

潜在学習におけるハンドリングの運動学習効果

鈴木 博人¹⁾ 藤澤 宏幸¹⁾

1) 東北文化学園大学医療福祉学部リハビリテーション学科理学療法学専攻

要旨

【目的】本研究では、潜在学習におけるハンドリングと顕在学習における言語教示の運動学習効果の差異について明らかにすることとした。【対象と方法】対象を健康青年男性 30 名とし、ハンドリング群、言語教示群、コントロール群の 3 群に無作為に割り付けた。学習課題はサイドステップをしながらバーをくぐる課題であり、バー頭頂間距離（バー通過距離）を可能な限り短くくぐるように対象者へ指示した。練習前にプレテストを実施し、その翌日より 2 日間の練習期間を設けた。練習最終日の翌日に第 1 保持テストを、さらに 1 週間後に第 2 保持テストを実施した。【結果】全ての群でバー通過距離が減少した。しかし、介入した群はコントロール群よりもバーの下かつ近くを通過する傾向にあり、その傾向はハンドリング群でより確認された【結語】ハンドリングは運動パターンの学習を促すことができる可能性が示唆された。

【キーワード】運動学習 潜在学習 顕在学習 ハンドリング 言語教示

I. はじめに

理学療法のアプローチの一つに、運動学習理論を用いた方法がある。このアプローチはこれまで、心理学、神経生理学、力学などの学際領域における理論を用い、臨床現場における現象を説明してきた。しかし、実際の理学療法場面で治療対象となる運動や動作を学習課題として取り上げた研究や、その際の指導方法に関する研究は不足している。したがって、理学療法場面で用いられている指導方法を取り上げ、その運動学習効果を明らかにしていくことが必要と考える。

我々は今回、ハンドリング（身体操作）¹⁾の運動学習効果に着目した。ハンドリングは理学療法場面で頻繁に用いられていながら、その定量化にそぐわない面からエビデンスが蓄積されておらず²⁾、また、その用語の定義も明示されていない。そこで、本研究では「Guide：誘導

³⁾」という用語を参考に、ハンドリングを「ある運動・動作を行わせる場合に、対象者の動作に先行して徒手的に身体の一部を操作し、目的とする運動・動作を引き出す理学療法的手段」と操作的に定義した。

本研究では、運動学習過程の一つである潜在学習（implicit learning）・顕在学習（explicit learning）の理論から、ハンドリングの運動学習効果の検証方法を模索した。潜在学習とは、無意識的な学習過程であり、言語報告は困難であるが行動に反映される知識の獲得を含むとされる。一方、顕在学習は、意識的な学習過程であり、言語報告可能な知識の獲得を含むとされている^{4,5)}。これら定義に理学療法場面で用いられている指導方法を当てはめると、言語教示が顕在学習に該当し、ハンドリングが潜在学習に類似すると捉えられる。

潜在・顕在学習について、運動や動作を学習

課題として取り上げた研究は多くあり⁵⁻⁸⁾, これら報告では, 潜在学習の優位性を支持するものが多い一方で, 技能が習熟していない学習者に対する顕在学習の優れた学習効果も報告されている. このように多くの研究が進められているものの, 理学療法場面を想定した研究は少ない.

そのような中, Shea ら⁹⁾はバランス課題へ追跡課題を組み合わせたものを学習課題として取り上げて実験を行った. この報告では, 複雑な運動課題であっても潜在学習の生起は確認されており, また規則性に関する情報を与えずに練習した方が情報を与えて練習するよりも有益であった. また, 若年健常者, 高齢者, 脳卒中後遺症者を対象とした研究^{10,11)}では, 脳卒中後遺症者に対して数回課題を付加して実施させた場合に顕在学習群よりも潜在学習群の方がより優れた結果を示した. このように, バランス課題と追跡課題を組み合わせた学習課題を用いた研究では, 顕在学習よりも潜在学習の方が優れていることが示された. しかし, 実際の理学療法場面で治療対象となる運動・動作パターンを課題として取り上げ, ハンドリングや言語指示の運動学習効果を明らかにした報告はなく, その解明が必要と考えた.

ハンドリングと言語指示の運動学習効果を検証するにあたり, 我々はオリジナルの学習課題「サイドステップをしながらバーをくぐる課題」を用いることとした. 具体的には, 視覚的情報を遮断した状態で, サイドステップをしながらバーのより近くをくぐる動作である. この

課題において, 学習者はバーと頭頂間の距離(バー通過距離)が最も短くなるように通過することを求められる. サイドステップ動作は側方へのステップ長が増加することにより, 重心軌道の最下点が低下すると報告されている¹²⁾. そのため, ステップ長を規定してステップ長増加による戦略を防ぐことで, 学習者は制約条件下で運動パターンの学習を要求される. すなわち, 学習者が運動パターンを学習することで, よりバーに近い所をくぐる事が可能になると考えた.

我々は, ハンドリングが言語指示よりも優れた運動学習効果を示すと仮説を立てた. その理由としては, 本学習課題が複雑な動作であるため, 学習者が本学習課題の言語的な解釈に難渋し, その情報処理にも時間を要すると推察できる. したがって, 本研究における動作パターンの学習においては, 潜在学習による無意識的な情報処理が運動学習効果を高める⁸⁾と推量した.

以上より, 本研究の目的は, 潜在学習におけるハンドリングと顕在学習における言語指示の運動学習効果の差異について明らかにすることとした.

II. 対象と方法

1. 対象

神経疾患・整形外科疾患のない健康な男子大学生 30 名(身長: 175.2 ± 5.8 cm, 体重: 94.2 ± 2.8 kgw)とし, ハンドリングによる介入を行い, 課題を練習させた群(ハンドリング群)と,

表 1 対象者情報

群	n	利き脚 右/左	年齢 (歳)	身長 (cm)	体重 (cm)	座高 (cm)	床-肩峰 間長(cm)	棘果長 (cm)
コントロール群	10	9 / 1	19.9 (1.1)	171.1 (5.6)	64.0 (9.4)	92.6 (4.0)	139.2 (4.6)	87.4 (3.3)
ハンドリング群	10	9 / 1	19.9 (1.2)	172.3 (6.8)	60.2 (6.0)	93.0 (3.8)	140.5 (5.2)	87.4 (4.2)
言語指示群	10	10 / 0	19.4 (1.5)	175.2 (5.8)	69.5 (13.3)	94.2 (2.8)	142.4 (5.7)	90.2 (5.0)

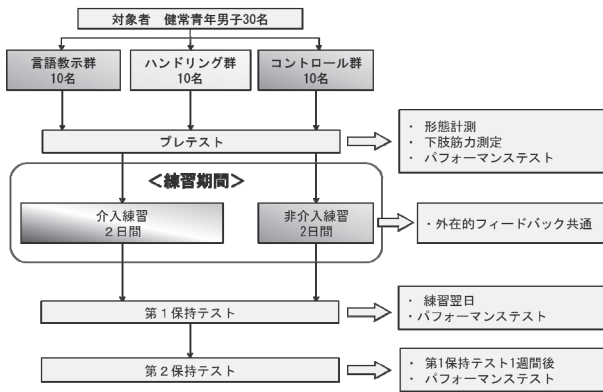


図1 研究デザイン

Internal focus of Attention (以下, IFA) 指示による介入を行い, 課題を練習させた群 (言語指示群), 他群のように各トライアル開始前の介入を行わずに課題を練習させた群 (コントロール群) の3群へ10名ずつ乱数表にて無作為に割り付けた (表1). なお, IFA とは, 自己の身体運動への注意を指し, 自己の身体運動へ注意を促す指示の事を IFA 指示と呼ぶ¹³⁾.

2. 倫理的配慮

対象者には「側方へステップしながらバーをくぐる動作に関する研究であること」, 「測定は非侵襲的であること」などを説明した後, 書面にて参加の同意を得た. また, 未成年者に対しては保護者からの同意を得た. なお, 本研究は東北文化学園大学研究倫理審査委員会にて承認を受け実施した (承認番号; 文大倫第 12-11 号).

3. 研究デザイン

実験を開始する前に, 練習前テスト (プレテスト) として, 形態計測, バー頭頂間距離 (バー通過距離) を測定した. プレテストの3日後から2日間連続で課題動作の練習期間を設けた. 練習期間中, ハンドリング群と言語指示群へはそれぞれの介入を行い, コントロール群には介入せずに練習を行わせた. また, すべての群に共通した外在的フィードバック (外部から学習者へ与えられる情報) を与えた. 練習期間

終了後, 学習効果を確認するため, 練習最終日の翌日に第1保持テストを, さらにその1週間後に第2保持テストを実施した. なお, 対象者には実験終了まで本実験に関する情報交換を一切行わないように注意を促した (図1).

4. 運動課題およびプレテスト・保持テスト

本研究では, オリジナルの学習課題「サイドステップをしながらバーをくぐる課題」を用いることとした. 本学習課題では, 視覚的情報を遮断した状態で, 肩峰の高さに水平に設置されたバーに対して垂直にサイドステップし, バーのより近くをくぐる動作である.

実験に先立ち, 課題の設定に必要な情報を収集することを目的に形態計測を行った. 形態の測定項目は, 身長, 体重, 座高, 床-肩峰間長, 棘果長の5項目とし, 体節長の測定にマルチン式人体計測器を使用した. なお, 床-肩峰間長をバーの高さの設定に, 棘果長を動作時のサイドステップ幅 (75%棘果長) の設定に用いた (図2). さらに, 基本情報として, 年齢, 利き脚を聴取した. 利き脚については「ボールを蹴る方の脚」とし, 利き脚側を運動方向とした.

プレテストの測定前に, 全対象者に対して音声付映像・映像内テロップとしての運動課題の概要を提示した. 具体的には, ①「これから実際に行っていただく運動を説明します.」, ②「開始時にはこの姿勢とっていただきます.」, ③「アイマスクを装着していただきます.」, ④「こちらの合図にて動作を開始してください.」, ⑤「バーをくぐる際, 矢印の距離が可能な限り短くなるようにしてください.」, ⑥「注意点として, 正面を向いたまま行ってください.」, ⑦「サイドステップの幅については, 実験開始前に練習したものを再現するようにしてください.」, ⑧「終了時にはこの姿勢をとってください.」の8項目とした. 映像にはまた, なお, 具体的な動作方法に関する情報の含まない映像を用いて説明を行った. その後, サイドステップ幅の事前確

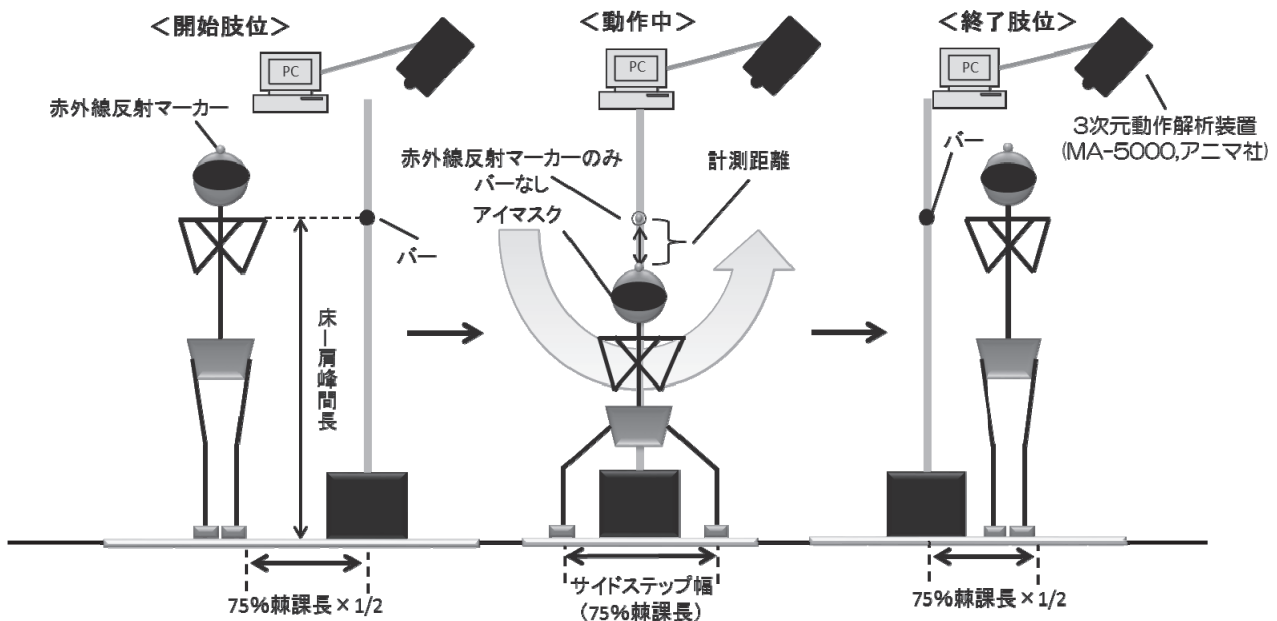


図2 テスト時の測定環境

認を行った。開眼時とアイマスク着用時それぞれで、棘果長の $75 \pm 5\%$ にサイドステップ幅を再現できるように練習をさせた。プレテストおよび第1, 第2保持テスト時に、バー通過距離の測定をそれぞれ2回ずつ実施した。バー通過距離の測定には、3次元動作解析装置(MA-5000, アニマ社製)を使用した。また、赤外線反射マーカーは頭頂とバーに貼付した。バー通過距離の算出には、バー通過時の頭頂とバーのマーカーの3次元データを使用し、測定2回の平均値を用いて解析を行った。開始時には対象者をバーより 75% 棘果長の半分離れた位置に閉脚立位を取らせ、上肢は胸の前で組ませた。動作開始時の合図については、検者による「用意、はじめ」の声がけに統一した。動作中、対象者にはバーをくぐるように伝えていたが、リスク管理の観点から実際にはバーを取り除いた状態で測定を行った。そのため、頭頂がバーの上を通過することも起こりうる環境で実施させた。なお、測定前に確認したサイドステップ幅が棘果長の $75 \pm 5\%$ を越えた場合には再測定とした。

5. 練習方法

対象者間の情報交換を防ぐため、各群は対象者毎に課題動作の練習を行わせた。また、練習時のバー通過距離の測定について、検者の目測によりバーの上をプラス、下をマイナスとし、上限 25 cm 下限 -25 cm の全長 50 cm 範囲で 5 cm 間隔で記録した。開始姿勢・終了姿勢は前述したテストと同様とした。練習回数は1日10回とし、ハンドリング群と言語教示群に対し、すべての試行で介入を行った。ハンドリング群の介入について、検者が対象者の骨盤を両側より把持し、動作を誘導した。またその際には、「バー通過時に頭頂部が最下点となるようなU字型の軌道を頭頂部が描くようにすること」、「バー通過距離がバー下 5 cm 以内に収まること」に注意した。なお、ハンドリングによる介入については、1名の検者が十分に練習を重ねた上で行った。言語教示群への介入はIFA教示とし、内容は「バーを通過する際、頭のてっぺんが肩の高さに位置するようにしてください。」に統一した。この教示内容は、バーの高さが床から肩峰の高さに設定されていることから決定

した．一方，コントロール群に対してはフィードバックのみ与えて2日間の練習を行なわせた．

全ての群に対して，共通した外在的フィードバックを与え，種類としては結果の知識（Knowledge of results; KR）を用い，トライアル毎に学習者へ提示した．KRは，学習者が行った結果に関する情報のフィードバックであり，成功の可否や得点などの数値などが該当する．本研究では，バーと頭頂部の位置関係（上もしくは下）とバー通過距離（5 cm 間隔）を与えた．これは，解析時間の問題から速やかに3次元データを用いたフィードバックを行えないため，KR 遅延時間の延長を招く可能性があったためである．なお，練習中にサイドステップ幅が棘果長の $75 \pm 5\%$ を越えた場合には注意を促した．

6. 統計解析

プレテスト時における形態計測値について，群間比較を行うために一元配置分散分析を実施した．プレテスト時からのパフォーマンスの変化及び運動学習効果を3群間で比較するため，バー通過距離を従属変数，練習方法（3水準）と計測日（3水準）を独立変数とした，混合計画による二元配置分散分析を行った．また，事後検定として，Shafferの方法による多重比較

検定を行った．解析には統計ソフト R for windows(version 2.13.2)を用い，統計学的有意水準は危険率 5%未満とした．さらに，バー通過距離の傾向を確認することを目的に，5cm 刻みかつ+25cm~-25cm の範囲でバー通過距離を記録したデータ使用し，各 5 cm刻みの範囲に該当する試行数を数えた．

III. 結果

プレテスト時の形態計測値について，3群間に有意差は認められなかった（表1）．

バー通過距離は，分散分析の結果，指示方法間および測定日については有意な主効果はみられなかった（図3）．しかし，交互作用にのみ主効果が見られ（ $F(4, 54)=4.6121, p<.01$ ），コントロール群における測定日の単純主効果に有意な差が認められた．そこで，多重比較検定を行ったが，有意な差は認められなかった．また，バー通過距離の傾向を確認したところ，第2保持テストにおいて，バーの下を通過した対象者数がコントロール群において多い傾向になった．さらに，バーの下を通過した対象者のみ，バーの下からの通過位置を確認したところ，5cm 以内を通過した試行，10cm 以内を通過した試行の数が，言語指示群に比べて2試行分ずつほど多い傾向にあった（表2, 3）

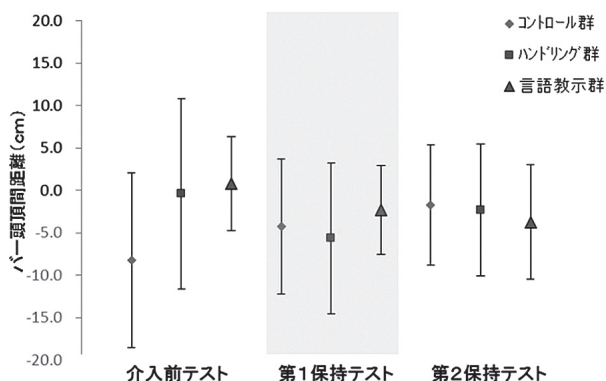


図3 バー通過距離

データは平均値±標準偏差を表す．

IV. 考察

本研究では，サイドステップにてバーをくぐる動作を学習課題として取り上げ，ハンドリングにおける運動学習への効果および，言語指示との運動学習効果の差異を検討した．今回，バー通過距離をパフォーマンスの指標とし，プレテスト及び保持テストにおける測定値を比較した．その結果，3群間の値に有意な差は認められなかった．しかし，バー通過位置の傾向を確認したところ，第2保持テスト時の介入群においてバーの下を通過した試行数が多い傾向にあった．さらに，バーの下を頭頂が通過した試行

の内、5cm 以内および 10cm 以内を通過した試行数がハンドリング群において 2 試行分多かった。

分散分析の結果より、コントロール群はプレテストの時に比べ第 2 保持テスト時で有意にバーに近い位置を通過したと言える。すなわち、練習によりバーと頭頂を近づけることができたと考えられる。しかし、第 2 保持テスト時のコントロール群において、バーの下を通過していた試行は 45% (20 試行中 9 試行) であった。それに対して 2 つの介入群においては、ハンドリング群の 75%、言語教示群の 70% がバーの下を通過しており、コントロール群より多い傾向を示していた。この傾向は第 2 保持テストに

て強く、第 1 保持テストについては 3 群ともに同様の傾向を示していた。この点について、コントロール群は KR を基にした試行錯誤によって頭頂をバーに近づけることが出来たと考えられる。ところが、「バーをくぐる」という点においては、練習中に獲得した方法の保持に劣り、結果として第 2 保持テストでバーの上を通過する試行が増加した可能性がある。一方、介入群においては、ハンドリングや言語教示によってバーをくぐるための運動パターンやその指標を指導したことにより、「バーをくぐること」を促せたと推察する。さらに、第 2 保持テストにおいて、言語教示群よりもハンドリング群でよりバーの下かつバーに近い所を通過した試行が多

表 2 バー通過距離のバー上下による分類

テスト	介入方法	バーより下	バーより上
プレテスト	コントロール群	15	5
	ハンドリング群	9	11
	言語教示群	10	10
第1保持テスト	コントロール群	15	5
	ハンドリング群	16	4
	言語教示群	11	9
第2保持テスト	コントロール群	9	11
	ハンドリング群	15	5
	言語教示群	14	6

単位: 試行

表 3 バーの下を通過した試行の分類

テスト	介入方法	バー下		
		5cm以内	10cm以内	15cm以内
プレテスト	コントロール群	1	6	10
	ハンドリング群	5	9	10
	言語教示群	2	5	6
第1保持テスト	コントロール群	10	12	12
	ハンドリング群	5	8	10
	言語教示群	3	7	14
第2保持テスト	コントロール群	4	6	7
	ハンドリング群	1	9	14
	言語教示群	3	11	14

単位: 試行

い傾向にあった。すなわち、ハンドリングにより言語教示よりもバーの下かつバーに近い位置を通過する方法を誘導できた可能性がある。しかし、この点については、対象者数が少ないことから、本実験の課題と捉えられる。

潜在学習、顕在学習の観点から本実験の結果を捉えた場合、バー通過距離として統計学的に有意な差は認められなかった。しかし、バーの下を通過できたという点では、ハンドリング群、言語教示群ともにコントロール群より優れた傾向を示した。したがって、言語的な動作方法の知識を与えず、徒手による動作の誘導を行うのみでパフォーマンスに有益な変化を与える可能性が示唆された。潜在・顕在学習に関する研究分野において、これまでは運動の規則性に関する課題やバランス保持に関する課題が中心的に取り上げられてきた⁴⁻¹²⁾。これらの研究同様、本実験にて動作方法の指導においても潜在学習の生起が確認されたという点は、本実験の成果であると考ええる。

V. 本研究の限界

本実験において、バー通過距離をパフォーマンスの指標として、運動パターンの学習の程度を捉えてきた。しかし、実際の運動パターンの変化については提示できていない。また、本実験ではサイドステップ動作における重心軌道¹²⁾を参考にハンドリングを行ったが、練習中における重心軌道の再現性についても提示できていない。これらの要因には、測定環境の設定と自由度の高い課題の特徴により3次元データに欠損が生じた経緯があり、運動学的なデータの経時的変化を追うことが出来なかった。また、運動学習の研究において再測定は、課題の練習に繋がる。そのため、練習回数の統制に大きな影響を与える再測定を行えなかったこともその一因である。したがって、本実験ではバーと頭頂の2つのマーカーのみで経時的に計測可能なバー通過距離のみをパフォーマンスの指標とし

て、また、ハンドリングについても十分に練習した1名の検者が介入することでその統一を図った。

本実験により、明確な言語的情報を与えなくてもハンドリングにより動作へ有益な変化を与えることができる可能性が示唆された。しかし、本学習課題は運動自由度の高く、測定時の欠損データも課題の特性ゆえに多くなった。そのため、ハンドリングの学習効果を詳細に検討するには、より運動自由度の小さい課題を設定することなどが必要であると考ええる。

VI. 謝辞

本研究を進めるにあたりご協力いただいた被験者の皆様、研究スタッフとしてご尽力いただいた本学理学療法学専攻リサーチアシスタント13期生の秋元礼智さん、神田優さん、神林瑠依さん、桜井晃太さん、佐々木由衣さん、佐藤彩香さん、高橋克哉さん、高橋蓮さん、宮城友也さんに感謝します。

VII. 文献

- 1) 中村隆一（監修）、對馬均、星文彦（編集）：理学療法テクニク—発達的アプローチ—。東京：医歯薬出版株式会社；2006。
- 2) 社団法人日本理学療法士協会：理学療法診療ガイドライン第1版 2011。
- 3) 奈良勲（監修）、内山靖（編）：理学療法学事典。東京：医学書院；2006。
- 4) Reber AS: Implicit learning and tacit Knowledge. J Exp Psychol Gen 1989; 118(3): 219-235.
- 5) 関矢寛史：知覚運動行動における潜在 vs. 顕在学習。行動科学 1998; 37(1・2): 15-23.
- 6) Pew RW: Levels of analysis in motor control. Brain Res 1974; 71: 393-400.
- 7) Green TD, Flowers JH: Implicit versus explicit learning processes in a probabilistic, continuous fine-motor

catching task. J Mot Behav 1989; 23(4): 293-300.

- 8) 羽島真紀, 関矢寛史・他: テニスのサーブスリターンの知覚トレーニングにおける予測手掛かり教示の有無とトレーニング期間の効果. 広島体育学研究 2000; 26: 51-58.
- 9) Shea CH, Wulf G, et al: Surfing the implicit wave. Q J Exp Psychol A 2001; 54A (3): 841-862.
- 10) Orrell AJ, Eves FF, et al: Implicit motor learning of a balancing task. Gait Posture 2006; 23(1): 9-16.
- 11) Orrell AJ, Eves FF, et al: Motor learning of a dynamic balancing task after stroke: implicit implications for stroke rehabilitation. Phys Ther 2006; 86(3): 369-380.
- 12) 藤澤宏幸, 武田涼子・他: サイドステップ動作に関する身体運動学的研究. 理学療法学 2009; 36(2): 49-57.
- 13) Wulf G, HößM, et al: Instructions for motor learning: Differential effects of internal versus external focus of attention. J Mot Behav 1998, 30(2):169-179.

Motor learning effect of implicit learning in physical therapy

Hiroto Suzuki¹⁾, Hiroyuki Fujisawa¹⁾,

1) Faculty of Medical Science and Welfare, Tohoku Bunka Gakuen University

Abstract

[Background and Purpose] In physical therapy, the method of teaching a therapist to manipulate the body directly (handling), is included in implicit learning. Verbal instruction is included in explicit learning. This study was conducted to ascertain the motor learning effect of implicit learning in physical therapy by comparing handling and verbal instructions. **[Methods]** Thirty young healthy males (19.7 ± 1.3 years) who volunteered to participate in this study were assigned randomly to a Handling group (HG), a Verbal instruction group (VG), or a control group (CG). Participants were blindfolded and required to go under the bar with the side step (bar task), and to reduce the vertical distance between the bottom of the bar and the centriciput (BC distance). BC distance was measured in a pre-test and at the first and second retention tests. After the pre-test, participants performed 10 daily bar task trials on two consecutive days (practice phase). The CG received no instructions on either of the two days. All groups were given the BC distance as feedback during the practice phase. **[Results]** The BC distance was reduced in all groups. However, participants in the HG and VG showed a tendency to pass under the bar in several trials, in addition, this tendency were observed more in the HG than in the VG. **[Conclusions]** The results of this study suggest that the therapist can instruct a learner in the proper direction of motion using handling.

【Key words】 motor learning, implicit learning, explicit learning, body handling, verbal instruction