

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：15301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350567

研究課題名(和文)人工筋肉を用いた痙性指拘縮に対する受動可動域訓練装置の実用化に関する研究

研究課題名(英文) Practical use of the passive range of motion exercise device using the artificial muscle

研究代表者

千田 益生 (senda, masuo)

岡山大学・大学病院・教授

研究者番号：60226694

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中や脳腫瘍などの後遺症として、麻痺した指が屈曲拘縮を起こし患者を悩ませる場合がある。専門の理学療法士や作業療法士が毎日治療を行えば改善されてくる場合が多いが、時間や費用の面で困難である。人工筋肉を用いて受動的に指を延ばす装置を新しく作成し、自宅において自分で訓練できるように実用化について研究した。実際に自宅で訓練を行っていただき、問題点を検討した。装着する際の煩雑さはある程度改善され、訓練効果も得られた。

研究成果の概要(英文)：Aftereffects of a stroke and the brain tumor include the flexion contracture of the fingers. The contracture of these fingers can trouble the patients. If a physical therapist and an occupational therapist treat every day, it may be improved, but it is difficult. We developed the new device which extended with fingers using artificial muscle passively. The patients put it on by oneself and can train at pleasure at home. The patients trained the fingers and pointed out problems. The complexity was improved when the patients put it on. And the effectiveness of the passive range of motion exercise device using the artificial muscle was confirmed.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：人工筋肉 可動域訓練装置 屈曲拘縮

1. 研究開始当初の背景

人工筋肉開発している岡山大学工学部とともに、患者支援装置の開発を行ってきた。アクチュエータとして人工筋肉を用いた研究を行った。アクチュエータとは、モーターなど「動き」を作り出す装置の総称である。機械を動かす原動力であったり様々なものを操ったりする手段として社会のいたるところで使われている。高齢者や身体障害者の自立支援や介護支援のため、人間親和型ロボットへの関心が高まり、駆動するための、人間に優しく安全なアクチュエータの開発が要求されている。回転型のモーターなどとは区別して、主として伸縮で使うアクチュエータを人工筋肉と呼ぶ。人工筋肉には、高分子を使った人工筋肉、電気・磁気を使った人工筋肉、および空気圧を使った人工筋肉などがある。高分子を使った人工筋肉としては、イオンの移動で収縮・伸長するイオン導電性高分子ゲル (ICPF) 電気的な酸化還元による高分子の化学構造変化で駆動力を生み出す導電性高分子などがあり、電気・磁気を使った人工筋肉としては、通常はナイロン糸のように柔らかだが、電気を通すと硬化する金属 (バイオメタル) を用いる人工筋肉などがある。空気圧を使った人工筋肉として、McKibben (マッキベン) 型人工筋肉がある。1961年、Joseph McKibben によって開発されたもので、ゴムチューブの周りをナイロン繊維で覆った形状で、圧縮空気を内部に加えることで収縮伸長する。1980年代中頃には、国内メーカーにより「ラパチュエータ」として販売されたが、現在は製造・販売されていない。イギリス、ドイツのメーカーなどから同種のゴム人工筋を入手できるが仕様が限定され、かなり高価である。岡山大学大学院自然科学研究科の則次教授の研究室では、市販のゴムチューブと繊維コードを用いて容易にかつ安価でマッキベン型ゴム人工筋を制作でき、空気圧ゴム人工筋を用いた研究を行

っている。岡山大学病院総合リハビリテーション部と共同して、患者さんに人工筋肉を用いた支援システムについて研究している。ゴムを素材とした空気圧で駆動される空気圧ゴム人工筋は、代表的な空気圧ソフトアクチュエータである。ソフトアクチュエータは、すべての運動方向における慣性、粘性および剛性が小さいアクチュエータであり、動作だけでなく本体も柔軟で、受動的柔軟性を備えており、人間親和型のアクチュエータとして期待されている。

人工筋肉の基本的な構造は、ゴムチューブの周りをナイロン繊維で覆った形状で、圧縮空気を内部に加えることで収縮伸長する。人工筋肉には、収縮型直動ゴム人工筋、伸長型直動ゴム人工筋、収縮型彎曲ゴム人工筋、伸長型彎曲ゴム人工筋がある。収縮型直動ゴム人工筋では、ゴムチューブに空気を注入することで、収縮力を発揮する仕組みである。外径 11.6 mm、内径 8.0 mm、自然長 793.0 mm の場合、収縮率 25% であり、600 kPa に加圧した時に 340N の力を発揮することができる。伸長型直動ゴム人工筋では、外径 8.4 mm、内径 6.0 mm、自然長 40.0 mm の場合、500kPa 加圧から 0kPa に減圧時の収縮力 35N の力を発揮できる。収縮型直動の方が約 10 倍強い力が出せる。彎曲して力を発揮する人工筋肉も考案されている。収縮型彎曲ゴム人工筋では、空気を注入して加圧する場合に、片側にアクリル板を貼り収縮率を変化させ、収縮力を生み出すものである。収縮型彎曲ゴム人工筋では、外径 11.6 mm、内径 8.0 mm、自然長 300.0 mm の場合、500kPa 加圧時に彎曲角度 126 度、最大発生力は 78N である。伸長型彎曲ゴム人工筋では、外径 13.0 mm、内径 6.0 mm、自然長 80.0 mm の場合、250kPa 加圧時に先端には 20N の力を発揮することができる。

2. 研究の目的

マッキベン型人工筋肉を用いて、5本の指を伸展・屈曲できる装置を考案・開発し、患者さんへの装着実験を繰り返し行ってきた。指の伸展には収縮型直動ゴム人工筋を独自に考案した滑車作用を用いて装着した。麻痺筋は屈曲傾向が強く、伸展にはある程度張力な筋力が必要である。屈曲には伸長型彎曲ゴム人工筋を用いた。随意性のない指に対して、把持動作を行うことができるように母指、示指、中指によるピンチ動作機能を持つ装置を作成し、麻痺患者さんに装着実験を行った。また、脳卒中などに代表されるような痙性麻痺による手指拘縮に対し、人工筋肉による受動可動域訓練装置を開発し、実用化に向けて研究を進めた。痙性麻痺で手指の屈曲拘縮を来している患者さんは結構多く、痛みや機能障害に悩まされており実用化できればそのような患者さんの役に立つと考えた。世界的に見てもこのような装置はない。音声による可動システムを採用することによって、健側の手指が自由に使える。自宅で自分自身で受動的訓練装置を装着し、屈曲拘縮を起こしがちな指の伸展エクササイズを好きな時に行い、屈曲拘縮の改善・予防ができることが本研究の目的である。

3. 研究の方法

脳卒中などに代表されるような痙性麻痺による手指拘縮に対し、人工筋肉による受動可動域訓練装置を開発した。前腕・手関節部・手根部までの硬性保持装具に、収縮型人工筋を配置し、容易に装着できるように工夫した。麻痺手には、変形があり装着は容易ではない。アタッチメントの開発には非常に苦労した。装着が容易であり、締め付け感がなく、しかもフィットしていなければならない。アタッチメントの工夫が重要である。アタッチメント、コントローラー、コンプレッサーはできるだけ軽量・シンプルにし、スイッチは、音声によるものと健常な手による方法の両方

を作成した。ボトックス治療と併用して受動可動域訓練装置として作成した。システムすべてを一つのジュラルミンケースに収まるように作成し、患者さんの自宅でホームエクササイズとして用いることができるようなシステムを完成した。

4. 研究成果

痙性麻痺による手指拘縮に対し、人工筋肉による受動可動域訓練装置の開発に関しては、実用的なレベルまで来ることができたと思う。現在、患者さんの自宅で装置を貸出し、実用実験を続けている。痙性による拘縮は改善傾向であり、以前のような痛み、ツッパリ感などは減少している。心配していた装着したり、外したりの作業も患者さん自身で何とかできているとのことで、痙性麻痺の手指変形防止、機能回復に役立つ可能性があると考えられる。患者さん自身で装着することは、できると言ってもかなり苦心が必要であり、もう少し装着しやすいように工夫する必要がある。ボトックスなど痙性をコントロールする治療と併用することが大切である。また継続して訓練できるように患者さんとコミュニケーションをとる必要もある。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 10 件)

- 1) 千田益生: 電気生理学的検査. 初期研修医・後期研修医のための必修整形外科企画・編集 尾崎敏文 MEDICAL VIEW 社 東京 関節外科 10 月増刊号 p78-87, 2016. 査読あり
- 2) 千田益生: 今後自己注射が期待できるであろう疾病・症状の考察と治療の現状 - 腰痛 - . 自己注射の対する医師・患者ニーズと製品開発への落とし込み 技術情報協会 p110-112, 2016. 査読あり
- 3) 千田益生、堅山佳美、兼田大輔: 腰痛の

- リハビリテーション. 整形外科
67(12):1283-1289, 2016. 査読あり
- 4) 千田益生、堅山佳美、上原健敬、兼田大輔：転移性脊椎腫瘍のリハビリテーション 脊椎脊髄ジャーナル 28:1053-1061, 2015. 査読あり
 - 5) 千田益生、堅山佳美、上原健敬、兼田大輔：手術的治療の効果を評価する Loco Cure 1(2):42-49, 2015. 査読あり
 - 6) 千田益生：その腰の痛み、膝の違和感、ロコモの赤信号かも 健康日本 566:8-11, 2015. 査読あり
 - 7) 千田益生：40歳以上の5人に4人はロコモ予備軍！ あなたの健康度は？ 健康日本 567:8-11, 2015. 査読あり
 - 8) 千田益生：寝たきり・要介護にならないために今日から始めるロコトレ 健康日本 568:8-11, 2015. 査読あり
 - 9) 千田益生：毎日の食事でロコモに負けない骨・筋肉を！ 健康日本 569:8-11, 2015. 査読あり
 - 10) 千田益生：人工筋肉. 整形外科 65(7):653-657, 2014. 査読あり

〔学会発表〕(計 8 件)

- 1) 柏原尚子、宮澤真一、堅山佳美、千田益生、尾崎敏文：前十字靭帯再建術に伴う外側半月板縫合術による外側半月板サイズは変化する. 第 53 回日本リハビリテーション医学会学術集会 2016年6月10日 京都市
- 2) 千田益生、堅山佳美、原田遼三、上原健敬、山川泰明、山根健太郎：ケーブルテレビを用いた運動指導とロコモコールによるロコモ予防システムの構築. 第 88 回日本整形外科学会学術集会 2015年5月23日 広島市
- 3) 堅山佳美 千田益生 上原健敬：健常人の横隔神経伝導検査における左右差の検討. 第 52 回 日本リハビリテーション学会 2015年5月29日 新潟市

- 4) 千田益生、堅山佳美、太田晴之、佐々木賢太郎：関節リウマチと運動器リハビリテーション. 第 27 回日本運動器科学会 シンポジウム 2 2015年7月4日 宮崎市
- 5) 堅山佳美、千田益生、馬崎哲朗、尾崎敏文：全人工股関節置換術前後における重心動揺性と歩行速度. 第 87 回 日本整形外科学会学術集会 2015年5月24日 神戸市
- 6) 杉原進介、辻 哲也、田沼 明、宮越浩一、千田益生、川井 章：がんのリハビリテーションクリニカルパス作成の試み. 第 51 回 日本リハビリテーション医学会学術集会 2014年6月5日 名古屋市
- 7) 馬崎哲朗、千田益生、堅山佳美、上原健敬、尾崎敏文：人工筋肉を用いた手指痙縮に対するアプローチ. 第 51 回 日本リハビリテーション医学会学術集会 2014年6月6日 名古屋市
- 8) 堅山佳美、千田益生、尾崎敏文：肺移植による横隔神経麻痺の経験. 第 44 回 日本臨床神経生理学会 2014年11月21日 福岡市

〔図書〕(計 8 件)

- 1) 千田益生：RAの基本的なリハビリテーションの考え方. 整形外科医の知っておくべき関節リウマチ診療ABC 責任編集 久保俊一 編集 西田圭一郎、小田 良 文光堂 東京 p202-204, 2016.
- 2) 千田益生：日常診療で使用すべき評価法. 整形外科医の知っておくべき関節リウマチ診療ABC 責任編集 久保俊一 編集 西田圭一郎、小田 良 文光堂 東京 p212-220, 2016.
- 3) 千田益生：大腿骨近位部骨折のリハビリテーション 編集 千田益生 全日本病院 出版会 Monthly Book Medical Rehabilitation No.197, 2016.

- 4) 千田益生、田島文博、佐々木信幸、花山耕三、沖井 明、近藤国嗣、朝貝芳美、古澤一成、久保俊一：リハビリテーション科医の歴史と課題。リハビリテーション研究 168:4-7,2016.
- 5) 千田益生：WOMAC 障害と活動の測定・評価ハンドブック 岩谷 力、飛松好子編 南江堂 221-222, 2015.
- 6) 千田益生：ロコモティブシンドロームのすべて V ロコモティブシンドロームの対策 ロコモと介護保険 日本医師会雑誌 第 144 巻・特別号(1) S284-S285、2015.
- 7) 千田益生：切断、装具、杖、車いす。運動器リハビリテーションシラバス 改訂第 3 版 南江堂 2014.
- 8) 千田益生：運動器リハビリテーションを勉強したい。リハビリテーション臨床現場のモヤモヤ解決！ 医歯薬出版 2014.

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等
岡山大学総合リハビリテーション部
<http://www.okayama-u.ac.jp/user/rehabili/index>

6. 研究組織

(1)研究代表者

千田 益生 (SENDA MASUO)
岡山大学・大学病院・教授
研究者番号：60226694

(2)研究分担者

則次 俊郎 (NORITUGU TOSHIROU)
津山工業高等専門学校・校長
研究者番号：70043726

堅山 佳美 (KATAYAMA YOSHIMI)
岡山大学・大学病院・助教
研究者番号：90397886