにより、Cybex データにおける PT 発揮時の角速度の検証と、Cybex データの PT 値とこれに対応するア

山形県立保健医療大学 保健医療学部理学療法学科
〒990-2212 山形市上柳 260 番地
Yamagata Prefectural University of Health Science
Department of Physical Therapy
260 Kamiyanagi Yamagata City 990-2212 Japan

ナログデータのトルク値を比較検討することである。

方 法

1. 対 象

膝関節疾患の既往のない健常成人男性 10 名 (平均 27.6 ± 2.4 歳), 健常成人女性 10 名 (平均 23.3 ± 1.6 歳) とした。対象者には, 本研究の目的と内容を説明し, 実験への参加の承諾を得た。

2. 測定方法

測定機器は, Lumex 社製 Cybex 770-NORM と, この Cybex からのアナログ信号を外部インターフェイスを介して, 多用途生体情報解析プログラム BIMUTAS を使用した。サンプリングレートは 1,000Hz とした。測定前には, Cybex データとアナログデータのトルク値, 関節角度, 角速度が同値となるようキャリブレーションを行った。

被験者には, 高角速度である 450deg/sec での膝関節屈曲伸展運動を最大努力で行うよう指示し, 試行回数は 5 回とした。全ての測定時には統一したコマンドを用いた。シート角度, レバーアーム長, 重力補正の設定等のセットアップはマニュアルに従い, 両上肢は胸の前で組み, 対側脚の固定は行わないものとした。運動範囲は $0^\circ \sim 90^\circ$ と

しゴニオメータ測定により確認した。運動の最終域でのストップ・クッション調整は, 運動の最終域 10 度手前から減速を開始するよう設定した。

データ抽出方法は以下の手順とした。

- 1) Cybex データの「数値レポート」より PT 値, PT 発揮角度を抽出する。
- 2) Cybex データの「グラフ」から得られる PT 発揮試行回数 (PT 値が最大を示した試行回数) を確認する (Fig.1-a)。
- 3) 2) と同試行の BIMUTAS から得られるデータ (以下, アナログデータ) を確認し, Cybex データの PT 発揮角度に対応するアナログデータのトルク値と角速度を求める (Fig.1-b)。

3. 統計学的解析

Cybex データの PT 値とアナログデータのトルク値の関係については相関を求め, 両者の比較には対応のある平均値の差の検定を行った。危険率は 5% の有意水準とした。

結 果

1. Cybex データにおける PT 発揮時の角速度の検証 (Fig. 2)

Cybex データの PT 発揮角度に対応するアナログデータの角速度は, 膝伸展運動では, 男性平均

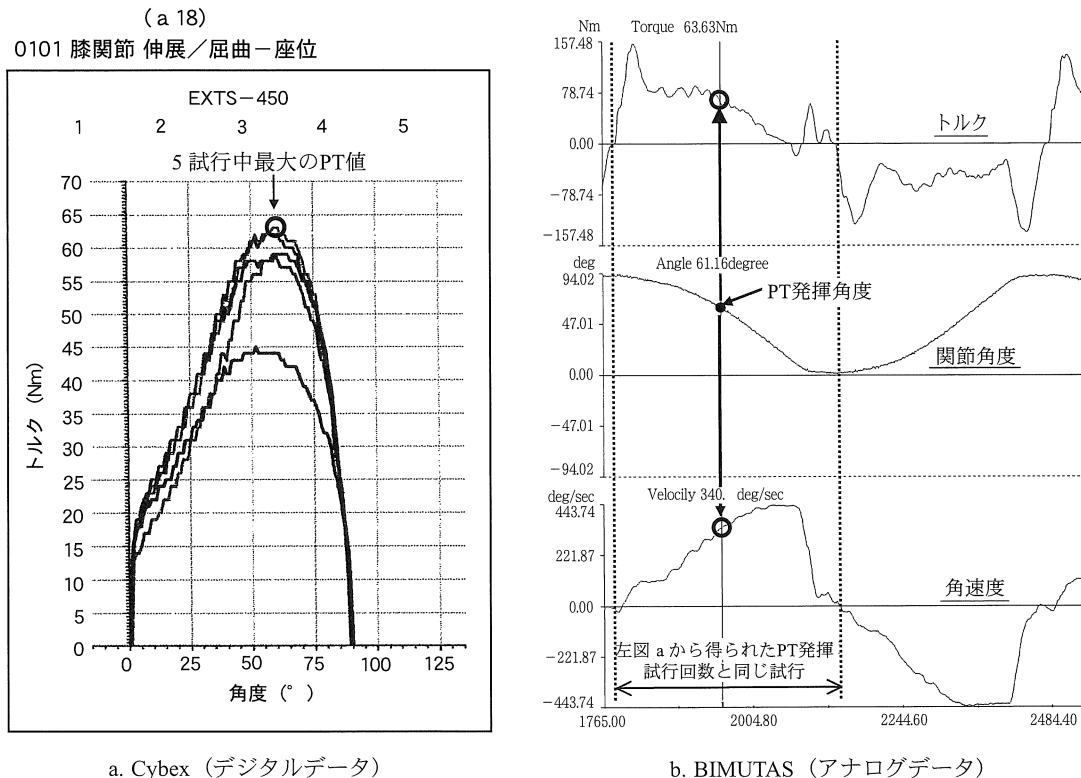


Fig.1 Cybex と BIMUTAS の出力グラム (参考)

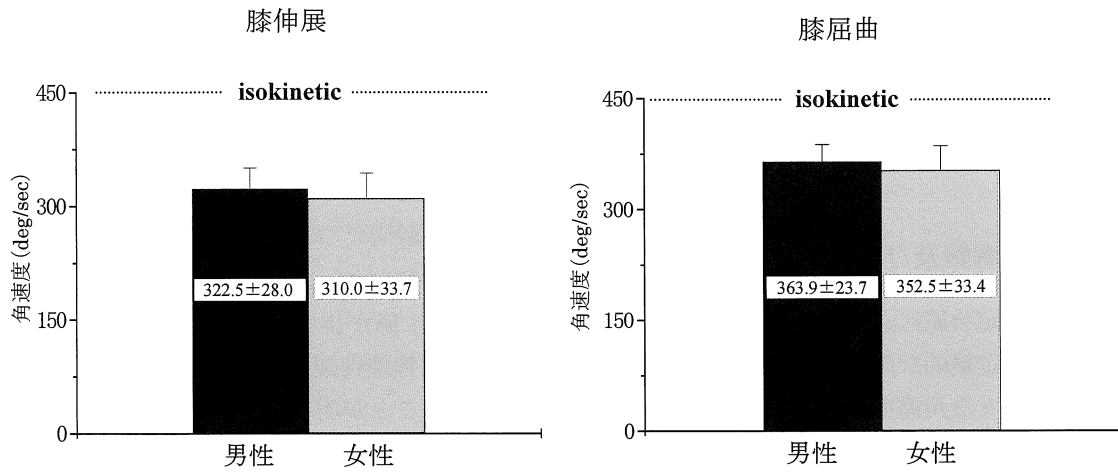


Fig. 2 Cybex データにおける PT 値発揮時の平均角速度 (n = 20)

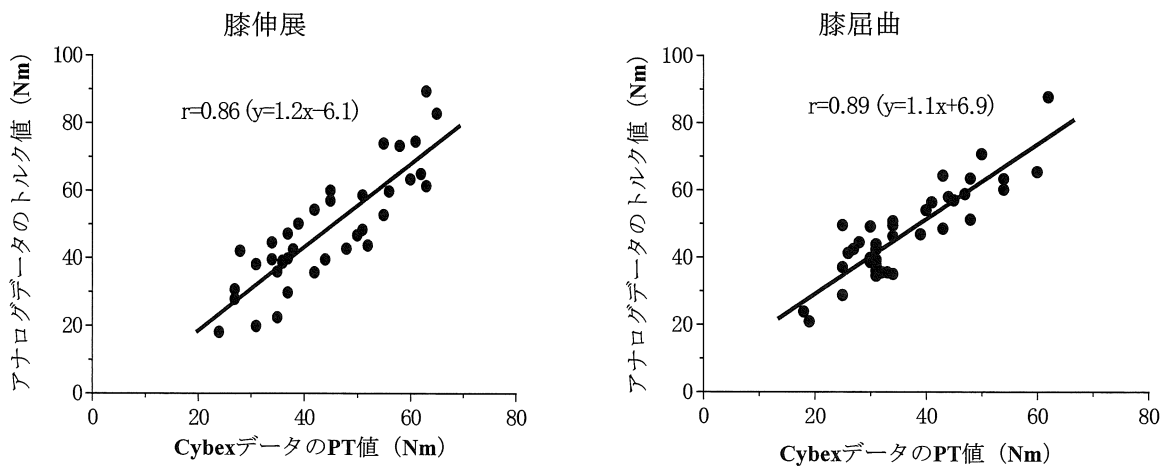


Fig. 3 Cybex データの PT 値とこれに対応するアナログデータのトルク値の相関関係 (n = 40)

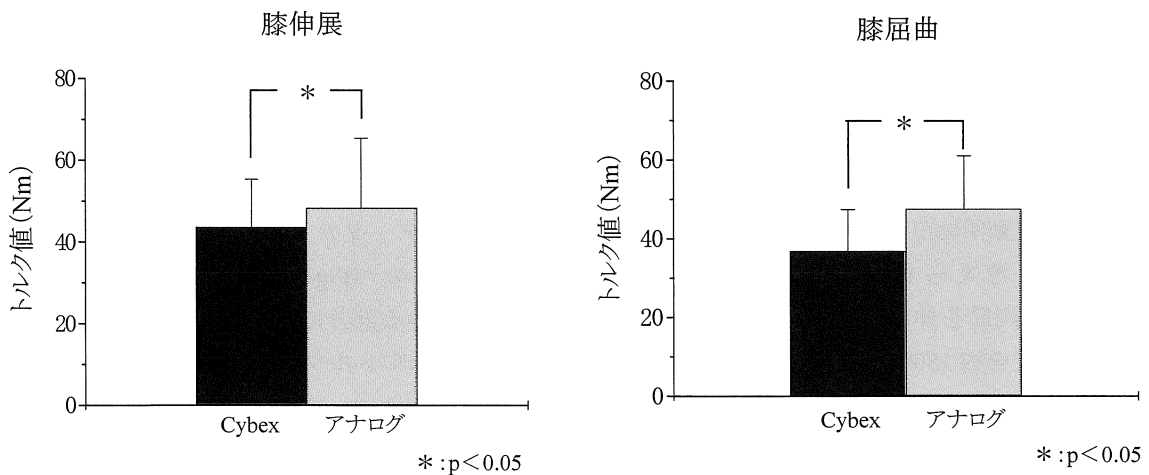


Fig. 4 Cybex データの PT 値とこれに対応するアナログデータのトルク値の比較 (n = 20)

322.5 ± 28.0deg/sec, 女性平均 310.0 ± 33.7deg/sec であった。膝屈曲運動では, 男性平均 363.9 ± 23.7deg/sec, 女性平均 352.5 ± 33.4deg/sec であった。全ての被験者について等速性運動域に到達した者は認められなかった。

2. Cybex データとアナログデータのトルク値の関係

Cybex データの PT 値とこれに対応するアナログデータのトルク値の関係は, 膝伸展運動の場合 $r = 0.86$ ($y = 1.2x - 6.1$), 屈曲運動の場合 $r = 0.89$

($y = 1.1x + 6.9$) と有意な相関 ($p < 0.05$) を認められた (Fig. 3)。平均値の差の検定では、膝伸展で $t = 2.78$, 膝屈曲で $t = 1.06$ と、Cybex データはアナログデータに比し有意 ($p < 0.05$) に低値を示した (Fig. 4)。

考察及びまとめ

等速性筋力測定装置における特徴は、角速度別の等速性収縮の定量的な測定による評価が可能となったこと²⁾、様々な角速度に設定することにより、最大筋力の増強に効果的な等尺性運動と筋持久力の強化に効果的な等張性運動の両者の特徴を有すること^{3), 4)} などが挙げられる。これらは全て、設定角速度に到達している運動を行った上での特徴である。

等速性運動の概念が紹介され数種の等速性筋力測定装置が開発されて以来、これらに関する多くの報告がなされてきた。先行研究では、トレーニング角速度設定^{5), 6)} やトルク値の変動要因^{7) ~ 10)} の検討、前十字靭帯損傷^{11), 12)} や変形性膝関節症患者^{13), 14)} 等に対する筋出力評価等があり、低・中角速度 (30 ~ 300deg/sec) での PT 値が最も多く使用されている。しかし、後藤¹⁵⁾ は運動能力を向上させるためにはパワー (単位時間あたりの仕事量) の増大が不可欠な要素であり、実際の運動と同じ速さでのトレーニングをする必要があるとしている。また、膝関節角速度は歩行時で約 230deg/sec, ランニング時で約 1,100deg/sec と報告されている¹⁶⁾ ことから、本研究では高角速度である 450deg/sec に設定した。

運動中の角速度については、等速性モードを用いた場合でも運動開始直後から設定角速度での動きが可能とは考えられない。Ostenig ら¹⁷⁾ は、150deg/sec で膝関節を伸展した場合、初期の角速度は設定角速度を約 180% 上回り、また設定角速度が高くなるにつれて等速期の長さは直線的に減少し、400deg/sec では全体の可動域の 15% も満たない¹⁸⁾ ことを報告した。日本においては、等速性筋力測定装置 Cybex は最も広く活用されており、運動中の角速度を検証することは非常に有用と考えられる。

木村¹⁹⁾ は、本装置についてトルクや角度以外の他のアナログデータとリンクさせる必要性を述べている。実際に、アナログ信号を出力する外部イ

ンターフェイスと BIMUTAS を接続することにより、アナログデータである PT 値、関節角度および角速度の検出が可能となった。

本研究結果から、Cybex データの PT 値発揮角度に対応するアナログデータの角速度を検証すると、全ての被験者について等速性運動域に到達した者は認められなかった。等速性運動域に到達した時にのみ PT 値が出力されるはずであるが、Cybex データは等速性運動域に到達しなくても PT 値を出力することが明らかとなった。また、この時点での角速度平均は、膝関節伸展運動時に男性 322.5deg/sec, 女性 310.0deg/sec であり、膝屈曲運動時においても男性 363.9deg/sec, 女性 352.5deg/sec の角速度に達しており、諸家が報告している角速度 30 ~ 300deg/sec は妥当なものであると考えられた。このような角速度のデータを蓄積することにより、本装置を用いた評価訓練において、今後活用できるものと考えている。

Cybex データの PT 値とこれに対応するアナログデータのトルク値の関係は高い相関を示したが、Cybex データはアナログデータと比較して有意に低値を示した。Greenberger²⁰⁾ や Thompson²¹⁾ は、複数の等速性筋力測定装置による筋力測定値を比較し、機器が異なる場合には PT 値も異なることを報告している。これは、異なる機種間における PT 値の相違を指摘しているが、本研究結果から同機種におけるデジタルデータとアナログデータ間でも有意差が示され、PT 値等の測定値を比較する場合には慎重に行うべきであると考えられる。

加えて、Cybex データとアナログデータのトルクカーブの形状は大きく相違することが認められた。Cybex データの PT 値はトルクカーブの頂点に位置していた (Fig.1-a) が、アナログデータでは下降している部分に位置していた (Fig.1-b)。また Cybex が示すトルクカーブは非常に滑らかな曲線であり (Fig.1-a)、これは機械制御していると考えられる。Cybex のもつフィルター機能を問題視する報告^{22), 23)} もみられる。

以上のように、Cybex 770-NORM を用いて高角速度での筋出力評価・訓練を行う場合、アナログデータと相違する可能性があるため、本装置より得られるデータをそのまま使用するのではなく、アナログデータと比較検討しながら行う必要があると考えられた。

文 献

- 1) Helen J. Hislop, James J. Perrine : The Isokinetic Concept of Exercise, *Phys. Ther.*, 47 : 114-117, 1967.
- 2) 三浦敦, 大井淑雄: 筋力増強—等運動性訓練 (Cybex など). *総合リハ* 20 : 940-944, 1992.
- 3) 嶋田智明: 大腿四頭筋筋力増強における Isokinetic Exercise と Isometric Exercise との効果の実験的比較, *理・作・療法* 10 : 228-232, 1976.
- 4) 猪飼哲夫, 米本恭三: 筋力増強の理論, *PT ジャーナル* 25 : 146-148, 1991.
- 5) Mary T. Moffroid, Robert H. Whipple: Specificity of Speed of Exercise, *Phys. Ther.*, 50: 1692-1700, 1970.
- 6) Timm, K. E. : Investigation of the physiological overflow effect from speed-specific isokinetic activity. *J Orthop Sports Phys Ther.* 9 : 106-110, 1987.
- 7) 浦辺幸夫, 中ノ瀬友乃, 小林寛和, 山賀 寛, 横江清司, 松井秀治, 川野哲英: スポーツ選手の筋力増強訓練. *PT ジャーナル*, 23 : 763-769, 1989.
- 8) 山本双一, 恒石順子, 浜口京子, 広瀬 勇, 国光加代子, 島 晶子: 運動範囲の違いによる膝伸展力の差. *四国理学療法士研修会誌*: 56-59, 1982.
- 9) 小林寛和・他: 等速度性運動における測定開始角度による影響. *理学療法学* 15 (学会特別号) : 196, 1988.
- 10) 志波直人, 井上明生, 田籠久実, 小堀 聡: 股関節外転筋力測定における基礎的研究— isokinetic machine を用いて—. *リハ医学* 28 : 535-539, 1991.
- 11) Thomee, R., Renstrom, P., Grimby, G. et al. : Slow or fast isokinetic training after knee ligament surgery. *J Orthop Sports Phys Ther.* 8 : 475-479, 1987.
- 12) 平田光司, 橘内 勇: 前十字靭帯再建膝の動的筋出力における加速の特異性. *総合リハ* 26 : 273-276, 1998.
- 13) 石橋敏郎, 中山彰一, 井原秀俊, 軸丸しのぶ: 変形性膝関節症の臨床評価. *理学療法* 13 : 217-222, 1996.
- 14) 橘内 勇, 小野沢敏広, 山下 泉・他: 変形性膝関節症における大腿四頭筋の筋力増強訓練の効果. *リハ医学* 23 : 82-84, 1986.
- 15) 後藤民男: Isokinetics とサイバックス, *体育の科学* 32 : 715-719, 1982.
- 16) George J. Davies (Ed.) : A compendium of isokinetics in clinical usage and rehabilitation techniques. 4th Ed., S&S Publishers, 83-124, 1992.
- 17) Ostenig, L.R., et al. : A method for rapid collection and processing of isokinetic data. *Res. Quart. Exerc. Sport*, 53 : 252-256, 1982.
- 18) Ostenig, L.R. : Isokinetic dynamometry: implication for muscle testing and rehabilitation. *Exerc. Sports Sci. Rev.*, 14 : 45-80, 1986.
- 19) 木村貞治: 理学療法機器 1. トルク測定装置 (1) トルク測定の原理および装置の基本的性能比較, *理学療法* 9 : 61-73, 1992.
- 20) Greenberger, H. : Comparison of quadriceps peak torque using three different isokinetic dynamometers. *JOSPT* 17 : 48-49, 1993.
- 21) Thompson, M.J.: Comparison of values generated during testing of knee using the Cybex II Plus and Biodex Model B-2000 isokinetic dynamometers. *JOSPT* 11 : 108-155, 1989.
- 22) Murray, D.A. et al. : Optimal filtering of constant velocity torque data. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18 : 603-611, 1986.
- 23) Murray, D.A. and E. Harrison : Constant velocity dynamometer: an appraisal using mechanical loading. *Med. Sci. Sports Exerc.* 18 : 612-624, 1986.

— 2001. 11. 27. 受稿, 2002. 1. 24. 受理 —

要 約

等速性筋力測定装置 Cybex770-NORM から出力されるデータを検証する目的で、健康成人 20 名を対象に、最大努力での膝関節屈曲伸展運動を行った。本装置に外部インターフェイスと BIMUTAS を接続してアナログデータを採取し、デジタル信号

による Cybex データと比較した。角速度設定は 450deg/sec とした。Cybex データのピークトルク (PT) 発揮時の角速度は全て等速性運動域に到達していなかった。Cybex データの PT 値と, これに対応するアナログデータのトルク値は有意な高い相関を示した。しかし, Cybex データはアナログデータに比し有意に低値を示した。本研究結果より, 本装置からは等速性運動域に到達しなくても PT 値が出力されるとともに, アナログデータとの相違点を有することが示された。本装置を使用する場合には, アナログデータを考慮する必要性があるものと考えられた。

キーワード: Cybex, 角速度, 等速性運動