

運動学習理論に基づいた運動器の 機能向上プログラムの検討

—通所リハビリから在宅リハビリへのアプローチ—

山本千鶴¹⁾, 細川竜馬¹⁾, 松本和久²⁾

¹⁾ 老人保健施設 はぎの里

²⁾ 明治鍼灸大学附属病院総合リハビリテーションセンター

要旨：

はじめに：

本研究の目的は、通所プログラムを円滑に在宅プログラムに転移するための運動学習理論に基づいた運動器の機能向上プログラム（以下、運動学習プログラム）を作成し、その効果を検証すること。

運動学習プログラムについて：

運動学習プログラム1は脊髄・脳幹レベルの運動として、運動の支持を出す側と受ける側が対座し、視線を固定した状態で頸部を動かす。

運動学習プログラム2は中脳・橋レベルの運動として、異なる脊椎レベルを支点とした体幹伸展運動を行う。

運動学習プログラム3は大脳運動野レベルの運動として、身体を使って目標を追視する訓練を行う。

運動学習プログラム4は大脳連合野レベルの運動として、60cmの板と缶コーヒー三缶を用意し、スライドに示す位置に目印を付け、閉眼で異なる場所に置かれた缶コーヒーの位置を足関節の荷重感覚にて当てる訓練を行うと共に、缶コーヒーを、落とすことなく、板を水平位に保ちながら、円滑に膝関節の屈伸を行う訓練を行う。

対象と方法：

通所リハビリテーションを利用している8名を対象に、週1回、3週間施行した。

効果判定のための評価項目は、握力、膝伸展筋力、開眼片脚立位時間、Timed Up and Go Test（以下TUG）、Functional Reach（以下FR）とし、運動学習プログラム前と3週間後に測定した。

評価方法は運動器の機能向上マニュアルに準じて行ったが、TUGは最大努力速度とした。

統計学的分析は、2回測定した項目別の平均値から統計処理ソフト SPSS for Windows Ver11.0を用いてWilcoxonの符号付き順位検定を行い、有意水準は5%とした。

結果：

運動学習プログラム前後の各測定値は、握力は 15.8 ± 2.7 kgが 15.2 ± 2.5 kg、膝伸展筋力は 78.3 ± 41.3 kgが 91.4 ± 38.9 kg、片脚立位時間は 3.1 ± 2.6 sが 4.4 ± 4.7 s、TUGは 12.55 ± 3.89 sが 11.80 ± 3.13 s、FRは 16.8 ± 4.3 cmが 18.9 ± 7.9 cmとなり、いずれの項目も統計的有意差は認められなかったが、握力以外のすべての項目で改善傾向を示した。

考察：

今回の結果から運動学習プログラムは十分効果的なプログラムであると考えられ、運動学習に着目した訓練は在宅リハビリテーションにおいて有用であると考えられる。

【はじめに】

筋力増強訓練やバランス訓練などの運動器の機能向上を図るだけでは、生活の質（以下QOL）が向上しないことは周知の事実である。そのため、通常は向上した機能を活用する場を個別に探し、一週間、一ヶ月、一年のイベントを用意しなければならない。運動器の機能向上だけではQOLが向上しない原因の一つに、運動様式が変化しないことがあげられ、運動様式に変化をもたらすリハビリテーションプログラム（以下、プログラム）が求められている。Aという技術のために獲得された自動性が、別のBという技術で利用されることを、スキルの転移、またはトレーニングの転移と呼ぶ。トレーニングの転移は、動作の構成や動作の外見上の類似性によって生じるのではない¹⁾。

例えば、スピードスケートの技術を向上するためには、走るべきか、二輪車に乗るべきか、とすると、答えは二輪車である。現在の多くのプログラムは、歩行動作の構成要素である筋力とバランスを改善することが目的であり、構成要素の制御に対する運動学習理論に基づいたプログラムが必要である。

本研究の目的は、通所プログラムを円滑に在宅プログラムに転移するための運動学習理論に基づいた運動器の機能向上プログラム（以下、運動学習プログラム）を作成し、その効果を握力、膝伸展筋力、開眼片脚立位時間、Timed Up and Go Test（以下TUG）、Functional Reach（以下FR）の評価結果から検証することである。

【運動学習プログラムについて】

丹治によると²⁾、運動は大きく四つのレベル、すなわち、脊髄・脳幹のパターンジェネレーター、中脳・橋の複合運動ジェネレーター、大脳運動野の汎用性運動ジェネレーター、そして大脳連合野の監視・判断・予測の随意的選択機能により制御されている。我々はこれらの各レベルに対応する



(a) (b)

図1. 視線を固定した状態で頸部を動かす訓練

(a)受け手は指示者の鼻を注視する。図はカメラを注視している。(b)受け手は指示者の鼻を注視したまま指示者の指示する方向に頸部を動かす。図は左方向に頸部を動かしている。



(a) (b)



(c) (d)

図2. 異なる脊椎レベルを支点とした体幹伸展訓練

(a)受け手はやや前屈気味の状態を開始肢位とする。指示者は受け手の第10胸椎棘突起に軽く触れる。(b)受け手は指示者の手を意識し、その部位が支点となるように体幹を伸展する。(c)第12胸椎棘突起を支点とする開始肢位。(d)第12胸椎棘突起を支点とした伸展。

運動学習プログラムを考案した。

運動学習プログラム1は脊髄・脳幹レベルの運動として、運動の支持を出す側と受ける側が対座し、視線を固定した状態で頸部を動かす(図1)。運動学習プログラム2は中脳・橋レベルの運動として、異なる脊椎レベルを支点とした体幹伸展運動を行う(図2)。

運動学習プログラム3は大脳運動野レベルの運動として、身体を使って目標を追視する訓練を行う(図3)。

運動学習プログラム4は大脳連合野レベルの運動として、認知訓練具を用いた認知訓練を行う。この際、60cmの板と缶コーヒー三缶を用意し、スライドに示す位置に目印を付ける(図4)。

この訓練具を用いて、閉眼でラインAまたはBに置かれた缶コーヒーの位置を足関節の荷重感覚にて当てる訓練を行う(図5)と共に、ラインAに置いた缶コーヒーを、落とすことなく、板を水平位に保ちながら、円滑に膝関節の屈伸を行う訓練を行う(図6)。



(a) (b)

図3. 身体を使って目標を追視する訓練

(a)(b)受け手は指示者の示指を注視する。指示者は大きく任意の方向に示指を動かす。受け手は身体を動かしながら指示者の示指を追視する。

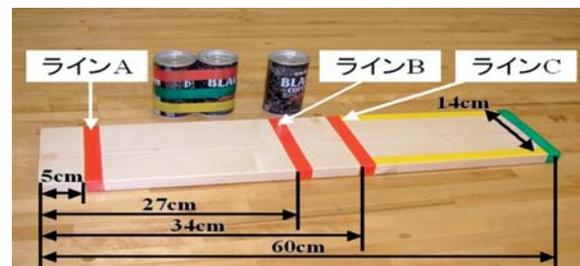


図4. 認知訓練具

長さ60cm、幅14cm、厚さ2cmの板の図に示す場所に、ラインA、ラインB、ラインCの印をつける。缶コーヒーの2缶は一つにまとめる。

【対象と方法】

上記運動学習プログラムを、通所リハビリテーションを利用している8名(男性3名、女性5名、平均年齢 84.9 ± 4.0 歳、要支援1は3名、要支援

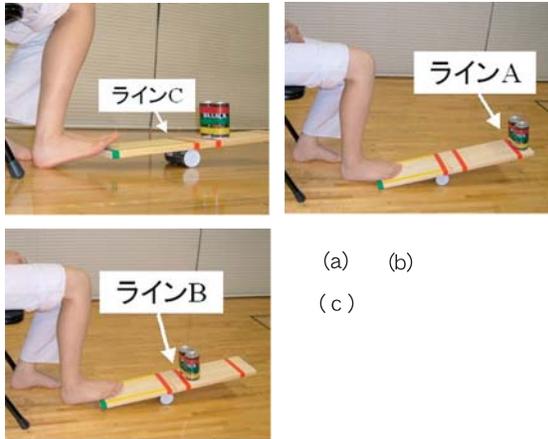


図5. 認知訓練具を用いた 足関節の認知訓練

(a) ラインCの下に支点となる缶コーヒーを敷きシーソーを作り、受け手は踵を床に足先を板に乗せる。(b) (c) 指示者任意にラインAまたはラインBに2缶のコーヒーを乗せる。受け手は閉眼で足関節の運動からどちらのラインに置かれたのかを識別する。

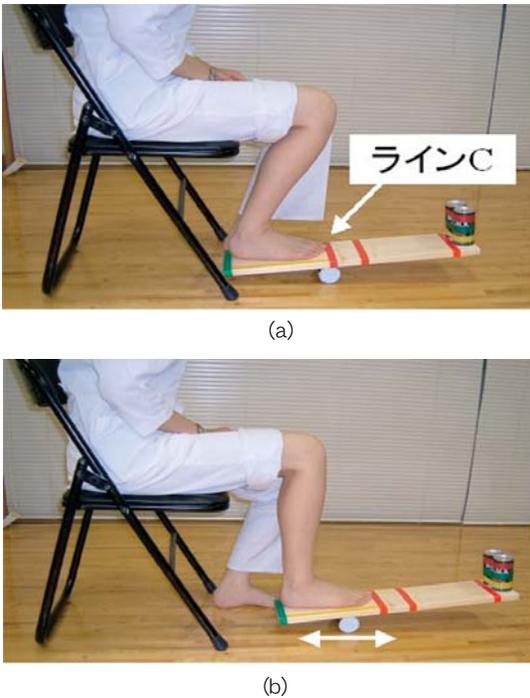


図6. 認知訓練具を用いた膝関節の認知訓練

(a) ラインCの下に支点となる缶コーヒーを敷きシーソーを作り、受け手は足を板に乗せる。指示者はラインAに2缶のコーヒーを乗せる。(b) 受け手は缶コーヒーが板から落ちないように水平を保ちながら、支点となる缶コーヒーの上で板を前後に移動する。

2は3名、要介護1は1名、要介護2は1名)を対象に、週1回、3週間施行した。

効果判定のための評価項目は、握力、膝伸展筋力、開眼片脚立位時間、TUG、FRとし、運動学習プログラム前と3週間の運動学習プログラム終了後

に測定した。

評価方法は京都府介護予防推進委員会による運動器の機能向上マニュアルの体力測定に準じて行ったが、TUGは最大努力速度とした。

【統計学的分析】

統計学的分析は、2回測定した項目別の平均値から統計処理ソフトSPSS for Windows Ver11.0を用いてWilcoxonの符号付き順位検定を行い、有意水準は5%とした。

【結 果】

運動学習プログラム前後の各測定値は、握力は15.8±2.7kgが15.2±2.5kg、膝伸展筋力は78.3±41.3kgが91.4±38.9kg、片脚立位時間は3.1±2.6sが4.4±4.7s、TUGは12.55±3.89sが11.80±3.13s、FRは16.8±4.3cmが18.9±7.9cmとなり、いずれの項目も統計的有意差は認められなかったが、握力以外のすべての項目で改善傾向を示した(表1)。

表1. 運動学習プログラム前後の測定値

	運動学習プログラム前	運動学習プログラム後	
	Mean±SD	Mean±SD	
握力 (kg)	15.8±2.7	15.2±2.5	ns
膝伸展筋力 (kg)	78.3±41.3	91.4±38.9	ns
FR (cm)	16.8±4.3	18.9±7.9	ns
TUG (s)	12.55±3.89	11.80±3.13	ns
開眼片脚立位時間 (s)	3.1±2.6	4.4±4.7	ns

FR: Functional Reach, TUG: Timed Up and Go Test, ns: not significant

【考 察】

視覚と姿勢制御の関係は脊髄・脳幹・中脳・橋・大脳運動野において自動化された不随意的な運動であるが、ベルンシュタインはこの階層の機能が不全になったときに現れる徴候を"腰の折れた身体、たるんだ筋、ロープにかかった洗濯物のように身体の横にぶら下がった両腕、容易に起こる眩暈"と表現し、このような身体で運動学習を行うことは"折れた鉛筆で文字を書こうとするようなものだ"と記している¹⁾。

実際、老化はマイスナー小体とパチニ小体に量的および質的影響を与え、受容器の喪失を招くと共に末梢の受容器を神経支配している感覚線維は最大で30%まで量が減少し、末梢神経障害を引き起こすことになるとされている。このような末梢神経障害があると、視覚や前庭覚のような他の感覚系への依存が多くなるが、眼球は老化によりよ

り弱い光しか網膜に伝えられず、前庭系は70歳までに前庭有毛細胞と前庭神経細胞の40%が失われるとされることから、高齢者では下肢筋や体幹筋の筋収縮の開始潜時が遅延する³⁾。

運動学習プログラム1から3は、本来不随意に出現するこれらの運動を随意運動として行わせることで身体図式を更新させ、運動学習プログラム4で行う運動イメージ生成を効果的に行う必要条件を充実させる。運動学習プログラム4は、積極的に環境からその運動課題に必要な情報を知覚探索し、物体の認知によって身体図式が呼び出され、それを基に重量を認知し、「どのように」といった運動制御プランすなわち運動イメージを生成する。予測される運動イメージに基づいて運動計画をすることによって、はじめて求心性の感覚情報に意味性が生まれ、運動指令から予測した感覚と、実際の感覚フィードバックが比較照合されることによって運動の内部モデルを生成することを目的とする。これらの訓練は、パターンジェネレーター・複合運動ジェネレーター・汎用性運動ジェネレーターと、それらが正確に働くための小脳と大脳基底核、行動決定を行う前頭前野などすべての脳が働く、脳の可塑的变化に基づいたプログラムである。

今回、膝伸展筋力、FR、TUG、開眼片脚立位時間のいずれにおいても改善傾向を示したことから、運動学習プログラムは十分効果的なプログラムであると考えられる。

我々がQOLの向上を目的に対象者に求めるものは、単に筋力やバランス能力ではなく、現実世界の中で直面する新奇な運動課題を解決する能力である。筋力やバランス能力はその資源に他ならない。資源を作ることも大切であるが、その資源をいかに大切に、適切に運用するかもっと重要であり、運動学習に着目した訓練は在宅リハビリテーションにおいて有用であると考えられる。

参考文献

- 1) Nicholai A. Bernstein著、工藤和俊訳：デクス テリティ巧みさとその発達、金子書房、2004.
- 2) 丹治 順著：脳と運動－アクションを実行させる脳、共立出版、2005.
- 3) Anne Shumway-Cook, Marjorie H. Hoollacott 著、田中 繁、高橋 明監訳：モーターコントロール、pp235-263、医歯薬出版、2005.