

研究報告



ハンドヘルドダイナモメーターを用いた把持法・牽引法における 股関節伸展筋力測定 of 絶対信頼性*

宮崎雄樹¹⁾²⁾・宮津真寿美²⁾・木山喬博²⁾

【要 旨】

近年、ハンドヘルドダイナモメーター (HHD) のベルトの牽引力を計測する筋力測定の相対信頼性が報告されているが、絶対信頼性の検討は少ない。

そこで本研究では、異なる肢位にて HHD を用いた把持法と牽引法の2種類における股関節伸展筋力測定を行い、検者内の絶対信頼性を明らかにすることを目的とした。

被検者は健常学生男女20名、測定肢位は腹臥位、側臥位とし、HHDにて把持法と牽引法を行った。筋力測定は、5秒間の最大股関節伸展等尺性収縮を3回行い、その最大値を代表値とした。検者内信頼性の検討のため、1週間以上間隔を空けて同じ測定を行った。絶対信頼性の検討はBland-Altman分析を用い、測定値に対する最小可検変化量の割合 (MDC%) を求めた。

Bland-Altman分析では全ての条件で系統誤差は認められず、腹臥位牽引法でMDC%が最も低値を示した。腹臥位は側臥位に比べて肢位が安定するため筋力が大きくなり、把持法の場合は検者のHHDに対する押し付け加速度が混入し、測定誤差が大きくなる事が影響すると考えられた。

キーワード：絶対信頼性、股関節伸展筋力、HHD

はじめに

運動療法を行う上で、筋力の客観的評価は重要であり、臨床における筋力評価には徒手筋力検査法 (MMT) が最も一般的に用いられている。MMTは容易に短時間で検査できる利点があるが、MMTグレード4以上の判定には正確性、客観性が不足する等の欠点がある。そこで、トルク測定機器や筋力測定機器の使用が考えられるが、それらは大

型かつ高価であり、広く臨床応用されているとは言い難い。一方、ハンドヘルドダイナモメーター (HHD) は簡便な筋力測定機器として、臨床での筋力評価に用いられている。

理学療法士による股関節周囲筋の筋力測定は、臨床において頻繁に行われる。なかでも、股関節伸展筋は、起立動作、段差や階段の昇降、歩行中の正常姿勢保持、多くの機能的日常活動において重要である。股関節伸展筋のMMTでは、腹臥位が一般的な測定肢位であるが、術後早期や股関節、膝関節に障害を持つ高齢者は、腹臥位を取れない場合が多い。被検者にとって安楽な測定肢位かつ高い信頼性を示す股関節伸展筋力測定は、臨床において実用的と言える。

HHDによる筋力測定は、検者がHHDを手にとって測定する把持法が一般的である。把持法によるHHDでの筋力測定は、アスリートのような筋力の強い対象では信頼性が低く、HHDに取り付けたベルトの張力を計測する牽引法による筋力測定が推奨されている。Thorborgら¹⁾は、測定値が

* Absolute reliability of hip extensor strength assessment using a hand-held dynamometer with a belt

1) 一宮市立市民病院 リハビリテーション室
(〒491-8558 愛知県一宮市文京2-2-22)

Yuki Miyazaki, PT: Division of rehabilitation Ichimiya Municipal Hospital

2) 愛知医療学院短期大学 専攻科リハビリテーション科学専攻

Yuki Miyazaki, PT, Masumi Miyazu, PT, Takahiro Kiyama, PT: Department of Rehabilitation Science, Advanced course, Aichi Medical College for Physical and Occupational Therapy

E-mail: dal_nowitzki41@yahoo.co.jp

200 N を超えた場合、把持法では被検者の筋力が検者の力を上回る場合があるため、許容できる検者間信頼性を示すには、ダイナモメーターをベルトや機器で固定する必要があるかもしれないと述べている。また、報告されている HHD を用いた股関節伸展筋力測定の測定肢位は様々で、立位²⁾、背臥位^{3) 4)}、腹臥位^{1) 4-9)}、腹立位^{4) 5) 10)} などがある。このように、HHD を用いた股関節伸展筋力測定では、測定方法、測定肢位ともに様々で、統一されていないのが現状である。

根拠のある理学療法の確立を目的とし、近年、理学療法評価の信頼性を検討する報告が増えている。その信頼性の検討には大きく分けて相対信頼性と絶対信頼性がある。代表的な相対信頼性の指標に、級内相関係数 (ICC) がある。相対信頼性は、測定値が内包する誤差を偶然誤差に限定している点や、誤差の種類と量に関する情報を得ることができないという特徴がある¹¹⁾。

絶対信頼性の指標に Bland-Altman 分析がある^{11) 12)}。Bland-Altman 分析は、相対信頼性のような係数ではなく、測定方法と同じ単位で測定値に含まれる誤差の範囲を示すことができ、系統誤差の有無と種類を簡便な手順で統計学的に明らかにすることができる。Bland-Altman 分析によって系統誤差の有無を統計学的に判定し、認められなかった場合は偶然誤差の量を求める。偶然誤差の量を求める指標はいくつかあるが、最小可検変化量 (minimal detectable change: MDC) は、測定によって得られた 2 群間の変化量が測定誤差によるものであるという限界域を示したものである。この指標を用いて偶然誤差の量を求めれば、測定値に変化があったか、あるいは誤差の範囲内なのかを統計学的に判断できる。絶対信頼性の検討により、誤差の量や種類を明らかにすることで、より適切な測定方法の選択や誤差を減らすことが可能になる。

以上のことから本研究では、健常者を対象とし、腹臥位、側臥位の異なる肢位にて、HHD を用いた把持法と牽引法での股関節伸展筋力測定を行い、検者内の絶対信頼性を明らかにすることを目的とした。

対象

検者は臨床経験 1 年目の男性理学療法士 1 名 (身長 184.0 cm、体重 74.8 kg、年齢 22.0 歳) とした。被検者はインフォームドコンセントの得られた、股関節に整形外科的疾患の既往のない健常学生 20 名 20 脚 (男性 10 名、女性 10 名) とし、ボールを蹴る側を対象脚とした。被検者データは

身長 167.0 ± 9.0 cm、体重 59.0 ± 9.9 kg、年齢 20.7 ± 0.9 歳であった。なお、本研究は被検者全員から同意を得、愛知医療学院短期大学倫理委員会の承認を受けた (承認番号 第 14034 番)。

方法

1. 測定肢位 (図 1)

股関節伸展筋力測定には、HHD (徒手筋力計 mobie : SAKAlmed 製) を使用し、測定肢位は腹臥位、側臥位の 2 肢位とした。

腹臥位、側臥位はともに頸部・体幹中間位、股関節中間位、膝関節伸展 0 度とした。両肢位ともに、ベッド端は掴まずに被検者自身で骨盤回旋や体幹伸展、膝関節屈曲等の代償動作を防止するように、事前練習および測定前に口頭にて指導した。

腹臥位は両上肢をベッド上の体側に置き、側臥位は非測定肢を被検者の最も安定する位置で股関節・膝関節を屈曲させた。

2. 測定方法

HHD を用いた股関節伸展筋力測定は、牽引法、把持法の 2 種類を行った。HHD センサーやベルト下端が腓骨外果遠位端の位置になるよう統一し、測定の前に検者が下腿後面にマーキングした。

牽引法において、腹臥位 (図 1A) ではベルトの一端を床に設置した手すりを通し、床面に対して垂直に取り付けた。一方、側臥位 (図 1B) ではベルトの一端をベッド脇のポールに通し、床面に対して平行に取り付けた。

把持法では、検者が HHD を持ち、腹臥位 (図 1C) では床面に対して垂直方向、側臥位 (図 1D) では床面と平行方向に当てた。

股関節伸展筋力測定は、5 秒間の最大努力等尺性収縮を make テストにて行った。急激な収縮を避けるため、5 秒間のうち 3 秒までは徐々に収縮し、3 ~ 5 秒で最大努力等尺性収縮を持続するように、練習日から被検者に指導した。

各測定間には 1 分間の休息を設け、連続して 3 回施行し、その最大値を代表値とした。また条件変更間には 10 分間の休息を設けた。なお、本研究は検者の他に記録者を設け、記録者が測定値を記録し、測定中、検者には測定値を知らせなかった。

3. プロトコル

本研究では 3 日に分けて行い、1 日目は練習日、2 日目は測定 1 回目、3 日目は測定 2 回目と設定した。なお、測定 2 回目の肢位の順序は測定 1 回

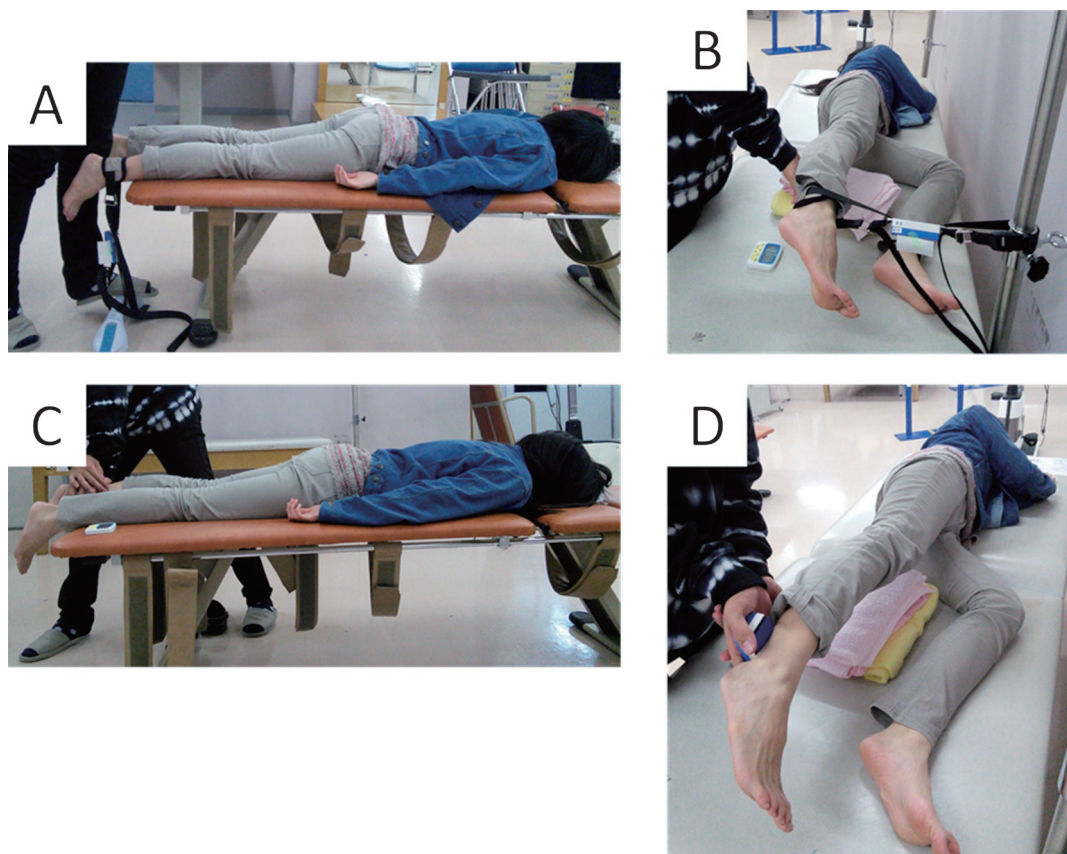


図1. 測定肢位

測定は、腹臥位牽引法 (A)、側臥位牽引法 (B)、腹臥位把持法 (C)、側臥位把持法 (D) の4条件とした。全条件で、股関節中間位、膝関節伸展0度とした。被検者自身で骨盤回旋や体幹伸展、膝関節屈曲の代償動作を防止した。

腹臥位 (A, C) は両上肢を体側に置き、側臥位 (B, D) は非測定肢を最も安定する位置で股・膝関節を屈曲させた。牽引法において、腹臥位 (A) は床に設置した手すりにベルトを通し、床面に対して垂直に取り付けた。一方、側臥位 (B) はベルトをベッド脇のポールに通し、床面に対して平行に取り付けた。把持法は、検者がHHDを持ち、腹臥位 (C) では床面に対して垂直方向、側臥位 (D) では平行方向に当てた。HHDセンサーやベルト下端の位置は腓骨外果下端の位置に統一した。

目の順序と同じになるように行い、各順序別に被検者を均等に分けた。検者内信頼性を検討するため、疲労による影響を考慮し1週間以上の間隔を空けた。

練習日には、測定方法に慣れるため、指導した5秒間の最大努力等尺性収縮を5～6回施行した。同時に、代償動作を防止するための安定した測定肢位を確認した。

測定日には、方法や肢位の確認のために、最大努力で3回練習した後、測定を開始した。これらの事前練習は腹臥位と側臥位、ならびに牽引法と把持法の変更時でそれぞれ行った。

4. 統計学的解析

データ解析には、検者内相対的信頼性の検討として、IBM SPSS Statistics Version21を用いた級内相関係数のうちICC (1,1)を使用した。

絶対的信頼性の検討としてBland-Altman分析を行った。まず2回の測定値の、差をy軸、平均をx軸とする散布図 (Bland-Altman plot) を作成した。次に2回の測定値間の加算誤差の有無を判断するため、2回の測定値の差の平均の95%信頼区間 (coefficient interval: CI) を求めた。同区間が0を含まない場合、計測された測定値の差が一定方向に分布しているとして、加算誤差が存在すると判定した。一方、比例誤差の有無を判断するため、対応する2群の測定値の差と平均との相関の有意性の検定を行った¹³⁾。相関の有意性の検定で有意な相関が認められた場合、比例誤差が存在すると判断した。

加算誤差も比例誤差も認められなかった場合、偶然誤差の量を求めるために、測定の標準誤差 (standard error of measurement: SEM)、最小可検変化量 (MDC) を算出した。本研究では複数の

SEM 算出方法¹³⁻²⁰⁾のうち、2つの測定値の差の標準偏差 (SD_d) による方法を使用し、 $SEM = SD_d \div \sqrt{2}$ で求めた。MDC は2群間の測定値に95%の確率で確実に変化があるかを判断できる最小値のことであり、95%信頼区間の z 値 (1.96) を用いて、 $MDC = SEM \times 1.96 \times \sqrt{2}$ で求めた^{1) 8) 21-23)}。SEM, MDC はともに、測定値に対する割合を算出するため、測定1・2回目の平均で除しSEM%, MDC%とした。

結果

2回の測定の平均値 (mean $\pm$ SD) は、腹臥位牽引法、腹臥位把持法、側臥位牽引法、側臥位把持法の順でそれぞれ、 156.3 ± 63.4 N, 142.1 ± 63.0 N, 83.1 ± 36.1 N, 88.2 ± 41.4 Nであった (表1)。

表1. 平均股関節伸展筋力測定値 (N)

	測定値 ($\pm$ SD)
腹臥位 牽引法	156.3 ($\pm$ 63.4)
腹臥位 把持法	142.1 ($\pm$ 63.0)
側臥位 牽引法	83.1 ($\pm$ 36.1)
側臥位 把持法	88.2 ($\pm$ 41.4)

SD: standard deviation

検者内 Bland-Altman 分析 (図2, 表2) について、腹臥位牽引法、腹臥位把持法、側臥位牽引法、側臥位把持法それぞれで加算誤差、比例誤差は認められなかった。検者内相対信頼性を示す ICC (95% 信頼区間) は、0.95 (0.88 ~ 0.98), 0.90 (0.76 ~ 0.96), 0.90 (0.77 ~ 0.96), 0.92 (0.81 ~ 0.97) であった。SEM はそれぞれ、14.5N, 20.3N, 11.5N, 12.5N であり、SEM% は、9.3%, 14.3%, 13.9%, 14.1% であった。MDC は、40.1N, 56.4N, 31.9N, 34.6N であり、MDC% は、25.7%, 39.7%, 38.4%, 39.2% であった (表3)。

考察

今回の結果から、腹臥位牽引法・把持法、側臥位牽引法・把持法それぞれの検者内分析にて、測定に系統誤差が認められなかった。測定値に対する偶然誤差の割合を示す SEM% と MDC% は、腹臥位牽引法が最も小さく、絶対信頼性が高いことが分かった。

腹臥位牽引法が4条件の中で絶対信頼性が高い

発揮筋力は腹臥位牽引法で 156.3 ± 63.4 N, 腹臥位把持法で 142.1 ± 63.0 N, 側臥位牽引法で 83.1 ± 36.1 N, 側臥位把持法で 88.2 ± 41.4 N とな

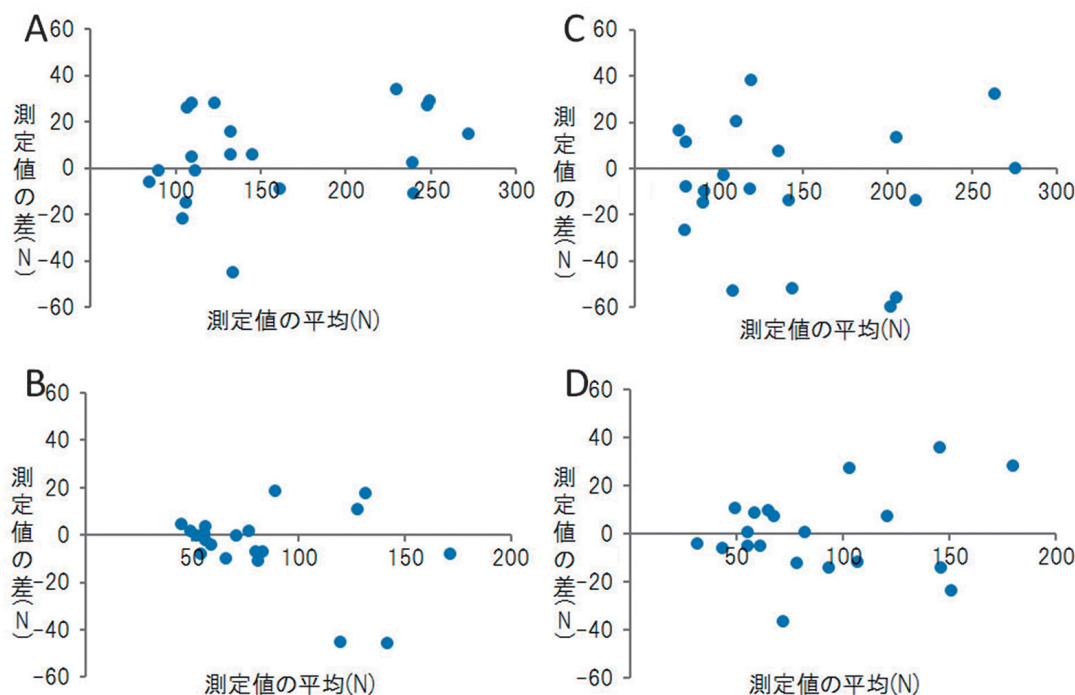


図2. Bland-Altman plot

腹臥位牽引法 (A), 側臥位牽引法 (B), 腹臥位把持法 (C), 側臥位把持法 (D) を示す。縦軸は測定1回目と2回目の差 (N), 横軸は測定1回目と2回目の平均値 (N) を示す。どの条件も、統計学的に系統誤差はなかった。

表 2. 検者内 Bland-Altman 分析

	加算誤差		比例誤差		
	CI 95%	有無	相関係数	相関の有意性検定	有無
腹臥位 牽引法	-3.77 ~ 15.32	無	0.316	1.49	無
腹臥位 把持法	-22.27 ~ 4.57	無	-0.035	-0.15	無
側臥位 牽引法	-11.91 ~ 3.28	無	-0.304	-1.42	無
側臥位 把持法	-7.78 ~ 8.67	無	0.228	1.02	無

CI : confidence interval

表 3. 検者内信頼性

	加算誤差	比例誤差			
	ICC (IC 95%)	SEM (N)	SEM%	MDC (N)	MDC%
腹臥位 牽引法	0.95 (0.88 ~ 0.98)	14.5	9.3	40.1	25.7
腹臥位 把持法	0.90 (0.76 ~ 0.96)	20.3	14.3	56.4	39.7
側臥位 牽引法	0.90 (0.77 ~ 0.96)	11.5	13.9	31.9	38.4
側臥位 把持法	0.92 (0.81 ~ 0.97)	12.5	14.1	34.6	39.2

ICC: intraclass correlation coefficients, CI: confidence interval, SEM: standard error of measurement,

MDC: minimal detectable change

り (表 1), 側臥位に比べて腹臥位の方が大きかった。本研究では, 測定時に被検者自身で代償動作を防止するよう指導した。設定した腹臥位は, 側臥位よりも支持基底面が広く安定した肢位であった一方, 側臥位は肢位が不安定な中, 股関節伸展筋力を発揮するという二重課題の状態となり, 発揮筋力が小さくなった。

腹臥位での牽引法の SEM%, MDC% は把持法よりも低く, 側臥位では両法に大差はなかった (表 3)。Wikholm ら²⁴⁾ は, 筋力の大きさは筋力測定の信頼性や妥当性に影響し, 測定値が 120N を超えると把持法による検者間信頼性は著しく減少すると述べている。本研究の腹臥位のように発揮筋力が大きい場合は, 把持法よりも牽引法での筋力測定の方が高い信頼性を示しやすく推奨される。側臥位では発揮筋力が小さく, 両測定方法の絶対信頼性に大差がなかったと考えられた。

先行研究と比較して, ICC 値はほぼ同等だが, MDC% は高値である

相対信頼性の検討において, Rosner²⁵⁾ の分類は, excellent reliability = ICC $\geq$ 0.75, fair to good reliability = 0.40 < ICC < 0.75, poor reliability = ICC < 0.40 とし, Rosner 分類を用いて 95% 信頼区間の下限値を評価すると, より厳しく信頼性を評価できる⁴⁾。本研究では, ICC (1,1) は全ての測定肢位で 0.90 以上を示し, 95% 信頼区間の下限値は全ての測定肢位で 0.75 以上を示したため, 本研究は高い相対信頼性を示したと言える。Thorborg ら¹⁾

は本研究の腹臥位牽引法とほぼ同様の方法で, 10 分後に再測定した検者間信頼性において, ICC 値は本研究結果とほぼ同じ値となり, 高い相対信頼性を示したが, Thorborg ら¹⁾ の MDC% は 14.0% を示し, 本研究の腹臥位牽引法の MDC% 25.7% と比較すると大差があり, 偶然誤差の量は異なった。これは, Thorborg ら¹⁾ の研究では 2 名の検者がベルトの位置を変えずに再測定したのに対し, 本研究では 1 週間以上間隔を空けて再測定した検者内信頼性を評価したため, 先行研究に比べ信頼性が低くなったと考えられた。

本研究の絶対信頼性が他の報告より低かった理由として, 検者や被検者に要因があると考えられる。Thorborg ら¹⁾ の報告での被検者は, 週 5 時間以上トレーニングに参加しているアスリートであり, 運動機会が多く筋力発揮に慣れているため, 最大努力筋力測定の再現性が高くなった可能性がある。さらに Thorborg ら²²⁾ は, HHD の使用経験がある理学療法士 1 名を検者とし, 股関節伸展筋力を腹臥位把持法にて測定した結果, SEM% は 7.7% を示した。本研究では, 臨床経験 1 年目, HHD の使用経験がない理学療法士を検者とし, 腹臥位把持法で SEM% は 14.3% (表 3) となり, 先行研究よりも高値を示した。

以上のことから, 被検者の身体的個体差や運動習慣の違い, あるいは検者の臨床経験や測定機器の使用経験の違いが, 偶然誤差を引き起こす要因となり, 筋力測定の再現性に影響することが考えられた。このように, 誤差の種類や量を明らかに

することで、測定の実証信頼性を高める検討が出来るようになる。

把持法と牽引法の実証信頼性

HHD は把持法が一般的に用いられているが、検者と被検者が互いの発揮筋力の大きさを予測出来ない場合、検者の押し付け加速度が発生して測定誤差が大きくなることが考えられた。性別や上肢の力の異なる検者による、HHD を用いた把持法での股関節筋力評価では、力の異なる3名の検者(男性1名、女性2名)にてHHDを用いた把持法での股関節伸展、外転、外旋筋力評価の実証信頼性では、検者の性別による影響はなく、性別よりも検者の力や測定方法が結果に影響を与える²⁷⁾としている。これらは検者側の偏見や先入観、あるいは被検者側の遠慮・気遣い等が影響していることが考えられ、筋力測定の実証信頼性を評価する際には、如何に検者および被検者側のバイアスの混入を小さくするかを検討すべきと言える。

牽引法は発揮筋力の強い被検者の場合でも、力の弱い検者であっても測定が可能であり、実証信頼性が高くなることが予測された。本研究では、筋力が強い腹臥位の場合は、牽引法の方が把持法より高い実証信頼性を示したが、筋力が弱い側臥位の場合は、両法の実証信頼性に大差はなかった。牽引法の欠点として、肢位によってはベルトと運動方向を一致させる設定が困難な場合が考えられ、牽引法は一般的に把持法と比べて使用する条件が限定される。

以上のことから、HHD を用いた筋力測定に際して、把持法または牽引法の実証信頼性や測定に混入する危険のある誤差等を理解した上で、測定方法を決定することが重要と考える。

本研究でのHHDセンサーを当てる面や角度、繰り返し測定する場合のランドマークの取り方など、測定方法の設定に課題があると考えられた。HHDセンサーを当てた腓骨外果遠位端の位置のアキレス腱部は、直径と曲率半径が小さいため接触面が狭く不安定であり、かつセンサーの角度と力の方向が垂直ではなかった可能性がある。ランドマークの取り方を含めて、さらに考慮、工夫すべきである。

本研究ではHHDセンサーを腓骨外果遠位端の位置のアキレス腱部に当て、膝関節をまたいだ長いレバーアームで股関節伸展筋力を測定した。Thorborg ら²²⁾は、把持法では、長いレバーアームより短いレバーアームの方が絶対実証信頼性は低く、それは被検者の等尺性伸展力が検者の力を大いに

超え、測定が困難であるためだと述べている。よって、レバーアームを長くすることで、検者の押し付け力が被検者より小さくなり、測定誤差を抑えられたと考えられた。しかし、膝関節をまたぎ、かつ膝関節を伸展させながら股関節伸展筋力を発揮しなければならず、同一の運動面ではあるが運動方向が逆となり、被検者は股関節伸展筋力を発揮しにくかった可能性がある。Krause ら²⁷⁾は、長いレバーアームは被検者に対して、肢位を安定させるためにより大きな股関節筋力を必要とすると述べている。そのため、発揮筋力の弱い被検者の場合は、短いレバーアームでの筋力測定を検討するべきかもしれない。

本研究では検者を1名とし、検者内実証信頼性の検討のみを行った。Thorborg ら²²⁾は、HHD を用いた同一検者による股関節筋力は信頼できると述べている。ただ、検者内実証信頼性のみの検討では、評価指標としては不十分である。今後は検者間実証信頼性の検討をすべきである。

結論

HHD を用いた筋力測定に際し、腹臥位のような肢位が安定し発揮筋力が大きい場合は、把持法では検者の押し付け加速度が生じ、測定誤差が大きくなるため、実証信頼性が高い牽引法の使用が推奨できる。一方、側臥位のような肢位が不安定で発揮筋力の弱い場合は、把持法と牽引法の実証信頼性に大きな差異はない。

このように、HHD を用いた筋力測定を行う場合は、測定肢位や把持法または牽引法等の測定方法の実証信頼性、測定に混入する危険のある誤差等を理解した上で、理学療法評価や研究に用いる測定方法を検討することが非常に重要となる。

【文 献】

- 1) Thorborg K, Bandholm T, et al: Hip- and knee strength assessments using a hand-held dynamometer with external belt-fixation are inter-tester reliable. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2013; 21 (3) : 550-555.
- 2) Roger O, Kollock Jr, et al: The reliability of portable fixed dynamometry during hip and knee strength assessments. *J Athl Train*. 2010; 45 (4) : 349-356.
- 3) Hebert LJ, Maltais DB, et al: Isometric muscle strength in youth assessed by hand-held dynamometry: A feasibility, reliability, and validity study. *Pediatr Phys Ther*. 2011; 23 (3) : 289-299.

- 4) Dyball KM, Taylor NF, et al: Retest reliability of measuring hip extensor muscle strength in different testing positions in young people with cerebral palsy. *BMC Pediatr.* 2011; 11 (1) : 42-49.
- 5) Lue YJ, Hsieh CL, et al: Influence of testing position on the reliability of hip extensor strength measured by a handheld dynamometer. *Kaohsiung J Med Sci.* 2009; 25 (3) : 126-132.
- 6) Scott DA, Bond EQ, et al: The intra-and interrater reliability of hip muscle strength assessments using a handheld versus a portable dynamometer anchoring station. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85 (4) : 598-603.
- 7) Taylor NF, Dodd KJ, et al: Test-retest reliability of hand-held dynamometric strength testing in young people with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85 (1) : 77-80.
- 8) Kelln BM, McKeon PO, et al: Hand-held dynamometry: reliability of lower extremity muscle testing in healthy, physically active, young adults. *J Sport Rehabil.* 2008; 17: 160-170.
- 9) van der Linden ML, Aitchison AM, et al: Test-Retest repeatability of gluteus maximus strength testing using a fixed digital dynamometer in children with cerebral palsy. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004; 85 (12) : 2058-2063.
- 10) Lu YM, Lin JH, et al: The relative and absolute reliability of leg muscle strength testing by a handheld dynamometer. *J Strength Cond Res.* 2011; 25 (4) : 1065-1071.
- 11) 下井俊典 : 評価の絶対信頼性. *理学療法科学.* 2011; 26 (3) : 51-461.
- 12) Bland JM, Altman DG: Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. *Lancet.* 1986; 1 (8476) : 307-310.
- 13) Ludbrook J: Statistical techniques for comparing measurers methods of measurement: a critical review. *Clin Exp Pharmacol Physiol.* 2002; 29: 527-536.
- 14) Wagner JM, Rhodes JA, et al: Reproducibility and minimal detectable change of three-dementional kinematic analysis of reaching tasks in people with hemiparesis after stroke. *Phys Ther.* 2008; 88 (5) : 652-663.
- 15) Stratford PW, Goldsmith CH: Use of the standard error as a reliability index of interest: an applied example using elbow flexor strength data. *Phys Ther.* 1997; 77 (7) : 745-750.
- 16) Stevenson TJ: Detecting change in patients with stroke using the Berg Balance Scale. *Aust J Physiother.* 2001; 47: 29-38.
- 17) Cella D, Eton DT, et al: Combining anchor and distribution-based methods to device minimal clinically important differences on the functional assessment of cancer therapy (FACT) anemia and fatigue scales. *J Pain Symptom Manage.* 2002; 24 (6) : 547-561.
- 18) Haley SM, Fragala-Pinkham MA: Interpreting change scores of tests and measures used in physical therapy. *Phys Ther.* 2006; 86 (5) : 735-743.
- 19) Fulk GD, Echternach JL: Test-retest reliability and minimal detectable change of gait speed in individuals undergoing rehabilitation after stroke. *J Neurol Phys Ther.* 2008; 32 (1) : 8-13.
- 20) Steffen T, Seney M: Test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation tests, the 36-item short-form health survey, and the unified Parkinson disease rating scale in people with Parkinsonism. *Phys Ther.* 2008; 88 (6) : 733-746.
- 21) Faber MJ, Bosscher RJ, et al: Clinical properties of the performance-oriented mobility assessment. *Phys Ther.* 2006; 86 (7) : 944-954.
- 22) Thorborg K, Petersen J, et al: Clinical assessment of hip strength using a hand-held dynamometer is reliable. *Scand J Med Sci Sports.* 2010; 20: 493-501.
- 23) Weir JP: Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. *J Strength Cond Res.* 2005; 19 (1) : 231-240.
- 24) Wikholm JB, Bohannon RW: Hand-held dynamometer measurements: tester strength makes a difference. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1991; 13: 191-198.
- 25) Rosner B: *Fundamentals of Biostatistics.* Duxbury Press, Pacific Grove, CA, 2000, pp 677-741.
- 26) Stratford PW, Balsor BE: A comparison of make and break tests using a hand-held dynamometer and the Kin-Com. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994 ; 19 (1) : 28-32.
- 27) Krause DA, Neuger MD, et al: Effects of examiner strength on reliability of hip strength testing using a hand-held dynamometer. *J Sport Rehabil.* 2014; 23: 56-64.