

Muscle Meterによる筋の硬さ測定

—他の筋硬度計との有用性の比較—

天野幸代, 肥田朋子

抄録

近年、簡便な筋硬度計を使用して筋の硬さを評価した研究が様々な分野で報告されている。しかし、その再現性と妥当性に関する研究は少ない。われわれは以前、筋硬度計 (TRY-ALL社製, NEUTONE TDM-NA1) を用いてその有用性を明らかにした。今回、同様な仕組みにより筋の硬さ評価を行える Muscle Meterを試用する機会を得たので、その再現性と妥当性を検討し、NEUTONEと有用性を比較した。臨床経験のない測定者1名と臨床経験10年以上の測定者2名が健常成人被験者10名の下腿三頭筋の硬さを測定した。測定は2~3度実施し、測定者内および測定者間の再現性を検討した。その結果、測定者内の測定値の比較では級内相関係数は $ICC(1, 1) = 0.91 \sim 0.95$ と非常に高い再現性が認められた。一方、測定者間信頼性は、各測定者によって測定値にばらつきが認められ、さらに $ICC(3, 1) = 0.71 \sim 0.75$ であった。しかし、臨床経験のない測定者を除いて比較したところ、 $ICC(2, 1) = 0.84 \sim 0.89$ となり、その一貫性は向上した。これらのことより、Muscle Meterを用いて筋の硬さを評価する場合、測定者の経験の有無が測定値に影響を与えることが分かった。また、前実験のNEUTONEの信頼性と比較すると、Muscle Meterは測定者内および測定者間のいずれも信頼性は低く、NEUTONEの有用性の方が高いことが明らかとなった。

はじめに

われわれ理学療法士は、触診により生体組織の硬さを評価する。特に様々な病態で筋の硬さの違いを評価する機会が多く、この硬さは筋緊張、筋短縮、筋硬結などの言葉で表現されるものの、各施術者の主観として評価されるにとどまり、客観的な評価はなされていない。

近年、簡便に生体組織の硬さが測定可能な筋硬度計が市販され、筋疲労¹⁾や肩こりの評価²⁾、超音波療法の効果判定³⁾などに用いられるようになった。しかし、筋硬度計の再現性や妥当性に関する研究は少ない。そこで、われわれは以前、筋硬度計 (TRY-ALL社製, NEUTONE

TDM-NA1) を用いて、ヒトの下腿三頭筋の硬さを複数の測定者で測定し、その有用性を再現性と妥当性から検討した⁴⁾。その結果、高梨⁵⁾らのポリウレタンを対象とした報告同様、同一測定者による測定であればNEUTONEは生体の硬さ評価に有用であることが分かった。また、測定者が複数であっても各被験者が同一測定者で測定されていれば相対的な比較は可能であることを明らかにした。しかし、同様に測定可能なMuscle Meterにおいては咬筋⁶⁾における測定者内の再現性の検討はなされているものの、測定者間の再現性を検討した報告はない。そこで本研究では、Muscle Meterを用いて下腿三頭筋の硬さを測定し、その再現性と妥当性

を検討した。さらに、以前調べた筋硬度計と有用性を比較検討した。

対象および方法

〈Muscle Meterの信頼性〉

対象はすべて健常成人で、測定者3名（臨床経験のない女性1名、臨床経験10年以上の女性2名）、被験者10名（男性4名、女性6名、平均年齢20歳）であった。被験者および測定者には本実験の趣旨を説明し、参加の同意を得たうえで実験を行った。

測定方法は、以前のNEUTONEにおける測定と同様とした⁴⁾。すなわち、各測定者は被験者に対して下腿後面の硬さを測定した。硬さ測定には、疼痛を伴うことなく測定が可能なMuscle Meter（株式会社井元製作所製Muscle Meter PEK-1）を使用した。実験を開始する前に、3人の測定者は、Muscle Meterの圧迫によって被験者に苦痛が生じないようにゆっくりと押せるようになるまで十分な練習を行った。一回の測定に要する時間は、3～4秒とした。被験者には、足背部をベッド端から出したリラックスした姿勢で腹臥位をとらせた。その後、測定者がMuscle Meterで同一箇所の測定を行えるよう、下腿最大周径となる高さで下腿幅の中心線上のポイントを両側に印した。チェックしたポイント上にMuscle Meterを置き、練習同様、ゆっくりと同じスピードで筋硬度計を押すようにして測定した。この時、Muscle Meterは下腿後面に対して垂直に圧迫するように保持した。測定は、連続して5回行い、それぞれ5回の測定の最大値および最小値を省き、残りの数値の平均を各測定値とした。1人の被験者に対して左右2肢を測定したため、1被験者につき2個の測定値を得た。1度に同一被験者の左

右2肢を順に測定し、その10～20分後に、2度目の測定を1度目と同様の手順で行った。さらに、3人のうちの1人の測定者については、最初の測定から約30分後に3度目の測定を行った。

統計学的解析は、測定者内信頼性を確かめるために、一元配置分散分析による級内相関係数（ICC：Intraclass correlation coefficient）を用いて比較検討を行った。また、3人の測定者間信頼性と臨床経験者のみの測定者間信頼性についてもICCを用いた。

〈Muscle MeterとNEUTONEの比較〉

NEUTONEにおける測定者は3名（臨床経験のない女性1名、臨床経験10年以上の女性2名）であった。臨床経験のない者はMuscle Meter測定者とは違う測定者であったが、経験者は同一であった。Muscle MeterとNEUTONEの測定者内信頼性および測定者間信頼性をICCを用いて比較した。さらに、測定者間信頼性については臨床経験の有無による影響もICCを用いて調べた。

なお、すべての統計処理には統計ソフトSPSS（Ver. 15）を使用した。

結果

〈Muscle Meterの信頼性〉

各測定者における全被験者の両側下腿後面の筋硬度測定結果を表1に示す。測定者1および2では、いずれも2度の測定値に有意な差はみとめられなかった。さらに、測定者3においては、3度の測定でも有意な差はみとめられなかった。この時の級内相関係数は、測定者1が $ICC(1, 1) = 0.92$ 、測定者2が $ICC(1, 1) = 0.95$ 、測定者3が $ICC(1, 1) = 0.91$ であった。

Muscle Meter による筋の硬さ測定

表1 全被験者の筋硬度と各測定者の測定結果に対する級内相関係数 (ICC)

| | | 測定者 1 | | 測定者 2 | | 測定者 3 | | |
|-----------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | 一度目 | 二度目 | 一度目 | 二度目 | 一度目 | 二度目 | 三度目 |
| A | 右 | 30.67 | 27.67 | 24.67 | 27.00 | 27.67 | 23.67 | 26.00 |
| | 左 | 27.67 | 27.33 | 26.67 | 26.67 | 29.33 | 29.00 | 26.67 |
| B | 右 | 14.33 | 15.67 | 19.67 | 20.33 | 20.67 | 24.00 | 19.00 |
| | 左 | 18.33 | 17.33 | 15.33 | 13.67 | 18.67 | 17.33 | 17.67 |
| C | 右 | 20.33 | 20.00 | 19.33 | 18.00 | 19.00 | 20.00 | 18.67 |
| | 左 | 22.67 | 23.00 | 17.67 | 18.33 | 20.00 | 21.33 | 22.00 |
| D | 右 | 19.00 | 16.67 | 17.00 | 15.67 | 14.33 | 15.00 | 14.33 |
| | 左 | 23.00 | 20.33 | 18.33 | 17.67 | 16.67 | 17.67 | 19.33 |
| E | 右 | 23.00 | 19.67 | 17.00 | 15.67 | 17.33 | 20.67 | 19.00 |
| | 左 | 23.00 | 21.33 | 17.00 | 16.67 | 16.33 | 17.00 | 16.33 |
| F | 右 | 20.33 | 23.67 | 16.33 | 16.33 | 18.67 | 18.00 | 19.67 |
| | 左 | 20.00 | 20.67 | 15.67 | 16.00 | 17.33 | 17.67 | 16.33 |
| G | 右 | 20.33 | 20.67 | 15.00 | 13.00 | 16.33 | 18.00 | 16.67 |
| | 左 | 19.00 | 20.33 | 16.00 | 16.67 | 17.33 | 17.33 | 15.67 |
| H | 右 | 22.00 | 22.00 | 17.00 | 18.33 | 19.67 | 18.33 | 20.67 |
| | 左 | 25.33 | 26.33 | 18.00 | 18.33 | 17.67 | 20.67 | 19.33 |
| I | 右 | 17.33 | 16.33 | 8.67 | 9.67 | 13.33 | 13.67 | 9.33 |
| | 左 | 18.33 | 18.67 | 9.33 | 6.33 | 10.33 | 12.67 | 12.67 |
| J | 右 | 28.00 | 28.33 | 20.33 | 19.00 | 25.67 | 23.00 | 24.67 |
| | 左 | 28.33 | 27.33 | 21.00 | 19.00 | 26.00 | 26.00 | 26.00 |
| ICC(1, 1) | | 0.92 | | 0.95 | | 0.91 | | |

次に、同一被験者に対して3人の測定者の測定値を比較したところ、有意な差がみとめられた ($p < 0.001$)。しかし、級内相関係数は、一度目が $ICC(2, 1) = 0.77$ 、二度目が $ICC(2, 1) = 0.71$ であり、測定者間の一貫性は普通と判定された (表2)。また、臨床経験のない測定者1を除いて同様に比較したところ有意な差がみとめられた ($p < 0.001$)。しかし、級内相関係数は一度目が $ICC(2, 1) = 0.89$ 、二度目が $ICC(2, 1) = 0.84$ と一貫性は向上した (図1)。

表2 級内相関係数の基準

| | | |
|-------|----------|-----|
| 0.9 | great | 優秀 |
| 0.8 | good | 良好 |
| 0.7 | ok(fair) | 普通 |
| 0.6 | possible | 可能 |
| < 0.6 | re-work | 要再考 |

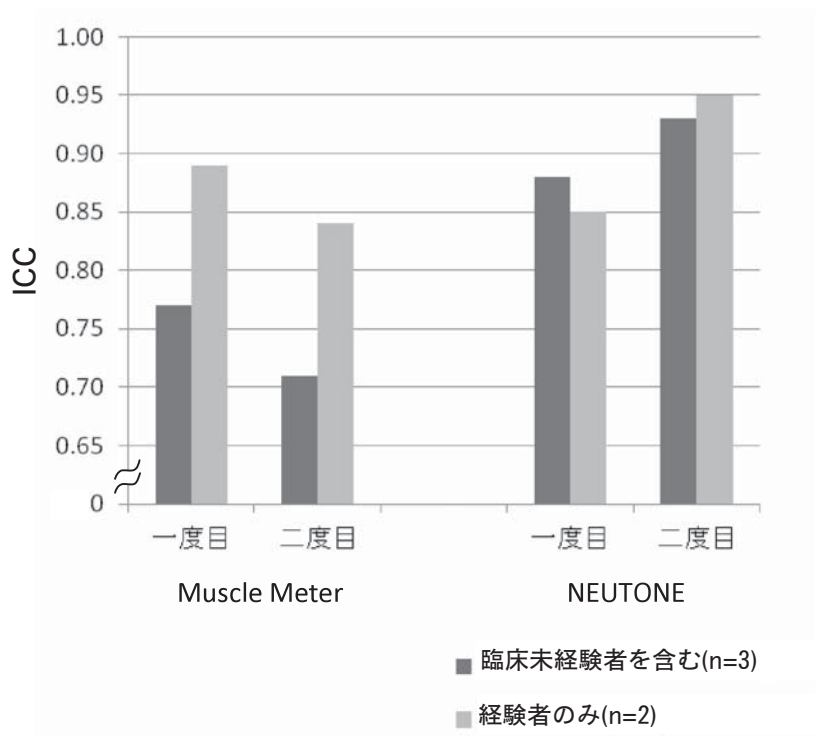


図1 臨床経験の有無による測定者間 ICC の比較

Muscle Meter (左) と NEUTONE (右) の臨床未経験者を含む測定者間 ICC と経験者のみの測定者間 ICC を示した。

Muscle Meter は、経験者のみの方が信頼性が高くなっているのに対し、NEUTONE では経験の有無による変化はなかった。

〈Muscle Meter と NEUTONE の比較〉

NEUTONE を使用した前回実験の結果より測定者内信頼性は、測定者1が $ICC(1, 1) = 0.94$ 、測定者2が $ICC(1, 1) = 0.96$ 、測定者3が $ICC(1, 1) = 0.94$ であった。そこで、Muscle Meter と NEUTONE の測定者内信頼性をそれぞれ対応した測定者ごとに比較した結果、いずれの測定者においても Muscle Meter に比べ NEUTONE の級内相関係数はわずかに高かった (図2)。

次に、前回実験で得られたデータより NEUTONE 使用時の臨床経験者のみの測定者間信頼性を算出した。その結果、臨床未経験者を含む信頼性が一度目は $ICC(3, 1) = 0.88$ で

あったのに対し経験者のみでは $ICC(2, 1) = 0.84$ となった。二度目の信頼性は $ICC(3, 1) = 0.93$ に対して $ICC(2, 1) = 0.95$ となった。そこで、臨床経験の有無による測定者間の級内相関係数の変化を両実験で比較したところ、Muscle Meter を用いた測定では、臨床経験者のみで測定を行った方が信頼性は高くなったのに対し、NEUTONE を用いた測定では臨床経験の有無に関わらず信頼性に変化はみられなかった (図1)。

さらに、それぞれの実験で得られた一度目の測定値を測定者1を基準として値の高いものから順にならべ、各測定者の筋硬度の分布を比較した (図3)。Muscle Meter を用いた測定では、

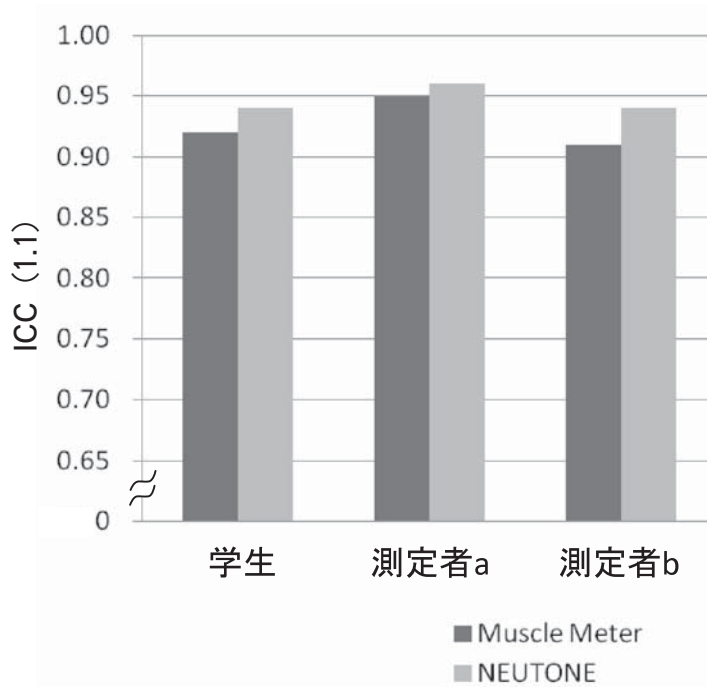


図2 Muscle Meter と NEUTONE の測定者内 ICC の比較

Muscle Meter と NEUTONE を用いたそれぞれの実験で得られた測定者内 ICC を臨床経験のない学生と臨床経験者（測定者 a および b）で対応させ、測定者ごとに比較した。

いずれの測定者においても NEUTONE の信頼性が高かった。

臨床未経験者の測定値は経験者に比し、ほとんどの測定で高い値を示していた。それに対して、NEUTONEを用いた測定では、測定値にばらつきはあるものの、測定者の経験の有無で測定値に目立った変化はみとめられなかった。

考察

今回、一般に市販され、先行研究でもよく用いられている Muscle Meter を試用する機会をえた。そこで、以前のわれわれの NEUTONE を用いた実験と同様に下腿三頭筋の硬さを測定し、その再現性と妥当性を検討し NEUTONE と比較した。

〈Muscle Meter の信頼性〉

各測定者内で筋硬度測定値を比較すると、いずれの測定者においても2度あるいは3度の測定で ICC=0.9 以上と非常に高い再現性がみとめられた。Igawa ら⁶⁾ は、この Muscle Meter を用い、座位姿勢で咬筋の筋硬度を測定し、測定者内の再現性は ICC=0.7 前後であったと報告している。今回のわれわれの実験では、Igawa らに比べより高い再現性が得られた。Igawa らが座位で咬筋を測定しているのに対し、われわれの実験では、腹臥位で下腿後面を測定している。そのため、測定筋に対して垂直に Muscle Meter を当てることが可能となり、測定値の信頼性が高くなったと考えられた。

次に、3人の測定者間で測定値を比較する

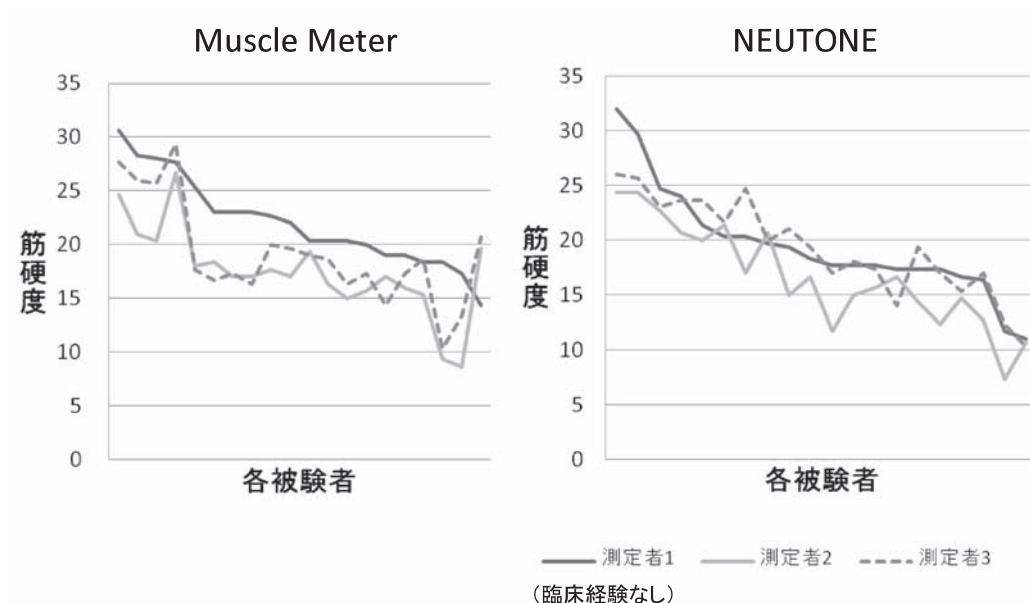


図3 各測定者の筋硬度の分布

左は Muscle Meter, 右は NEUTONE を用いた筋硬度の分布を示していると共に, 縦軸は筋硬度, 横軸は各被験者として, 測定者1 (臨床経験なし) の測定値が降順になるように示した。測定者2, 3は測定者1に合わせて示した。

Muscle Meter を用いた測定では, 測定者1の各測定値は測定者2および3に比し, 高値を示していた。また, NEUTONE を用いた測定では, 測定者により測定値にばらつきがあるものの, 一貫した傾向がみとめられた。

と, 同一被験者に対する各測定者の測定値には有意差がみとめられ, ばらつきはあるものの, $ICC=0.7$ 以上であり, 一応の信頼性はみとめられた。斎藤⁷⁾ は筋硬度の精度を論じる場合, 評価者の押圧強度が一定であることや測定部位に垂直に押圧することが最大の問題であるとしている。今回の各測定者の測定値のばらつきは, 測定者により押圧量が均一でなかったために生じたと考えられる。その一方で, 今回の実験の測定者は臨床経験のない本学学生1名と臨床経験10年以上の理学療法士2名であり, 測定者の条件が異なっていた。そこで, 臨床経験のない測定者を除いて測定者間の測定値を比較したところ, $ICC=0.8$ 以上となり, 測定値の一貫性はさらに向上した。図3に示したように, Muscle Meter ではほとんどの被験者で臨床経験のない測定者1の測定値が高くなっていた。

これは, 臨床経験のないものは, 生体の扱いに慣れていないため, 軟部組織を触診する際の力のコントロールが不十分であったために押圧量が大きくなり, 測定値も高くなったと考えられた。このように Muscle Meter を用いて筋硬度を測定する場合, 特に臨床で軟部組織を触診することの多い経験者とそうでない者とは押圧量に差があることが分かった。

〈Muscle Meter と NEUTONE の比較〉

以前, NEUTONE を用い下腿後面の筋硬度を今回と同様に測定した際, 測定者内の信頼性は $ICC=0.9$ 以上であり, 今回と同様に非常に高い再現性がみとめられた。しかし, いずれの測定者においても ICC は NEUTONE がわずかに高く, 同一測定者内で測定値を比較する場合, Muscle Meter に比べ NEUTONE の信頼性が高

いことが分かった。

次に、測定者間の信頼性を比較してみたところ、両実験とも各測定者の測定値にばらつきがみとめられた。しかし、NEUTONEを用いた測定では、測定者の経験の有無に関わらずICC = 0.9前後と非常に高い一貫性がみとめられた。それに対し、Muscle Meterを用いた測定では、臨床未経験者を含む測定者群より経験者のみの測定者群の方が測定値の一貫性は向上した。前項でMuscle Meterを用いた測定では、経験の有無により押圧量に差があることを示した。また、図3に示したようにNEUTONEを用いた測定では、臨床未経験者による各測定値は経験者のものと比べ、顕著な変化はみられなかった。これらのことより、NEUTONEを用いた測定では、生体の扱いに慣れていない者でも比較的押圧量を一定にすることが可能であることが分かった。

今回の実験より、筋硬度の測定値を比較検討する場合、どちらの筋硬度計を用いても同一測定者内であれば、経験の有無に関わらず有用であることが分かった。しかし、Muscle Meterを用いて複数の測定者が筋硬度を測定する場合には、測定者の臨床経験を考慮したうえで測定値の比較検討を行う必要がある。その一方で、NEUTONEは測定方法さえ熟知していれば、測定者の臨床経験を考慮しなくても測定値を相対的に比較検討することが可能である。また、NEUTONEはMuscle Meterに比べ価格も1/5程度で汎用性も高い。以上のことより、NEUTONEはMuscle Meterに比べて扱いやすく、臨床データの集積においてより有用である

ことが示された。

謝辞

本研究を行うにあたり、協力して下さった本学学生の布村唯さん、与那嶺将太君に感謝いたします。

文献

- 1) 岩本浩二, 本間道介, 杉本寿司, 高橋正知, 山根日出勝, 福田公孝: 肩関節外転運動における三角筋筋疲労と筋硬度特性について—スプリング式筋硬度計を用いて. 理学療法学30: 186, 2003
- 2) 大沼清美, 小川津音子, 根本由美子, 小宮由佳, 大橋初美, 小沼利光, 北村信一, 北川泰久: 筋硬度計の肩僧帽筋における基礎的検討. 医学検査44 (3): 653, 1995
- 3) 増本正太郎: 筋硬度からみた超音波療法の効果. 理学療法学27: 301, 2000
- 4) 肥田朋子, 天野幸代: 筋硬度計による生体の硬さ測定—再現性と妥当性と有用性—. 名古屋学院大学論集46 (2): 55-61, 2010
- 5) 高梨晃, 烏野大, 塩田琴美, 藤原孝之, 小沼晃, 阿部康次, 小駒善郎: 2種類の軟部組織硬度計における再現性, 信頼性の検討. 理学療法学23 (2): 297-300, 2008
- 6) Igawa K, Kashima K, Maeda S, Shiba R: Measurement of muscle hardness using a hardness meter: application to the masseter and temporal muscles and reproducibility of measurement. Cranio 21: 185-189, 2003
- 7) 齊藤秀之: 痛みに関連する生体情報の測定法. 理学療法23 (1): 99-104, 2006