

報告番号	甲 第 13573 号
------	-------------

主 論 文 の 要 旨

論文題目 足部徒手ストレッチング手技の分析と自動ストレッチング機器の開発および効果検証
(Analysis of manual foot stretching technique and development and clinical evaluation of automated foot stretching machines)

氏 名 山田 南欧美

論 文 内 容 の 要 旨

本研究は、療法士の徒手ストレッチング手技に近い動きを行う足部自動ストレッチング機器を開発し、その効果を検証することを目的としている。リハビリテーションの現場で頻回に行われる足部背屈ストレッチングは、退院後にも継続して実施することが望ましいが、在宅にて対象者が自分自身で治療効果の高いストレッチングを行うことは難しい。そこで、在宅で利用できる足部自動ストレッチング機器があれば、療法士がいなくても継続的に足部ストレッチングを行うことが可能になる。さらに、そのストレッチング機器が療法士が行う徒手ストレッチング手技に近い機能を有していれば、高い治療効果を期待できる。しかし、足部徒手ストレッチング手技を分析したうえで、足部自動ストレッチング機器の開発に取り組んだ事例は存在しない。

よって本研究では、臨床で行われる足部徒手ストレッチング手技を統計的に分析し、その結果をもとに、足部自動ストレッチング機器を開発することにした。足部徒手ストレッチング手技を分析した前例が存在しないため、本研究では、ストレッチング中の足部姿勢と足底面に加わる力でストレッチング手技を定義した。そして、この指標を計測して得られた多次元時系列データに対し主動作分析を適用することで、手技の特徴を抽出する方法を提案した。この手法を用いて複数の理学療法士が複数の脳卒中後遺症者に対して実施した足部ストレッチング手技を分析し、全体に共通する手技の特徴と、理学療法士が患者の症状に合わせて個別に調整する手技の特徴を同定した。

この結果を受け、まず、全体に共通する手技の特徴であった足部背屈方向のストレッチングを自動で行う足部自動ストレッチング機器を開発した。そして、この機器を使って健康高齢者の足部自動ストレッチングを実施し、その有効性を検証した。その結果、開発した足部自動ストレッチング機器による足部ストレッチングの即時効果は、現在在宅で主流であるセルフストレッチングと同等以上の効果があることを示すことができた。加えて、本機器を4週間継続使用した際の長期効果を有疾患者1名で確認したところ、足関節可動域は向上し、バランス能力の向上がみられた。さらに、個別に調整する手技として同定された足部を三次元的に制動および前足部を内外反する手技を模擬する三次元制動が可能な足部自動ストレッチング機器を開発した。本機構を搭載した試作機を作製し、健康若年者を対象に、動作確認を行ったところ、本試作機によるストレッチングで足部が三次元的に制動されることを確認できた。

以下に本論文の概要を示す。

第1章では、本研究の目的である足部自動ストレッチング機器の開発の必要性を示すため、臨床現場で実際に行われる足部自動ストレッチングの具体例やその問題点を提示し、本研究の社会的背景を述べている。

足部は移動能力を維持するために重要な役割を担っており、臨床では療法士の徒手による足部背屈ストレッチングが頻回に実施される。療法士は対象者の足部を動かした際の抵抗感を感じながら、それに対抗して適切な方向へ適切な力の大きさと足部を制動する。よって、療法士による徒手ストレッチングは最も汎用性が高く、その治療効果も期待される。ただ、療法士による個別リハビリを受けるためには病院に入院・通院していたり、介護サービスを利用していたりする必要があるため、継続的に行うことは難しい。そこで、療法士が実施するような徒手ストレッチングを再現できるストレッチング機器があれば、在宅でも、継続して有効な足部ストレッチングを実施することが可能となる。

臨床で頻回に行われる足部徒手ストレッチング手技は、一定の効果が期待されるものの、感覚的・経験的に養われるものであり、その詳細を分析した研究は存在しない。そのため、徒手ストレッチング手技を分析・定量化したうえで、足部ストレッチング機器を開発した事例がない。そこで本研究では、臨床における療法士の徒手ストレッチング手技を分析し、その技術を反映した足部ストレッチング機器の開発に取り組むこととした。1章の後半にて、これを達成するための本研究の課題を示している。

第2章では、理学療法士の足部徒手ストレッチング手技を分析した内容をまとめている。未だ分析事例のない足部徒手ストレッチング手技の分析を行うために、足部徒手ストレッチング手技分析における課題を本章の冒頭にて述べた。足部徒手ストレッチング手技は、療法士が多部位で足部に触れ、各箇所での抵抗感を感じながら、必要な方向へ持続的に力を加えるものであり、その定義が難しい。ストレッチング手技を分析するにあたり、足部姿勢と、ストレッチング中に療法士が前足部と踵部に加える力を用いて、ストレッチング手技を表現する方法を提案した。また、これらの指標を計測する実験装置を作製・構築し、

実際の臨床現場で療法士が脳卒中後遺症者に対して実施する足部徒手ストレッチング手技について分析を行った。

本研究では、複数の理学療法士が複数の脳卒中後遺症者に対して行うストレッチング手技について分析を行った。多次元時系列データで表現される徒手ストレッチング手技に主動作分析を適用して分析した結果、全体に共通する手技の特徴として、足部を背屈方向に制動する手技が抽出された。また、各療法士が症状に応じて調整する手技として、踵部を押し引きする手技、足部全体を三次元的に制動する手技、前足部を内外反する手技が抽出された。その結果を受けて、全体に共通する手技の特徴を自動ストレッチング機器の主要機構とし、療法士が個別に調整している手技の特徴を補助的機構として搭載することで、療法士のストレッチング手技に近い自動ストレッチングを行う足部自動ストレッチング機器を開発できる可能性について述べている。

第3章では、2章の療法士の手技分析から得られた手技のうち、全体に共通する手技であった足部背屈制動を主とする足部自動ストレッチング機器の開発に取り組んだ内容を述べている。

在宅での利用を可能にするため、すでに市販されている足部底背屈運動器を改造して、足部自動ストレッチング機器を作製した。そして、安全性を担保するため、リスクアセスメントを実施し、可能な限りのリスク低減方策を実施した。この機器を用い、実際に在宅でストレッチング機器を利用することが望ましい健康高齢者12名(73.2±3.8歳)を対象に、効果検証実験を行った。また、現在、在宅でのストレッチングとして主流である道具を用いたセルフストレッチングについての効果も同時に評価し、ストレッチング機器によるストレッチングとその効果を比較した。それぞれのストレッチングを10分間実施した際のストレッチング前後に、足関節最大背屈角度、足部受動的トルク、足部底屈トルク、腓腹筋筋腱移行部の移動距離を計測した。その結果、自動ストレッチング機器による足部ストレッチングで、最大背屈角度は有意に向上し、筋よりも腱の方が伸張される可能性が高いことが示された。また、自動ストレッチングには、セルフストレッチングと同等以上のストレッチング効果があることを示すことができた。このことは、本機器を在宅で利用した際に、一定の効果を得ることが可能であることを示唆する。加えて、頸髄損傷を既往にもつ68歳の女性1名を対象に、足部自動ストレッチング機器を4週間継続して使用した場合の効果を確認した。その結果、本機器の継続使用によって、足関節最大背屈角度は向上し、また、バランス能力の向上がみられた。

そして最後に、ストレッチング機器に搭載する機構のさらなる検討の必要性や、ストレッチング機器効果検証の継続の必要性について述べている。

第4章では、2章で得られた足部全体を三次元的に制動する手技や前足部を内外反する手技に着目し、足部を三次元的に制動するストレッチング機器を提案し、その動作確認を行った。安全性に配慮し、空気を遮断するだけで安静肢位に容易に戻ることができる空気圧駆動を選択し、2本のワイヤで足底板を制御することで、足部を三次元的に制動することの

できる機構を提案した。これを搭載した試作機を作製し、健常者1名(30歳)を対象に動作確認を行った。その結果、足部の外転・外反・背屈が生じたものの、十分な背屈が得られなかった。踵部を固定していなかったこと、およびワイヤ引張方向が機器稼働中に変化してしまったことが原因と考え、試作機を改良した。改良後の試作機を用い、再度、健常者1名(22歳)を対象に動作確認を行ったところ、足部を外反しながら十分背屈することが可能となり、本機器によって足部を三次元的に制動できることを確認できた。最後に、本試作機の今後の展開について述べている。

第5章では、結論として、本研究のまとめならびに今後の展望を示している。これまで、足部徒手ストレッチング手技を分析したうえでその自動化を目指した研究事例は存在しない。臨床で行われる足部徒手ストレッチング手技を統計的に分析し、その結果をもとに足部自動ストレッチング機器を開発することは、より効果の高いリハビリテーション機器を開発するために、大変意義がある。本研究では、足部徒手ストレッチング手技を分析し、その結果をもとに機構の開発に取り組んできた。その結果、足部背屈ストレッチングおよび足部三次元制動を達成するストレッチング機器の開発に成功した。ただ、開発した機器と分析で得られた徒手ストレッチング手技との整合性については、まだ確認できていない。本研究で開発した足部ストレッチング機器によるストレッチングが、療法士の徒手ストレッチング手技にどれだけ近い動きを達成できているかを明らかにすることは、本研究の成果を客観的に証明するために必要不可欠である。本研究で開発した機器について、必要な改良をさらに重ねながら、ストレッチング手技との整合性を今後検証していく。