

小児筋電義手適用のプロトコールに関する調査研究

海外専門施設訪問の報告

研究代表者 芳賀 信彦 東京大学医学部附属病院リハビリテーション科 教授
研究協力者 高見 響 兵庫県立福祉のまちづくり研究所 義肢装具士
研究協力者 中村 隆 国立障害者リハビリテーションセンター 義肢装具技術
研究部副義肢装具士長
研究協力者 藤原 清香 東京大学医学部附属病院リハビリテーション科 助教

研究要旨 カナダの小児筋電義手に関わる2施設を訪問し、小児筋電義手リハビリテーションおよび支給システムに関する調査結果について報告した。今回の調査で得られた知見は、日本にもすぐ流用できる点が多々あり、日本における小児筋電義手のリハビリテーションプロトコールの確立に向け、有益な知見を得た。その一方、ソフト面では、作業療法士と義肢士の義手に対する知識と経験が豊富であること、ハード面では購入費用の補助に支援団体 The War Amps の存在が大きいことが明らかとなった。

A. 研究目的

本研究は、①日本における小児患者の筋電義手リハビリにおける課題を明らかにし、②適切な筋電義手リハビリのプロトコールや、補装具費支給制度における筋電義手支給に必要な到達点を明らかにすること、を目的とする。日本では、労働災害による成人切断患者を中心に筋電義手の支給環境が整備されつつあるが、小児筋電義手については適切なプロトコールが未だ確立されておらず、小児筋電義手のリハビリテーションに対応できる医療機関もごくわずかである。これに対し、カナダやスウェーデンでは小児の筋電義手支給システムが整備され、7～8割以上の小児が筋電義手のリハビリと支給を受けていると言われる。したがって本研究の課題達成には、世界で先駆的役割を担っている海外施設の情報が極めて有用である。

そこで、世界で最も先進的な取り組みを行い、かつ伝統のあるカナダの Holland Bloorview Kids Rehabilitation Hospital と University of New Brunswick (UNB) 内にある Atlantic Clinic for Upper Limb Amputation を訪問し、小児筋電義手のリハビリテーションと支給システムについて調査を行った。調査目的は、カナダにおける小児筋電義手のリハビリテーションについて、医療から福祉制度を含めた最新の情報を入手し、その全体像を把握すること、である。

B. 研究方法

調査期間は平成30年1月28日から31日までの3日間（移動日を除く）であった。日程の詳細を表1に示す。調査には医師2名、作業療法士2名、義肢装具士4名の計8名が参加した。参加者を表2に示す。

(倫理面での配慮)

本研究は海外施設の訪問という調査であり、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」および「ヒトゲノム・遺伝子解析研究に関する倫理指針」の対象外と考えた。但し訪問施設においては、施設の規定に従い、患者・家族の写真撮影を控えた。

C. 研究結果

最初の訪問施設である Holland Bloorview Kids Rehabilitation Hospital は、カナダのオンタリオ州トロントにあるカナダ最大の小児リハビリテーション病院である(図1)。スタッフ総数は1114名であり、施設内には病院の他に支援学校も併設されている。施設の維持には診療報酬の他に多くの寄付金が不可欠であり、個人から大企業まで多くの支援者がいる。玩具ブロックで有名なレゴ社も支援企業の一つである。

義肢部門には、常勤の義肢士(Certified Prosthetist: CP)が3名、非常勤のCPが2名、技術者が4名勤務している(カナダでは義肢装具士は義肢士と装具士に分かれている)。義手に携わる作業療法士は2名である。平成29年10月に日本義肢装具学会学術大会で教育講演を行った義肢士(Sandra Ramdial)と作業療法士(Lisa Artero)が、上肢切断の臨床に従事している(図2)。施設内には義肢装具製作に必要な工作機器も完備されている。製作工程ごとに作業部屋が分かれ、安全かつ清潔な環境が保たれている(図3)。このような人員配置と製作環境により義肢の適合と製作を含めた細やかな対応が可能となっている。

訪問中に3名の先天性上肢形成不全児の

症例が紹介された。

1番目は、5歳10か月の男児(左前腕レベルの形成不全)である。すでに筋電義手を日常的に使っており、作業療法訓練の様子が紹介された。訓練内容は、ひも通し、ひもむすび、鉛筆を削る、竿と魚のおもちやでの釣りなど、両手動作と楽しみながら義手を使うことに観点がおかれていた。また、作業療法士には義手部品に関する豊富な知識があり、症例のニーズに応じてレクリエーション用の手先具が紹介されていた。さらに、義肢装具士による採型のデモンストレーションでは、彼ら独自の採型技術が紹介され、長年培ったノウハウを知ることができた。

2番目は、11歳の女児(左前腕レベルの形成不全)で、筋電義手の他に、レクリエーション用義手のソケット2本と手先具を5種類持っていた。ソケットはピン式ライナーで懸垂するもので、手先具の交換は迅速交換式手継手(Hosmer)により可能となっていた。手先具は、アメリカTR社製の水泳用(Freestyle Swimming Device)、マット用(Shroom Tumbler)、鉄棒用(Swinger TD)、空手用(Dragon TD)、バイオリン用(Violin Bow Adapter)であった。水泳用手先具を使用する際、義手長により水の抵抗が変わるので、泳ぐ効率と肩や腕への負担のバランスを考えることが必要とのことであった。

3番目は、8歳の男児(左前腕レベルの形成不全)で、ソケットの適合から電極位置の決定、ソケットへの電極の組み込み、筋電による初めての電動ハンドの操作まで一連の流れが紹介された。作業療法士が児の興味を断端の筋を動かすことへ巧みに誘導し、ソケットの装着が不快にならないよう

に促す技術は注目すべきものであった。自らの筋電で電動ハンドが動いた時の児の表情が印象的であった。

症例見学の合間に義手の上肢機能評価指標 (The Prosthetic Upper Extremity Functional Index: PUFi) について作業療法士 (Lisa Artero) から講義があり、その開発者である Virginia Wright 博士と質疑応答の機会が持たれた (参考: Wright FV, Hubbard S, Jutai J, Naumann S. The Prosthetic Upper Extremity Functional Index: development and reliability testing of a new functional status questionnaire for children who use upper extremity prostheses. J Hand Ther. 14(2), 91-104, 2001)。PUFi の日本語訳を試みる際に、評価指標となる項目が示す内容について、その解釈と意味が確認された。義手の能力評価に関しては、多くの指標が提案されているが、PUFi の日本語版が作成できれば有力な評価指標となるであろう。

また、この病院には同一フロアに研究部門があり、そこに所属する Jan Andrysek 博士と情報交換を行った。博士は主に歩行動作解析や義足膝継手の開発を行っていたが、義手に関しては 3D プリンタを活用しようとしているとのことである。情報交換の中で、義肢部門のトップである Sandra Randal 氏が積極的に研究者を活用しようとする姿勢が伺えた。

Holland Bloorview Kids Rehabilitation Hospital の隣には、トロントリハビリテーションセンターがあり、センター内の研究室を訪問した。そこで開発された FES (機能的電気刺激) 装置など充実した施設を見学した。

2 番目の訪問施設である The Atlantic Clinic for Upper Limb Prosthetics は UNB の生体医工学研究所の中にある義手に特化したクリニックである (図 4)。クリニックのスタッフは、作業療法士が 1 名、義肢士が 1 名、製作技術者が 2 名と管理者である (図 5)。作業療法士の Wendy Hill 氏より施設概要と小児筋電義手のプロトコールに関して詳細な講義がなされた。

クリニックで取り扱う患者は、年齢に関係なく上肢切断・欠損のみ約 150 件で、患者の 42% が先天性欠損である。切断・欠損レベルは、前腕欠損が 46%、手部・指欠損が 26% である。このうち筋電義手使用者が 63% である。また、37% の患者がニューズブランズウィック州外からの患者であり、時間がないときには初期評価から義手製作まで 1 週間で行うこともある。

先天性欠損児に対する義手装着は生後 6 か月ごろから開始し、最初は受動義手を選択する。生後 12~18 か月ごろに受動義手から筋電義手に移行する。制御方法は伸筋に電極を 1 つ設置する随意開き式制御とする。3~5 歳ごろには屈筋にも電極を 1 つ設置して、伸筋・屈筋でハンドの開閉を制御する方法に移行する。8 歳~10 歳ごろまでには種々の義手を経験し、本当に必要な義手を再検討する機会を設けている。

クリニック内には熱帯魚の水槽やソファのある応接室があり、初めて来所した患者はそこでガイダンスを受ける。患者にとってリラックスしやすい気配りがされている (図 6)。

作業療法の訓練室では把持能力の調節が必要だったり両手動作が必要だったりするおもちゃがあり、ブランコやマット、訓練

用のキッチンなど生活全般のアクティビティを見据えた訓練環境が整備されている（図7）。

クリニック内には義肢製作施設もある（図8）。一見、日本の製作所と変わらない雰囲気であったが、筋電パターン認識による電動義手など、日本でまだ流通していない義手部品と技術が日常的に扱われていた。伝統的な技術と最先端技術を巧みに融合させているのが印象的であった。カナダの義肢士と日本の義肢装具士との間で、採型手法や製作技術に関する情報交換がなされた。

UNB では1960年代から筋電義手の特に筋電コントロールに関する研究を進めており、現在も電動ハンドや訓練手法の開発を行っている。研究者からは筋電義手訓練の一つとして開発されたゲーム（MOMO）が紹介された。手関節の掌背屈と前腕部にある筋の共収縮と弛緩によって画面上のボールを左右上下に動かすゲームである。筋電訓練用のゲームの開発は国内外で試みられているが、ここで見たゲームは最も完成度の高いものであった。また、UNB は3年に1回、筋電義手に特化した研究会 Myoelectric Controls Symposium (MEC) を開催し、この分野を世界的にリードしている。世界中から医療従事者や研究者が参加し、最先端の情報交換を行っている。

施設の壁には初期評価から義手製作と訓練、費用支払いやアフターフォローまでの各ステップをフローチャートで示したポスターが掲示されていた（図9）。これを日本語訳し、日本の実情を踏まえて各過程を検証すれば、本研究の目的である小児筋電義手のプロトコルの作成にアプローチできると考えられる。

D. 考察

今回の2施設の訪問を経て、以下にカナダにおける小児筋電義手を取り巻く環境を3つの項目について取りまとめ、日本における適切な筋電義手リハビリのプロトコルや、補装具費支給制度における筋電義手支給に必要な到達点について考察する。

【ファンド】

筋電義手の普及に当たっては、製作費用のファンドをいかに確保するかが常に課題となる。カナダにおける筋電義手の価格は約23,000カナダドル（1カナダドル=83円として約190万円）とのことなので、購入には何らかの経済的補助が必要になる。

カナダでは、公的制度による補助、個人が加入する保険、および The War Amps と呼ばれる支援団体による補助の主に3つのファンドがある。公的制度は各州において補助の割合が著しく異なり、トロントのあるオンタリオ州では製作費用の10~40%の公的補助がある一方、ニューブランズウィック州では筋電義手に対する公的補助が全くない。また補助対象は一つの義手に限られ、スポーツ用などのレクリエーション義手は対象でない。複数の義手を入手する費用は全て The War Amps からの補助に頼っている。

The War Amps は1918年に設立された戦傷軍人によるNPO支援団体で、小児を含む全ての切断者に対し必要な支援をしている。The War Amps の運営資金は“Key tag service”と呼ばれる活動に付随する寄付金によりまかなわれている。“Key tag service”は自動車の鍵の紛失時の保険で、これに登録すると鍵を紛失しても、鍵につい

たタグの登録情報を基に持ち主に戻ってくる仕組みである。自動車免許保有者にはこのサービスの情報とともに **The War Amps** の活動情報が伝えられ、登録料（20 カナダドル）が寄付金として、**The War Amps** に集まる仕組みとなっている。

日本における小児筋電義手に対するファンドの考え方は大きく異なる。障害者総合支援法に基づく補装具費支給制度における筋電義手の支給では、義手の使用に習熟していることが認められれば、一定の自己負担額を除いて公的補助がある。一方、これに至る前に保険医療として行われるリハビリテーションの際に使用する筋電義手（訓練用義手）を医療保険で入手することは困難であり、通常は医療機関等の負担になっている。唯一、兵庫県立リハビリテーション中央病院ロボットリハビリテーションセンターが、寄付金をもとに訓練用義手を貸し出す「小児筋電義手バンク」を設立しているのみである。カナダでは、「訓練用義手」という概念がなく、日本との比較は難しいが、日本でも障害者総合支援法による支給に至るまでの「訓練用義手」に対するファンドについて体制や基準の整備が必要である。

【スタッフ】

今回訪問した 2 施設において、双方とも鍵となる専門職は作業療法士と義肢士であった。小児義手訓練には成人の訓練とは異なる工夫が必要である。特に作業療法士は、小児の興味が向くようなおもちゃや訓練用具をそろえ、それらは対象年代別に整理されていた（図 10）。さらに、義手操作訓練だけでなく、義手部品に関する知識にも長けており、患者のニーズに合わせて必要な

部品を提案していた。

また、2 施設とも義肢装具製作設備を有し、経験豊富な義肢士が常駐しているのも大きなメリットである。ソケットの不適合もすぐその場で義肢士が修正していた。

義肢士がソケットの採型から適合、電極の取付け加工を行い、作業療法士は電極の位置決めと義手操作練習を行うというように、両者の役割分担が明確で、かつ密接に連携していることが重要であると感じられた。

日本でも義肢診療における多職種連携による診療体制は広まりつつあるが、義肢装具士が医療機関に常駐するのは一部の施設に限られている。また小児を専門とする作業療法士は、小児専門病院や医療型障害児入所施設、療育センター等に多くいるが、主な対象疾患は、脳性麻痺や二分脊椎などの麻痺性疾患、発達障害等であり、四肢切断や形成不全の経験、特に小児筋電義手の経験は極めて限られる状況である。これらの状況に対しては、小児筋電義手の診療を行う医療機関の体制整備、適切な研修、等が考えられる。

【義手部品】

カナダで使用している小児筋電義手の部品はすべてドイツのオットーボック社製であり、レクリエーション用義手の手先具はアメリカの TRS 社製のものであった（図 11）。成人用の筋電義手はオットーボック社製部品に加え、アメリカのフィラワー社製の電動フックも使用していた。オットーボック社製の部品は、現在日本で主に流通している部品より新しい次の世代の部品であり、小型バッテリーや Bluetooth による通信機能を備えている。日本では、このシステムは

小児筋電義手の部品として今年度完成用部品として認められたばかりであり、成人用はまだ日本には導入されていない。普及環境が整っているからこそ、新しい部品もすぐに導入できる環境にあると考えられる。

E. 結論

カナダの小児筋電義手に関わる2施設を訪問し、小児筋電義手リハビリテーションおよび支給システムに関する調査結果について報告した。今回の調査で得られた知見は、日本にもすぐ流用できる点が多々あり、日本における小児筋電義手のリハビリテーションプロトコルの確立に向け、有益な知見を得た。その一方、ソフト面では、作業療法士と義肢士の義手に対する知識と経験が豊富であること、ハード面では購入費用の補助に支援団体 The War Amps の存在が大きいことが明らかとなった。日本において小児筋電義手のリハビリテーションプロトコルを確立し、小児筋電義手を普及させるには、これらの役割を誰がどのように担うのかが今後の課題と考えられる。

F. 健康危険情報 該当なし

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし

2. 学会発表

1. 高見響：海外視察報告．厚生労働科学特別研究事業報告会「小児筋電義手適用のプロトコルに関する調査研究」．2018.3.25，神戸

H. 知的財産権の出願・登録状況 該当なし

表 1 調査日程

月日	内容	内容 (和訳)
1月28日	Holland Bloorview Kids Rehabilitation Hospital	(ホーランドブルービュー小児リハビリテーション病院)
	Introductions	施設紹介
	Myo Client (5yr10mo boy, left transradial)	症例見学 (5歳10か月。男児。左前腕レベルの形成不全)
	BKRH Research Department with Dr. Jan Andrysek	研究部門見学 (Jan Andrysek 博士との意見交換)
	Lisa to discuss PUF1 administration	PUF1に関する講義と議論
1月30日	Myo Client that also has rec prostheses (11y.o. girl, left transradial)	症例見学 (11歳。女児。左前腕レベルの形成不全)
	Site selection for new myo (8y.o. boy, left transradial)	症例見学 (8歳。男児。左前腕レベルの形成不全)。電極の位置決定
	Meet Dr. Virginia Wright	Virginia Wright 博士との意見交換
	Toronto Rehabilitation Institute	トロントリハビリテーションセンター
	Meet Dr. Masani and tour the facility	見学。政二博士の案内で施設見学。
1月31日	The Atlantic Clinic for Upper Limb Prosthetics	アトランティック義手クリニック
	University of New Brunswick	ニューブランズウィック大学
	Introductions	施設紹介
	Institute of Biomedical Engineering (Kevin Englehart, Director of IBME)	Kevin Englehart バイオメディカル部門長のあいさつ
	Prosthetists meet with Greg Bush and Steve Blazeski to discuss fabrication techniques	義肢装具製作技術の見学 Greg Bush 氏と Steve Blazeski 氏と共に)
	Doctors to meet with Dr. Ed Biden and Wendy Hill to discuss research in children's prosthetics	Ed Biden 博士および Wendy Hill 氏とのディスカッション
	Demonstration of the MOMO training game (Aaron Tabor and Wendy Hill)	訓練ゲームのデモンストレーション
	Stan Cassidy Centre for Rehabilitation	スタンキャシディリハビリセンター訪問。
	Meet Dr. Taillon and tour the facility	Taillon 医師との意見交換。

表 2 調査参加者

芳賀 信彦 (医師)	東京大学医学部附属病院リハビリテーション科
藤原 清香 (医師)	東京大学医学部附属病院リハビリテーション科
野口 智子 (作業療法士)	東京大学医学部附属病院リハビリテーション部
小林 実桜 (作業療法士)	東京大学医学部附属病院リハビリテーション部
中村 隆 (義肢装具士)	国立障害者リハビリテーションセンター
三ツ本敦子 (義肢装具士)	国立障害者リハビリテーションセンター
高見 響 (義肢装具士)	兵庫県立福祉のまちづくり研究所
柴田 晃希 (義肢装具士)	株式会社 田沢製作所



図 1 Holland Bloorview Kids Rehabilitation Hospital



図 2 義手の説明をする Sandra Ramdial 義肢士 (右) と Lisa Artero 作業療法士



図3 義肢製作設備（左：作業デスク、中：切削室、右：樹脂注型室）



図4 The Atlantic Clinic for Upper Limb Prosthetics



図 5 説明をする Wendy Hill 作業療法士 (右) と Ed Biden 博士 (左)



図 6 ガイダンスを行う部屋



図 7 訓練室



図 8 義肢士の作業机（左）と工作機械（右）

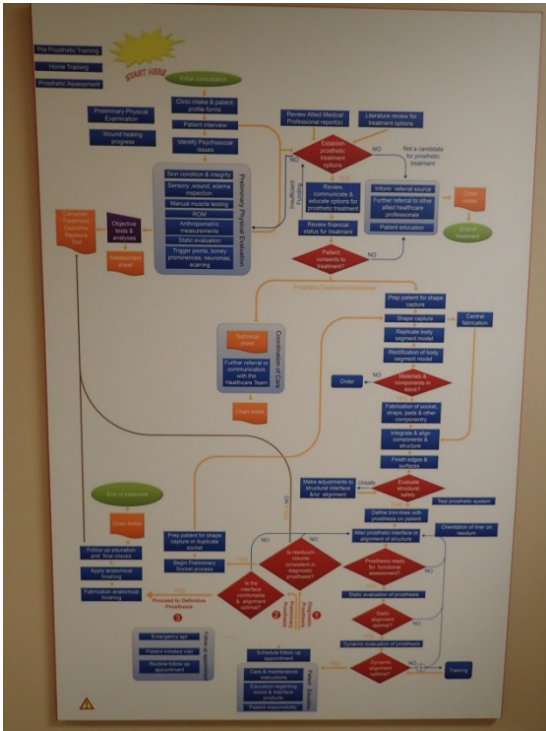


図 9

義手訓練のフローチャート



図 10

年齢別に区分けされた訓練用おもちゃ



図 11 小児用義手と様々な手先具