

〔学術奨励賞〕
〔原 著〕

小学生の等速性膝伸展・屈曲筋力測定における信頼性の検討

長屋 和将 (神戸町立神戸小学校), 春日 晃章 (岐阜大学),
福富 恵介 (岐阜県スポーツ科学トレーニングセンター), 窪田 泰三 (岐阜大学大学院)

Examination of reliability in the isokinetic knee extension and flexion muscle strength measurement among elementary school children

Kazumasa NAGAYA ¹⁾, Kosho KASUGA ²⁾, Keisuke FUKUTOMI ³⁾, Taizo KUBOTA ⁴⁾

【Abstract】

This study aimed to examine the intra-rater reliability for isokinetic knee extension and flexion muscle strength measurement among elementary school children using the BIODEX System 4. The participants were 23 boys, studying in the 4th–6th grade (6th grade: 12 boys, 5th grade: 9 boys, 4th grade: 2 boys) and having no special disability in the lower limbs. We explained the purpose of this study to and obtained informed consent from the participants and their guardians. The measurements were conducted 2 times in 2 weeks. For each measurement we set the angular velocity as 60, 180, and, 300 deg/sec, and for each angular velocity, the repetitions were conducted 5, 10, and 15 times. We divided the value of the muscle strength by the weight of each participant for the analysis. As a result, good reliability in extension and flexion muscle strength was obtained for the above three values of angular velocity (ICC = 0.73~0.85). These results suggest that good intra-rater reliability can be obtained in the isokinetic knee extension and flexion muscle strength measurement among elementary school children.

Key words : biodex, isokinetic muscle strength, intra-class correlation coefficients

キーワード バイオデックス、等速性筋力、級内相関係数

1) Godo elementary school

2) Faculty of Education, Gifu University

3) Gifu Sports Science Training Center

4) Graduate School of Education, Gifu University

I. 諸言

現在、筋力測定機器の開発が多くされてきており、目的に応じて様々な方法および測定器具を用いて筋力を測定することが可能となっている。その中でも、等速性筋力測定機器は日常生活やスポーツ場面に近い動的な筋力を測定でき、より実践的な評価を行うことができる（角田・須藤、2009）ため、広く利用されている。そのような等速性筋力測定機器の中でも代表されるものとして BIODEX 社製の多用途筋機能評価運動装置 BIODEX system4（以降 BIODEX）が世界中で利用されている。BIODEX は、膝、足、股、肩、肘関節や体幹などあらゆる身体の部位を伸展／屈曲、外旋／内旋といった動作別に測定することが可能である。BIODEX を用いた等速性筋力に関する研究は、高校生から高齢者を対象として多くなされており、測定における検者内信頼性が高いことが明らかとなっている（古川ほか、2005；Gaston et al., 2007；池田ほか、2008；宮崎ほか、2010；Saeki and Hachisuka, 2009）。本研究でいう検者内信頼性とは同一被験者を対象とした測定の測定値自体の再現性の高さ、あるいは変動の少なさのことであり、測定しようとする属性、能力などをどの程度正確に測定しているかを表す妥当性や、異なる検者による測定値の一致度を表す検者間信頼性とは区別して扱う（中村、1986）。膝関節筋力の検者内信頼性に関して、Feiring et al.（1990）は、成年者を対象に等速性膝伸展筋力を測定し、角速度 60、180、240、300deg/sec において級内相関係数（Intra-class correlation coefficients :ICC）が 0.95～0.97 の範囲であり、再現性が高いことを報告している。また、Bandy and McLaughlin（1993）は、成年者を対象に同様の研究を行い、角速度 60、180、300deg/sec とともに ICC が 0.90 以上であり、再現性が高いことを明らかにしている。しかし、いずれの研究においても再現性が高いと報告されているのは、成年者を対象とした測定においてのみであるため、小学生に対して等速性筋力測定機器が有効かどうか分からない。小学生を対象としても BIODEX を用いた測定ができるならば、ほとんど検討されていない小学生の等速性筋力の特性について明らかにすることが可能であろう。

これまで小学生の筋についての研究は等尺性筋力について（船渡・福永、1993；倉田ほか、1985）、筋組成について（藤本・勝田、1993）検討されているものが見られるが、今後は動的な等速性筋力も測定していくことで、小学生の筋力についてより詳細な検討ができるものと考ええる。一般に小学生の時期に極端な筋力トレーニングは必要ないが、特に、トップジュニアアスリートを対象として、そのトレーニング効果や筋力特性をみていくことは、今後、日本の競技スポーツが世界に対抗していく上で重要であると考ええる。そのためには、まず、等速性筋力測定機器が成年だけでなく、小学生に対しても有用な機器であることを明らかにする必要がある。

そこで本研究では、小学生の児童を対象として、BIODEX を用いた等速性筋力測定における検者内信頼性を明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は下肢に障害を持たない小学 4、5、6 年生の男児 23 名（6 年生 12 名、5 年生 9 名、および 4 年生 2 名）であった。検者内信頼性の検討においては 6 年生 12 名 24 脚、5 年生 9 名 18 脚、および 4 年生 2 名 4 脚、計 23 名 46 脚の測定値を用いた。被験者の平均年齢は 11.2 ± 0.7 歳（平均値 $\pm$ 標準偏差）、身長は 144.1 ± 7.3 cm、体重は 35.8 ± 5.5 kg であり、文部科学省の平成 20 年度体力・運動能力調査結果統計表において報告されている 11 歳男子の体格（身長 145.18cm、体重 38.09kg）と類似した値で、全国平均並みの体格であった。

被験者の保護者に対しては、研究の目的、手順および安全性などを十分に説明し、保護者と本人に同意を得て測定を行った。

2. 測定器具および測定方法

本研究の等速性膝伸展・屈曲筋力の測定には多用途筋機能評価運動装置 BIODEX system4 を使用した。測定における角速度は低、中、高速域の代表としてそれぞれ 60、180、300deg/sec で行った（佐々木ほか、1998）。

全ての測定は機器の操作に慣れた検者が行った。また、被験者に全力を出させるために、測定中は被験者に対して声かけを行った。図1に示すように、測定は椅座位で行い、体幹、腰部および大腿部をそれぞれ専用のベルトで固定し、測定中、両手は胸の前で交差させて組ませた。可動域は、膝関節完全伸展位を 180° とした場合の 80° から 180° までの範囲とした。測定における反復回数は、 60deg/sec を5回、 180deg/sec を10回、 300deg/sec を15回とした。測定は片脚ずつ行い、それぞれの角速度で1、2回軽く練習を行った後、本測定を実施した。



図1 測定における被験者の固定方法

各角速度の測定における休息時間は、40秒で一応の回復がみられること（浦辺ほか、1992）が報告されており、成年選手を対象にした先行研究においては60秒間に設定している（津山ほか、2007）が、被験者が小学生であることを考慮して120秒間とした。また、アタッチメントの締め付けによる疲労を防ぐため、休息時間中は締め付けを緩めた状態にした。被験者は約2週間以内の異なった日に両脚の測定を1回ずつ、計2回の測定を行った。利き脚と非利き脚は、被験者の申告により判断した。

予備実験を行ったところ、未成熟な小学生の大腿部では膝関節を曲げる際に座椅子に当たってしまう問題点が確認された。その問題を解決するために、車に装着するサポートシート（ボンフォーム社製）を装着し、測定を行った。サポートシートは図2に示すように、座椅子部分を後方に折り

たたみ、背もたれの部分のみを使用した。このシートはホームセンターなどで一般に販売されているものであり、特別なサポートシートではない。シートの形状は、座椅子部分を後方に折りたたんだ状態で、背もたれ部分の長さ60cm、幅45cm、厚さ5cmのものであり、体幹部に幅10cm、厚さ8cmの体幹固定用のサポートがあるものである。このシートを装着することで、被験者の腰部と座椅子の背もたれとの隙間を埋めることができ、膝関節を屈曲させる時に座椅子に接触することなくなり、スムーズに測定を行うことが可能となった。また、体幹の両サイドの固定感も増し、測定中の体幹のずれが少なくなった。



図2 被験者の背中と背もたれの間に挟み込んだシート

3. 解析方法

測定値には膝関節屈曲・伸展の最大トルク(Nm)を体重(kg)で除して100を乗じた、最大トルク体重比を用いた。また、検者内信頼性を明らかにするために、2試行間の最大トルク体重比を用いて級内相関係数(Intra-class correlation coefficients :ICC)を算出した。

ICCの評価基準について、桑原ら(1993)は0.6以上で可能(possible)、0.7以上で普通(OK)、0.8以上で良好(good)、0.9以上で優秀(great)であると報告している。また、Landis(1977)はICCが0.41~0.60でmoderate(中程度)、0.61~0.80でsubstantial(十分)、0.81~1.00でalmost perfect(非常に高い)と定義している。他にもFleiss(1986)やPortney and Watkins(1993)の報告な

どがみられるが、本研究では、これらの先行研究をまとめて ICC が 0.7 以上あれば信頼性は良好であると判断した。

Ⅲ. 結果

各角速度における利き脚、および非利き脚の伸展・屈曲筋力の測定値および検者内信頼性の結果を表 1 に示した。

角速度 60deg/sec での利き脚における伸展筋力、および屈曲筋力の ICC は、それぞれ 0.81、0.85 と良好な信頼性が認められた。また、非利き脚における伸展筋力、および屈曲筋力の ICC は、それぞれ 0.85、および 0.76 と良好な信頼性であった。角速度 180deg/sec での利き脚における伸展筋力、および屈曲筋力の ICC は、それぞれ 0.75、0.80 と良好な信頼性が認められた。また、非利き脚の伸展筋力の ICC は 0.73、屈曲筋力は 0.77 であり、良好な信頼性が得られた。角速度 300deg/sec での利き脚における伸展筋力、および屈曲筋力の ICC は、それぞれ 0.80、0.75 と良好な信頼性が認められた。また、非利き脚の伸展筋力の ICC は 0.74、屈曲筋力は 0.80 と良好な信頼性が認められた。

Ⅳ. 考察

BIODEX は、優秀な検者内信頼性が得られるため、成年者を対象とした様々な研究および筋力測定に利用されている（古川ほか、2005；Gaston et al., 2007；池田ほか、2008；宮崎ほか、2010；Saeki and Hachisuka, 2009）。しかし、体格が未成熟の小学生を対象とした場合にも良好な検者内信頼性を得られるかどうかは明らかにされていない。長屋ほか（2010）は小学生を対象として BIODEX を用いた膝関節の等速性筋力を測定し、比較的信頼性は高いことを報告している。しかし、伸展と屈曲に分けてみると、角速度 60deg/sec、180deg/sec および 300deg/sec における伸展筋力の ICC が 0.48～0.76、屈曲筋力の ICC が 0.63～0.84 と、屈曲に比べて伸展の ICC が低かった。特に角速度 60deg/sec および 180 deg/sec における伸展筋力の ICC が 0.48 から 0.60 と、低い値を示している。この研究の測定方法は被験者と BIODEX の背もたれとの間に毛布を挟んで行うもので、被験者の固定感は決して高いものではなかったため、屈曲時に比べ、特に伸展時に腰の位置がずれてしまい ICC が低くなってしまったと考えられる。そこで、本研究では被験者と背もたれの間にシートを挟んで、体幹の両サイドも固定できるようにし、より固定感を高める方法

表 1 各角速度における基礎統計量および検者内信頼性の分析結果

角速度 (deg/sec)		1 回目測定		2 回目測定		ICC	
		最大トルク 体重比	SD	最大トルク 体重比	SD		
伸展	利き脚	60	208.29	31.70	207.12	43.50	0.81
		180	154.70	17.04	162.84	19.39	0.75
		300	128.67	14.11	135.13	17.12	0.80
	非利き脚	60	206.29	31.87	203.15	41.00	0.85
		180	159.48	19.72	168.21	20.34	0.73
		300	131.27	14.87	136.67	14.82	0.74
屈曲	利き脚	60	113.53	23.24	112.44	20.80	0.85
		180	98.35	16.58	98.26	14.22	0.80
		300	84.39	12.92	83.74	12.49	0.75
	非利き脚	60	113.10	20.67	103.21	17.23	0.76
		180	95.51	15.92	90.21	15.88	0.77
		300	77.29	11.44	76.58	14.40	0.80

※最大トルク体重比：最大トルク(Nm)／体重(kg)×100、SD：標準偏差

をとったところ良好な ICC が認められた（図3）。また、表1に示したように、本研究における膝伸展筋力の ICC は0.73～0.85、屈曲筋力の ICC は0.75～0.85であり、伸展も屈曲とほぼ同様の ICC が認められたことから、伸展時の体幹や腰のずれがなく、固定感が高い状態で本測定が行われたことが推察される。本研究では座面奥行き長さの調整が約50cmまでしかできないBIODEXを用いたためシートを挟む工夫を行ったが、さらに座面奥行き長さが短く調整できる他の等速性筋力測定機器を使用することで、本研究で行ったようなシートを挟む工夫は必要なく、信頼性の高い筋力測定が実施できるかもしれない。

また、本研究における全ての条件での膝筋力測定の ICC は0.73～0.85であった（表1）。先行研究（桑原、1993；Landis, 1977；Fleiss, 1986；Portney and Watkins, 1993）を参考にして本研究で定めた ICC の評価基準から判断して、本研究で得られた ICC は0.73以上であり、良好であると判断できる。つまり、等速性筋力測定機器BIODEXを用いた下肢の筋力測定は、成人だけでなく小学生を対象としても有効であることが示唆された。

さらに、利き脚および非利き脚別、そして角速度別に ICC を検討した。利き脚の ICC は0.75～0.85、非利き脚の ICC は0.74～0.84であり、特に ICC に差は認められず、どちらの脚でも良好な信

頼性で測定が実施できることが示唆された。また、角速度別にみると、角速度60deg/secでの測定における ICC は0.76～0.85、角速度180deg/secにおける ICC は0.73～0.80、角速度300deg/secにおける ICC は0.74～0.80であり、低、中、高速域の代表である角速度（佐々木ほか、1998）において良好な信頼性が得られた。成年を対象として、中速では筋持久力（片山ほか、2005）、高速ではよりスポーツ場面に近い筋収縮速度での検討（山本ほか、1992；金久、1992）が行われている。本研究の結果から、等速性筋力測定機器を用いた測定は、小学生の低速域における最大筋力の測定のみならず、中速域で測定される筋持久力や、高速域で測定される速い動きの中で発揮される最大筋力の測定にも有用であることが示唆された。

これまで小学生の筋についての研究は等尺性筋力について（船渡・福永、1993；倉田ほか、1985）、筋組成について（藤本・勝田、1993）検討されているが本研究の結果から、動的な等速性筋力についても今後検討していくべきであろう。さらに小学生の筋力のデータを収集していき、評価基準値の設定などを行っていく必要があると考える。また、ジュニアトップスポーツ選手における筋力の特性やトレーニング効果を検討していくことをはじめ、子どもの筋力に関する様々な研究に等速性筋力測定機器が利用されることが期待される。

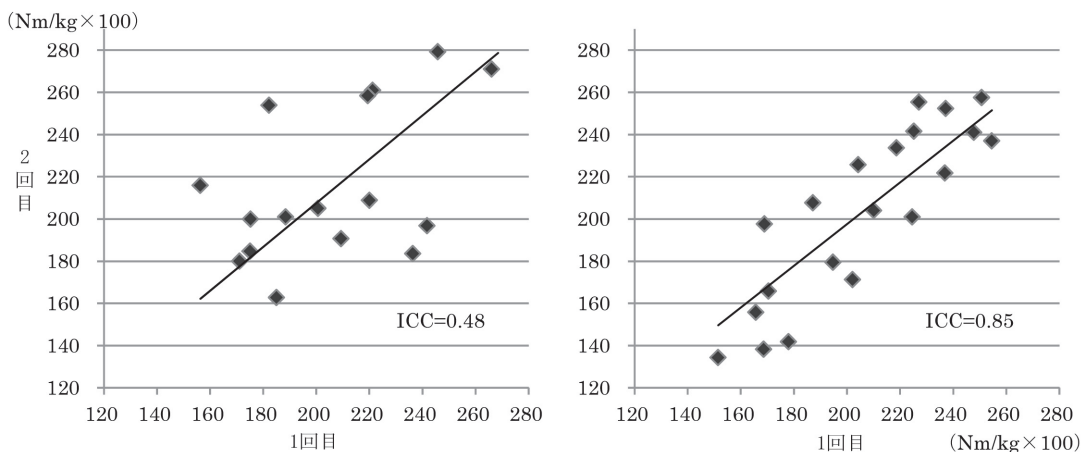


図3 毛布を挟んで測定を行った場合（左）とシートを挟んで測定を行った場合（右）の60deg/secにおける膝伸展筋力の信頼性

V. 結論

本研究は多用途筋機能評価運動装置 BIODEX system4 を用いて、小学生の男児 23 名（6 年生 12 名、5 年生 9 名および 4 年生 2 名）の膝伸展・屈曲筋力を測定し、検者内信頼性を検討することを目的とした。角速度は低、中、高速域の代表として 60、180、300deg/sec に設定し、測定回数はそれぞれ 5、10、15 回行った。検者内信頼性の検討には、2 試行間の最大トルク体重比を用いて級内相関係数 (ICC) を算出した。その結果、60、180、300deg/sec の全ての角速度において、伸展・屈曲筋力ともに良好な信頼性が認められた (ICC = 0.73~0.85)。本研究の結果から、BIODEX の固定装置に工夫を加えることで、小学生の膝伸展・屈曲筋力測定値の検者内信頼性を成人並みに高くできることが明らかになった。

文 献

- Bandy WD and McLaughlin S (1993) Intramachine and intermachine reliability for selected dynamic muscle performance tests. *J Orthop Sports Phys Ther*, 18 (5) : 609-613.
- Feiring DC, Ellenbecker TS and Derscheid GL (1990) Test-retest reliability of the biodex isokinetic dynamometer. *J Orthop Sports Phys Ther*, 11 (7) : 298-300.
- Fleiss JL (1986) *The Design and Analysis of Clinical Experiments*. John Wiley & Sons, pp. 1-32.
- 船渡和男, 福永哲夫 (1993) 子どもの筋力トレーニング. *体育の科学*, 43 (9) : 687-695.
- 古川裕之, 大久保吏司, 木田晃弘, 戒健吾, 中路教義, 藤田健司, 伊藤浩充, 石川齊 (2005) 反復性肩関節脱臼患者に対する高速域での肩関節等速性筋力測定的重要性について. *理学療法学*, 32 (2) : 77-82.
- 藤本浩一, 勝田茂 (1993) 子どものスポーツトレーニングと筋組成. *体育の科学*, 43 (9) : 710-718.
- Gaston Ariel Nishiwaki, Kosuke Tanaka and Yukio Urabe (2007) The effect of muscle strength on proprioceptive function after anterior cruciate ligament reconstruction of the knee. *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med*, 56 : 451-460.
- 池田瑞音, 宮永豊, 下條仁士, 白木仁, 水上正人, 吉田廣, 目崎登 (2008) 噛みしめが肘関節・膝関節の等速性伸展・屈曲筋力に及ぼす影響. *体育学研究*, 53 : 287-295.
- 角田直也, 須藤明治 (2009) *スポーツ測定評価学*. 文化書房博文社, pp. 83-94.
- 金久博昭 (1992) 健康維持の体力からトップ・アスリートの体力まで一筋力からみて一. *トレーニング科学*, 4 (1) : 31-37.
- 片山訓博, 大倉三洋, 中屋久長 (2005) 筋持久力の測定方法. *理学療法*, 22 (1) : 87-92.
- 倉田博, 小川芳徳, 内田ひろみ, 米本恭三, 原田邦彦, 増田充 (1985) 発育期における膝関節角度と筋力. *体力科学*, 34 : 33-37.
- 桑原洋一, 齊藤俊弘, 稲垣義明 (1993) 検者内および検者間の Reliability (再現性, 信頼性) の検討. *呼と循*, 41 (10) : 945-952.
- Landis JR and Koch GG (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics*, 33 : 159-174.
- 宮崎純弥, 新井武志, 兵頭甲子太郎 (2010) 等尺性筋力トレーニングが等速性筋力に及ぼす影響. *目白大学健康科学研究*, 3 : 1-5.
- 長屋和将, 春日晃章, 窪田泰三 (2010) 小学生の等速性膝伸展・屈曲筋力測定における信頼性の検討. *東海体育学会第58回大会研究発表抄録集* : 29.
- 中村好男 (1986) 体力の測定・評価法に関する基礎的考察. *東京大学教育学部紀要*, 26 : 295-304.
- Portney LG and Watkins MP (1993) *Foundations of clinical research-Applications to practice*. Appleton & Lange, USA, pp. 505-516.
- 佐々木誠, 山上弘義, 白鳥常男 (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.
- Satoru Saeki, Kenji Hachisuka (2009) Change in lower limb isokinetic muscle strength of polio survivors over 5-year follow-up. *The UOEH Association of Health Sciences*, 31 (2) : 131-142.
- 津山薫, 小林剛, 齊藤照夫, 清田寛, 中嶋寛之 (2007) サッカー選手の等速性筋力とMRIからみ

た下肢筋力特性—アーチェリー選手との比較から—, 体力科学, 56 (2) : 223-232.

浦辺幸夫, 小林寛和, 井戸田仁他 (1992) スポーツ・リハビリテーションにおける筋力増強訓練の効果. 第1回筋力評価研究会報告書, 34-43.

山本利春, 山本正嘉, 金久博昭 (1992) 陸上競技における一流および二流選手の下肢筋出力の比較—100m走・走幅跳・三段跳選手を対象として—. J. J. Sports Sci., 11 (1) : 72-7