

介護予防における下肢筋機能測定評価装置の研究開発

Research and Development of a Muscle of Leg Function Measurement Evaluation Device
in Care Prevention

眞 竹 昭 宏 (山口県立大学看護学部)
Akihiro MATAKE

1. はじめに

現在の日本の社会構造は、高齢化社会【aging society】から高齢社会【aged society】へと突入し、さらに超高齢社会へと向かいつつある。総務省がまとめた人口推計月報¹⁾によると、我が国の総人口は1億2,760万人(2005年3月現在)となっている。このうち65歳以上の後期高齢者人口は2,520万人であり、総人口に占める割合(高齢化率)は19.8%となっている。厚生省人口問題研究所の「日本の将来推計人口」²⁾によれば2010年には高齢化率が22.0%、2020年には26.9%、2030年には28.0%になることが予想されている。

このように、我が国は他国と比較しても類をみないほど急速に高齢化が進み、長寿大国を誇っている。この背景には、生活水準の向上や栄養摂取の改善、医療の進歩などがあると考えられる。厚生労働省が2000年から実施している健康づくり計画「健康日本21」では、減塩や歩行習慣の強化、喫煙や飲酒の減少を通じて、脳卒中や心筋梗塞の死亡率を低下させる数値目標を掲げており、計画通りに進めばさらに平均寿命が延びていくことが予想される。

しかしながら、平均寿命が延びても、老化は不可逆的な変化であるため、体力の著しい低下をとまなうと、同時に介護を必要とする人が増えるという懸念もある。そのため、今後は、単に長寿であるということだけを目標とするのではなく、高いADL(Activities of Daily Living:日常生活動作)を維持し、高いQOL(Quality of Life:生活の質)を維持できる健康寿命の延伸が課題であるといえる。

2005年6月22日、改正介護保険法が成立した。制度の持続可能性を高める観点から、「給付の効率化、重点化」を図るため予防重視型システムへの構造的転換を行うことが提言されている。介護保険事業として、対象者の不足を補うよりも、今あるものを延伸する支援として、予防の意味合いが大きくなってきている。その中でも、骨粗鬆症や転倒等による骨折、関節疾患、高齢による衰弱等による要介護状態を予防するため、運動器の機能向上を目指した事業(サービス)の導入を図るべきであると明記されている。高齢者は喪失体験が多くなる。だからこそ、プラスの体験が大事であり、維持から一歩進んだもの、そしてそれには目に見える、効果が理解できる評価をする必要があると思われる。

すでに、介護予防の観点から高齢者の筋力トレーニングの実際については、マシンシステムを活用したトレーニング方法や、アイソメトリック的な要素を含んだ徒手体操的なトレーニング手法が実施されている。今後、介護予防事業をはじめとして、高齢者の運動器の機能向上ならびにその維持に向けて、さまざまな地域・施設で筋力トレーニング等の運動介入が実施されると考えられる。しかし、その運動介入やトレーニングを実施した結果をどのように評価するかという評価システムの確立は未だ明確にされていない。

高齢者が自立して高いADLを維持し健康寿命を延伸するためには、自立歩行能力の維持・向上が不可欠と考える。そのためには、まず下肢筋力群の機能の維持向上を主体とした運動介入ならびに筋力トレーニングが必要であると考えられる。

これまで高齢者の筋力と筋量との関連性について検討してきたが、高齢者の下肢筋力評価の方法に困難さと疑念を感じている。現在、下肢筋力の評価には、大腿四頭筋やハムストリングスの筋力を評価する、下肢の膝関節の伸展および屈曲筋力を測定する手法が一般的に用いられているが、高齢者においては膝関節の伸展屈曲をともなうこの手法では膝痛や、要介護者においては骨粗鬆症の程度により骨折の危険性も考えられる。また、高齢者の運動介入による歩行能力測定の結果からは、筋力および筋量の変化は見られないが、歩行能力は向上している結果が得られている⁶⁾。このことは、運動介入や筋力トレーニングによって大腿四頭筋やハムストリングス以外の下肢筋群の筋力向上がみられていること。また、高齢者では現在ある筋量に応じた筋機能が十分に発揮されてなく、運動介入によって筋力・筋量の向上よりも、まず筋力発揮速度などの筋機能の改善が行われているのではないかと推測される。

そこで本研究では、虚弱高齢者や要介護者でも下肢筋力や筋力の発揮様相を安全かつ容易に測定し、評価できる装置の開発を試みた。

2. 本装置の開発目的

本装置は、以下の3点を主目的として開発した。

- ① 高齢者の下肢筋機能の測定法として、膝関節障害や膝痛を有した者へも安全にかつ容易に実施可能である測定法の確立とその有効性を検討する。
- ② 高齢者の下肢筋機能の評価として、筋力の最大値とともに、その最大値までに到達する筋力発揮様相に着目し、筋機能の点からの評価方法を検討する。
- ③ どこでも測定可能なように、搬送が容易にできるコンパクトな装置にすること。

①の課題を解決するために、閉鎖性運動連鎖(CKC: Closed Kinetic Chain)による身体運動形式で測定することとした⁸⁾。すなわち、股関節、膝関節、足関節を最大筋力が発揮できる角度に固定した。この形式では各関節の関節の可動がなされないため、関節障害を有する者への測定も有効

であった。また腸腰筋の筋力発揮も捉えることを目的としたため、結果、測定スタイルとしては、脚を押し出す動作で座位するスタイルとした。

②の筋力をピーク値(最大値)のみで捉えるのではなく、その発揮様相に着目した点は、高齢者においては、筋の生理学的面から検証すると、加齢とともに速い動きをする筋線維(速筋線維: Type II)が、持久的な動きをする筋線維(遅筋線維: Type I)に比べ著しく萎縮し機能が低下する傾向がみられる。高齢者の身体動作が鈍化する現象はこれに起因している。この現象の改善も高齢者の運動介入やトレーニングの重要な目的であると考えたためである。

③の装置のコンパクト化は、装置の搬送性を可能とすれば、様々な地域でこの測定を実施することができ、多くの人々に身近に測定でき、結果を速やかに還元できる点で有用であると考えたためである。

3. 装置の構成

装置は、計測測定部を含む測定装置本体(図1)。計測測定部からの信号を処理するセンサーインターフェイス。センサーインターフェイスからの処理信号を処理するソフトウェア(PC)。そして被測定者が測定状況を確認できるモニターで構成されている。

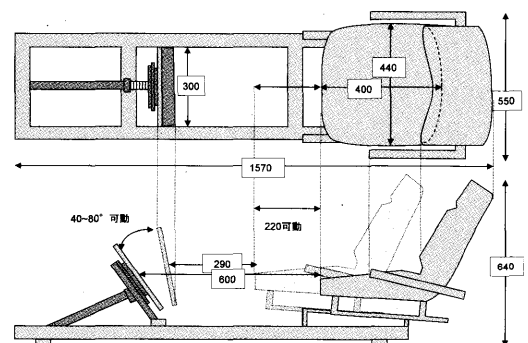


図1. 測定装置本体

1) 装置本体

膝を曲げた状態で、測定部の踏みつけ板を踏み

込む状態で座位する形状となっている。被検者の身体的特徴に応じて最大筋力が発揮できる姿勢を保持できるよう、座席部分が前後に可動、また踏みつけ板の角度も可動する形式となっている（股関節・膝関節・足関節の固定）。座席部分は安全性を考慮して背もたれ、ならびに座席両サイドに安全バーを取り付けている。

2) 計測測定部

計測測定部は、装置本体に固定したベースプレート（200mm×200mm）にロードセル（150mm×150mm）（MWAL 2：共和電業社製）を固定し、ロードセルに踏みつけ板（300mm×300mm）を固定した。

ロードセルからの信号はセンサーインターフェイス（PCD-300A：共和電業社製）を介して、1/1000秒単位（1kHz）でニュートン値（N）に変換され、パソコンにて専用の解析ソフトウェアで処理する構成となっている。

3) モニター

計測測定部は本体にしっかりと固定され、加重付加を加えてもずれなどが生じないようにしている。これは測定精度を高めるために必要不可欠なことであるが、被検者にとっては加重を加えても実際に力を発揮しているか実感がない状態になる。そこで、加重付加の程度を加重曲線が示されるよう、被検者の前面にモニターを設置し、自らが確認し試行できるようにした。これにより、被検者自身が測定の趣旨を理解し、試行できるようになった。

4. 装置の検証

測定計測部に10kgから60kgの加重負荷を加え、実測値を検証する試験を実施した。図2に示すとおり、実測値は加重負荷を問題なく反映する値を示し、測定計測部の構造上の問題はないことを確認した。

また、筋力発揮様相の再現性を確認するため、同一被検者による連続測定を10回試行したが、図3に示すとおり、十分な再現性が確認された。

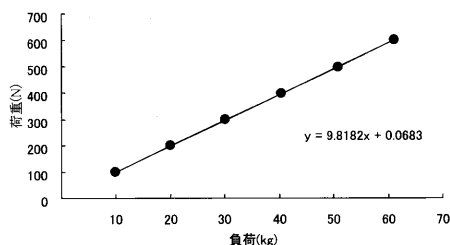


図2. ロードセルの加重誤差の検証

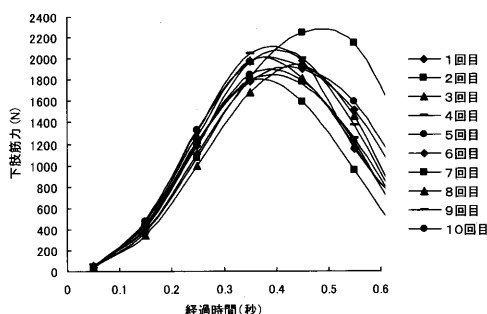


図3. 同一被検者による筋力発揮様相の再現性の検証

5. 実測データによる評価の検証

本装置にて、最大下肢筋力とその値に達する所要時間のADLレベル群別の比較検討を行うため、中高年群（n = 6：平均年齢59.5±8.2歳）、健常高齢者群（n = 10：平均年齢73.8±3.8歳）、虚弱高齢者群（n = 11：平均年齢78.1±3.5歳）、要介護者群（n = 14：平均年齢78.6±6.0歳）の4群の実測データを測定した（図4）。

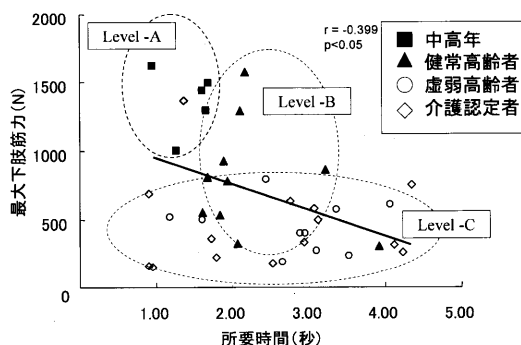


図4. ADLレベル別の最大下肢筋量とその値に達する所要時間との関係

その結果、最大下肢筋力とそれに到達するまでの所要時間との間には有意な負の相関 ($p < 0.05$) がみられ、最大下肢筋力の強い者ほどその筋力がピーク値に達するまでの時間も短いという傾向がみられた。高齢者では、加齢とともに速い動きをする速筋線維 (Type II) の選択的萎縮が進むといわれている。前述の傾向は、この高齢者の加齢変化を的確に捉えていると考えられる。

また、最大下肢筋力とそれに到達するまでの所要時間との関連を示す値の散布状況から、図4中に示すとおり、Level-A、Level-B、Level-Cの3群に分類することが可能なことが示された。これら3群の筋力発揮様相を経時的に捉えてみると(図5)、その特徴をさらに明確に捉えることができる。

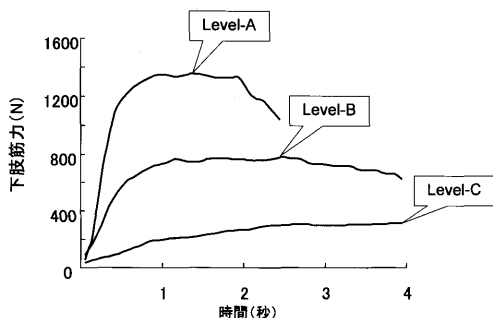


図5. 各レベル群別の下肢筋力発揮様相

このように、最大下肢筋力ならびに最大下肢筋力に達するまでの時間は、明らかにADLレベルによって異なり、筋力の低下した者ほど最大下肢筋力に達するまでに要する時間が長くなるといった特徴を把握することができた。

最大下肢筋力に至るまでの時間は、個人差が大きいことが示されたので、個々の筋機能面を評価するために、どの程度の時間までの筋力発揮様相をとらえれば、総合的な個人差を検証することができるかを検討した。

その結果、図6に示すように、1秒後の下肢筋力値と最大下肢筋力との相関が $r = 0.976$ と高い相関を示したことから ($p < 0.01$)、筋機能の評価としては、測定開始から1秒後までのデータを

検証することとした。

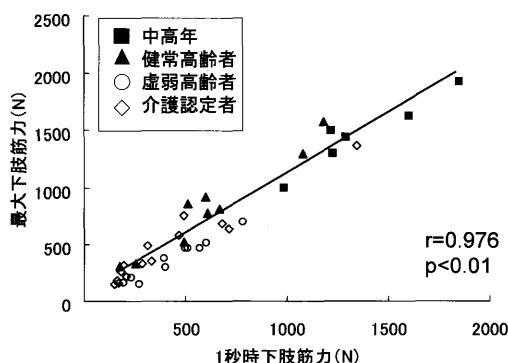


図6. 最大下肢筋力と1秒時の下肢筋力との相関

そこで、測定開始から1秒後までの筋力発揮様相の推移を曲線で示し、その傾向について検討した結果、図7に示すとおり、3パターンの代表的な筋力発揮様相の曲線を捉えることができた。

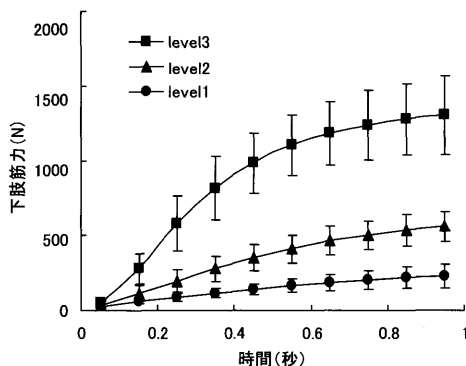


図7. 下肢筋力発揮様相曲線の分類

6. 他の測定データとの検証

図7で示されたlevel1、level2、level3にそれぞれ属した者の最大下肢筋力と自由歩行速度を検証した(図8)。その結果、本測定装置による最大下肢筋力と自由歩行速度との間には有意な高い相関がみられた ($p < 0.01$)。

高齢者においては、転倒して何らかの傷害を有した経験から、自立歩行することに恐怖感を抱く、転倒恐怖に陥り、歩行することから疎遠になり、その結果ADLの著しい低下や、低栄養状態に陥る高齢者も少なくない。この結果は、筋力の評価

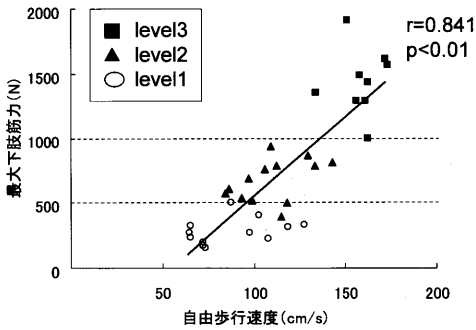


図8. 最大下肢筋力と自由歩行速度との相関

からまだまだ歩行可能な状態であることを提示でき、リハビリトレーニングを試みる高齢者自身のモチベーションを高める一つの指標とすることが可能であると考えられる。

従来の膝関節伸展筋力値と、本測定装置による最大下肢筋力値との相関を検討したところ、有意に高い相関がみられ ($p < 0.01$)、本測定装置によって測定された最大下肢筋力は、膝関節伸展筋力を含む下肢筋群の発揮する筋力を十分に反映していることが示された (図9)。

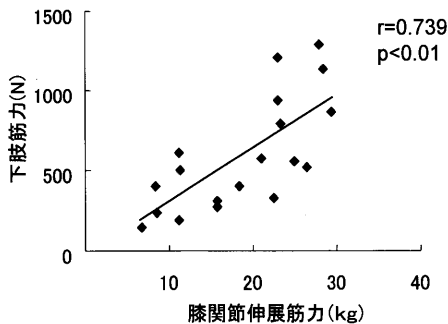


図9. 膝関節伸展筋力と下肢筋力との相関

7. 今後の課題

さらに多くの基礎データを収集し、解析ソフトの評価部分の精査を充実すること。また、それぞれの下肢筋群がどの程度、本測定装置で測定された最大下肢筋力の発揮に関与しているかを検証していきたい。

また、今回の装置では、安全性と測定データの有効性を考慮して、両脚の下肢筋力を一点で測定する方式をとったが、今後、左右独立した脚での

測定可能な両脚分離式の機器により、下肢筋力の左右差も検証していきたい (図10)。

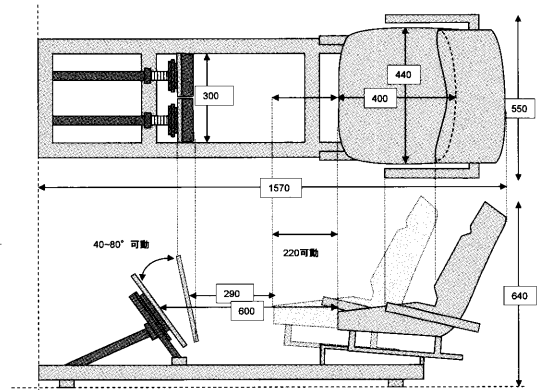


図10. 両脚分離式測定装置本体

8. まとめ

本研究では、虚弱高齢者や要介護者でも下肢筋力や筋力の発揮様相を安全かつ容易に測定し、評価できる装置の開発を試みた。

その結果、開発した測定装置で、膝関節障害を有する者、また体力の低下している虚弱高齢者ならびに介護認定を受けている高齢者でも問題なく測定が実施可能であり、有効な測定値を得ることができた。

得られた測定値は、歩行能力を示す歩行速度とも有意な相関がみられ、杖歩行や歩行器を利用する高齢者の筋力面からの評価も可能であることが示された。

さらに、筋力の発揮様相を示す曲線から、最大下肢筋力とその値に達するまでの所要時間との間に、特徴的な傾向がみられ、高齢者のADLレベルを評価する一つの指標となる可能性が示された。

9. 謝辞

本測定装置の開発に際し、基礎データの収集にご協力いただきました、広島工業大学佐藤広徳助教授。青寿会武久病院、豊関介護サービス株式会社の関係者の皆様に深謝いたします。また測定ならびにデータ解析に協力いただいた、看護学部体

力学研究室の、花本亜沙美さん、三浦由紀子さんにこの場を借りてお礼申し上げます。

参考文献

- 1) Fleming B. C., Oksendahl H., Beynnon B. D.: Open-or closed-kinetic chain exercises after anterior cruciate ligament reconstruction?, *Exerc Sport Sci Rev.*, 33(3), 134-140, 2005.
- 2) 国立社会保障・人口問題研究所: 日本の将来推計人口, 2002.
- 3) Morrissey M. C., Hudson Z. L., Drechsler W. I., Coutts F.J., Knight P. R. and King J. B.: Effects of open versus closed kinetic chain training on knee laxity in the early period after anterior cruciate ligament reconstruction., *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*, 8(6), 343-348, 2000.
- 4) Perry M. C., Morrissey M. C., Morrissey D., Knight P. R., McAuliffe T. B. and King J. B.: Knee extensors kinetic chain training in anterior cruciate ligament deficiency., *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*, in print, 2005.
- 5) Perry M. C., Morrissey M. C., King J.B., Morrissey D. and Earnshaw P.: Effects of closed versus open kinetic chain knee extensor resistance training on knee laxity and leg function in patients during the 8- to 14-week post-operative period after anterior cruciate ligament reconstruction., *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.*, 13(5), 357-369, 2005.
- 6) 佐藤広徳: 体肢各筋の構造・機能の加齢変化とそれに基づく新たな高齢者向け筋トレ法の提案, 科研費研究成果報告書, 2005.
- 7) 総務省: 人口推計月報, 2005.
- 8) Steindler A.: *Kinesiology of the human body under normal and pathological conditions.*, Charles C Thomas Publisher Ltd, 1977.

SUMMARY

Research and Development of a Muscle of Leg Function Measurement Evaluation Device in Care Prevention

Akihiro MATAKE

The purpose of this study is to develop the device which we could evaluate measured a display curve of muscle of leg force and muscle force for the elderly and the impaired elderly safely and easily.

The elderly who had knee disorder were able to measure the measurement evaluation device which we developed. Significant correlation was present between obtained measurement and walking speed. That evaluation from muscle force side of the elderly who used crutch walking and a walker was possible was shown. Furthermore, from a curve to show display appearance of muscle force, it revealed a pathognomonic tendency during lead time before reaching the greatest muscle of leg force and the value. As for the above-mentioned results, likelihood to become one index to evaluate an ADL level of the elderly was shown.