

令和 2 年 9 月 11 日現在

機関番号：82404

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2016～2019

課題番号：16K01587

研究課題名（和文）関節リウマチ患者の早期運動療法における伸展トルクの適正化と新スプリントの開発研究

研究課題名（英文）Optimization of traction force and development of a dynamic extensor splint for rheumatoid arthritis patients

研究代表者

徳井 亜加根（TOKUI, Akane）

国立障害者リハビリテーションセンター（研究所）・学院（研究所併任）・義肢装具士

研究者番号：30627683

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,600,000円

研究成果の概要（和文）：関節リウマチ患者の術後手指伸展拘縮の原因となる伸展補助力について、静的計測の結果、先行研究で述べられた伸展補助力の値より弱い力で手指伸展位保持が可能であることを示唆した。さらに、計測機能を付加した装具を考案し、伸展補助力の動的計測をすることにより手指の関節可動域の変化を評価することが可能となった。動的計測の結果、小指、環指では示指、中指よりも屈伸運動に必要なバネの伸びが大きく、伸展拘縮が発生しやすいことを示唆した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

関節リウマチ患者が使用する手指伸展補助装具において、伸展補助力の設定基準はなく、装具療法後の伸展拘縮の発生が問題視されてきたが、本研究において考案した計測機能付き装具は、装具装着中の手指の運動状況が確認できるため、伸展拘縮の防止に寄与できると考えられる。今回考案した計測機能付き装具は有線計測であるが、無線化、小型化を実現することにより、装具装着中における手指の運動状況をリアルタイムデータとして取得することが可能になり、装具装着時の問題発生を退院後でも早期に発見することが可能になると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Extension traction forces of orthoses are responsible for postoperative finger extension contractures in patients with rheumatoid arthritis. As a result of static measurement, we suggested that it is possible to retain finger extension position with force weaker than the value of extension traction force described in the previous study. In addition, it became possible to devise the orthosis which added the measurement function, and to evaluate the change of the joint excursion of the finger by the dynamic measurement. As the result of the dynamic measurement, it was clarified that the extension of the spring necessary for flexion extension motion was larger in little finger and ring finger than index finger and middle finger, and that the extension contracture was easy to be generated.

研究分野：義肢装具

キーワード：関節リウマチ 装具 スプリント 運動療法

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

厚生労働省リウマチ・アレルギー対策委員会の報告書(2011)によると、日本国内における関節リウマチ患者数は 70 - 80 万人といわれ、薬物治療が発達した現在でも関節破壊が進行し、身体機能に障害を来している患者は多い。手関節の関節破壊により発生する手指伸筋腱断裂では外科的治療が選択され、術後は後療法として装具やテーピングを使用し、拘縮予防のため、手指を伸展位に保持する。関節リウマチ患者ではテーピングよりも装着が簡便な装具の使用は有用であるが、装具の目的が拘縮予防であるにもかかわらず、装具そのものが伸展拘縮の原因となることがある。理由として、装具の伸展トルクが患者の病態に適合していないことが考えられる。

先行研究から、装具が満たすべき条件として以下の 4 つが挙げられる。

MP 関節を他動的に 0° まで伸展できること¹⁾

適応となる患者は、指伸筋の徒手筋力が 0 から 2 で、指屈筋、虫様筋および骨間筋の MMT は 3 から 5 であること²⁾

伸筋腱を 5 mm 滑走させる(癒着を防止する)程度まで MP 関節を自動屈曲できること³⁾

循環障害防止のため伸展トルクが加わる皮膚の接触圧は 50g/cm²以上としないこと⁴⁾

しかし、臨床における現状では、関節拘縮の発生報告例において上記 4 条件が満たされていないかどうかが検証されておらず、それぞれの報告例において伸展トルクがどのように設定されたものであるかも明らかでない。また、関節リウマチ患者における、装具の伸展トルクに関するガイドラインも存在しないため、医療機関により伸展補助の力源に用いられるゴムバンドの長さや径にばらつきがあり、統一された規格はない。

多用される装具のデザインは手背側からの手関節固定を行い、アウトリガーから MP 関節伸展トルクを加える構造である。材質として調整が容易なゴムバンドが一般的に用いられているが、牽引角度によって伸展トルクが変化すること、力は並進方向であり、トルク値としての調整は行われていないこと、基本的には非線形であり、線形範囲を確保するためのゴム長が装具をかさばらせること、経年劣化が生じること、などの欠点は無視できず、改良が待たれることは明白である(図 1)。

2. 研究の目的

本研究では、関節角度の変化に伴う伸展トルクを計測し、データを蓄積することで、関節リウマチ患者の伸筋腱断裂再建術後に用いる装具の伸展トルクの適正值を具体的な数値で提示することを目的とする。更に、装具の適応となる患者の条件を明らかにし、適合に関するチェック項目を策定することで、装具のガイドラインを示すことが可能と考えられる。また、手指の変形を来している関節リウマチ患者でも、ADL への支障を抑えることができる新たな装具を開発することで、関節拘縮や ADL の問題を同時に解決できるほか、装具を装着して生活すること

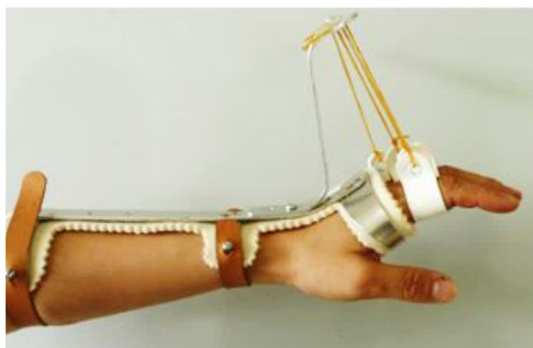


図 1 ゴムバンドを用いた装具

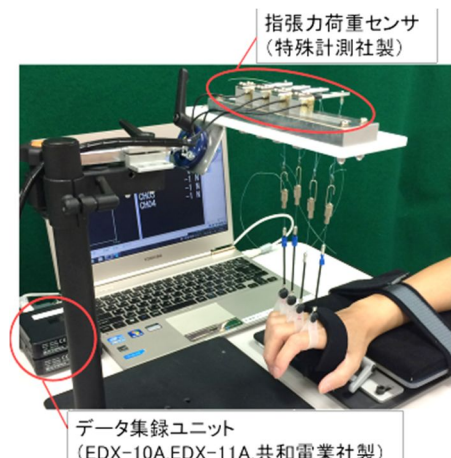


図 2 自作した計測機器による静的計測

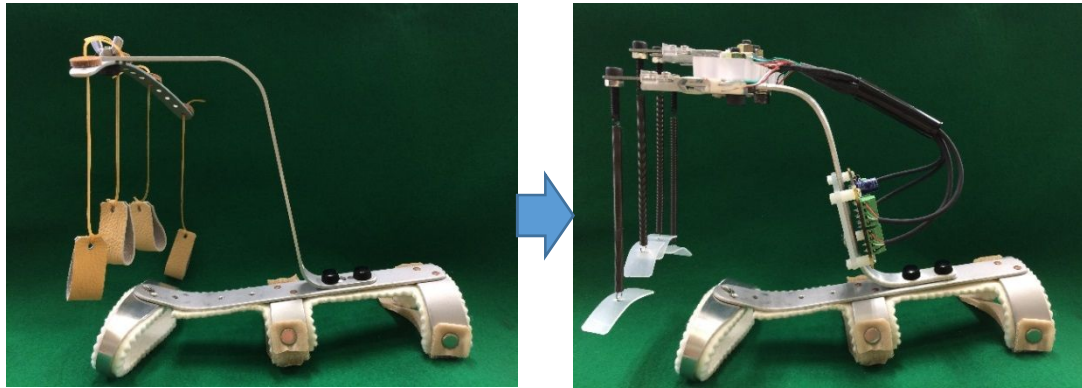


図 3 動的計測を行うために製作した計測機能付き装具
従来の装具のアウトリガー部分を計測デバイスに交換することで動的計測が可能になる

自体が術後の訓練となり得るため、退院後自宅でのリハビリテーションを簡単に行うことが可能となるなどのアウトカムが期待される。

3. 研究の方法

(1) MP 関節伸展位保持角度の違いによる伸展補助力の定量化（静的計測）

MP 関節の長期にわたる伸展位保持は側副靭帯の短縮を惹起し、伸展拘縮の原因となることから、握力の低下した関節リウマチ患者には自動屈曲運動が可能な伸展補助力の設定が必要となる。そこで、MP 関節の伸展保持角度の違いによる伸展補助力の変化について、計測により明らかにしようとした。

手指に既往歴のない健常女性 8 名に対し、手関節背屈 20° において、MP 関節伸展 0°、

MP 関節屈曲 15° 保持に必要な伸展補助力を自作の計測用装具を用いて第 2 指それぞれを同時に計測した(図 2)。計測用装具は手関節を金属シーネにより掌側から背屈 20° に固定し、第 2 指の各基節骨に長さ調整が可能な指カフを垂直に装着する構造とした。

(2) 関節リウマチ患者による MP 関節自動屈曲運動時の伸展補助力の定量化（動的計測）

装具により MP 関節を伸展位に保持された関節リウマチ患者が自動屈曲運動をどの程度行っているかを明らかにするために、自動屈曲時の伸展補助力の変化を計測した。計測に際して、一般的に使用されている装具のアウトリガー部分を計測デバイスに交換するだけで計測が可能な計測機能付き装具を製作した(図 3)。計測対象としたのは関節リウマチ患者 26 名 40 手である。伸展補助力の力源に使用した金属バネのバネ定数は 0.04N/mm で、伸展補助力の変化量によりバネの伸びの変化量を算出した。

4. 研究成果

(1) MP 関節伸展位保持角度の違いによる伸展補助力の静的変化について、健常女性 8 名に対する計測を実施した結果を図 4 に示す。いずれの MP 関節角度においても各指に必要な伸展補助力の平均値は、大きい方から順に、中指、環指、示指、小指となり、小指は中指の半分以下の値を示した。最も大きな伸展補助力を要する中指では、伸展 0° における最大値は 1.18N、平均値は 0.84N だった。また、屈曲 15° では、伸展 0° に比べ、約 7 割の伸展補助力で関節角度が保持できることが明らかとなった。

ダイナミクスプリントの伸展補助力に関して、Brand⁵⁾は 100g から 300g の力で開始することを推奨し、Bell-Krotoski ら⁶⁾は関節炎のある関節や不安定性のある関節において 100g から 200g を推奨している。しかし、本計測では、計測した 32 指中、1N を超える値を示したのは 3 指であり、いずれの指においても平均値は 1N 未満であったことから、Brand や Bell-Krotoski らが示した値よりも小さな伸展補助力で伸展 0° に保持できることを示した。小指は中指の半分の伸展補助力しか必要としないため、中指と同じ張力のゴムバンドを小指でも同様に用いる場合は、伸展補助力が強くなりすぎないように、注意が必要である。自動屈曲運動

開始時に指の屈曲が不十分な場合は、ダイナミックスプリントの伸展補助力を3割程度弱めたとしても、MP関節を屈曲15°まで伸展させることが可能であるため、主治医と相談の上、伸展補助力を弱めることも検討すべきと考えられる。

(2) 関節リウマチ患者において、MP関節伸展位から自動屈曲運動を実施し、伸展補助力の変化を動的計測したところ、伸展補助力の最大値が最も大きくなったのは環指で、次いで中指、小指、示指の順となった。中指よりも環指、示指よりも小指が大きな伸展補助力を示したのは、MP関節が伸展位から屈曲位へ変化すると、手掌アーチの出現によってアウトリガーからMP関節までの距離は示指、中指ではそれほど変化しないが、環指および小指では長くなるためだと考えられる。装具装着下におけるMP関節の屈曲運動で生じるバネの伸びは、MP関節の回転運動だけでなく、アウトリガーに対するMP関節の併進運動も要因となる。小指と示指を同じ角度だけ屈曲させる場合でも、小指の屈曲ではよりも多くのバネの伸びが必要となり、示指と小指に同じバネ定数のバネを用いていた場合、示指に比して小指の方がより大きな伸展補助力に抗しなければMP関節を屈曲することができない。また、手指の変形が多くみられる場合、装具が満たすべき条件として挙げられている「MP関節を他動的に0度まで伸展できること」は実現が困難であることも明らかとなった。

関節リウマチにおける手指の皮下伸筋腱断裂の術後療法においては、癒着による拘縮の防止が最大の目的である。本研究における静的計測および動的計測の結果から、関節リウマチ患者の装具では先行研究にかかわらず100g以下の伸展補助力で運動療法を実施すべきであり、特に小指においては他の指よりもバネ定数の小さいバネを使用する必要があることが明らかとなった。

これまで、手指の伸展補助装具において伸展補助力の動的計測は行われておらず、医師やセラピストの経験により伸展補助力を設定していたが、本研究では計測機能付き装具を用いることにより伸展補助力の動的計測が可能になり、バネの伸びから関節の可動域を計測できることが示唆された。計測デバイスの小型化、無線化を実現できれば、装具を用いてより簡便に手指の運動を計測できると考えられる。

<引用文献>

- 1) RB Evans. 伸筋腱損傷の後療法(ハンドセラピー), James M. Hunter, 津山直一, et al. ハンター新しい手の外科:手術からハンドセラピー, 義肢まで 第3版:協同医書出版社; 1994.
- 2) Miles Harrison Anderson. Upper extremities orthotics: Charles C. Thomas; 1965.
- 3) RB Evans, W Burkhalter, editors. Early passive motion in complex extensor tendon injury. Second International meeting of american society of hand therapists October; 1983.
- 4) G. A. Holloway, C. H. Daly, et al. Effects of external pressure loading on human skin blood flow measured by ^{133}Xe clearance. J Appl Physiol;40(4):597-600. 1976.
- 5) Brand PW. Clinical mechanics of the hand: Mosby 1985.
- 6) JA Bell-Krotoski. 手の評価への生体力学の応用, James M. Hunter ほか編; 津山直一, 田島達也監訳. ハンター新しい手の外科:手術からハンドセラピー, 義肢まで 第3版:協同医書出版社; 1994.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計7件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 徳井亜加根
2. 発表標題 ダイナミックスプリント用手指運動評価デバイス開発の試み
3. 学会等名 第3回日本リハビリテーション医学会 秋季学術集会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳井亜加根
2. 発表標題 装具療法と手指運動機能の定量的評価を同時に行うダイナミックスプリント用計測デバイスの提案
3. 学会等名 第2回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳井亜加根
2. 発表標題 ダイナミックスプリントのアウトリガー型計測デバイスの製作 手指伸展補助力の可視化
3. 学会等名 第34回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 徳井亜加根
2. 発表標題 肢体不自由児・者支援における医工学連携の重要性
3. 学会等名 彩特ICT/AT.LABO 第8回冬期研究大会（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 徳井亜加根
2. 発表標題 ダイナミックスプリントのMP 関節保持角度に関する一考察
3. 学会等名 日本義肢装具学会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Rumi Sunohara
2. 発表標題 Design Protocol of the Dynamic Splinting Based on Determined MP Joint Impedances
3. 学会等名 The 1st Asia-Pacific Occupational Therapy Symposium (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高嶋孝倫, 徳井亜加根, 岡田充弘, 新谷康介, 塩田琴美
2. 発表標題 伸展ダイナミックスプリントの改善を目指したMP関節インピーダンスの同定
3. 学会等名 第32回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	高嶋 孝倫 (TAKASHIMA Takanichi) (00425654)	長野保健医療大学・地域保健医療研究センター・教授 (33607)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	岡田 充弘 (OKADA Mitsuhiro) (40309571)	大阪市立大学・大学院医学研究科・講師 (24402)	
研究 分担者	塩田 琴美 (SHIOTA Kotomi) (50453486)	早稲田大学・重点領域研究機構・その他（招聘研究員） (32689)	
研究 協力者	新谷 康介 (SHINTANI Kosuke)		
研究 協力者	春原 るみ (SUNOHARA Rumi)		
研究 協力者	西村 正暁 (NISHIMURA Masaaki)		
研究 協力者	酒田 圭二 (SAKATA Keiji)		