

国際医療福祉大学審査学位論文（博士）

大学院医療福祉学研究科博士課程

## 簡易型上肢筋力測定法の開発に関する研究

-ハンドヘルドダイナモメーターによる筋力測定法の再現性と妥当性-

平成 26 年度

保健医療学専攻・基礎理学療法学分野・基礎理学療法学領域

学籍番号：12S3026 氏名：五味雅大

研究指導教員：丸山仁司 教授

簡易型上肢筋力測定法の開発に関する研究  
ーハンドヘルドダイナモメーターによる筋力測定法の再現性と妥当性ー

五味雅大

**【要旨】**

〔目的〕上肢の徒手筋力測定における段階 4 以上について、定量的測定値を得るためにハンドヘルドダイナモメーター（HHD）を徒手で用いる従来の方法の再現性の問題に対して、HHD をベルトで固定した方法を考案し、再現性と妥当性を検討した。〔対象〕若年健常成人 20 名であった。〔方法〕HHD を徒手で固定する従来の方法とベルトで固定する方法、および等速性筋力測定機器による上肢筋力測定(肩屈曲・伸展・外転・内旋・外旋，肘屈曲・伸展)を行い、測定値を比較した。〔結果〕HHD をベルトで固定した方法における検者 2 名間の級内相関係数は 0.76 ～ 0.93，検者内の 2 回の級内相関係数は 0.75 ～ 0.96，等速性筋力測定機器とのピアソンの相関係数は 0.63 ～ 0.90 であり、従来の方法より良好であった。〔結論〕考案した HHD をベルトで固定した上肢筋力測定方法は臨床使用が可能な再現性，妥当性を有すると考えられた。

**【キーワード】** 上肢筋力，ハンドヘルドダイナモメーター，ベルト固定

Research on the development of a simple type muscle strength measurement method of upper limb

- Reliability and validity of muscle strength measurement method using a hand-held dynamometer -

Masahiro GOMI

**【Abstract】**

[Purpose] The purpose of this study was to examine the reliability and validity of the method was fixed with a belt in the upper limb muscle strength measured with a hand-held dynamometer.

[Subjects] The subjects were 20 young healthy adults.[Methods] Measurement methods were the conventional method of fixing the HHD on manipulative, the method of fixing the HHD with a belt, and a method using the isokinetic muscle strength measurement device.[Results] In the

method of fixing the HHD with a belt, the intraclass correlation coefficient of two examiners was 0.76 to 0.93, the intraclass correlation coefficient of two measurements in the examiner 0.75 to 0.96, and the Pearson correlation coefficient between the isokinetic muscle strength measuring device was 0.63 to 0.90, there were better than the conventional method. [Conclusion] Upper limb muscle strength measurement method to fix the HHD with a belt has high reliability and validity.

**【key words】** the upper limb muscle strength, Hand-Held Dynamometer, fixing-belt

## 【目次】

はじめに	4
研究1: ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる上肢筋力測定における 検者間再現性	
目的	7
対象と方法	7
倫理上の配慮	13
結果	13
考察	23
研究2: ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる上肢筋力測定における 検者内再現性	
目的	26
対象と方法	26
倫理上の配慮	29
結果	29
考察	36
研究3: ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる上肢筋力測定における 妥当性	
目的	39
対象と方法	39
倫理上の配慮	45
結果	45
考察	52
総括	55
謝辞	57
引用文献	57

## 【はじめに】

徒手筋力検査(以下, MMT)は, 特別な機器を使用しないで実施することができ, 筋力測定方法のひとつとして用いられる. そして Daniels と Worthingham による方法が広く用いられている. しかし, MMT の特徴である徒手抵抗による判定は, 検査者の主観によるため測定誤差が生じやすいことが指摘されている. 中山<sup>1)</sup>は, 4名の理学療法士による4症例のMMTを行った結果, Fair以上の段階ではどうしても与える抵抗の量にバラツキがあるため誤差を認めざるを得ず, しかも, +, -の基準が明確でなければ, かえって誤差を大きくする因子となること, および, テスト肢位が適応できない際の段階づけの困難性を報告している. Van der Ploeg と Oosterhuis<sup>2)</sup>は, MMT と HHD により上腕二頭筋の筋力を計測した結果, MMT のグレード5はHHDの250N以上であったが, グレード3は最大筋力の約2%の筋力に相当する3~5Nであり, グレード4は5~250Nと広い範囲であったことを報告している. また, 測定の際には, 米本ら<sup>3)</sup>は, 被験者の年齢, 性別, 職業を, 米本ら<sup>4)</sup>は体格, 生活様式などを考慮する必要があるとしており, そのために検査者の主観による影響を強めていると考えられ, 検査者の経験と熟練を要すると考えられる. しかし, そもそも年齢, 性別, 職業, 体格, 生活様式ごとに段階5が異なることは, 被験者間の比較ができない, 動作などのパフォーマンスとの関連付けができないことを招く. また, それ以前に, それら判定に際して考慮すべき要因別の標準的な定量化された値(抵抗量)も確立されていないために, 想定した抵抗量についての妥当性も論じられない. 下肢の大きな筋については, 検査者が徒手で加えることができる抵抗量を上回る筋力を発揮することも予想されるが, 徒手抵抗量の限界に関する問題は下肢筋力測定に限定されず, 上肢筋力測定にも当てはまる. 対麻痺者やスポーツ選手では, 非常に高い上肢筋力が求められるが, 下肢同様に検査者の徒手抵抗量を超える測定となる可能性もある.

MMTにより生じるそれらの欠点を補うために筋力測定機器の使用が考えられるが, 大型で高価な機器である場合には, その使用が特別な環境に限定されるため, 広く臨床に普及するには限界があると考えられる. HHDは, 小型で軽量な定量的筋力測定機器である. HHDを用いた測定は簡便に定量的測定値が得られる方法であるが, やはり臨床において広く普及するには至っていないと推察される. 等速性筋力測定機器より遥かに安価で, 測定方法も簡便であるHHDによる筋力測定が普及していない背景には, その測定値の再現性と妥当性, とくに検査者の再現性についての見解が一致するに至っていないことが関与している可能性があると考えられる. HHDによる筋力測定では, センサーを検査者が手で把持して, 被験者が行う運動を抑止することにより, 筋力値が得られる. したがって, 検査者に可能な抑止力(被験者の運動を抑止する固定力)の大小によって, 検査者間再現性が影響を受けることが予想される. HHDによる測定値の検査者間再現性が諸家<sup>5-13)</sup>により報告されている. これらを総合的に検討すると, 上肢よりも下肢の方が, 高齢者や障害を有する対象者よりも若い健常者の方が検査者間再現性は低くなり, その背景には下肢, 若年者, 健常者の方が筋力水準は高いことが影響していると考えられる.

HHD による測定値と等速性筋力測定器による測定値の比較による HHD による測定値の再現性と妥当性の検討が諸家により報告されている。Sullivan ら<sup>14)</sup> は平均年齢 23 歳の健常男性 14 名を対象として、HHD と等速性筋力測定装置による等尺性肩関節外旋筋力を 1 週後に日をあらためて 2 度測定し、測定の再現性と妥当性を検討した。得られた平均値は 47 ～ 49 Nm であり、1 週後の値とのピアソンの相関係数は HHD で 0.986、等速性筋力測定装置で 0.993 と良好であった。HHD と等速性筋力測定装置との比較では、ピアソンの相関係数は 1 日目が 0.519、2 日目が 0.780 であり、1 日目においては有意な相関を認めなかった。Reed ら<sup>15)</sup> は平均年齢 70.3 歳の男女高齢者計 32 名を対象として、HHD と等速性筋力測定装置による肘関節屈曲、伸展、および膝関節屈曲、伸展筋力を測定し比較を行った。その結果、HHD による測定値は 35 kg 未満であり、HHD と等速性筋力測定装置 (60° /sec) による値によるピアソンの相関係数は肘関節屈曲で 0.84、肘関節伸展で 0.85、膝関節屈曲で 0.77、膝関節伸展で 0.74 であった。これらより、筋力水準が低いと考えられる対象者や測定運動項目の場合には、日をあらためて測定した検者内再現性は高いが、妥当性は低下する可能性が示唆された。

HHD における再現性の問題への対策について、若年健常者を対象とした HHD を用いた下肢筋力測定の検者間再現性の検討において、センサーを検者が徒手で把持した測定方法と、センサーをベルトで固定した測定方法による比較について Katoh ら<sup>16)</sup> は報告している。その中で、膝伸展筋力測定における男女各 1 名の検者間再現性は、級内相関係数 (1,1) の係数が徒手固定の方法で 0.04、ベルト固定の方法で 0.98 であり、明らかに徒手固定の再現性は低く、同一検者における徒手固定とベルト固定の測定値の相関係数 (ピアソンの相関係数) は、男性検者が 0.61、女性検者が 0.31 であり、運動を抑止してセンサーを固定する力が弱いと考えられる女性検者においてより両測定方法間の係数が低い結果であった。また、Katoh<sup>17)</sup> らは HHD を用い若年健常者を対象とした下肢筋力測定において、ベルト固定の方法では、同一日内、および日をあらためた検者内再現性<sup>18)</sup>、および妥当性<sup>19)</sup> が高いことを報告した。さらに、健常高齢者<sup>20)</sup>、片麻痺患者<sup>21)</sup>、大腿骨頸部骨折術後患者<sup>22)</sup> においても、膝伸展筋力の検者内再現性は高いことを報告した。

Katoh<sup>16)</sup> らによる下肢筋力測定の報告において、筋力が比較的低い (30 kgf に満たない) 股関節内旋、外旋などにおいても、ベルトを用いた HHD による測定の方が、高い再現性を有していた。よって、下肢に比べると筋力が低い測定が多いと思われる上肢筋力測定においても、HHD を徒手で固定するよりもベルトで固定する方が再現性も高い可能性がある。

HHD における再現性の問題は、測定された筋力データを多施設間で比較する上での障害となる可能性が高く、臨床データを全国に普及するためには安定した再現性を得ることが必要不可欠である。

しかし、ベルトを用いた HHD による筋力測定について、上肢の筋力測定方法は確立されていない。脊髄損傷による対麻痺者が下肢の筋力の代償として上肢筋力を用いて移乗などの身体移動を行う際には通常よりも高い上肢筋力が要求される。そのトレーニングにおけ

る経過を MMT で評価した場合、問題は 4 以降であり、4 (改善した) , あるいは 5 に達してからのさらなる増強という結果が予想される。4 (改善した) という結果では理学療法目標としての移乗動作に必要な筋力に対して、現在の筋力がいくつなのか、トレーニングによりどれだけ上がったのか、目標までどれくらいなのか、などの患者と理学療法士の双方にとって重要な情報が不足している。当然、それらの値が定量的な数値で表されていることが望まれ、それを可能とする測定方法が求められる。また、最近ではスポーツ分野、あるいはフィットネス分野において、筋力トレーニングが求められ、その際には当然のことのように定量的な値が要求され、それらの値は MMT の段階では 5 となることが予想される。したがって、広く筋力を用いていくためには、上肢の定量的筋力測定方法の確立が望まれる。

そこで、本研究の目的は、HHD の徒手固定(手で把持しての測定)による問題を明らかにするとともに、薄型のセンサーを持つ HHD にベルトを装着し、固定性に配慮した上肢筋力測定方法を考案し、その再現性と妥当性を検討することである。研究は 3 段階に分けて進め、研究 1, 2 においてにおいて考案した上肢筋力測定方法である HHD にベルトを装着して固定性に配慮した上肢筋力測定方法における test-retest による検者間再現性、検者内再現性を検討し、研究 3 において考案した方法と設置型筋力測定装置による測定値との妥当性を検討した。

## 研究1 ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる上肢筋力測定における検者間再現性 —徒手使用と固定用ベルト使用との比較—

### I. 目的

徒手筋力検査法(以下, MMT)の欠点を補う一手段にハンドヘルドダイナモメーター(以下, HHD)の使用がある。HHDによる筋力測定における検者間再現性を検討した先行研究では一致した見解を得ていないが, 被験者の筋力水準が高い場合や検者によるHHDの固定性が低い場合には検者間再現性が低くなることが報告されている。HHDによる筋力測定における検者間再現性の問題は測定結果の解釈や比較に影響を与えると考えられる。

本研究の目的は, 薄型のセンサーを持つHHDにベルトを装着して使用することにより固定性に配慮した上肢筋力測定方法(肩関節屈曲, 肩関節伸展, 肩関節外転, 肩関節内旋, 肩関節外旋, 肘関節屈曲, 肘関節伸展)を考案し, 上肢の主な関節運動における筋力測定の検者間再現性について, 従来からの徒手による固定で得られた値と比較することである。

### II. 対象と方法

対象は若年健常者20名(男10名, 女10名), 年齢 $21.1 \pm 0.6$ 歳(平均値 $\pm$ 標準偏差), 身長 $167.0 \pm 8.0$ cm, 体重 $60.8 \pm 11.3$ kgの利き手である右上肢である。上肢の各関節に整形外科的疾患や関節痛を有する肢はなかった。上肢筋力測定は, 肩関節屈曲・伸展・外転・外旋・内旋, 肘関節屈曲・伸展の7種(以下, 測定項目)である。

考案したベルト使用による影響を検討するために, ①従来からのHHDを検者が徒手で把持して直接測定部位に当てた状態での徒手固定による等尺性筋力測定(以下, ベルト不使用下の測定)と, ②考案したHHDを測定部位に面ファスナーにて固定し, さらにベルトを用いてベッド脚などと連結して固定した状態での等尺性筋力測定(以下, ベルト使用下の測定)を行った。

ベルト不使用下の測定は, HHDのセンサーを検者の手掌に面ファスナーで固定した状態で, make testの要領(被験者は測定肢を指定された運動方向へ動かすように力を入れるが, 検者が動かないように徒手で固定する)にて行い, 検者による固定が困難となり明らかな動きが認められた場合には, その時点で終了とした。ベルト使用下の測定では, 運動方向に対してベルトがほぼ垂直になるように固定した(詳細は各測定項目参照)。

HHDはアニマ社製等尺性筋力測定器  $\mu$ Tas F-1 を使用した。HHDの金属製のセンサー部分は, ゴム製のセンサーパッドで表面を覆うようにできており, 測定部位にはセンサーパッドを当てて測定を行う。また, センサーには面ファスナーを装着でき, ベルト使用下での測定では測定部位に, ベルト不使用下での測定では検者の手掌にセンサーを固定するために用いる, 固定用ベルトには長さが調節できるようなバックルがついており, さらに, センサーを固定するために用いるプレートが取り付けられている(図1-1)。なお, 機器の測定範囲は0.0 ~ 100.0 kgf, 精度は0.1 kgfまで確認されている。今回使用した  $\mu$ Tas F-1 の特



徴は、受圧部と受感部を一体化していること、および受感部が点でなく面であることであり、いわば小型のフォースプレートといえる。また、ベルトは幅 4 cm、長さ 1.5 m であり、破断強度は 400 kgf であるがバックルとの締結強度は 1/2 ~ 1/3 とされている。測定に際してはいずれも、3 秒程度で定常状態となる約 5 秒間の最大努力による等尺性運動を 30 秒以上の間隔をあけて 2 回行い、その最大値を採用した。なお、ベルト使用下、不使用下の測定の順はランダムであり、また、測定の再現性を検討するため、3 日間の間隔をあけて 2 日目の測定を行った。

検者間の再現性を検討するために、検者は明らかに体格の異なる男性 1 名（以下、検者 A）、および女性 1 名（以下、検者 B）にて同様の測定を行った。検者 A は男性理学療法士（身長 173 cm、体重 70 kg）、検者 B は理学療法学科に所属する女性の学生（身長 154 cm、48 kg）であった。異なる検者の測定間には 1 時間以上の休息を設け、また、ベルト使用、不使用の 2 条件の測定は日を改めて行った。ベルト使用、不使用の順はランダムとし、2 名の検者は本研究に先立って、測定方法に習熟するための練習を行った。

統計処理は SPSS Ver.15.0 J for Windows を使用し、検者間再現性について級内相関係数（以下、ICC）、ピアソンの相関係数を用いて、また、測定方法間の相関についてピアソンの相関係数を用いて危険率 5%未満をもって有意と判断した。



図 1-1. 使用したハンドヘルドダイナモメーターと固定用ベルト

#### 測定項目① 肩関節屈曲筋力測定

被験者は訓練台（ベッド）上で背臥位となり、測定する側の上腕遠位部の直下にベッド脚が位置するように体の位置を調整した。被験者は両上肢を体側に置き、肩関節屈曲 0 度・外転 0 度、肘関節軽度屈曲位、前腕回内位とした。下肢においては、両股関節、膝関節ともに伸展位とした。HHD のセンサーは、上腕遠位部の前面に当て、センサーの下端は上腕骨外側上顆稜の高さとした。ベルト不使用下の測定では、検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した（図 1-2 左）。ベルト使用下の測定においては、センサーを当てた測定肢とベッド脚をベルトで連結して固定した（図 1-2 右）。



(ベルト不使用時)

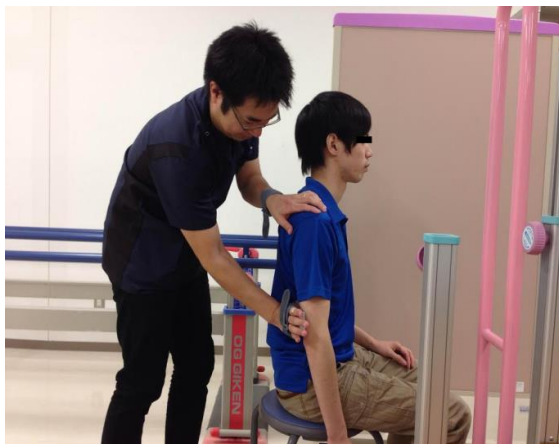


(ベルト使用時)

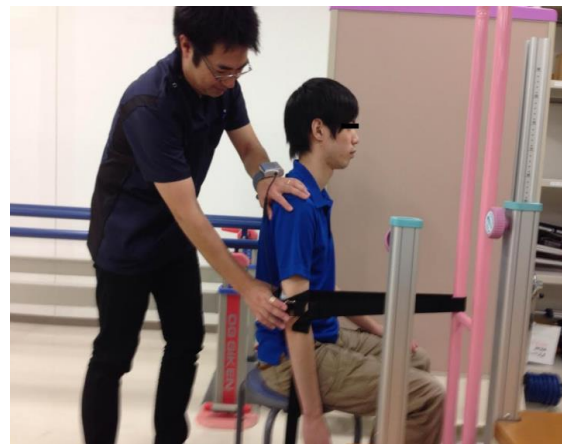
図 1-2. ハンドヘルドダイナモメーターによる肩関節屈曲筋力測定場面

#### 測定項目② 肩関節伸展筋力測定

被験者においては、椅子に腰かけ、測定する側の upper limb の前方に縦型手すりが位置するように椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし、測定側である upper limb を下垂した状態で、肩関節屈曲 0 度・外転 0 度、肘関節屈曲 0 度、前腕回内位とした。HHD のセンサーは上腕骨遠位部の後面に当て、センサーの下端は肘頭窩の上縁の高さとした。ベルト不使用下の測定では、検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した(図 1-3 左)。ベルト使用下の測定においては、センサーを当てた測定肢と縦型手すりをベルトで連結して固定した(図 1-3 右)。



(ベルト不使用時)



(ベルト使用時)

図 1-3. ハンドヘルドダイナモメーターによる肩関節伸展筋力測定場面

### 測定項目③ 肩関節外転筋力測定

被験者においては、椅子に腰かけ、測定する側を肩関節外転 90 度にしたときに、ベッド脚が上腕骨遠位部の真下になるように椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし、測定側の肩関節外転 90°、肘関節軽度屈曲位、前腕回内位とした。HHD のセンサーは上腕骨遠位部上面に当て、センサーの下端は内側上顆の上縁の位置とした。測定時に際しては、体幹の側屈による代償運動を防ぐため、非測定肢側には椅子座位時の大転子の高さと同じになるよう、高さ 10cm の立ち上がり台の上に椅子を用意して設置し、その座面に手を置いた。ベルト不使用下の測定では、検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した(図 1-4 左)。ベルト使用下の測定においては、センサーを当てた測定肢とベッド脚をベルトで連結して固定した(図 1-4 右)。



(ベルト不使用時)

(ベルト使用時)

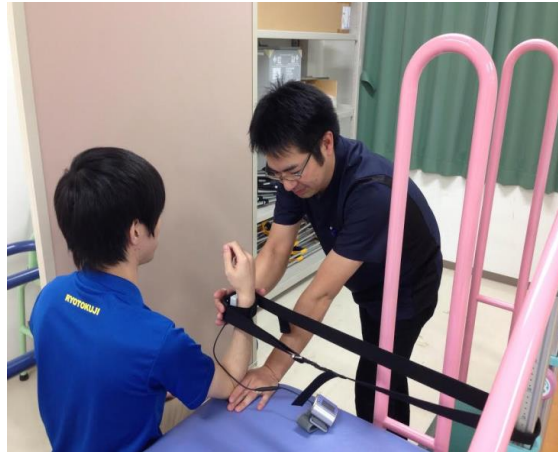
図 1-4. ハンドヘルドダイナモメーターによる肩関節外転筋力測定場面

### 測定項目④ 肩関節内旋筋力測定

被験者においては、椅子に腰かけ、訓練台(ベッド)上に肘をつけて、体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし、測定側の肩関節屈曲 45 度・外転 0 度、肘関節を屈曲 135° とし、前腕がベッド面に対して垂直位となるようにした。HHD のセンサーは、前腕遠位部前面に当て、センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした。測定時に際しては、肩関節内外転による代償運動を防ぐため肘の位置を徒手にて固定した。ベルト不使用下の測定では、検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した(図 1-5 左)。ベルト使用下の測定においては、センサーを当てた測定肢と前腕と訓練用階段の縦手すりが平行となるように位置させ、縦型手すりにベルトを連結して固定した(図 1-5 右)。



(ベルト不使用時)



(ベルト使用時)

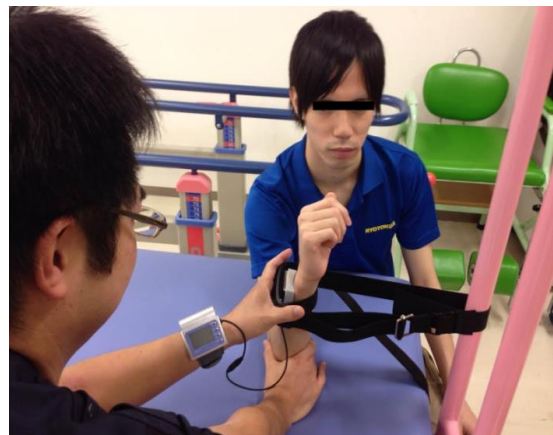
図 1-5. ハンドヘルドダイナモメーターによる肩関節内旋筋力測定場面

#### 測定項目⑤ 肩関節外旋筋力測定

被験者においては、椅子に腰かけ、訓練台（ベッド）上に肘をつけて、体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし、測定側の肩関節屈曲 45 度・外転 0 度、肘関節を屈曲 135° とし、前腕がベッド面に対して垂直位となるようにした。HHD のセンサーは、前腕遠位部後面に当て、センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした。測定時に際しては、肩関節内外転による代償運動を防ぐため肘の位置を徒手にて固定した。ベルト不使用下の測定では、検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した(図 1-6 左)。ベルト使用下の測定においては、センサーを当てた測定肢と前腕と訓練用階段の縦手すりが平行となるように位置させ、縦型手すりにベルトを連結して固定した(図 1-6 右)。



(ベルト不使用時)



(ベルト使用時)

図 1-6. ハンドヘルドダイナモメーターによる肩関節外旋筋力測定場面

#### 測定項目⑥ 肘関節屈曲筋力測定

被験者においては、椅子に腰かけ、訓練台（ベッド）の上に前腕を置き、体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直にし、測定側の肩関節軽度屈曲位・外転0度、肘関節屈曲45度、前腕回外位にした。HHDのセンサーは、前腕遠位部前面にあて、センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした。測定時に際しては、体幹屈曲による代償運動を防ぐため測定側の肩関節前面を徒手にて固定した。ベルト不使用下の測定では、検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した(図 1-7 左)。ベルト使用下の測定においては、センサーを当てた測定肢とベッド脚をベルトで連結して固定した(図 1-7 右)。



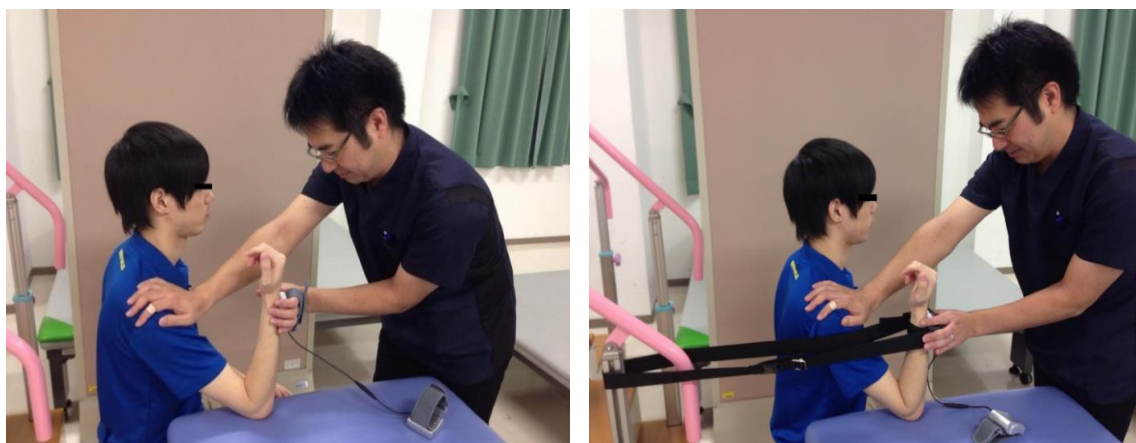
(ベルト不使用時)

(ベルト使用時)

図 1-7. ハンドヘルドダイナモメーターによる肘関節屈曲筋力測定場面

#### 測定項目⑦ 肘関節伸展筋力測定

被験者においては、椅子に腰かけ、高さ 90 cm の台の上に肘をつけて、体幹を伸展させ垂直になる位置に椅子の位置を調整した。被験者は測定肢の上肢を肩関節屈曲 45 度・外転 0 度、肘関節屈曲 100 度、前腕回外位になるようにした。HHD のセンサーは、前腕遠位部後面にあて、センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした。測定時に際しては、体幹伸展による代償運動を防ぐため、体幹背面と壁との間にクッションを挟み、体幹の位置を固定した。ベルト不使用下の測定では、検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した(図 1-8 左)。ベルト使用下の測定においては、測定する側の上肢の後方に縦型手すりが位置するように上肢を位置させ、センサーを当てた測定肢と縦型手すりをベルトで連結して固定した(図 1-8 右)。



(ベルト不使用時)

(ベルト使用時)

図 1-8. ハンドヘルドダイナモメーターによる肘関節伸展筋力測定場面

### Ⅲ. 倫理上の配慮

対象者にはヘルシンキ宣言に従い，本研究の概要と目的を十分に説明し，個人情報の保護，研究中止の自由などが記載された説明文を用いて説明し書面にて同意を得たうえで実施した．なお，本研究に際しては了徳寺大学生命倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 2006）．

### Ⅳ. 結果

検者間 ICC はベルト使用下の測定で 0.71 ～ 0.93，ベルト不使用下の測定で -0.48 ～ 0.80，ピアソンの相関係数はベルト使用下の測定で 0.76 ～ 0.93，ベルト不使用下の測定で -0.40 ～ 0.71 であった．測定方法間の比較では，ピアソンの相関係数は検者 A が 0.51 ～ 0.94，検者 B が 0.41 ～ 0.79 であった．

#### 結果 1 検者間再現性

##### ① 肩関節屈曲筋力測定

測定項目における等尺性筋力，および統計結果を表に示した(表 1-1, 1-2)．

検者間の比較では，ベルト不使用下の測定での検者間 ICC は 0.56，ピアソンの相関係数 0.76 に対し，ベルト使用下の測定での ICC は 0.93，ピアソンの相関係数 0.93 と高値であった(図 1-9)．

表 1-1. 検者 A・B 肩関節屈曲 HHD 測定結果

	検者 A ベルト不使用	検者 A ベルト使用	検者 B ベルト不使用	検者 B ベルト使用
平均値	142.0	191.0	136.7	180.1
標準偏差	53.2	93.5	26.9	81.8
最大値	284.2	382.2	179.3	318.5
最小値	74.5	52.9	90.2	75.5

単位:N(ニュートン)

表 1-2. 肩関節屈曲筋力測定における ICC (2. 1)

	ベルト不使用	ベルト使用
肩関節屈曲	0.56(0.16 ~ 0.80)	0.93(0.83 ~ 0.97)

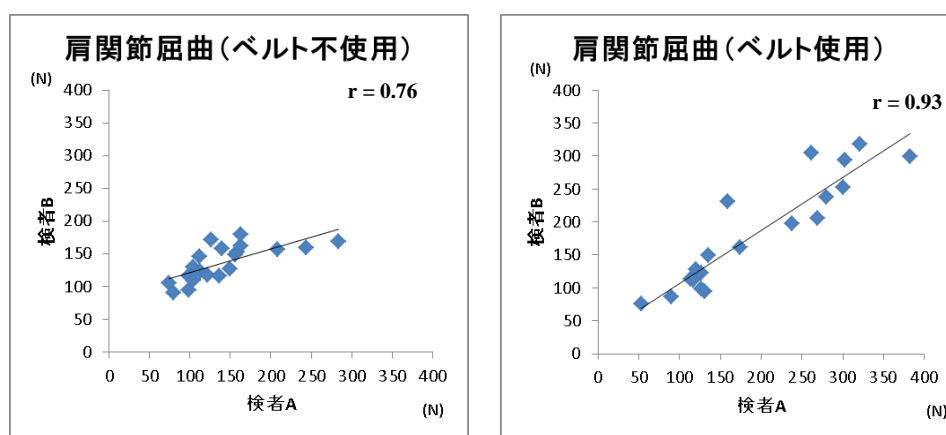


図 1-9. 肩関節屈曲筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A の測定値と検者 B の測定値との関連

## ② 肩関節伸展筋力測定

測定項目における等尺性筋力，および統計結果を表に示した(表 1-3, 1-4)。

検者間の比較では，ベルト不使用下の測定での検者間 ICC は 0.00，ピアソンの相関係数 -0.15 に対し，ベルト使用下の測定での ICC は 0.78，ピアソンの相関係数 0.81 と高値であった(図 1-10)。

表 1-3. 検者 A・B 肩関節伸展 HHD 測定結果

	検者 A ベルト不使用	検者 A ベルト使用	検者 B ベルト不使用	検者 B ベルト使用
平均値	151.0	184.1	73.0	161.4
標準偏差	57.3	61.3	21.6	67.2
最大値	295.0	308.7	119.6	292.0
最小値	71.5	115.6	45.1	72.5

単位:N(ニュートン)

表 1-4. 肩関節伸展筋力測定における ICC (2.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
肩関節伸展	0.00(-0.15 ~ 0.24)	0.78(0.51 ~ 0.91)

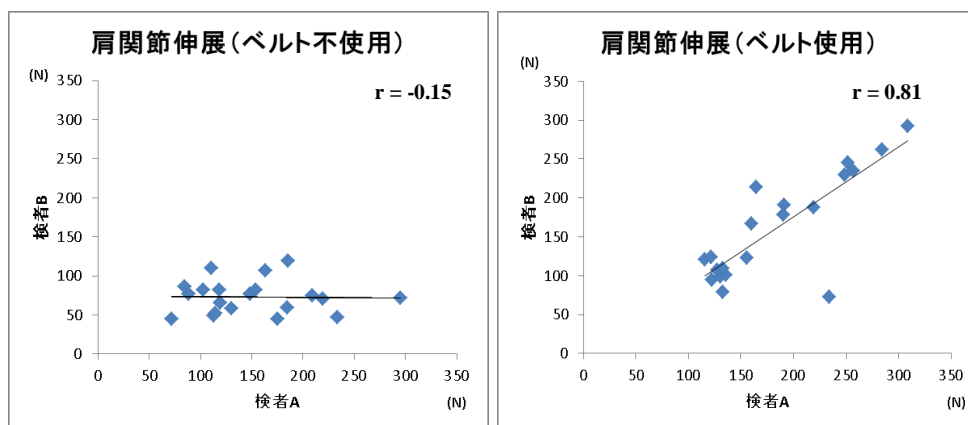


図 1-10. 肩関節伸展筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A の測定値と検者 B の測定値との関連

### ③ 肩関節外転筋力測定

測定項目における等尺性筋力、および統計結果を表に示した(表 1-5, 1-6).

検者間の比較では、ベルト不使用下の測定での検者間 ICC は 0.22, ピアソンの相関係数 0.40 に対し、ベルト使用下の測定での ICC は 0.89, ピアソンの相関係数 0.90 と高値であった(図 1-11).

表 1-5. 検者 A・B 肩関節外転 HHD 測定結果

	検者 A ベルト不使用	検者 A ベルト使用	検者 B ベルト不使用	検者 B ベルト使用
平均値	123.5	151.2	92.5	139.8
標準偏差	42.4	67.5	17.4	58.3
最大値	229.3	266.6	124.5	275.4
最小値	73.5	66.6	64.7	65.7

単位:N(ニュートン)

表 1-6. 肩関節外転筋力測定における ICC (2.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
肩関節外転	0.22(-0.13 ~ 0.56)	0.89(0.75 ~ 0.96)



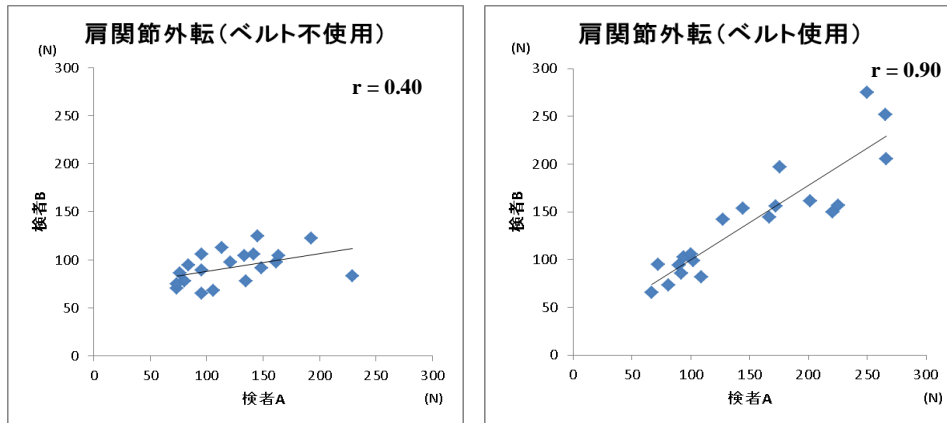


図 1-11. 肩関節外転筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A の測定値と検者 B の測定値との関連

#### ④ 肩関節内旋筋力測定

測定項目における等尺性筋力，および統計結果を表に示した(表 1-7, 1-8)。

検者間の比較では，ベルト不使用下の測定での検者間 ICC は 0.19，ピアソンの相関係数 0.40 に対し，ベルト使用下の測定での ICC は 0.81，ピアソンの相関係数 0.91 と高値であった(図 1-12)。

表 1-7. 検者 A・B 肩関節内旋 HHD 測定結果

	検者 A ベルト不使用	検者 A ベルト使用	検者 B ベルト不使用	検者 B ベルト使用
平均値	139.7	200.0	84.1	159.3
標準偏差	61.2	106.1	23.2	79.8
最大値	231.3	399.8	158.8	316.5
最小値	51.0	66.6	53.9	53.9

単位：N(ニュートン)

表 1-8. 肩関節内旋筋力測定における ICC (2.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
肩関節内旋	0.19(-0.13 ~ 0.53)	0.81(0.31 ~ 0.94)

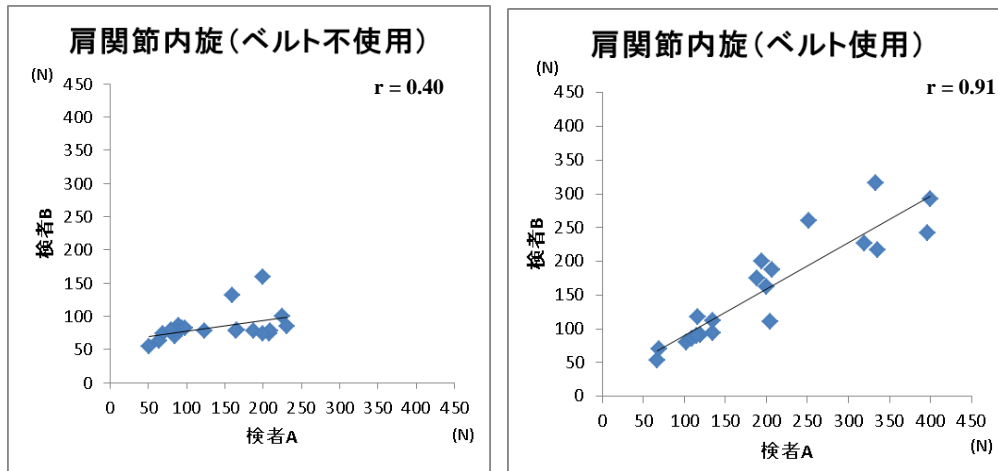


図 1-12. 肩関節内旋筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A の測定値と検者 B の測定値との関連

⑤ 肩関節外旋筋力測定

測定項目における等尺性筋力，および統計結果を表に示した(表 1-9, 1-10)。

検者間の比較では，ベルト不使用下の測定での検者間 ICC は 0.35，ピアソンの相関係数 0.71 に対し，ベルト使用下の測定での ICC は 0.71，ピアソンの相関係数は 0.76 と高値であった(図 1-13)。

表 1-9. 検者 A・B 肩関節外旋 HHD 測定結果

	検者 A ベルト不使用	検者 A ベルト使用	検者 B ベルト不使用	検者 B ベルト使用
平均値	84.5	78.7	54.5	68.3
標準偏差	26.9	30.4	15.7	24.0
最大値	138.2	141.1	98.0	112.7
最小値	49.0	37.2	35.3	34.3

単位：N(ニュートン)

表 1-10. 肩関節外旋筋力測定における ICC (2.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
肩関節外旋	0.35(-0.11 ~ 0.71)	0.71(0.40 ~ 0.88)

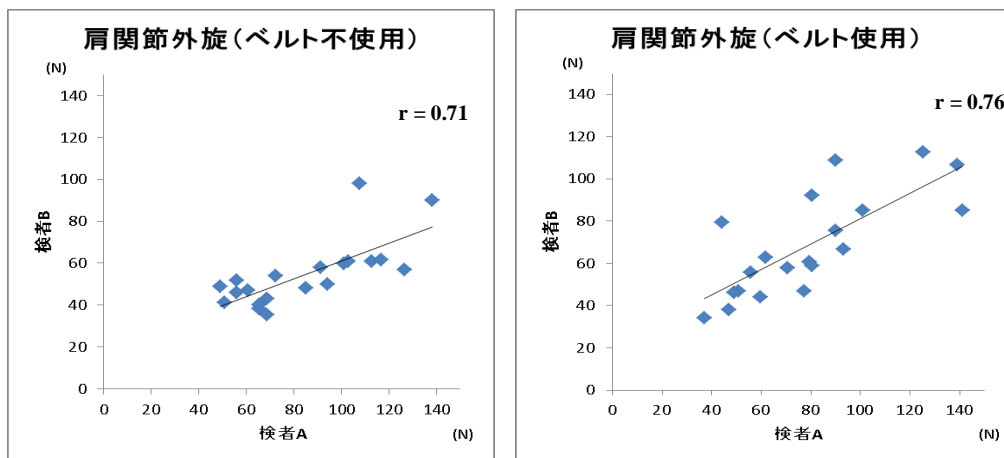


図 1-13. 肩関節外旋筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A の測定値と検者 B の測定値との関連

⑥ 肘関節屈曲筋力測定

測定項目における等尺性筋力，および統計結果を表に示した(表 1-11, 1-12)。

検者間の比較では，ベルト不使用下の測定での検者間 ICC は -0.05，ピアソンの相関係数 -0.61 に対し，ベルト使用下の測定での ICC は 0.91，ピアソンの相関係数は 0.91 と高値であった(図 1-14)。

表 1-11. 検者 A・B 肘関節屈曲 HHD 測定結果

	検者 A ベルト不使用	検者 A ベルト使用	検者 B ベルト不使用	検者 B ベルト使用
平均値	129.1	191.2	111.6	179.3
標準偏差	46.5	83.3	20.8	86.5
最大値	268.5	381.2	154.8	326.3
最小値	88.2	67.6	74.5	58.8

単位：N(ニュートン)

表 1-12. 肘関節屈曲筋力測定における ICC (2.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
肘関節屈曲	-0.05(-0.48 ~ 0.40)	0.91(0.80 ~ 0.97)

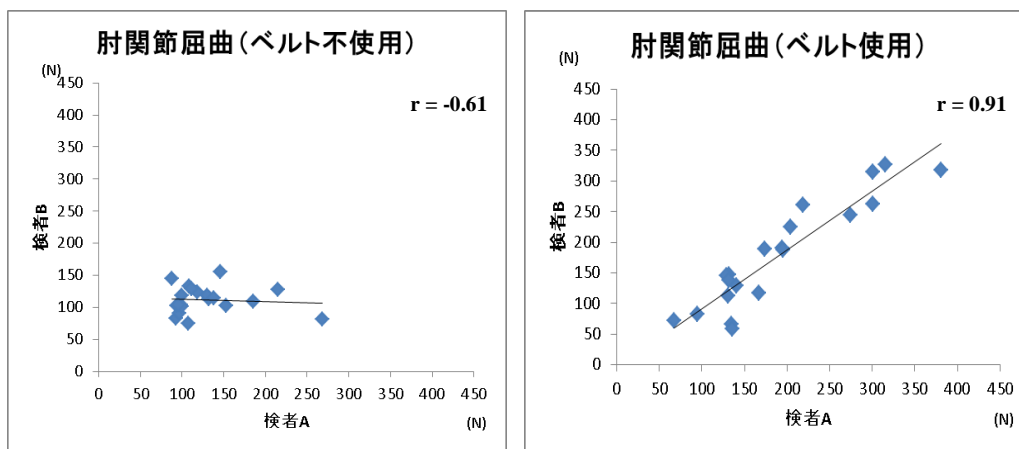


図 1-14. 肘関節屈曲筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A の測定値と検者 B の測定値との関連

⑦ 肘関節伸展筋力測定

測定項目における等尺性筋力，および統計結果を表に示した(表 1-13, 1-14)。

検者間の比較では，ベルト不使用下の測定での検者間 ICC は 0.08，ピアソンの相関係数 0.22 に対し，ベルト使用下の測定での ICC は 0.77，ピアソンの相関係数は 0.77 と高値であった(図 1-15)。

表 1-13. 検者 A・B 肘関節伸展 HHD 測定結果

	検者 A ベルト不使用	検者 A ベルト使用	検者 B ベルト不使用	検者 B ベルト使用
平均値	137.0	126.5	80.5	128.9
標準偏差	54.2	44.3	20.5	49.7
最大値	271.5	216.6	151.9	212.7
最小値	64.7	56.8	55.9	43.1

単位：N(ニュートン)

表 1-14. 肘関節伸展筋力測定における ICC (2.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
肘関節伸展	0.08(-0.13 ~ 0.38)	0.77(0.50 ~ 0.90)

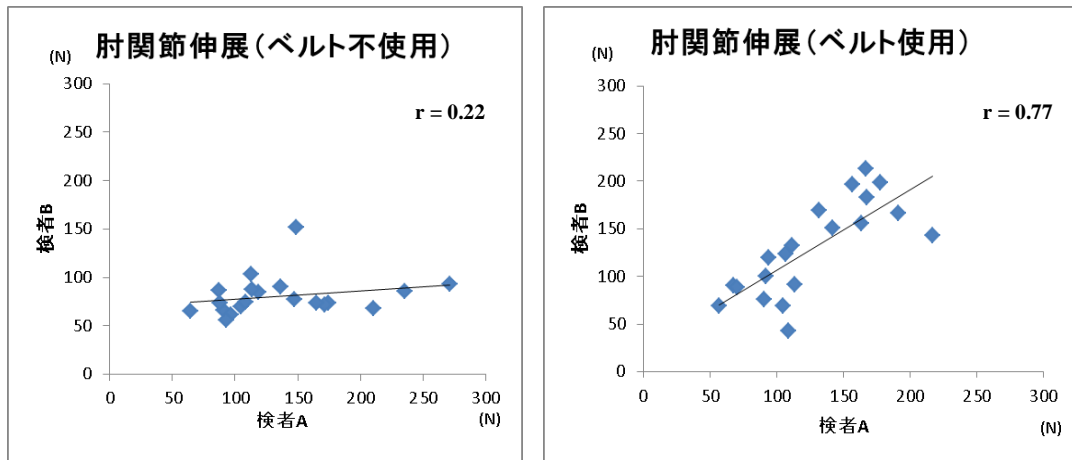


図 1-15. 肘関節伸展筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A の測定値と検者 B の測定値との関連

結果 2 測定方法間の比較

① 肩関節屈曲筋力測定

測定方法間の比較では、ピアソンの相関係数は検者 A が 0.71、検者 B が 0.79 であった(図 1-16)。

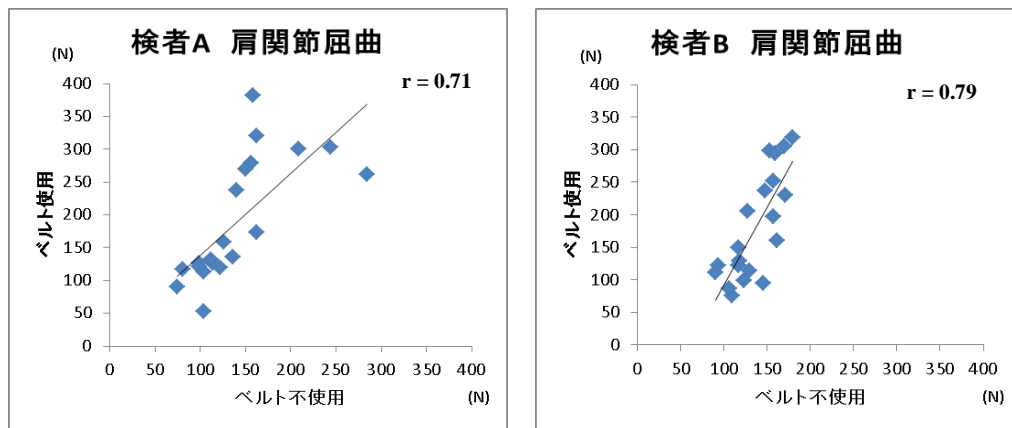


図 1-16. 肩関節屈曲筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A と検者 B の測定方法間の違いによる測定値との関連

② 肩関節伸展筋力測定

測定方法間の比較では、ピアソンの相関係数は検者 A が 0.91、検者 B が 0.07 であった(図 1-17)。

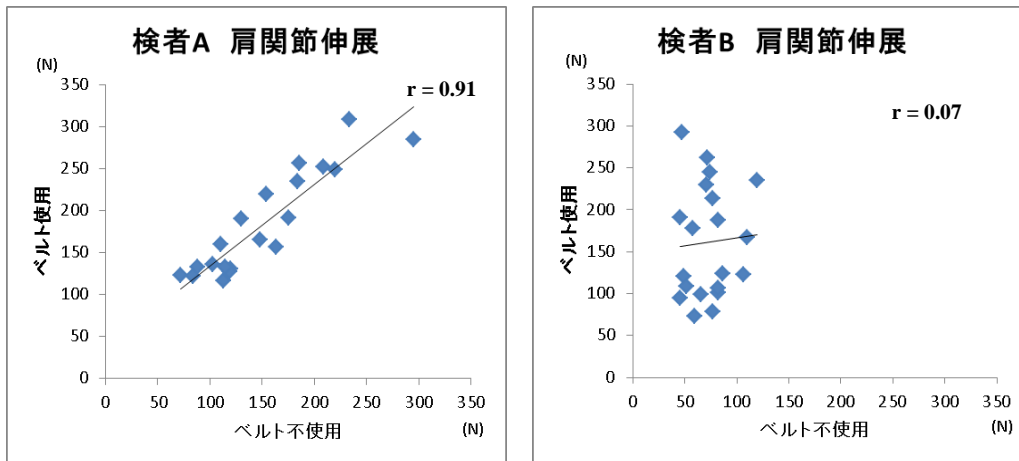


図 1-17. 肩関節伸展筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A と検者 B の測定方法間の違いによる測定値との関連

③ 肩関節外転筋力測定

測定方法間の比較では、ピアソンの相関係数は検者 A が 0.94、検者 B が 0.56 であった(図 1-18)。

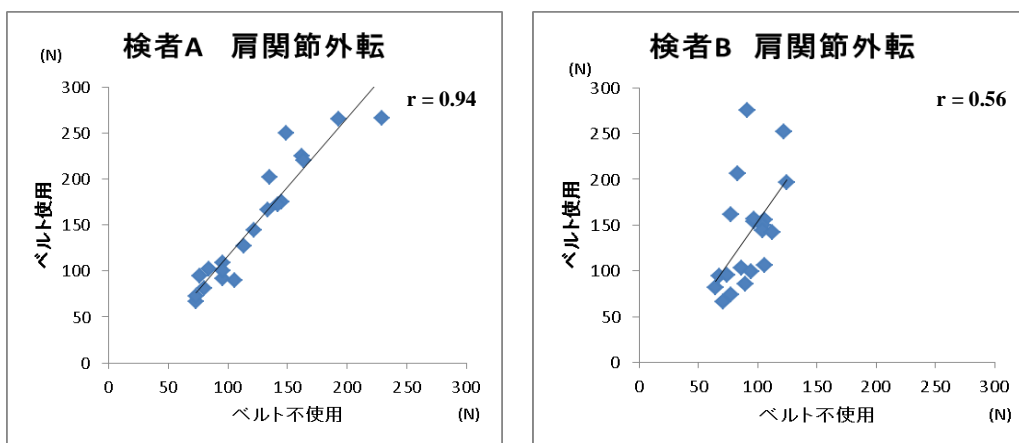


図 1-18. 肩関節外転筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A と検者 B の測定方法間の違いによる測定値との関連

④ 肩関節内旋筋力測定

測定方法間の比較では、ピアソンの相関係数は検者 A が 0.91、検者 B が 0.39 であった(図 1-19)。

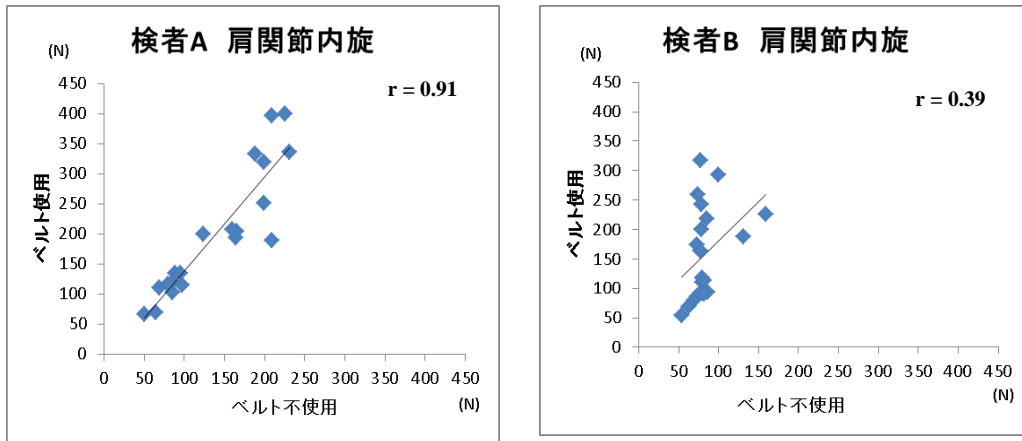


図 1-19. 肩関節内旋筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した検者 A と検者 B の測定方法間の違いによる測定値との関連

⑤ 肩関節外旋筋力測定

測定方法間の比較では、ピアソンの相関係数は検者 A が 0.79、検者 B が 0.75 であった(図 1-20)。

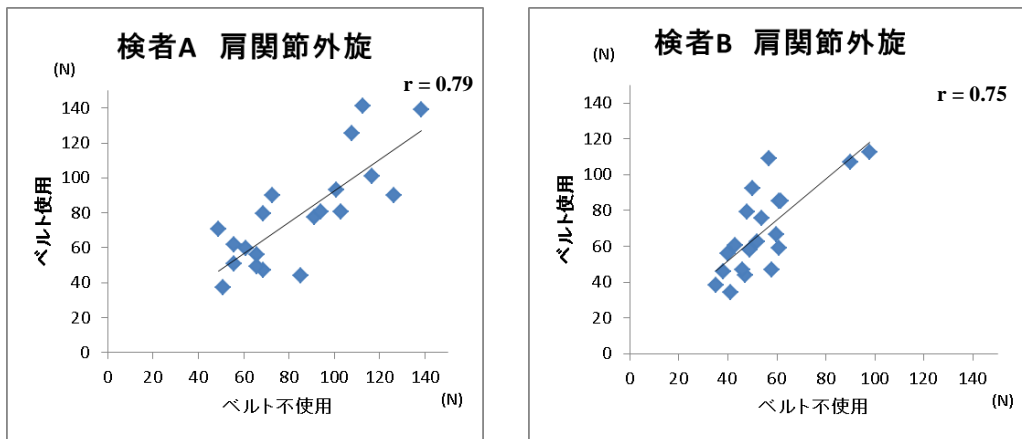


図 1-20. 肩関節外旋筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した検者 A と検者 B の測定方法間の違いによる測定値との関連

⑥ 肘関節屈曲筋力測定

測定方法間の比較では、ピアソンの相関係数は検者 A が 0.51、検者 B が 0.41 であった(図 1-21)。

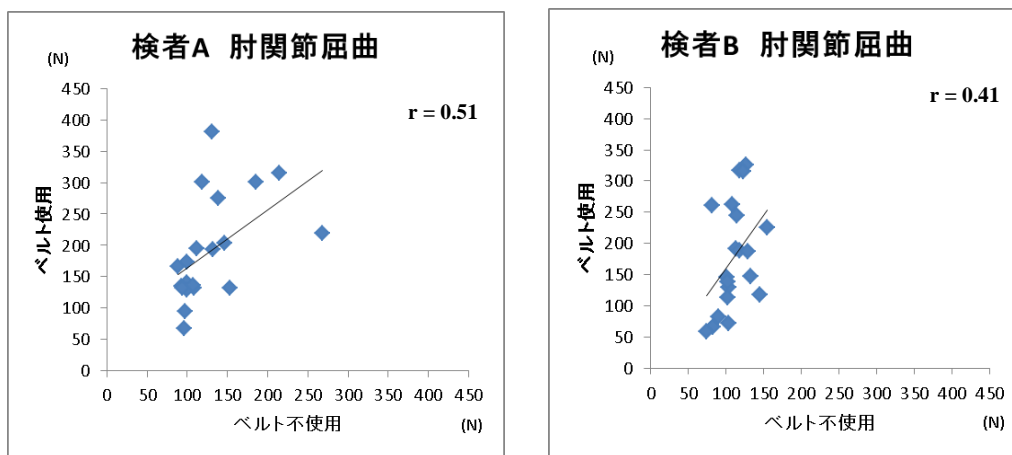


図 1-21. 肘関節屈曲筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A と検者 B の測定方法間の違いによる測定値との関連

⑦ 肘関節伸展筋力測定

測定方法間の比較では、ピアソンの相関係数は検者 A が 0.66、検者 B が 0.47 であった(図 1-22)。

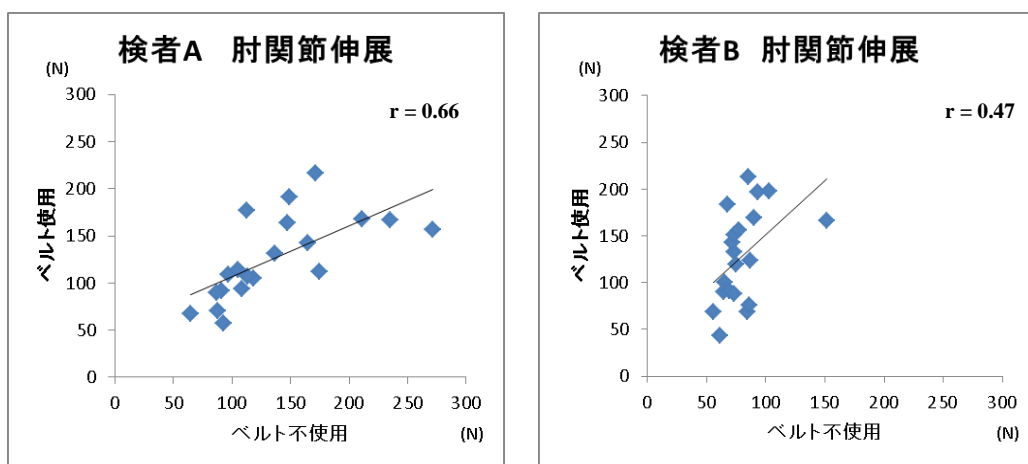


図 1-22. 肘関節伸展筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した  
検者 A と検者 B の測定方法間の違いによる測定値との関連

V. 考察

測定の結果、検者間の比較ではベルト不使用下の測定での ICC は  $-0.48 \sim 0.80$  であったが、ベルト使用下の測定での ICC は  $0.71 \sim 0.93$  と、ベルト不使用下の測定に比べ高値を示した。検者間再現性についてみた場合、ベルト使用下の測定における ICC はいずれの測



定においてもベルト不使用下の測定での ICC に比べ明らかに良好であった。桑原と斉藤ら<sup>22)</sup>は、大まかな目安として ICC が 0.9 以上の場合、その再現性は優秀、0.8 以上の場合は良好、0.7 以上の場合は普通、0.6 以上の場合は可能、0.6 未満の場合は要再考であると評価している。よって、今回のベルト使用下の測定での等尺性上肢筋力測定方法は良好な再現性を有するものと考えられた。

ベルト不使用下の測定での検者間再現性について見た場合、Smidt と Albright ら<sup>23)</sup>、Bohannon と Andrews<sup>8)</sup>、Bohannon と Wikholm<sup>10)</sup>の研究などにおける結果は、検者の徒手固定による測定であるが、ほとんどの測定において今回のベルト不使用下の測定の成績よりも良好な再現性を報告している。一方、前述の Wikholm と Bohannon<sup>9)</sup>の健常者を対象とした検討において、被験者の筋力が大きい場合には測定誤差が大きくなることを指摘している。奈良と州崎ら<sup>36)</sup>の結果は、体格・筋力の小さい検者において測定値が低くなることを指摘している。今回の結果もベルト不使用下での筋力値は体格、筋力に優れた男性検者である検者 A の結果を考えると、これらを支持する結果であった。

ベルト不使用下での HHD の徒手使用による測定において高い検者間再現性を示した研究中、Smidt と Albright ら<sup>6)</sup>、Bohannon と Andrews<sup>8)</sup>、Kwoh と Patrick ら<sup>13)</sup>は疾患群や高齢者群を対象としており、筋力水準の低さが今回との結果の差異を生じた原因と考えられる。また、Bohannon と Wikholm<sup>10)</sup>の研究では、検者は両者とも体重が約 75kg の男性理学療法士であり、検者は体格に優れていたために固定が得られたと考えられる。

今回の研究における検者 B は事前に測定に習熟するための練習を行ったものの、理学療法士ではなく学生であり経験は不足していることから、make test、あるいは HHD の徒手的使用には、少なくとも熟練を要すると推察される。

よって、本研究におけるベルト不使用下の測定での検者間再現性が低値を示したことは、対象者の筋力の高さや検者間の体力格差、習熟度合いが影響したものと考えられた。また、測定項目により検者間再現性が異なったことは、測定項目により筋力水準が異なること、および検者の抵抗を加える姿勢、加える高さ、方向や方法が異なる影響が考えられた。従来は下肢における筋力測定において、これらの影響が指摘されていた。しかし今回、上肢における筋力測定においても、ベルト不使用下の測定では再現性の低さが認められている。よって、下肢と比べ筋力値が低いといわれている上肢筋力測定においても、HHD を検者が徒手で固定する従来の方法における固定限界とされる 300 N<sup>24)</sup> (30 kg<sup>25)</sup>) 未満の値が固定限界となる可能性を示唆すると考えられた。Katoh ら<sup>16)</sup>は、ベルト不使用下の測定での HHD による下肢筋力測定において、測定の平均値が 30 kgf 未満の場合でもベルト使用下の測定値が高くなることを報告しており、本研究結果もそれを支持した結果であった。

これに対し、ベルト使用下の HHD による筋力測定は、良好な検者間再現性を得ている。このことから、体格、筋力に優れた男性検者である検者 A と体力格差と共に測定技術の習熟度合にも差があった検者 B との異なる検者間で測定されたデータの比較にも、ベルト固定を用いた測定方法は、固定限界の問題とともに測定技量や熟達度の差を補うことができ

る十分な対応方法になると考えられた。

測定方法間の比較では、検者 A、検者 B の両検者のピアソンの相関係数は検者 A で 0.51 ~ 0.94、検者 B で 0.41 ~ 0.79 であった。ベルト使用下とベルト不使用下との測定方法間を比較すると、ピアソンの相関係数が 0.7 以上であった測定項目は、検者 A では肘関節屈曲、肘関節伸展を除く他のすべての測定項目に認められたのに対し、検者 B では肩関節屈曲、肩関節外旋のみであった。この結果からも、体格的に優れている検者 A と体力格差が生じている検者 B において、ベルト不使用下の測定における再現性の差がうかがえる。

HHD をベルト不使用下の測定で徒手的に固定した方法における検者間再現性の検討としては、McMahon と Burdett ら<sup>11)</sup>は、平均年齢 22 歳の健常者を対象とした研究において、2 名の検者による 1 週間の間隔での 2 回の測定における検者内 ICC 平均は、肩関節外転 0.83、股関節屈曲 0.71、手関節伸展 0.75、足関節背屈 0.77 であったと報告している。Wikholm と Bohannon<sup>9)</sup>は、HHD を用いた健常者においての 1 週間の間隔での検者間 ICC は、膝関節伸展 0.821、肩関節外旋 0.926 ~ 0.976(検者 3 名)、肘関節屈曲 0.643 ~ 0.939(検者 3 名)であったと報告している。したがって、ベルト使用下の測定と不使用下の測定との比較では、ベルト不使用下の測定においても、上記の日を改めた検者間再現性の先行研究結果と比較すると遜色ない相関を示す測定項目もあるが、両検者において測定方法間の相関に差がある場合があること、また、本研究におけるベルト使用下での、日を改めた検者間再現性の良好な結果から、広く検者間、施設間の比較に耐えるには、ベルト使用下での測定が有効であると考えられた。

以上のことから、ベルト使用下での HHD による上肢筋力測定は、HHD を検者の手で把持する従来の測定方法に比べて、検者間再現性が高いことが考えられた。HHD を検者の手で固定する従来の方法における固定限界(測定限界)は、従来言われてきた 30 kgf (300 N) よりも低く、上肢筋力測定においても検者による固定限界の影響を受けることが考えられた。

## 研究 2 ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる上肢筋力測定における検者内再現性

### I. 目的

ハンドヘルドダイナモメーター（以下、HHD）による筋力測定（ベルト固定を用いない従来の方法）において、被験者の筋力水準が高い場合や検者による HHD の固定性が低い場合には再現性が低くなる問題がある。ベルト固定を併用した HHD による筋力測定は、これに対する対策となりうると思った。

研究 1 の結果、上肢筋力測定において、HHD を検者の手で把持して測定する従来の方法（以下、ベルト不使用下の測定）に比べて、ベルト固定を併用した HHD（以下、ベルト使用下の測定）による測定方法の検者間再現性が高いことが考えられた。ベルト使用下の測定による上肢筋力測定を実用的な測定方法として確立していくためには、繰り返し測定しても安定した値が得られること（検者内再現性が高いこと）が必要であると考えられる。

そこで、本研究の目的はベルト使用下の測定による上肢筋力測定方法について、連続した 2 回の測定を 2 日間行い、同日内の連続 2 回の検者内再現性、および日をあらためた 2 日間の検者内再現性を検討し、ベルト不使用下の測定との比較を行なった。

### II. 対象と方法

対象は若年健常者 20 名（男 10 名、女 10 名）、年齢  $21.1 \pm 0.6$  歳（平均値 $\pm$ 標準偏差）、身長  $167.0 \pm 8.0$  cm、体重  $60.8 \pm 11.3$  kg の利き手である右上肢である。上肢の各関節に整形外科的疾患や関節痛を有する肢はなかった。上肢筋力測定は、肩関節屈曲・伸展・外転・外旋・内旋、肘関節屈曲・伸展の 7 種（以下、測定項目）であった。

測定方法は、考案したベルト使用による影響を検討するために、ベルト不使用下の測定とベルト使用下の測定を実施した（各測定項目における測定方法の概要は下記に記載）。

ベルト不使用下における測定は、HHD のセンサーを検者の手掌に面ファスナーで固定した状態で、make test（被験者は測定肢を指定された運動方向へ動かすように力を入れるが、検者が測定方向へは動かないように固定する方法）にて実施し、検者による固定が困難となり、明らかな運動が認められた場合には、その時点で計測を終了とした。ベルト使用下の測定では、運動方向に対してベルトがほぼ垂直になるように固定した。

HHD はアニマ社製等尺性筋力測定器  $\mu$ Tas F-1 を使用した。測定に際してはそれぞれ、3 秒程度で定常状態となる約 5 秒間の最大努力による運動を行い、その間の最大値を採用した。また、測定は同日中、および別日の 2 セグメントを実施し、各セグメントにおいては 30 秒以上の間隔をあけて 2 回の測定を実施した。なお、検者は研究に先立って、測定方法に習熟するための練習を実施した。

統計処理は SPSS Ver.15.0 J for Windows を使用し、検者内再現性について ICC を用いて危険率 5% 未満をもって有意と判断した。ICC は、各セグメント内の 1・2 回目間、2 セグ

メントにおけるそれぞれの1回目, 2回目間, 各セグメントの代表値として最大値を採用した場合の1日目, および2日目間にてそれぞれ求めた。

#### 測定項目① 肩関節屈曲筋力測定

被験者は訓練台(ベッド)上で背臥位となり, 測定する側の上腕遠位部の直下にベッド脚が位置するように体の位置を調整した。被験者は両上肢を体側に置き, 肩関節屈曲0度・外転0度, 肘関節軽度屈曲位, 前腕回内位とした。下肢においては, 両股関節, 膝関節ともに伸展位とした。HHDのセンサーは, 上腕遠位部の前面に当て, センサーの下端は上腕骨外側上顆稜の高さとした。ベルト不使用下の測定では, 検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した。ベルト使用下の測定においては, センサーを当てた測定肢とベッド脚をベルトで連結して固定した。

#### 測定項目② 肩関節伸展筋力測定

被験者においては, 椅子に腰かけ, 測定する側の上肢の前方に縦型手すりが位置するように椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし, 測定側である上肢を下垂した状態で, 肩関節屈曲0度・外転0度, 肘関節屈曲0度, 前腕回内位とした。HHDのセンサーは上腕骨遠位部の後面に当て, センサーの下端は肘頭窩の上縁の高さとした。ベルト不使用下の測定では, 検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した。ベルト使用下の測定においては, センサーを当てた測定肢と縦型手すりをベルトで連結して固定した。

#### 測定項目③ 肩関節外転筋力測定

被験者においては, 椅子に腰かけ, 測定する側を肩関節外転90度にしたときに, ベッド脚が上腕骨遠位部の真下になるように椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし, 測定側の肩関節外転90°, 肘関節軽度屈曲位, 前腕回内位とした。HHDのセンサーは上腕骨遠位部上面に当て, センサーの下端は内側上顆の上縁の位置とした。測定時に際しては, 体幹の側屈による代償運動を防ぐため, 非測定肢側には椅子座位時の大転子の高さと同じになるよう, 高さ10cmの立ち上がり台の上に椅子を用意して設置し, その座面に手を置いた。ベルト不使用下の測定では, 検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した。ベルト使用下の測定においては, センサーを当てた測定肢とベッド脚をベルトで連結して固定した。

#### 測定項目④ 肩関節外旋筋力測定

被験者においては, 椅子に腰かけ, 訓練台(ベッド)上に肘をつけて, 体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし, 測定側の肩関節屈

曲 45 度・外転 0 度，肘関節を屈曲 135° とし，前腕がベッド面に対して垂直位となるようにした．HHD のセンサーは，前腕遠位部後面に当て，センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした．測定時に際しては，肩関節内外転による代償運動を防ぐため肘の位置を徒手にて固定した．ベルト不使用下の測定では，検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した．ベルト使用下の測定においては，センサーを当てた測定肢と前腕と訓練用階段の縦手すりが平行となるように位置させ，縦型手すりにベルトを連結して固定した．

#### 測定項目⑤ 肩関節内旋筋力測定

被験者においては，椅子に腰かけ，訓練台（ベッド）上に肘をつけて，体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した．被験者は体幹を伸展させ垂直位にし，測定側の肩関節屈曲 45 度・外転 0 度，肘関節を屈曲 135° とし，前腕がベッド面に対して垂直位となるようにした．HHD のセンサーは，前腕遠位部前面に当て，センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした．測定時に際しては，肩関節内外転による代償運動を防ぐため肘の位置を徒手にて固定した．ベルト不使用下の測定では，検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した．ベルト使用下の測定においては，センサーを当てた測定肢と前腕と訓練用階段の縦手すりが平行となるように位置させ，縦型手すりにベルトを連結して固定した．

#### 測定項目⑥ 肘関節屈曲筋力測定

被験者においては，椅子に腰かけ，訓練台（ベッド）の上に前腕を置き，体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した．被験者は体幹を伸展させ垂直にし，測定側の肩関節軽度屈曲位・外転 0 度，肘関節屈曲 45 度，前腕回外位にした．HHD のセンサーは，前腕遠位部前面にあて，センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした．測定時に際しては，体幹屈曲による代償運動を防ぐため測定側の肩関節前面を徒手にて固定した．ベルト不使用下の測定では，検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所定の位置にセンサーを当てて測定した．ベルト使用下の測定においては，センサーを当てた測定肢とベッド脚をベルトで連結して固定した．

#### 測定項目⑦ 肘関節伸展筋力測定

被験者においては，椅子に腰かけ，高さ 90 cm の台の上に肘をつけて，体幹を伸展させ垂直になる位置に椅子の位置を調整した．被験者は測定肢の上肢を肩関節屈曲 45 度・外転 0 度，肘関節屈曲 100 度，前腕回外位になるようにした．HHD のセンサーは，前腕遠位部後面にあて，センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした．測定時に際しては，体幹伸展による代償運動を防ぐため，体幹背面と壁との間にクッションを挟み，体幹の位置を固定した．ベルト不使用下の測定では，検者がセンサーを手に面ファスナーで装着した状態で所

定の位置にセンサーを当てて測定した。ベルト使用下の測定においては、測定する側の上肢の後方に縦型手すりが位置するように上肢を位置させ、センサーを当てた測定肢と縦型手すりをベルトで連結して固定した。

### III. 倫理上の配慮

対象者にはヘルシンキ宣言に従い、本研究の概要と目的を十分に説明し、個人情報の保護、研究中止の自由などが記載された説明文を用いて説明し書面にて同意を得たうえで実施した。なお、本研究に際しては了徳寺大学生命倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 2006）。

### IV. 結果

測定 1 日目、別日にて実施した 2 日目の 2 セグメントで各 2 回ずつ行った計 4 回の測定におけるベルト不使用下の測定における等尺性上肢筋力測定値の各セグメントの 1・2 回目内の ICC は 0.63 ~ 0.97 であった。各セグメントの代表値として最高値を採用した 2 セグメントの ICC は 0.52 ~ 0.85 であった。ベルト使用下の測定においては、各セグメントの 1・2 回目内の ICC は 0.70 ~ 0.99 であった。各セグメントの代表値として最大値を採用した 2 セグメントの ICC は 0.75 ~ 0.96 であった。

#### 結果① 肩関節屈曲筋力測定

測定項目における等尺性筋力、および統計結果を表に示した(表 2-1, 2-2, 2-3)。対象者のベルト不使用下の測定における検者内再現性について、各セグメント内の 1 回目、2 回目における検者内 ICC は、0.84 ~ 0.93、2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目、2 回目における検者内 ICC は 0.63 ~ 0.66、各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は、各 2 セグメントでの比較では 0.85 であった。

ベルト使用下の測定における検者内再現性について、各セグメント内の 1 回目、2 回目における検者内 ICC は、0.98 ~ 0.99、2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目、2 回目における検者内 ICC は 0.92 ~ 0.95、各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は、各 2 セグメントでの比較では 0.94 であった。

表 2-1 肩関節屈曲 HHD(ベルト不使用)測定結果

	1日目			2日目		
	1回目	2回目	最大値	1回目	2回目	最大値
平均値	136.3	129.8	142.0	141.9	134.8	145.4
標準偏差	55.4	42.3	53.2	52.3	43.7	50.6
最大値	284.2	253.8	284.2	232.3	228.3	232.3
最小値	61.7	74.5	74.5	78.4	79.4	79.4

単位:N(ニュートン)

表 2-2 肩関節屈曲 HHD(ベルト使用)測定結果

	1日目			2日目		
	1回目	2回目	最大値	1回目	2回目	最大値
平均値	186.9	182.3	191.0	193.2	187.1	195.2
標準偏差	89.8	91.9	93.5	92.1	88.7	92.6
最大値	338.1	382.2	382.2	341.0	342.0	342.0
最小値	52.9	51.9	52.9	90.2	90.2	91.1

単位:N(ニュートン)

表 2-3 肩関節屈曲筋力測定における ICC (1.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
1日目1回目・1日目2回目	0.84(0.65 ~ 0.93)	0.98(0.95 ~ 0.99)
2日目1回目・2日目2回目	0.93(0.83 ~ 0.97)	0.99(0.97 ~ 1.00)
1日目1回目・2日目1回目	0.66(0.32 ~ 0.85)	0.95(0.87 ~ 0.98)
1日目2回目・2日目1回目	0.63(0.28 ~ 0.83)	0.92(0.80 ~ 0.97)
1日目最大値・2日目最大値	0.70(0.40 ~ 0.87)	0.94(0.85 ~ 0.98)

( ):95%信頼区間

## 結果② 肩関節伸展筋力測定

測定項目における等尺性筋力, および統計結果を表に示した(表 2-4, 2-5, 2-6).

対象者のベルト不使用下の測定における検者内再現性について, 各セグメント内の 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は, 0.91 ~ 0.94, 2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は 0.79 ~ 0.86, 各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は, 各 2 セグメントでの比較では 0.85 であった.

ベルト使用下の測定における検者内再現性について, 各セグメント内の 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は, 0.98, 2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は 0.94 ~ 0.95, 各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は, 各 2 セグメントでの比較では 0.95 であった.

表 2-4 肩関節伸展 HHD(ベルト不使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	144.9	141.6	151.0	149.3	150.4	159.6
標準偏差	56.7	58.0	57.3	68.2	64.5	70.8
最大値	295.0	276.4	295.0	274.4	253.8	274.4
最小値	71.5	64.7	71.5	55.9	56.8	70.6

単位:N(ニュートン)

表 2-5 肩関節伸展 HHD (ベルト使用) 測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	179.6	178.3	184.1	183.4	177.8	186.0
標準偏差	61.1	63.6	61.3	75.6	73.8	74.6
最大値	308.7	299.9	308.7	320.5	321.4	321.4
最小値	109.8	96.0	115.6	89.2	81.3	89.2

単位:N(ニュートン)

表 2-6 肩関節伸展筋力測定における ICC (1.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
1 日目 1 回目・1 日目 2 回目	0.94(0.85 ~ 0.98)	0.98(0.95 ~ 0.99)
2 日目 1 回目・2 日目 2 回目	0.91(0.80 ~ 0.96)	0.98(0.96 ~ 0.99)
1 日目 1 回目・2 日目 1 回目	0.79(0.54 ~ 0.91)	0.94(0.86 ~ 0.98)
1 日目 2 回目・2 日目 2 回目	0.86(0.68 ~ 0.94)	0.95(0.87 ~ 0.98)
1 日目最大値・2 日目最大値	0.85(0.67 ~ 0.94)	0.95(0.87 ~ 0.98)

( ):95%信頼区間

## 結果③ 肩関節外転筋力測定

測定項目における等尺性筋力, および統計結果を表に示した(表 2-7, 2-8, 2-9).

対象者のベルト不使用下の測定における検者内再現性について, 各セグメント内の 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は, 0.78 ~ 0.96, 2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は 0.68 ~ 0.74, 各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は, 各 2 セグメントでの比較では 0.78 であった.

ベルト使用下の測定における検者内再現性について, 各セグメント内の 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は, 0.95, 2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は 0.88 ~ 0.90, 各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内



ICC は、各 2 セグメントでの比較では 0.91 であった。

表 2-7 肩関節外転 HHD(ベルト不使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	119.0	109.7	123.5	114.5	113.0	118.7
標準偏差	44.0	34.2	42.4	41.7	42.3	42.7
最大値	229.3	203.8	229.3	180.3	186.2	186.2
最小値	70.6	68.6	73.5	51.0	54.9	54.9

単位:N(ニュートン)

表 2-8 肩関節外転 HHD(ベルト使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	145.6	141.0	151.2	138.1	135.2	142.3
標準偏差	65.7	65.4	67.5	69.2	62.9	69.9
最大値	265.6	266.6	266.6	292.0	294.0	294.0
最小値	66.6	52.9	66.6	60.8	60.8	60.8

単位:N(ニュートン)

表 2-9 肩関節外転筋力測定における ICC (1.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
1 日目 1 回目・1 日目 2 回目	0.78(0.54 ~ 0.91)	0.95(0.88 ~ 0.98)
2 日目 1 回目・2 日目 2 回目	0.96(0.91 ~ 0.99)	0.95(0.89 ~ 0.98)
1 日目 1 回目・2 日目 1 回目	0.74(0.47 ~ 0.89)	0.88(0.73 ~ 0.95)
1 日目 2 回目・2 日目 2 回目	0.68(0.37 ~ 0.86)	0.90(0.78 ~ 0.96)
1 日目最大値・2 日目最大値	0.78(0.53 ~ 0.91)	0.91(0.78 ~ 0.96)

( ):95%信頼区間

#### 結果④ 肩関節内旋筋力測定

測定項目における等尺性筋力、および統計結果を表に示した(表 2-10, 2-11, 2-12)。

対象者のベルト不使用下の測定における検者内再現性について、各セグメント内の 1 回目、2 回目における検者内 ICC は、0.88 ~ 0.95、2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目、2 回目における検者内 ICC は 0.70 ~ 0.73、各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は、各 2 セグメントでの比較では 0.71 であった。

ベルト使用下の測定における測定の検者内再現性について、各セグメント内の 1 回目、2 回目における検者内 ICC は、0.96 ~ 0.98、2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目、2 回

目における検者内 ICC は 0.82 ～ 0.86, 各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は, 各 2 セグメントでの比較では 0.86 であった.

表 2-10 肩関節内旋 HHD(ベルト不使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	128.4	134.8	139.7	118.9	125.1	129.9
標準偏差	57.0	60.5	61.2	37.4	46.9	46.1
最大値	231.3	225.4	231.3	181.3	216.6	216.6
最小値	50.0	51.0	51.0	53.9	61.7	61.7

単位:N(ニュートン)

表 2-11 肩関節内旋 HHD(ベルト使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	199.6	178.9	200.0	167.5	157.6	169.1
標準偏差	105.6	93.6	106.1	83.6	79.4	83.0
最大値	399.8	364.6	399.8	348.9	347.9	348.9
最小値	66.6	59.8	66.6	56.8	61.7	65.7

単位:N(ニュートン)

表 2-12 肩関節内旋筋力測定における ICC (1. 1)

	ベルト不使用	ベルト使用
1 日目 1 回目・1 日目 2 回目	0.95(0.87 ~ 0.98)	0.96(0.90 ~ 0.98)
2 日目 1 回目・2 日目 2 回目	0.88(0.72 ~ 0.95)	0.98(0.95 ~ 0.99)
1 日目 1 回目・2 日目 1 回目	0.70(0.38 ~ 0.87)	0.86(0.68 ~ 0.94)
1 日目 2 回目・2 日目 2 回目	0.73(0.44 ~ 0.88)	0.82(0.61 ~ 0.92)
1 日目最大値・2 日目最大値	0.71(0.41 ~ 0.87)	0.86(0.68 ~ 0.94)

( ):95%信頼区間

#### 結果⑤ 肩関節外旋筋力測定

測定項目における等尺性筋力, および統計結果を表に示した(表 2-13, 2-14, 2-15).

対象者のベルト不使用下の測定における検者内再現性について, 各セグメント内の 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は, 0.93 ~ 0.96, 2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は 0.68 ~ 0.88, 各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は, 各 2 セグメントでの比較では 0.80 であった.

ベルト使用下の測定における検者内再現性について, 各セグメント内の 1 回目, 2 回目に

における検者内 ICC は、0.94 ～ 0.96, 2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は 0.80 ～ 0.83, 各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は、各 2 セグメントでの比較では 0.81 であった。

表 2-13 肩関節外旋 HHD(ベルト不使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	82.3	80.0	84.5	79.5	81.5	84.0
標準偏差	26.8	27.3	26.9	27.1	25.7	28.4
最大値	138.2	126.4	138.2	152.9	124.5	152.9
最小値	47.0	41.2	49.0	34.3	32.3	34.3

単位:N(ニュートン)

表 2-14 肩関節外旋 HHD (ベルト使用) 測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	76.9	72.6	78.7	68.3	66.4	70.5
標準偏差	29.7	31.3	30.4	28.7	27.6	28.5
最大値	135.2	141.1	141.1	126.4	133.3	133.3
最小値	36.3	31.4	37.2	25.5	32.3	32.3

単位:N(ニュートン)

表 2-15 肩関節外旋筋力測定における ICC (1. 1)

	ベルト不使用	ベルト使用
1 日目 1 回目・1 日目 2 回目	0.96(0.90 ～ 0.98)	0.94(0.86 ～ 0.98)
2 日目 1 回目・2 日目 2 回目	0.93(0.83 ～ 0.970)	0.96(0.91 ～ 0.98)
1 日目 1 回目・2 日目 1 回目	0.68(0.35 ～ 0.86)	0.81(0.58 ～ 0.92)
1 日目 2 回目・2 日目 2 回目	0.88(0.73 ～ 0.95)	0.83(0.62 ～ 0.93)
1 日目最大値・2 日目最大値	0.80(0.57 ～ 0.92)	0.81(0.59 ～ 0.92)

( ):95%信頼区間

#### 結果⑥ 肘関節屈曲筋力測定

測定項目における等尺性筋力, および統計結果を表に示した(表 2-16, 2-17, 2-18)。

対象者のベルト不使用下の測定における検者内再現性について, 各セグメント内の 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は、0.86, 2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目, 2 回目における検者内 ICC は 0.36 ～ 0.42, 各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は、各 2 セグメントでの比較では 0.52 であった。

ベルト使用下の測定における検者内再現性について、各セグメント内の1回目、2回目における検者内 ICC は、0.98 ~ 0.99、2セグメントにおけるそれぞれの1回目、2回目における検者内 ICC は0.92 ~ 0.96、各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は、各2セグメントでの比較では0.96であった。

表 2-16 肘関節屈曲 HHD(ベルト不使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	120.9	120.1	129.1	124.7	131.1	136.2
標準偏差	44.2	46.9	46.5	39.7	38.2	39.2
最大値	261.7	268.5	268.5	206.8	212.7	212.7
最小値	62.7	68.6	88.2	64.7	57.8	64.7

単位:N(ニュートン)

表 2-17 肘関節屈曲 HHD(ベルト使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	184.9	187.6	191.2	186.3	182.6	190.9
標準偏差	84.3	83.2	83.3	83.0	76.7	81.2
最大値	381.2	379.3	381.2	365.5	332.2	365.5
最小値	67.6	58.8	67.6	82.3	70.6	82.3

単位:N(ニュートン)

表 2-18 肘関節屈曲筋力測定における ICC (1. 1)

	ベルト不使用	ベルト使用
1 日目 1 回目・1 日目 2 回目	0.86(0.69 ~ 0.94)	0.99(0.98 ~ 1.00)
2 日目 1 回目・2 日目 2 回目	0.86(0.68 ~ 0.94)	0.98(0.95 ~ 0.99)
1 日目 1 回目・2 日目 1 回目	0.36(-0.08 ~ 0.68)	0.96(0.89 ~ 0.98)
1 日目 2 回目・2 日目 2 回目	0.42(-0.01 ~ 0.72)	0.92(0.82 ~ 0.97)
1 日目最大値・2 日目最大値	0.52(0.12 ~ 0.78)	0.96(0.90 ~ 0.98)

( ):95%信頼区間

#### 結果⑦ 肘関節伸展筋力測定

測定項目における等尺性筋力、および統計結果を表に示した(表 2-19, 2-20, 2-21)。

対象者のベルト不使用下の測定における検者内再現性について、各セグメント内の1回目、2回目における検者内 ICC は、0.92 ~ 0.97、2セグメントにおけるそれぞれの1回目、2回目における検者内 ICC は0.80 ~ 0.85、各セグメントの代表として最大値を採用した場合

合における検者内 ICC は、各 2 セグメントでの比較では 0.78 であった。

ベルト使用下の測定における検者内再現性について、各セグメント内の 1 回目、2 回目における検者内 ICC は、0.97、2 セグメントにおけるそれぞれの 1 回目、2 回目における検者内 ICC は 0.71 ~ 0.77、各セグメントの代表として最大値を採用した場合における検者内 ICC は、各 2 セグメントでの比較では 0.75 であった。

表 2-19 肘関節伸展 HHD(ベルト不使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	133.9	130.4	137.0	150.2	139.7	154.1
標準偏差	50.7	55.7	54.2	68.8	56.4	68.0
最大値	242.1	271.5	271.5	299.9	238.1	299.9
最小値	64.7	67.6	64.7	49.0	64.7	67.6

単位:N(ニュートン)

表 2-20 肘関節伸展 HHD(ベルト使用)測定結果

	1 日目			2 日目		
	1 回目	2 回目	最大値	1 回目	2 回目	最大値
平均値	123.7	120.5	126.5	141.5	137.1	144.5
標準偏差	44.7	43.1	44.3	53.5	50.3	52.5
最大値	216.6	208.7	216.6	230.3	236.2	236.2
最小値	56.8	51.9	56.8	63.7	67.6	67.6

単位:N(ニュートン)

表 2-21 肘関節伸展筋力測定における ICC (1.1)

	ベルト不使用	ベルト使用
1 日目 1 回目・1 日目 2 回目	0.97(0.92 ~ 0.99)	0.97(0.92 ~ 0.99)
2 日目 1 回目・2 日目 2 回目	0.92(0.80 ~ 0.97)	0.97(0.92 ~ 0.99)
1 日目 1 回目・2 日目 1 回目	0.80(0.57 ~ 0.92)	0.77(0.52 ~ 0.90)
1 日目 2 回目・2 日目 1 回目	0.85(0.66 ~ 0.94)	0.71(0.34 ~ 0.87)
1 日目最大値・2 日目最大値	0.78(0.54 ~ 0.91)	0.75(0.48 ~ 0.89)

( ):95%信頼区間

## V. 考察

測定の結果、ベルト使用下の測定における各セグメント内の 1 回目・2 回目の検者内再現性について、同セグメント内の 1・2 回目において ICC は 0.94 ~ 0.99、各セグメントの代表値として最大値を採用した 2 セグメントの ICC は 0.75 ~ 0.96 であった。

桑原と斉藤ら<sup>22)</sup>は、大まかな目安として ICC が 0.9 以上の場合、その再現性は優秀、0.8 以上の場合は良好、0.7 以上の場合は普通、0.6 以上の場合は可能、0.6 未満の場合は要再考であると評価している。Andrews と Thomas ら<sup>26)</sup>は、男女計 156 名(平均年齢 64.4 歳)を対象に、HHD を用いた上下肢 13 種(肩関節屈曲、肩関節伸展、肩関節外旋、肩関節外転、肩関節内旋、肘関節屈曲、肘関節伸展、手関節背屈、股関節屈曲、股関節外転、膝関節屈曲、膝関節伸展、足関節背屈)の筋力測定を行い、1~2 分の休憩をおいた 2 回の測定における test-retest の再現性を検討し(検者は 3 名が分担)、ICC が 0.932 ~ 0.984 であったと報告した。Hyde と Scott ら<sup>24)</sup>は、デュシェンヌ型ジストロフィなどの筋疾患である少年 12 名を対象に、HHD を用いた肩関節外転、股関節屈曲、股関節外転、膝関節屈曲、膝関節伸展、足関節背屈の筋力測定を行い、30 分後の再テストとの検者内再現性を検討し、相関係数が 0.75 ~ 0.97 であったと報告した。また、Wikholm と Bohannon<sup>9)</sup>は、平均年齢 31 歳の健常な男女計 30 名を対象とした研究において、1 週間の間隔での検者内 ICC は、膝関節伸展 0.821、肩関節外旋 0.926 ~ 0.976(検者 3 名)、肘関節屈曲 0.643 ~ 0.939(検者 3 名)であったと報告した。Wadsworth と Krishnan ら<sup>27)</sup>は、21~70 歳の整形外科的疾患、または神経筋疾患患者 13 名における 2 日後の test-retest のピアソンの相関係数は、手関節伸展 0.88、肩関節外転 0.69、股関節屈曲 0.72、肘関節伸展 0.90、膝関節屈曲 0.75 であったと報告した。

同日内における 2 回の測定の再現性はベルト使用下、不使用下の測定ともにその再現性は良好であった。同日内、および日をあらためた別日における測定の再現性について、ベルト使用下の測定における ICC は、各セグメントにおけるそれぞれの 1 回目、2 回目間の場合で 0.71 ~ 0.96、セグメント内の最高値を採用した場合で 0.75 ~ 0.95 であった。ベルト不使用下の測定における各セグメントの 1・2 回目内の ICC は 0.63 ~ 0.97、各セグメントの代表値として最大値を採用した 2 セグメントの ICC は 0.52 ~ 0.85 であった。両者の結果を比較するとベルト使用下の測定におけるその再現性の高さをみてとることが出来る。特にベルト不使用下の測定における各セグメントの 1・2 回目内の ICC に着目すると、その結果は 0.36 ~ 0.88 と測定項目間により大きな差があり、肘関節伸展を除く ICC は 0.6 以上であり、先行研究に近い値を示したが、日をあらためた 2 回(2 日間)の検者内再現性は肘関節伸展を除き、明らかにベルト使用下の測定における ICC がベルト不使用下の測定における ICC よりも高い値を示したことから、肘関節伸展を除く測定については、ベルト使用下の測定がベルト不使用下の測定よりも高い検者内再現性を有すると考えられた。

また、日をあらためた 2 日間における検者内再現性について、肘関節伸展を除き、明らかにベルト使用下の測定がベルト不使用下の測定に比べて ICC の値が高かった。よって、肘関節伸展を除いた測定については、ベルト使用下の測定のほうがベルト不使用下の測定に比べて日をあらためた 2 日間の測定における検者内再現性が高いと考えられた。

ただし、研究 1 において、肘関節伸展筋力測定の検者間再現性は、ベルト使用下の測定が 0.77、ベルト不使用下の測定が 0.08 であり、検者間再現性を併せた総合的な再現性を考慮すると、肘関節伸展筋力測定についてもベルト使用下の測定の方がベルト不使用下の測

定よりも再現性が高いことが考えられた。

今回の結果から、ベルト使用下の測定における検者内 ICC は従来からの徒手固定を用いた HHD による先行研究結果とも大きな差はなく、1 日の測定値をもって臨床で許容される再現性の高い値が得られることが考えられた。ただし、ベルト使用下の測定において、日をあらためた 2 日間の測定における ICC はいずれも高いものの、0.90 未満であった項目も認め、ICC を 0.90 以上に高めて、より再現性を高めた値を得るためには、Spesrman-Brown の公式を用いて必要測定回数を算出すると、1.85 となり、2 日間の測定を行なうことが考えられた。

以上のことから、ベルト固定を併用した HHD による上肢筋力測定は、基本的には高い検者内再現性を有していることが考えられた。なお、ICC が 0.90 に満たなかった肩関節外転、肩関節内旋、肩関節外旋、肘関節伸展について、0.90 以上の ICC を有する測定値を得ようとする場合には、日をあらためた 2 日間の測定を行なうことが考えられた。

### 研究 3 ベルト固定を併用したハンドヘルドダイナモメーターによる上肢筋力測定における妥当性

#### I. 目的

研究 1, 研究 2 において, 従来からのハンドヘルドダイナモメーター (以下, HHD) を検者が徒手で把持して直接測定部位に当てた状態での徒手固定による等尺性筋力測定 (以下, ベルト不使用下の測定) と, HHD を測定部位に面ファスナーにて固定し, さらにベルトを用いてベッド脚などと連結して固定した状態での等尺性筋力測定 (以下, ベルト使用下の測定) による上肢筋力測定は高い検者間, および検者内再現性を有していると考えられた.

ベルト使用下の測定による上肢筋力測定方法が測定方法として確立していくためには, 再現性が高いほか, 筋力測定において外的基準と考えられる測定との高い妥当性を有していることも必要である.

本研究の目的は, 設置型筋力測定装置を外的基準として, ベルト使用下の測定による肩関節屈曲, 肩関節伸展, 肩関節外転, 肩関節内旋, 肩関節外旋, 肘関節屈曲, 肘関節伸展における筋力値の基準関連妥当性について, 設置型筋力測定装置により得られた等尺性筋力値と比較することである.

#### II. 対象と方法

対象は若年健常者 20 名 (男 10 名, 女 10 名), 年齢  $21.1 \pm 0.6$  歳 (平均値  $\pm$  標準偏差), 身長  $167.0 \pm 8.0$  cm, 体重  $60.8 \pm 11.3$  kg であった. 各測定における測定肢は, 利き手である右上肢計 20 肢であった. いずれも上肢の各関節に整形外科的疾患や関節痛を有する肢はなかった.

上肢筋力測定は, 上肢筋力測定は, 肩関節屈曲・伸展・外転・外旋・内旋, 肘関節屈曲・伸展, 7 種 (以下, 測定項目) であった. 測定は, HHD と設置型筋力測定装置を用いて実施した.

HHD は等尺性筋力測定装置  $\mu$ Tas F-1 (アニマ社) を使用し, 明らかに体格が異なる検者 2 名 (検者 A, 検者 B) が, ①ベルト不使用下の測定と, ②ベルト使用下の測定を行った. 検者 A は男性理学療法士 (身長 173 cm, 体重 70 kg), 検者 B は理学療法学科に所属する女性の学生 (身長 154 cm, 48 kg) であった. 設置型筋力測定装置は等速性筋力測定機器 BIODEX SYSTEM 3 (Biodex Medical Systems 社: 以下, BIODEX) を用いて, 等尺性筋力を測定した.

HHD および BIODEX による測定ともに 1 回の練習を行ったのち, 約 5 秒間の最大努力による等尺性運動を 30 秒以上の休憩を設けて HHD においては 2 回, BIODEX においては 3 回実施し, その最大値を採用した. HHD の検者 A と検者 B による測定は同一日, HHD と BIODEX による測定は別日に行い, 異なる運動項目の測定間には 5 分以上の休憩を設けた.

HHD による測定は測定単位を kg として, BIODEX による測定値との比較を行うために重力加速度 ( $9.8 \text{ m/sec}^2$ ), およびレバーアーム長 (関節裂隙中央からセンサー中央までの距



離)を乗じて  $\text{Nm}(\text{kg}\cdot\text{m}/\text{sec}^2)$ へと変換した. BIODEX による筋力測定値は最大トルク値(Nm)を採用した.

HHD による測定値の妥当性は, BIODEX による測定値を外的基準とした基準関連妥当性を検討した. 統計処理は SPSS Ver.15.0 J for Windows を使用し, 2 種の測定機器によって得られた筋力値の関連性について, ピアソンの相関係数を用いて, 危険率 5%未満をもって有意と判断した.

#### 測定項目① 肩関節屈曲筋力測定

##### 1) HHD

被験者は訓練台(ベッド)上で背臥位となり, 測定する側の上腕遠位部の直下にベッド脚が位置するように体の位置を調整した. 被験者は両上肢を体側に置き, 肩関節屈曲 0 度・外転 0 度, 肘関節軽度屈曲位, 前腕回内位とした. 下肢においては, 両股関節, 膝関節ともに伸展位とした. HHD のセンサーのパッドは上腕遠位部の前面に当て, センサーの下端は上腕骨外側上顆稜の高さとした. ベルト使用下の測定においては, ベルトの位置は, センサーを当てた測定肢とベッド脚が平行となるように位置させ, ベルトで連結して固定した.

##### 2) BIODEX

肩関節屈曲筋における筋力測定方法は, それぞれ肩関節屈曲 90 度での等尺性収縮とした. 測定肢位は座位とし, 肩関節屈曲 90 度, 肘関節伸展 0 度, チルト面は 0 度, 回転軸は肩峰とした(図 3-1).

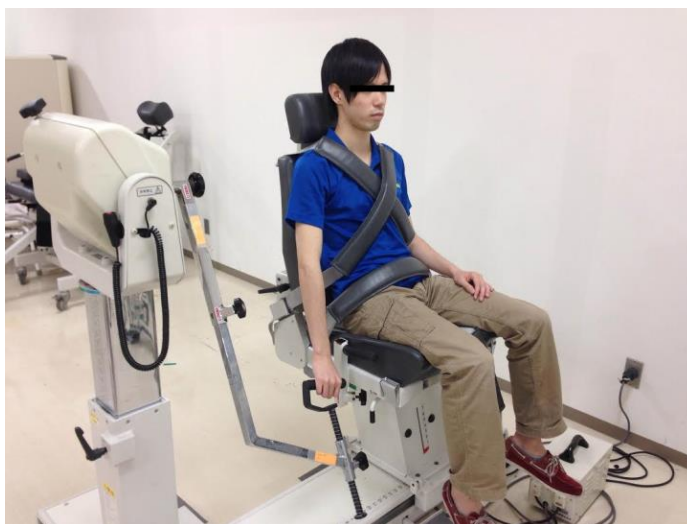


図 3-1 等速性筋力測定機器による肩関節屈曲筋力測定場面

## 測定項目② 肩関節伸展筋力測定

### 1) HHD

肩関節伸展筋力測定では、被験者は椅子に腰かけ、測定する側の上肢の前方に縦型手すりが位置するように椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし、測定側である上肢を下垂した状態で、肩関節屈曲 0 度・外転 0 度、肘関節屈曲 0 度、前腕回内位とした。HHD のセンサーのパッドは上腕骨遠位部の後面に当て、センサーの下端は肘頭窩の上縁の高さとした。ベルト使用下の測定においては、ベルトの位置は、センサーを当てた測定肢と縦型手すりが平行となるように位置させ、ベルトで連結して固定した。

### 2) BIODEX

肩関節伸展筋における筋力測定方法は、それぞれ肩関節屈曲 90 度での等尺性収縮とした。測定肢位は座位とし、肩関節屈曲 90 度、肘関節伸展 0 度、チルト面は 0 度、回転軸は肩峰とした(図 3-2)。



図 3-2 等速性筋力測定機器による肩関節伸展筋力測定場面

## 測定項目③ 肩関節外転筋力測定

### 1) HHD

肩関節外転筋力測定では、被験者は椅子に腰かけ、測定する側を肩関節外転 90 度にしたときに、ベッド脚が上腕骨遠位部の真下になるように椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし、測定側の肩関節外転 90°、肘関節軽度屈曲位、前腕回内位とした。HHD のセンサーのパッドは上腕骨遠位部上面に当て、センサーの下端は内側上顆の上縁の位置とした。ベルト使用下の測定においては、ベルトの位置は、センサーを当てた測定肢とベッド脚が平行になるように位置させ、ベルトで連結して固定した。測定に際しては、体幹の側屈による代償運動を防ぐため、非測定肢側には椅子座位時の大

椅子の高さと同一になるよう、高さ 10cm の立ち上がり台の上に椅子を用意して設置し、その座面に手を置いた。

## 2) BIODIX

肩関節外転筋における筋力測定方法は、肩関節外転 90 度での等尺性収縮とした。測定肢位は座位とし、肩関節外転 90 度、肘関節伸展 0 度。椅子を 30 度回転させ、チルト部を 70 度回転した位置にあわせ、回転軸を肩峰とした(図 3-3)。



図 3-3 等速性筋力測定機器による肩関節外転筋力測定場面

## 測定項目④ 肩関節内旋筋力測定

### 1) HHD

肩関節内旋筋力測定では、被験者は椅子に腰かけ、訓練台（ベッド）上に肘をつけて、体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし、測定側の肩関節屈曲 45 度・外転 0 度、肘関節を屈曲 135°とし、前腕がベッド面に対して垂直位となるようにした。HHD のセンサーのパッドは前腕遠位部前面に当て、センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした。ベルト使用下の測定においては、ベルトの位置は、センサーを当てた測定肢と前腕と訓練用階段の縦手すりが平行となるように位置させ、縦型手すりにベルトを連結して固定した。測定に際しては、肩関節内外転による代償運動を防ぐため肘の位置を徒手にて固定した。

### 2) BIODIX

肩関節内旋における筋力測定方法は、肩関節屈曲 0 度での等尺性収縮とした。測定肢位は座位とし、肩関節軽度外転、肘関節 90 度、チルト部を 40 度とし、回転軸は肘関節～肩関節を通る線とした(図 3-4)。



図 3-4 等速性筋力測定機器による肩関節内旋筋力測定場面

#### 測定項目⑤ 肩関節外旋筋力測定

##### 1) HHD

肩関節外旋筋力測定では、被験者は椅子に腰かけ、訓練台（ベッド）上に肘をつけて、体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直位にし、測定側の肩関節屈曲 45 度・外転 0 度、肘関節を屈曲 135°とし、前腕がベッド面に対して垂直位となるようにした。HHD のセンサーのパッドは前腕遠位部後面に当て、センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした。ベルト使用下の測定においては、ベルトの位置は、センサーを当てた測定肢と前腕と縦型手すりが平行となるように位置させ、縦型手すりにベルトを連結して固定した。測定に際しては、肩関節内外転による代償運動を防ぐため肘の位置を徒手にて固定した。

##### 2) BIODEX

肩関節外旋における筋力測定方法は、肩関節屈曲 0 度での等尺性収縮とした。測定肢位は座位とし、肩関節軽度外転、肘関節 90 度、チルト部を 40 度とし、回転軸は肘関節～肩関節を通る線とした(図 3-5)。



図 3-5 等速性筋力測定機器による肩関節外旋筋力測定場面

## 測定項目⑥ 肘関節屈曲筋力測定

### 1)HHD

被験者においては、椅子に腰かけ、訓練台（ベッド）の上に前腕を置き、体幹が垂直となる位置に椅子の位置を調整した。被験者は体幹を伸展させ垂直にし、測定側の肩関節軽度屈曲位・外転0度、肘関節屈曲45度、前腕回外位にした。HHDのセンサーは、前腕遠位部前面にあて、センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした。測定時に際しては、体幹屈曲による代償運動を防ぐため測定側の肩関節前面を徒手にて固定した。ベルト使用下の測定においては、ベルトの位置は、センサーを当てた測定肢とベッド脚が平行となるように位置させ、ベッド脚でベルトと連結して固定した。

### 2)BIODEX

肘関節屈曲における筋力測定方法は、肩関節45度屈曲位、肘関節90度屈曲位、チルト面は20度とし、回転軸は外側裂隙とした（図3-6）。



図 3-6 等速性筋力測定機器による肘関節屈曲筋力測定場面

## 測定項目⑦ 肘関節伸展筋力測定

### 1) HHD

被験者においては、椅子に腰かけ、高さ 90cm の台の上に肘をつけて、体幹を伸展させ垂直になる位置に椅子の位置を調整した。被験者は測定肢の上肢を肩関節屈曲 45 度・外転 0 度、肘関節屈曲 100 度、前腕回外位になるようにした。HHD のセンサーは、前腕遠位部後面にあて、センサー上端は橈骨茎状突起の高さとした。測定時に際しては、体幹伸展による代償運動を防ぐため、体幹背面と壁との間にクッションを挟み、体幹の位置を固定した。ベルト使用下の測定においては、ベルトの位置は、センサーを当てた測定肢と縦型手すりが平行となるように位置させ、縦型手すりでベルトと連結して固定した。

### 2) BIODEX

肘関節伸展における筋力測定方法は、肩関節 45 度屈曲位、肘関節 90 度屈曲位、チルト面は 20 度とし、回転軸は外側裂隙とした（図 3-7）。



図 3-7 等速性筋力測定機器による肘関節伸展筋力測定場面

## III. 倫理上の配慮

対象者にはヘルシンキ宣言に従い、本研究の概要と目的を十分に説明し、個人情報の保護、研究中止の自由などが記載された説明文を用いて説明し書面にて同意を得たうえで実施した。なお、本研究に際しては了徳寺大学生命倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号 2006）。

## IV. 結果

HHD による測定値と BIODEX による測定値におけるピアソンの相関係数は、ベルト不使用下の測定における検者 A では  $r = 0.58 \sim 0.87$ 、ベルト不使用下の測定における検者 B では  $r = 0.17 \sim 0.66$ 、ベルト使用下の測定における検者 A では  $r = 0.63 \sim 0.90$ 、ベルト使用下の測定における検者 B では  $0.61 \sim 0.86$  であり、検者 A、B ともにベルト使用下の測

定ではすべての項目で有意な相関を認めた。ベルト不使用下の測定では検者 A では肩屈曲以外の項目において有意な相関を認め、検者 B では肩屈曲のみ有意な相関を認めた。

### 結果① 肩関節屈曲筋力測定

等尺性肩関節屈曲筋力平均値（平均値±標準偏差）は、ベルト不使用の測定による検者 A, 検者 B, ベルト使用下の測定による検者 A, 検者 B, BIODEX の順に, 35.4±13.6 Nm, 34.1±7.9 Nm, 47.9±24.5 Nm, 45.2 ±21.5 Nm, 35.9±17.3 Nm であった。ベルト使用下の測定, BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.86, 検者 B においては 0.77 であり, 検者 A・検者 B 両者におけるそれぞれの測定項目において HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた。ベルト不使用下の測定, BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.58, 検者 B においては 0.66 であり, 検者 B でのみ HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた (図 3-8)。

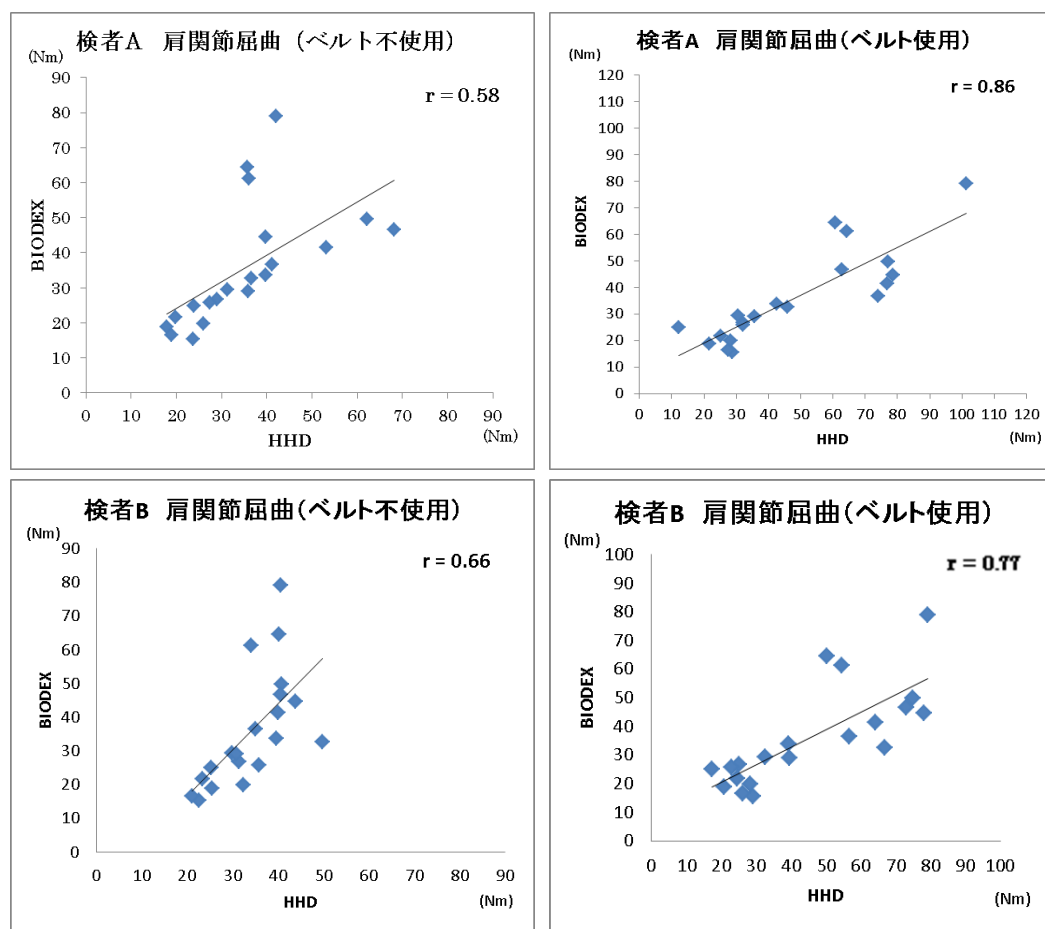


図 3-8 肩関節屈曲筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した測定値と等速性筋力測定機器を使用した測定値との関連

## 結果② 肩関節伸展筋力測定

等尺性肩関節伸展筋力平均値（平均値±標準偏差）は、ベルト不使用下の測定による検者 A, 検者 B, ベルト使用下の測定による検者 A, 検者 B, BIODEX の順で、 $15.4 \pm 5.9$  Nm,  $7.5 \pm 2.2$  Nm,  $18.8 \pm 6.3$  Nm,  $16.5 \pm 6.9$  Nm,  $50.5 \pm 24.9$  Nm であった。ベルト使用下の測定, BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.75, 検者 B においては 0.61 であり, 検者 A・検者 B 両者におけるそれぞれの測定項目において HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた。ベルト不使用下の測定, BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.77, 検者 B においては -0.39 であり, 検者 A でのみ HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた（図 3-9）。

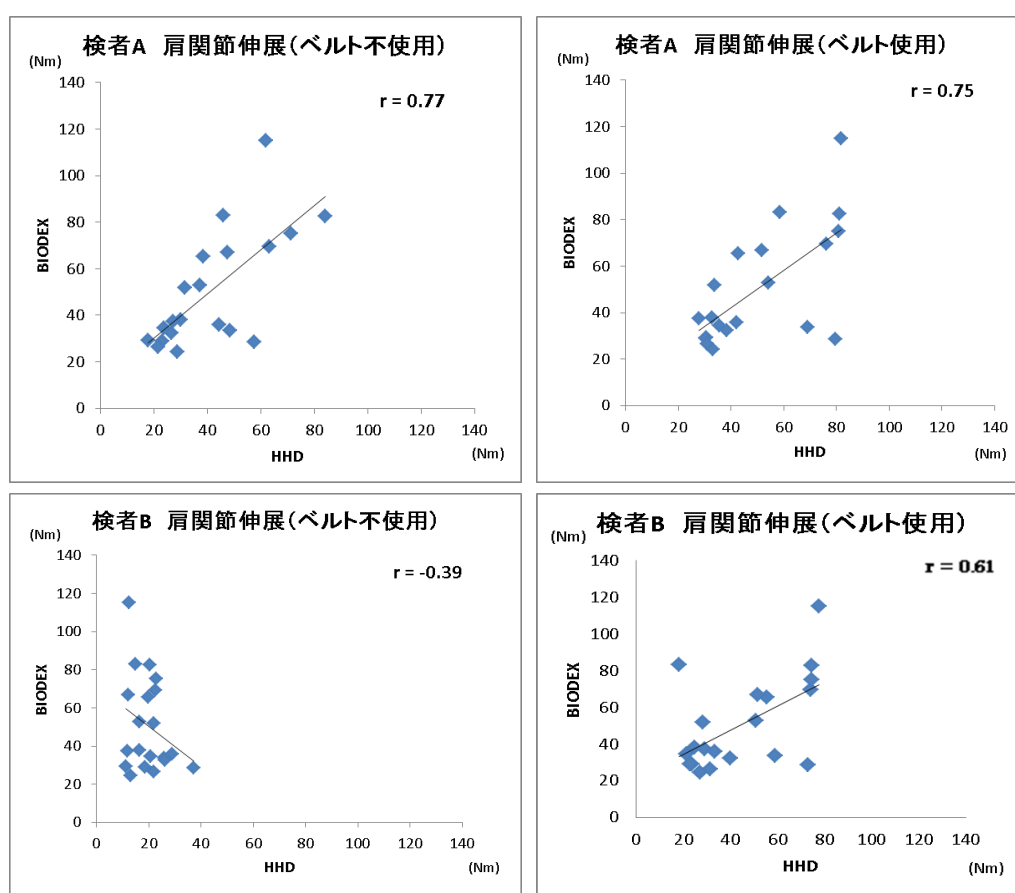


図 3-9 肩関節伸展筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した測定値と等速性筋力測定機器を使用した測定値との関連

## 結果③ 肩関節外転筋力測定

等尺性肩関節外転筋力平均値（平均値±標準偏差）は、ベルト不使用の測定による検者 A, 検者 B, ベルト使用下の測定による検者 A, 検者 B, BIODEX の順で、 $12.6 \pm 4.3$  Nm,  $9.4 \pm 1.8$  Nm,  $15.4 \pm 6.9$  Nm,  $14.3 \pm 5.9$  Nm,  $22.9 \pm 13.9$  Nm であった。ベルト使用下の測定, BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.88, 検者 B においては



0.76 であり、検者 A・検者 B 両者におけるそれぞれの測定項目において HHD と BIODEx との間に有意な相関が認められた。ベルト不使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.87、検者 B においては 0.17 であり、検者 A でのみ HHD と BIODEx との間に有意な相関が認められた（図 3-10）。

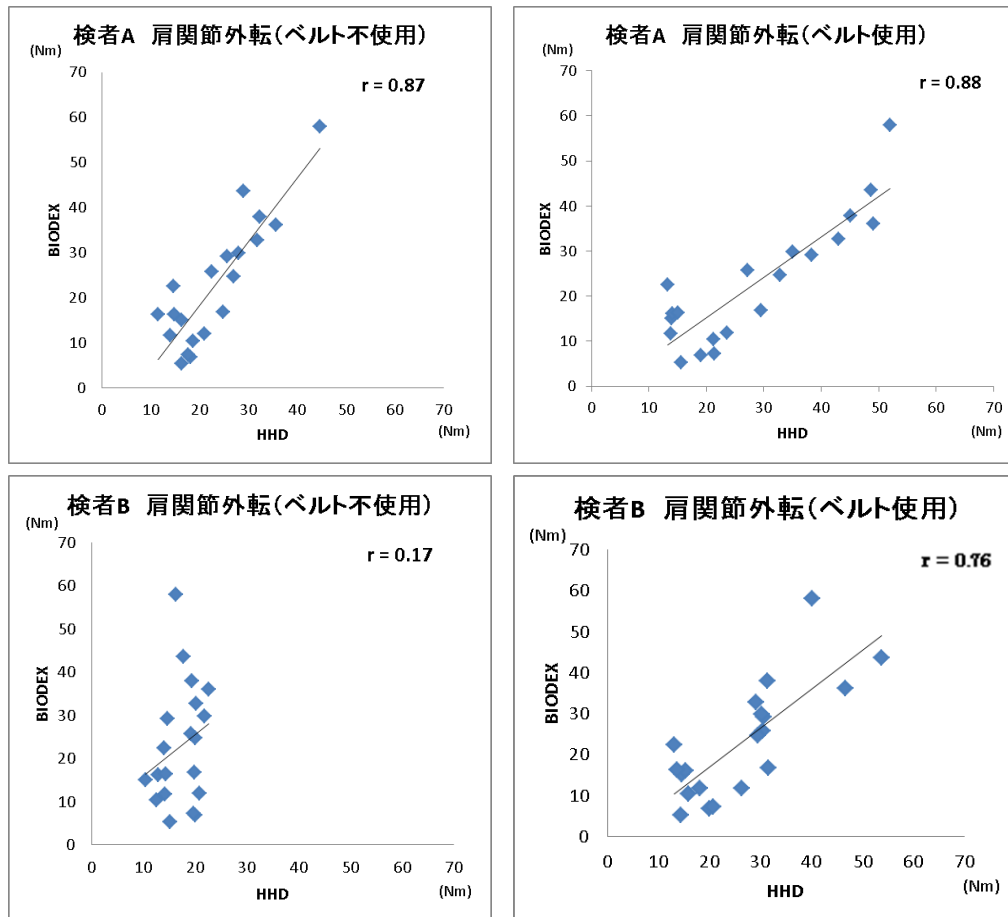


図 3-10 肩関節外転筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した測定値と等速性筋力測定機器を使用した測定値との関連

#### 結果④ 肩関節内旋筋力測定

等尺性肩関節内旋筋力平均値は、（平均値±標準偏差）は、ベルト不使用下の測定による検者 A、検者 B、ベルト使用下の測定による検者 A、検者 B、BIODEX の順で、肩関節内旋が 14.3±6.2 Nm, 8.6±2.4 Nm, 20.4±10.8 Nm, 16.3±8.1 Nm, 34.0±15.0 Nm であった。ベルト使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.90、検者 B においては 0.86 であり、検者 A・検者 B 両者におけるそれぞれの測定項目において HHD と BIODEx との間に有意な相関が認められた。ベルト不使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.85、検者 B においては 0.34 であり、検者 A でのみ HHD と BIODEx との間に有意な相関が認められた（図 3-11）。

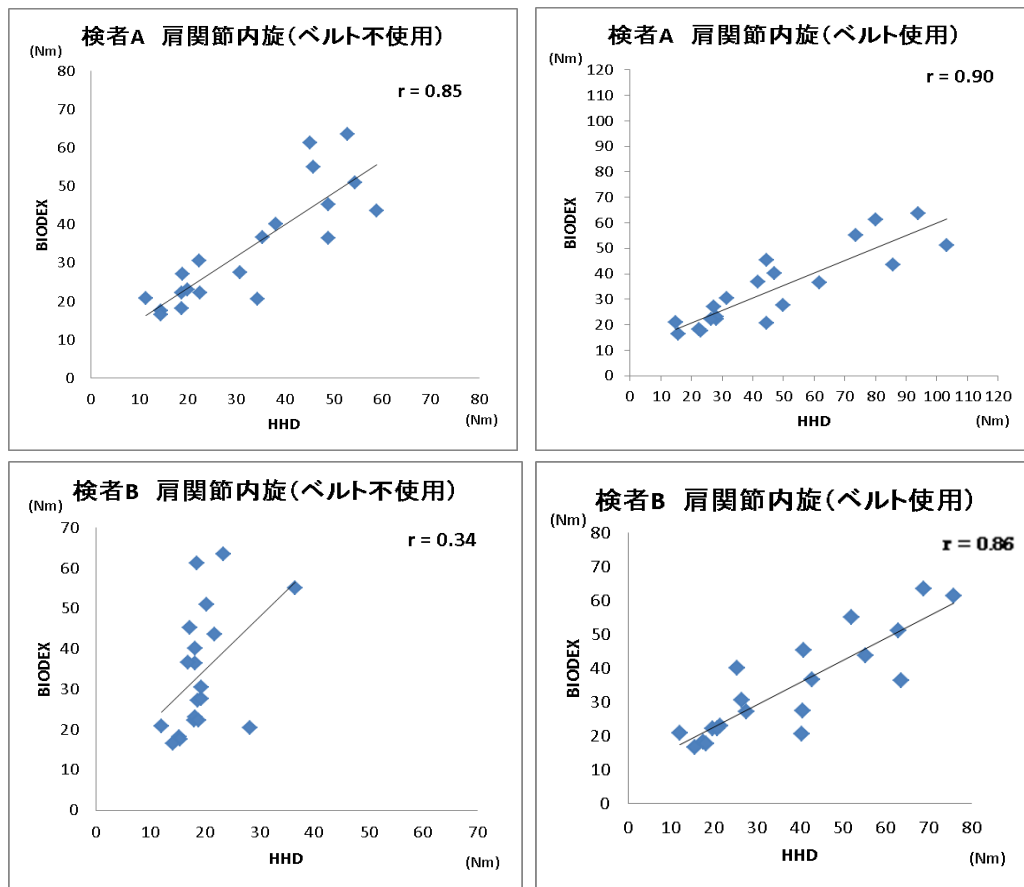


図 3-11 肩関節内旋筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した測定値と等速性筋力測定機器を使用した測定値との関連

#### 結果⑤ 肩関節外旋筋力測定

等尺性肩関節外旋筋力平均値（平均値±標準偏差）は、ベルト不使用下の測定による検者 A、検者 B、ベルト使用下の測定による検者 A、検者 B、BIODEX の順で、 $8.6 \pm 2.7$  Nm,  $5.6 \pm 1.6$  Nm,  $8.0 \pm 3.1$  Nm,  $7.0 \pm 2.4$  Nm,  $20.0 \pm 7.6$  Nm であった。ベルト使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.63, 検者 B においては 0.72 であり、検者 A・検者 B 両者におけるそれぞれの測定項目において HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた。ベルト不使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.84, 検者 B においては 0.55 であり、検者 A でのみ HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた（図 3-12）。

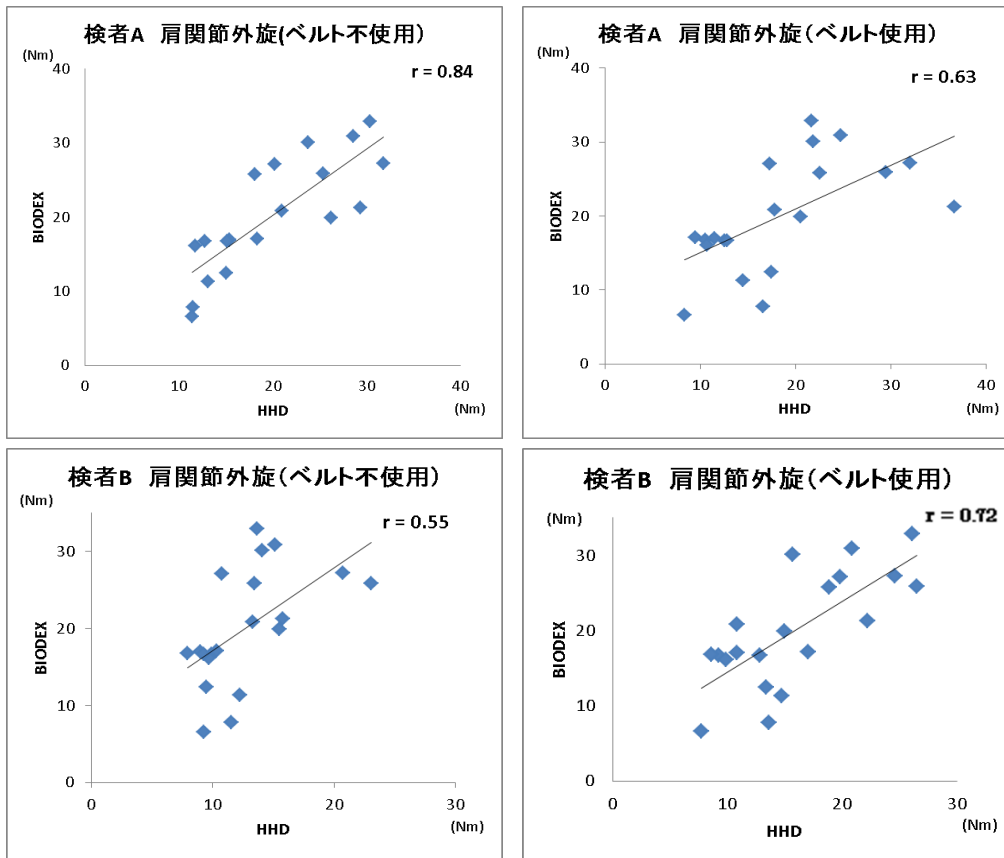


図 3-12 肩関節外旋筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した測定値と等速性筋力測定機器を使用した測定値との関連

#### 結果⑥ 肘関節屈曲筋力測定

等尺性肘関節屈曲筋力平均値（平均値±標準偏差）は、ベルト不使用下の測定による検者 A、検者 B、ベルト使用下の測定による検者 A、検者 B、BIODEX の順で、 $27.6 \pm 10.8$  Nm、 $23.7 \pm 4.6$  Nm、 $41.3 \pm 20.1$  Nm、 $38.7 \pm 26.0$  Nm、 $26.0 \pm 15.9$  Nm であった。ベルト使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.68、検者 B においては 0.72 であり、検者 A・検者 B 両者におけるそれぞれの測定項目において HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた。ベルト不使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.60、検者 B においては 0.29 であり、検者 A でのみ HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた（図 3-13）。

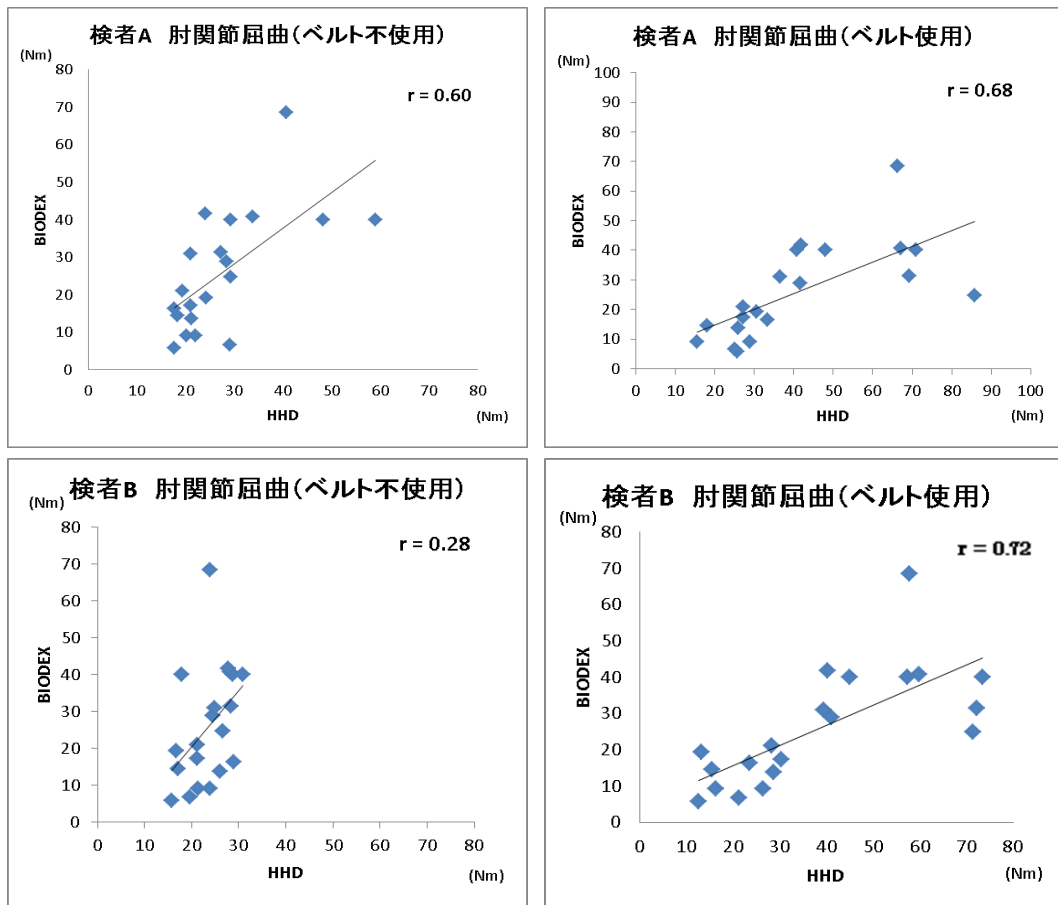


図 3-13 肘関節屈曲筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した測定値と等速性筋力測定機器を使用した測定値との関連

#### 結果⑦ 肘関節伸展筋力測定

等尺性肘関節伸展筋力平均値（平均値±標準偏差）は、ベルト不使用下の測定による検者 A、検者 B、ベルト使用下の測定による検者 A、検者 B、BIODEX の順で、 $28.7 \pm 12.0$  Nm、 $16.8 \pm 4.0$  Nm、 $26.3 \pm 9.2$  Nm、 $27.1 \pm 11.2$  Nm、 $42.7 \pm 11.0$  Nm であった。ベルト使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.77、検者 B においては 0.72 であり、検者 A・検者 B 両者におけるそれぞれの測定項目において HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた。ベルト不使用下の測定、BIODEX の両者におけるピアソンの相関係数は検者 A においては 0.68、検者 B においては 0.29 であり、検者 A でのみ HHD と BIODEX との間に有意な相関が認められた（図 3-14）。

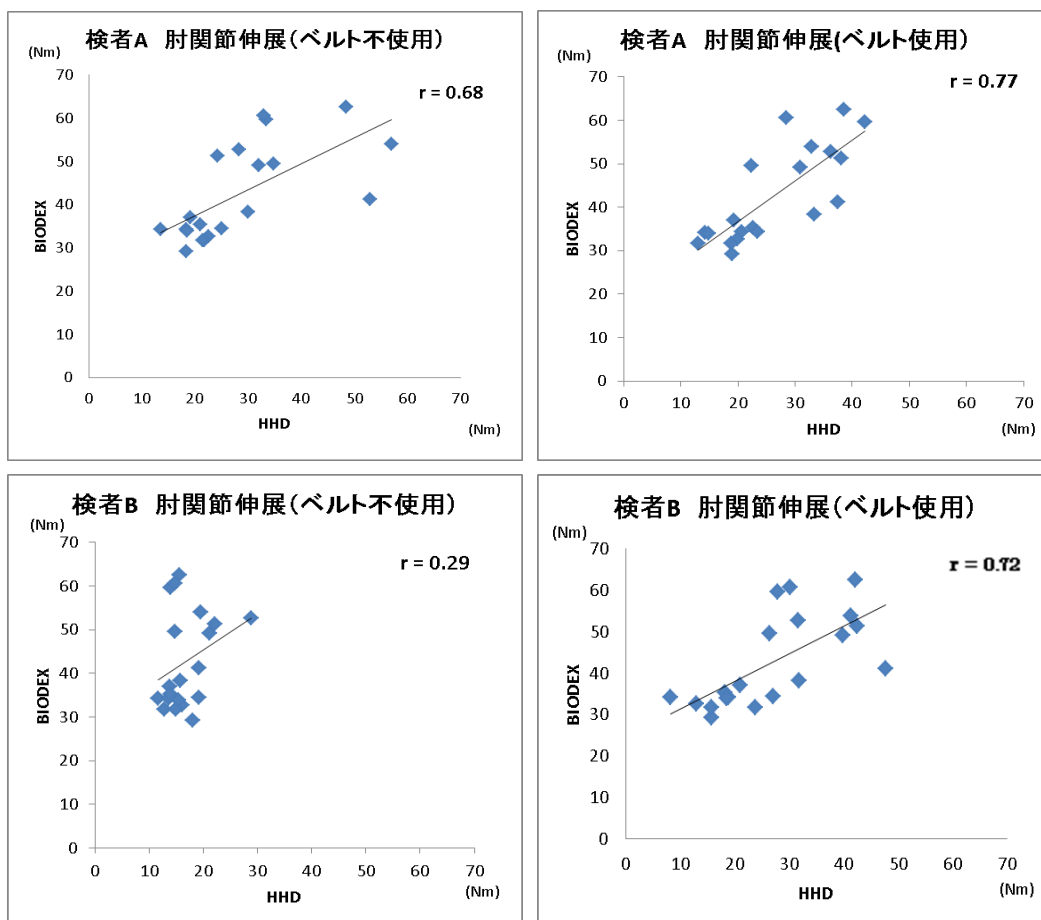


図 3-14 肘関節伸展筋力における、ハンドヘルドダイナモメーターを使用した測定値と等速性筋力測定機器を使用した測定値との関連

## V. 考察

測定の結果、ベルト使用下の測定と BIODEX 両者におけるピアソンの相関係数は検者 A、B とともに、すべての測定項目において有意な相関を認めた。しかし、ベルト不使用下の測定と BIODEX 両者におけるピアソンの相関係数は、とくに検者 B では肩関節屈曲を除き有意な相関を示さなかったことから、ベルト不使用下の測定による測定値の妥当性は検者により大きく異なり、運動に対する抑止力（固定力）が低いと考えられる検者においては、妥当性はより低くなることが考えられた。また、運動に対する抑止力が高いと考えられる検者において、肩関節屈曲以外の項目では、ベルト不使用下の測定での測定値と BIODEX での測定値の相関係数がベルト使用下の測定での測定値と BIODEX での測定値の相関係数とほぼ同じ値を示したことから、ベルト使用下の測定による上肢筋力測定の妥当性について、運動に対する抑止力（固定力）の高い検者では高い妥当性を有する測定項目が多いが、抑止力の低い検者では妥当性に問題があると考えられた。したがって、ベルトを使用することにより、運動に対する抑止力の大小に関わらず、高い基準関連妥当性が得られると考え

られた。

HHD など比較的簡便な機器を用いた筋力測定の妥当性に関して、Sullivan と Chesley ら<sup>15)</sup>は平均年齢 23 歳の健常男性 14 名を対象として、HHD と等速性筋力測定装置による等尺性肩関節外旋筋力を 1 週後に日をあらためて 2 度測定し、測定の再現性と妥当性を検討した。得られた平均値は 47 ~ 49 Nm であり、1 週後の値とのピアソンの相関係数は HHD で 0.986、等速性筋力測定装置で 0.993 と良好であった。HHD と等速性筋力測定装置との比較では、ピアソンの相関係数は 1 日目で 0.519、2 日目で 0.780 であり、1 日目においては有意な相関 ( $p < 0.05$ ) を認めなかった。Reed と Hartog ら<sup>15)</sup>は平均年齢 70.3 歳の男女高齢者計 32 名を対象として、HHD と等速性筋力測定装置による肘関節屈曲、伸展、および膝関節屈曲、伸展筋力を測定し比較を行った。その結果、HHD による測定値は 35 kg 未満であり、HHD と等速性筋力測定装置 ( $60^\circ / \text{sec}$ ) による値によるピアソンの相関係数は肘関節屈曲で 0.84、肘関節伸展で 0.85、膝関節屈曲で 0.77、膝関節伸展で 0.74 であった。

今回の結果、ベルト使用下の測定による測定値平均が BIODEX による測定値平均と比較して、肩関節外転を除く他の測定項目においては、いずれも低い値を示した。ベルト使用下の測定による測定値が BIODEX による測定値に比べ低い値を示した背景としては、両者の測定に際して測定肢位は原則として姿勢を可能な限り統一し、センサーを当てる部位においても揃えるように行ったが、BIODEX による測定はすべて装置のテーブル (台) 上での設定であり、併せて付属のベルト固定も行ったため、座位における背もたれの有無、骨盤や体幹の固定状態、センサーパッド部に生じる痛みなどが異なっていたことが影響したと考えられた。また、運動項目によっては、測定肢位を HHD と BIODEX において統一できなかったことも影響したのではと考えられた。今後は、両者の測定において機器の違い以外の条件は統一した測定による検討が望まれる。

また、本研究は若い健常者を対象とした研究であるため、高齢者や疾患を有する対象者、より筋力値が高いと考えられるスポーツ選手における結果は不明であり、測定の精度に関しての課題が残る。

MMT の段階 5 と 4 の段階づけには主観的要素と客観的要素を含むことから、熟練と経験を必要とすると考えられる。しかし、本研究にて行ったベルト使用下の測定では、筋力値が定量的な数値で表されることと共に、その測定方法に妥当性が得られたと考えられた。特に、検者 B は筋力測定における経験が少ない理学療法学科の学生であるが、ベルト使用下の測定による測定値と BIODEX による測定値における両者の相関係数は有意な相関を認めた。以上のことから、筋力値が定量的な数値で表わせるとともに、筋力測定技量や測定熟達度を補うことができるというベルト使用下の測定の有用性が示唆された。

ベルト使用下の測定による測定値と BIODEX による測定値における両者の相関係数は、検者 A においては  $r = 0.63 \sim 0.90$ 、検者 B においては  $r = 0.61 \sim 0.86$  であり、有意な相関を認め、臨床で現在用いられている HHD の徒手固定による使用での先行研究と比べても遜色ない結果であった。しかし、研究 1、研究 2 の結果が示すようにベルト不使用下の測定は、

検者、被験者により固定限界が問題となりやすく、HHDによる先行研究は障害や加齢により筋力低下を来していると考えられる対象や筋力水準が低い測定項目が含まれているため、検者、被験者を問わず広く利用する測定においては結果が異なると考えられる。よって、本研究の結果からベルト固定を併用したHHDによる肩関節屈曲、伸展、外転、内旋、外旋、肘関節屈曲、伸展筋力測定は、測定値の比較に耐えうる妥当性を有していると考えられた。

以上のことから、考案したベルト使用下の測定による等尺性肩関節屈曲、伸展、外転、内旋、外旋、肘関節屈曲、伸展筋力測定は高い妥当性を有しており、臨床において各種比較にも耐えうる測定値が得られると考えられた。

## 【総括】

臨床における主要な筋力測定方法として広く利用されている MMT は、特別な道具を用いることなく簡便に筋力低下の有無を把握することができることから、とくに診断の際にはもっとも利用しやすい筋力測定方法であると言える。MMT の判定段階 0 から 3 については、筋収縮の有無や抗重力運動の可否による判定を用いるため、比較的検者間の再現性は高くなることが予想されるが、段階 4 以上では、検者が加える徒手抵抗により筋力の多寡を判定するため、検者による主観が影響する可能性が高く、再現性を高めるためには段階 4 の範囲が大きくなることが予想される。

MMT の段階 4 に相当する筋力の範囲が広いことは、筋力測定の目的が筋力増強トレーニングの負荷量を検討する、あるいはトレーニング経過中の変化や目標値との比較をすることである場合において、それらを明確にすることが不可能とする要因となる。それにより、筋力増強トレーニングの必要性、目標値を明確に提示できないばかりでなく、トレーニング継続中における筋力の変化も示すことができず、トレーニング効果の判定や目標に達する時期の予測を不可能とする。また、上肢に限定した場合、日常生活活動程度であれば影響が少ないが、野球等の球技ややり投げ等の投てき競技者の傷害治療後の競技復帰に向けた練習再開の判断などに支障を来すことも予想される。これらはいずれも対象者がトレーニングに臨むうえでの動機づけに影響し、トレーニング効果を阻害する因子となると考えられる。

MMT の段階 4 以上における上述の問題に対して、それを補う方法として定量的筋力測定が考えられる。定量的筋力測定には多種の方法があり、大型の設置型筋力測定機器である等速性筋力測定機器がもっとも妥当性の高い測定方法であるが、価格の問題や測定に要する煩雑さから、臨床に普及しているとは言い難い。重錘などの錘を用いる方法は簡便ではあるが、最大筋力を見出すまでに何度も錘の負荷量を変えていく必要があり、測定時間もながくなる傾向があると考えられる。ハンドヘルドダイナモメーター (HHD) は小型、軽量であり、定量的測定値が容易に得られる利点を有するが、先行研究において再現性についての見解が分かれている。おおむね上肢の筋力測定より下肢の筋力測定、女性被験者より男性被験者、高齢者より若年者、疾患を有する被験者より健常被験者において、再現性は低くなることが指摘されている。また、HHD を検者が手で把持して測定を行うために、被験者が行う運動に対して、関節運動を抑止して固定することが必要となり、検者により固定性に差があるために、再現性、とくに検者間再現性が低くなるのが下肢の筋力測定における検討において指摘されている。従来、検者の徒手固定限界は 30 kgf (300 N) 程度と考えられていたが、本邦における検討では、さらに低い固定限界である検者も存在することが報告されている。

そこで、下肢筋力測定において、HHD を検者の徒手ではなく、ベルトを用いて固定することにより、被験者が行う関節運動を抑止 (固定) する方法が考案され、膝関節伸展筋力を中心として、広く臨床に普及してきている。しかし、上肢筋力測定におけるベルトを用



いて被験者が行う運動を抑止する測定方法は確立されていない。そのため、本研究では上肢筋力測定において、HHD をベルトで固定する測定方法を考案し、検者間再現性、検者内再現性、および等速性筋力測定機器による測定値を基準とした妥当性について検討した。

結果より、HHD を検者が徒手で把持して測定する従来の方法においても同日内の検者内再現性は高いが、日をあらためた 2 日間の検者内再現性は低くなりやすく、とくに検者間再現性が低くなることが示唆された。それに対して、HHD をベルトで固定する今回の方法は、従来の方法に比べてそれらの再現性が高いことが示唆された。等速性筋力測定機器による測定値と比較した妥当性については、男性検者による一部の測定を除き、従来の方法は有意な相関を認めず、妥当性に問題を有していることが示唆されたが、HHD をベルトで固定する今回の方法では、いずれの項目においても有意な相関を認め、HHD をベルトで固定した上肢筋力測定の妥当性は高いことが考えられた。

これらのことから、HHD の徒手固定限界を補う簡便な方法として考案した HHD に固定用ベルトを併用した等尺性上肢筋力測定は、高い検者間再現性と検者内再現性、および妥当性が得られたと考えられた。

MMT の段階 4 以上の筋力範囲はかなり広いと予想される。今回使用した HHD は、測定範囲は 0 から 100 kgf (約 980 N) 、測定誤差は 0.1 kg 以内に調整・校正されており、臨床で経験するほとんどの上肢筋力値を包括する広い範囲の筋力値に対して対応が可能と考えられた。したがって、MMT で行う上肢筋力測定における段階 4、5 の筋力をほぼすべての症例において定量的に把握することができると考えられた。また、MMT 段階 2、3 の筋力についても、段階 2 の測定方法である重力の影響を最小にした設定においても HHD を用いることにより、定量的測定値が得られる可能性がある。

以上のことから、上肢筋力測定における MMT の段階 4 以上については、HHD をベルトで固定する方法を用いることにより、再現性と妥当性の高い測定値が得られることが考えられた。

本研究の限界に関して、本研究は若い健常者による測定で比較的筋力水準が高い対象であるため、精度の面からは高齢者や障害者など筋力低下を来している対象における検討が必要である。また、HHD をベルトで固定する測定方法は等速性筋力測定機器による測定に比べると大幅に簡略化された測定方法であると言えるが、MMT に比べると測定時間も長く要し、多くの運動項目（筋群）に対する測定を行うことは難しいことが挙げられる。そのため、HHD をベルトで固定する必要がある筋力範囲について検討を行い、HHD の徒手固定とベルト固定の使い分けを検討する必要がある。

今後の展望としては、性別や年代別の上肢筋力における基準値の作成が挙げられる。基準値が明確になることにより、得られた値の解釈が容易となり、トレーニングによる経過や目標が明確にできる。また、各種動作に必要とされる筋力値の検討が挙げられる。しかし、理学療法において多くの場合に目標となる日常生活活動について、上肢を主として用いる食事や整容などの活動に限定した場合、最低限必要とする肩関節および肘関節筋力値

は MMT の段階 4 以下であると推察される。したがって、日常生活活動の獲得を目標とした場合には、MMT の段階 3 までの筋力が主な対象となることから、MMT の段階 2 と 3 のテストにおいては、可能な運動範囲（角度）を記録することにより変化の把握が可能となると考えられる。そのため、定量化された筋力値が必要となる主な対象としては、MMT の段階 4 以上の筋力となり、下肢障害により上肢による代償が必要となる場合、投球動作を要するスポーツ競技者などの健常人よりもさらに高い上肢筋力が要求される者となると考えられる。ただし、MMT の段階 2 から 5 までの連続した変化をとらえるためには、同じ尺度の評価が必要となることから、MMT の段階 3 以下についても定量的筋力測定を行う意義は高いと考えられる。したがって、診断のために行う場合など多くの測定を一度に行う際には、MMT を用い、筋力増強トレーニングの主要な運動項目であり定量的測定値を提示した方が良い項目については、HHD をベルトで固定する今回の方法を併用し、トレーニングの動機づけを図りながらトレーニング効果を最大限に引き出すように介入することが考えられ、臨床における筋力測定の考え方として提案したい。それにより、筋力測定とトレーニングが真に主要な理学療法評価と介入として位置づけられ、諸活動の獲得に導く見通しが高まり、理学療法の専門性を高めるとともに、理学療法が広く国民の生活に寄与できることになることが期待できるであろう。

#### 【謝辞】

本研究にご協力頂いた、了徳寺大学健康科学部理学療法学科の教職員・学生諸氏、および、ご指導を賜りました国際医療福祉大学大学院丸山仁司教授に感謝いたします。

#### 【引用文献】

- 1) 中山影一.徒手筋力テストの信頼性について.理学療法・作業療法 1990;13:87-92
- 2) Van der Ploeg RJ,Oosterhuis HJ,Reuvekamp J.Measuring muscle strength.J Neurol 1984;231(4):200-203
- 3) 米本恭三,岩谷力,石神重信ら.リハビリテーションにおける評価.Ver. 2.東京:医歯薬出版株式会社, 2000:57-71
- 4) 米本恭三,石神重信,石田暉ら.リハビリテーションにおける評価.東京:医歯薬出版株式会社, 1996:77-88
- 5) Smidt GL,Albright JP,Deusinger RH.Pre and post operative functional changes in total knee patients. J Orthop Sport Phys Ther 1984; 6(1): 25-29
- 6) Agre JC, Magness JL, Hull SZ, et al.Strength testing with a portable dynamometer: reliability for upper and lower extremities. Arch Phys Med Rehabil 1987; 68(7): 454-45
- 7) Bohannon RW,Andrews AW.Interrater reliability of hand-held dynamometry. Phys Ther 1987; 67(6): 931-933
- 8) Wikholm JB,Bohannon RW.Hand-held dynamometer measurements:Tester strength makes a

- difference. *J Orthop Sport Phys Ther* 1991;13(4):191-198
- 9) Bohannon RW, Wikholm JB. Measurements of knee extension force obtained by two examiners of substantially different experience with a hand-held dynamometer. *Isokinet Exerc Sci* 1992;2(1): 5-8
  - 10) McMahon LM, Burdett R, Whitney SL. Effects of muscle group and placement site on reliability of hand-held dynamometry strength measurements. *J Orthop Sport Phys Ther* 1992;15(5): 236-242
  - 11) Leggin BG, Neuman RM, Iannotti JP, et al. Intrarater and interrater reliability of three isometric dynamometers in assessing shoulder strength. *J Shoulder Elbow Surg* 1996;5(1):18-24
  - 12) Knoch CK, Petrick MA, Munin MC. Inter-rater reliability for function and strength measurements in the acute care hospital after elective hip and knee arthroplasty. *Arthritis Care Res* 1997;10(2): 128-134
  - 13) Bandinelli S, Benvenuti E, Del Lungo I, et al. Measuring muscular strength of the lower limbs by hand-held dynamometer: A standard protocol. *Aging Clin Exp Res* 1999;11(5): 287-293
  - 14) Sullivan SJ, Chesley A, Hebert G, et al. The Validity and reliability of hand-held dynamometry in assessing isometric external rotator performance. *J Orthop Sports Phys Ther* 1988; 10 (6):213-217
  - 15) Reed RL, Den Hartog R, Yochum K, et al. A comparison of hand-held isometric strength measurement with isokinetic muscle strength measurement in the elderly. *J Am Geriatr Soc* 1993;41(1):53-56
  - 16) Katoh M, Yamasaki H. Comparison of reliability of isometric leg muscle strength measurements made using a hand-held dynamometer with and without a restraining belt. *J Phys Ther Sci* 2009;21(1):37-42
  - 17) Katoh M, Yamasaki H. Test-retest reliability of isometric leg muscle strength measurements made using a hand-held dynamometer restrained by a belt: comparisons during and between sessions. *J Phys Ther Sci* 2009;21(3): 239-243
  - 18) Katoh M, Hிராgί Y, Uchida M. Validity of isometric muscle strength measurements of the lower limbs using a hand-held dynamometer and belt: a comparison with an isokinetic dynamometer. *J Phys Ther Sci* 2011;23(4): 553-557
  - 19) Katoh M, Isozaki K, Sakanoue N, et al. Reliability of isometric knee extension muscle strength measurement using a hand-held dynamometer with a belt: a study of test-retest reliability in healthy elderly subjects. *J Phys Ther Sci* 2010; 22(4): 359-363
  - 20) Katoh M, Asuma H. Test-retest reliability of isometric knee extension muscle strength measurement using a hand-held dynamometer and a belt: study of hemiplegic patients. *J Phys Ther Sci* 2011;23(1): 25-28
  - 21) Katoh M, Kaneko Y. An investigation into reliability of knee extension muscle strength

measurements, and into the relationship between muscle strength and means of independent mobility in the ward: Examinations of patients who underwent femoral neck fracture surgery. *J Phys Ther Sci* 2014;26(1):15-19

- 22) 桑原洋一, 斎藤俊弘, 稲垣義明. 検者内および検者間の Reliability(再現性・信頼性)の検討. *呼吸と循環* 1993;41:945-952
- 23) Smidt GL, Albright JP. Pre and post operative functional changes in total knee patients. *J Orthopaed Sport Phys Ther* 1984;6:25-29
- 24) Hyde SA, Scott OM. The myometer: the development of a clinical tool. *Physiotherapy* 1983;68:424-427
- 25) Wiles CM, Karni Y. The measurement of muscle strength in patients with peripheral neuromuscular disorders. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1983;46:1006-1013
- 26) Andrews AW, Thomas MW. Normative Values for Isometric Muscle Force Measurements Obtained With Hand-Held Dynamometers. *Physical Therapy* 1996;76:248-259
- 27) Wodsworth CT, Krishnan. Intrarater reliability of manual muscle testing and hand-held dynamometric muscle testing. *Physical Therapy* 1987;67:1342-1347