

令和 5 年 5 月 21 日現在

機関番号：31310

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2022

課題番号：18K17729

研究課題名（和文）身体運動学・心理学的アプローチによる理学療法士のハンドリング手技のエビデンス構築

研究課題名（英文）Evidence Building for Physical Therapist Body Handling Techniques Using Kinesiology and Psychological Approaches

研究代表者

鈴木 博人（Suzuki, Hiroto）

東北文化学園大学・医療福祉学部・講師

研究者番号：50635430

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は二つあり、理学療法士が行うハンドリング技術の再現性の検証と、対象者の運動参加の有無の観点からハンドリングの運動学習効果の明らかにすることであった。その結果、熟練PTのハンドリング技術の特性は目的とする運動を時間的な誤差なく滑らかに再現できる点にあると推察された。また、ハンドリングによる学習効果については、3次元空間（重力場）における筋トルク制御を要する運動の学習には、対象者の能動運動を含んだハンドリングが必要であることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、理学療法士のハンドリングの技術特性を定量データから提示した。これは、理学療法士が動作指導に関わる意義を提示する一助になると捉えている。また、ハンドリングの技術教育の提案に寄与できる。また、対象者の運動参加の有無によるハンドリングの学習効果の差異も示した。このデータは、運動・動作指導を行う際に理学療法士が対象者の運動参加の有無や可否の観点から方法を選択する根拠の一つになる。今後は研究成果を踏まえ、ハンドリングにおける空間的制御の技術特性や筋電図を用いた能動・受動ハンドリングの運動学習効果の検証などを行い、ハンドリングの治療効果やその技術指導法における更なるエビデンス構築を目指す。

研究成果の概要（英文）：The two purposes of this study were to verify the reproducibility of body handling techniques performed by physical therapists and to determine the motor learning effects of body handling with and without subjects' motor participation. As a result, it was inferred that the handling technique of expert physical therapists is characterized by their ability to reproduce the target movement without temporal error smoothly. Regarding the learning effect of handling, it was suggested that handling involving active movement of the subject is necessary for learning movements that require muscle torque control in 3-dimensional space (gravity field).

研究分野：理学療法学

キーワード：理学療法士 動作指導 ハンドリング 運動学習

1. 研究開始当初の背景

近年、リハビリテーション専門職は「再生医療」や「ロボットスーツ」などの発展により、求められる役割が年々変化している。我々は、このような医療水準・治療目標が高まりにとともに、今とは異なる形で「人の手や声による治療」の重要性が高まると考えている。特に、リハビリテーションの対象となる運動制御系に障害を持つ者は、エラーの同定や修正が困難な場合が少なくない。この僅かなエラーの同定や絶妙な修正に「人の手や声による治療」の役割があると考え

る。
今回我々は「セラピストの手による動作誘導(ハンドリング)」に着目した。ハンドリングは、対象者の身体を直接操作することにより目標とする運動パターンの学習を強化する方法であり(藤澤, 2006) 機器・環境を必要としない介入手段である。そのため、場面・病期等を選ばず頻繁に使用される治療手段である。また、ハンドリングは「機器や器具などによる介助下」と「自立」との間をつなぐ役割をも担っており、理学療法においては外すことのできない技術である。

しかし、ハンドリングは定量化にそぐわない一面からエビデンスが蓄積されていない。国内において、理学療法士(PT)が行う骨盤誘導時の左右1軸方向の力学的特徴を解析し、その応用により歩行訓練ロボットの開発を狙った報告がある(中島ら, 2014)。しかし、歩行のように運動自由度が高く複数の要因を含む運動課題では、被験者間の比較が非常に難しい(鈴木ら, 2015; 2017)。よって、定量的に比較検証可能な課題による研究が必要である。

2. 研究の目的

本研究ではPTが行うハンドリング技術のエビデンス構築の初期段階として、大きく二つのことを目的とした。一つはPTが行うハンドリング技術の再現性の検証すること(実験1) もう一つはハンドリングによる対象者の運動パターンの変化とその運動学習効果の解明すること(実験2)であった。

【実験1: PTのハンドリングスキルの運動学的分析】

研究1の目的は、PTがハンドリングによって対象者の身体を操作する際の再現性を定量的に分析することであった。そのため、本研究では、経験年数の異なるPTと、運動指導経験のない者を比較し、熟練PTのハンドリング手技の技術特性を運動学的に検討することとした。この検証にあたり、

【実験2: ハンドリングにおける能動運動と受動運動の運動学習効果の特徴】

研究2の目的は、PTによるハンドリングによって、対象者の運動パターン変化とその学習効果を明らかにすることとした。ハンドリングには二つの方法があり、一つは操作時に対象者が運動に能動的に参加する方法(能動ハンドリング) もう一つはPTが対象者の身体を他動的に運動させる方法(受動ハンドリング)である。この2群間の比較により、PTによるハンドリングは運動学習効果を有するのか、対象者の運動参加の有無によりその効果に違いが出るのか、という2点を明らかにできると考えた。

3. 研究の方法

【実験1: PTのハンドリングスキルの運動学的分析】

対象は熟練PT(経験年数 8 ± 1 年)10名、新人PT(経験年数1年未満) 対照群(運動指導経験のない者)10名とした。本研究では、オリジナルの実験課題「障害物を避けながら的の中央ヘリーチする動作(鈴木, 2015)」を使用した。この課題は3次元の運動でありながら運動自由度が低い一方で、運動パターンが一義的に決まらない。よって、一定の課題難易度を有しており、本研究に適していると考えた。測定手順について、まず対象者に実験概要に関する説明映像を視聴させた。その後、本実験で操作させる模型(上肢モデル: 詳細後述・図1)について説明した。

その後、対象者に再現させる運動パターンの映像を5回再生し確認させた。この映像は、事前に健常青年1名が本実験課題を実施させ、3次元動作解析装置で指先の運動学データの計測と同期して撮影したものであった。なお、前述の上肢モデルはこの映像に登場する健常青年の形態データに基づいて作成したものであり、モデルの指先には赤外線反射マーカーを貼付し、3次元データの計測を可能とした。その後、対象者に上肢モデルを使用して本課題の練習を5試行行わせた。この再現する運動パターンの映像確認と練習(5試行)の組み合わせを3セット実施させた。その後、15分間の休息の後、3次元動作解析装置を用いて5試行計測を行った。データ解析について、指先総軌道長誤差(空間的制御の指標)、指先軌道誤差(時間的空間的制御の指

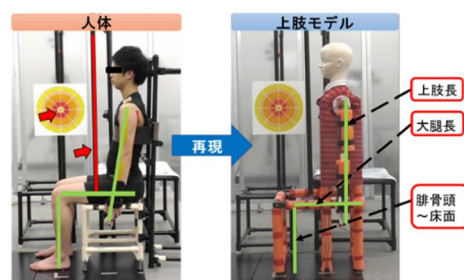


図1 本研究で作成した上肢モデル

標) 所要時間誤差(時間的制御の指標) ピーク速度誤差とそのタイミング誤差、ピーク加速度誤差とそのタイミング誤差、正規化ジャークコストを算出し、群間比較を行なった。なお、本実験における誤差は、映像で観察した目標運動パターンとの差分とした。

【実験2：ハンドリングにおける能動運動と受動運動の運動学習効果の特徴】

対象は、健康青年27名とした。対象を能動ハンドリング群(能動群)と受動ハンドリング群(受動群)に無作為に割り付けた。学習課題は研究1同様に「障害物を避けながら的の中央へリーチする動作」とした。対象者には視覚情報を遮断した状態で、3次元空間に設定された的の中央にリーチすることを求められた。視覚情報を遮断することにより、筋運動感覚の学習におけるハンドリングの効果を検証できるとともに、運動自由度の低い運動でありながら一定の課題難易度を付加できると考えた。なお、指導なしに本課題を学習することは困難であることの確認を事前に済ませた。測定手順について、まず映像で課題の概要を説明した。その後、練習前テストとして、本課題を3試行実施させた。テスト終了後、練習を二日間実施し、練習回数は各練習日10試行とした。また、能動群には「あなたの腕を動かします。その動きを覚えてください。その際、一緒に動かすようにしてください。」と教示した。受動群には「あなたの腕を動かします。その動きを覚えてください。その際、腕の力を抜いていてください。」と各日の練習前に言語教示を与えた。ハンドリングは練習中毎回実施した。フィードバックについて、5試行に1回指先が到達した位置を映像で確認させた。練習終了1日後と1週間後に保持テスト(各3試行)を行った。データ解析において、指先総軌道長誤差(空間的制御(運動全体)の指標)、指先標的間誤差(空間的制御(到達位置)の指標)、指先軌道誤差(時間的空間的制御の指標)、所要時間誤差(時間的制御の指標)を算出し、群間比較を行なった。なお、本実験における誤差は、本課題を開眼状態で行った別の健康青年(8名)の平均データとの差分とした。



図2 学習課題と計測環境

4. 研究成果

【実験1：PTのハンドリングスキルの運動学的分析】

本実験により、熟練PTは対象者の身体操作において、時間的制御に長けており、また滑らかな運動を再現できることが示唆された。具体的に、所要時間誤差、ピーク速度タイミング誤差、負ピーク加速度タイミング誤差において、熟練PT群は対照群より有意に誤差が小さかった。この結果から、熟練PTは意図した運動パターンの所要時間を正確に再現できること、そして、その時間的制御に欠かすことのできない「加速と減速の切り替えのタイミング」、「正確に到達させるための運動後半の制御」に優れている可能性がある。また、正規化ジャークコストにおいても熟練PT群は対照群よりもコストが小さい(運動が滑らかさ)である傾向があった。よって、単に加速と減速のタイミングが一致できているだけではなく、その切り替えが滑らかに行われていることが確認された。運動における時間的制御は運動・動作を重力場で遂行する上で極めて重要な要因である。よって、PTがハンドリングによって運動・動作を指導することにより、空間的要因だけでなく、時間的要因も兼ね合わせた指導が行える可能性が示唆された。一方、空間的制御(指先総軌道長誤差)において、群間に差異は認められなかった。リーチ動作課題であり、指先の軌道形成としては開始点と的の中央を繋ぐシンプルな課題であったため、難易度の観点から差が見られなかった可能性がある。一方、同時に撮影したビデオ映像の観察により、関節運動の変化やその関節間協調性に特徴を見出せる可能性がある。しかし、今回使用した光学式3次元動作解析装置では赤外線反射マーカが隠れてしまうため計測不可能であった。この点は、IMU式3次元動作解析装置など異なる測定環境での実施を検討が必要となった。

【実験2：ハンドリングにおける能動運動と受動運動の運動学習効果の特徴】

本実験により、受動ハンドリングにおいて、動作所要時間と運動到達位置の学習が可能であることが確認された。具体的には、指先標的間誤差や所要時間誤差において、群間に有意差を認められなかった。また、指先標的間誤差においては両群ともプレテストよりもパフォーマンスが改善し、学習効果を認めた。先行研究により視覚情報のない条件での受動運動+フィードバックによって、固有受容感覚の精度が向上することが報告されている(Bernardi, et al., 2015)。本研究においても同様に、固有感覚の精度が向上し、到達位置については学習できた可能性がある。一方、運動軌道形成という観点では能動ハンドリングが運動学習において優れている可能性が示唆された。具体的に、指先軌道誤差について保持テスト時に能動群が受動群よりも有意に誤差が小さく、また能動群のみプレテストと保持テストの間に有意差を認めた。また、各被験者のパフォーマンスを確認したところ、受動群のパフォーマンスのバラツキが大きいことが観察された。同様の傾向が総軌道長誤差においても確認された。先行研究では、運動軌道の再現において受動運動でもパフォーマンスが改善すること(Chiyohara, et al, 2020)、受動運動が能動運動と

同等の効果を示すこと (Bernardi, et al., 2015) が報告されている。しかし、これらの先行研究では 2 次元空間での運動課題が採用されていた。よって、本実験課題のような 3 次元空間の課題においては結果が異なる可能性がある。すなわち、3 次元空間 (重力場) において相対的に風雑な筋トルク制御を要する運動の学習において、受動ハンドリングには限界があり、筋トルク制御の誤差修正を経験できる能動ハンドリングが優れていることが示唆された。

【結論】

本研究の実験 1 により、PT のハンドリングの技術特性は目的とする運動を時間的な誤差なく滑らかに再現できる点にあると推察された。よって、このデータは PT が動作指導に関わる意義を提示する一助になると捉えている。また、ハンドリングの技術教育の提案に寄与できる可能性がある。すなわち、理学療法学生および若手 PT の技術指導においては、時間的制御や運動の滑らかさに着目した指導が必要であると推察される。我々の先行研究において専門職技術の要素 (空間的要素・時間的要素・力量調整要素) によって指導方法を変える必要性が明らかとなっている (松坂ら, 2023)。よって、ハンドリングの技術指導においては、時間的要素や力量調整要素の指導を重点的に行うことが必要と推察される。また、実験 2 により能動ハンドリングと受動ハンドリングによる学習効果の違いが示唆された。このデータは PT がハンドリングで運動・動作指導を行う際に、対象者の運動参加の有無や可否の観点から実施方法を検討する根拠になると考えている。また、受動ハンドリングの限界の観点から、この点を補う新たな治療戦略 (電気刺激療法の併用など) を検討する際の一知見になると考えている。

本研究では、実験 1 において被験者数の増加を、実験 2 においては筋電図を用いた検討を計画していた。しかし、COVID-19 の感染拡大により被験者リクルートに難渋し、順調に実験計画を履行できなかった。今後は、本研究の成果を踏まえ、ハンドリング手技における空間的制御の技術特性 (実験 1 の発展) や、筋電図を用いた能動ハンドリングと受動ハンドリングの学習効果 (実験 2 の発展) を明らかにしたいと考えている。なお、どちらの実験ともすでに必要な装置等の環境準備を進めている。さらに、実現可能性が高めて実行に向けた計画を進めたいと考えている。なお、公表できていないデータについて論文投稿等を進める。

< 引用文献 >

- 1) Bernardi NF, et al.: Somatosensory Contribution to the Initial Stages of Human Motor Learning. *Neurosci*, 2015 35(42):14316–14326.
- 2) Chiyohara S, et al.: Passive training with upper extremity exoskeleton robot affects proprioceptive acuity and performance of motor learning. *Sci Rep*. 2020 10(1):11820.
- 3) 松坂大毅, 鈴木博人・他: 理学療法におけるストレッチング技術の効果的な教授方法の検討 - 心理学における運動学習理論を応用して - . *理学療法教育*, 2023;3(1), 8-18,

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 鈴木博人	4. 巻 23 (12)
2. 論文標題 徒手による理学療法技術の定量化に向けて	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 地域ケアリング	6. 最初と最後の頁 86-88
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計5件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 鈴木博人、我妻昂樹、松坂大毅、嶋田剛義、藤澤宏幸
2. 発表標題 ハンドリングにおける能動運動と受動運動の運動学習効果の特徴 三次元空間でのリーチ動作を学習課題として (第1報)
3. 学会等名 第27回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木博人
2. 発表標題 臨床における理学療法を運動心理学における運動学習理論から紐解く
3. 学会等名 第27回日本基礎理学療法学会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 鈴木博人、我妻昂樹、松坂大毅、鈴木誠、藤澤宏幸
2. 発表標題 理学療法士(PT)のハンドリングスキルの運動学的分析 - 臨床経験の違いによる比較 -
3. 学会等名 第25回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 鈴木博人, 我妻昂樹, 松坂大毅, 藤澤宏幸
2. 発表標題 理学療法士のハンドリングスキルの運動学的分析－理学療法士群と対照群の比較－
3. 学会等名 第24回日本基礎理学療法学会学術大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Suzuki H, Wagatsuma K, Suzuki M, Murakami K, Fujisawa H
2. 発表標題 Kinematic Analysis of Physical Therapists' Handling Skills
3. 学会等名 World Confederation for Physical Therapy Congress 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019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
研究協力者	我妻 昂樹 (Wagatsuma Koki)		
研究協力者	松坂 大毅 (Matsuzaka Daiki)		
研究協力者	鈴木 誠 (Suzuki Makoto)		

6. 研究組織（つづき）

	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
研究協力者	村上 賢一 (Murakami kenichi)		
研究協力者	藤澤 宏幸 (Fujisawa Hirotkyuki)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関