

原著論文

受付：2023.10. 2  
受理：2024. 2.20

## 上肢リーチングロボットを使用した自主訓練プログラムが 座位バランス能力に及ぼす効果と安全性の検証 －若年健常成人を対象とした予備的研究－

田 中 将 裕

日本福祉大学 健康科学部

野 間 知 一

日本福祉大学 健康科学部

### Effects and safety of a self-training program using a reaching robot on sitting balance : a preliminary study on young healthy adults

Masahiro Tanaka

Faculty of Health Sciences, Nihon Fukushi University

Tomokazu Noma

Faculty of Health Sciences, Nihon Fukushi University

**Abstract:** We developed a self-training program using an upper limb reaching robot to improve sitting balance for chronic stroke patients using geriatric health services facilities. As a preliminary study, we examined the effectiveness and safety of the program in young healthy adults. As a result of the intervention, the subject's trunk muscle strength and sitting balance ability were improved. There were no adverse events, and the safety of the program was confirmed. The results suggest that this program has the potential to improve the function of older patients with long-term care insurance while guaranteeing the amount of training with a limited number of personnel. Further clinical studies should be conducted on chronic stroke patients to verify the results.

**Keywords:** 座位バランス, ロボット, 自主訓練, 脳卒中

#### 1. はじめに

我が国は超高齢社会を迎え、介護保険の利用者数は増加の一途をたどっている<sup>1)</sup>。中でも、要介護認定を受ける原因疾患として脳卒中の割合は非常に高い。特に、要介護4、5の原因疾患の1位は脳卒中であるなど<sup>2)</sup>、中～重度の機能障害を有する脳卒中患者の多くが介護保

険領域の施設へ入所している。脳卒中治療ガイドライン2021によると、回復期リハビリテーション終了後の慢性期脳卒中患者に対して、日常生活動作（ADL）を向上させるために、筋力増強訓練などの各種機能訓練を継続的に行うことが強く推奨されている（推奨度A、エビデンスレベル高）<sup>3)</sup>。介護保険領域でリハビリテーション

(以下リハ)を提供する代表的な施設に介護老人保健施設がある。介護老人保健施設は、施設利用者の機能維持・改善により在宅復帰を目指す役割を持つ。入所者の29.0%が脳卒中であり、年齢階級は85～94歳が最も多く、51.8%を占める。要介護度は、1:12.6%, 2:19.0%, 3:24.2%, 4:27.8%, 5:16.3%の割合となっている<sup>4)</sup>。入所から3か月以内は週3日以上、1日あたり20分以上の個別リハを提供すること(短期集中リハ加算)、それ以降は、少なくとも週3回程度、1日あたり20分程度の個別リハを提供する体制が求められている(在宅強化型の場合)<sup>4)</sup>。必要最低限の人員でリハを提供する施設も多く、医療保険でのリハと比べると、頻度や時間の点で差は大きい。このように、介護老人保健施設は、入所者が在宅復帰を目指す施設ではあるが、リハ機会や時間の確保の点において、提供者側の工夫が重要である。

施設入所中の慢性期脳卒中患者の多くは、運動麻痺、感覚障害、高次脳機能障害などにより、座位バランス能力が低下している。座位バランス能力は、Barthel Index (BI)<sup>5)</sup>の総合得点やFunctional Independence Measure (FIM)<sup>6)</sup>の「移動」との関連が報告されているなど、ADLの基盤となる重要な機能である。また、脳卒中患者において姿勢保持能力の改善を目的とした訓練がトイレ動作、移乗、歩行といった基本動作やADL能力を向上させることが確認されており<sup>7)</sup>、座位バランス能力に介入する意義は大きい。これまで、座位バランス能力向上に向けたアプローチとして、上肢のリーチング動作を伴う重心の移動訓練が多く用いられてきている。リーチング動作は、到達すべき目標の位置、距離、方向に応じて運動を行うため、日常生活で使用する座位バランス能力の向上に繋がる<sup>8)</sup>。先行研究では、リーチング動作を伴う重心移動訓練により、体幹筋力の向上、体幹制御や固有感覚の改善、座位バランス能力や歩行機能改善に繋がることが明らかとなっている<sup>9~11)</sup>。しかしながら、これらの報告では、療法士が対象者に高頻度かつ一対一で介入しており、施設での実施には人員の確保が課題となる。さらに、片手に比べ両手でのリーチング動作では、より重心移動が大きいことが報告されており<sup>12)</sup>、両手でのリーチング動作訓練は、座位バランス能力向上に対してより効果的である可能性がある。

今回、介護老人保健施設において、訓練量を補完し、かつ効果的に座位バランス能力へアプローチするため、

上肢リーチングロボットを用いて両手でリーチング動作を行う自主訓練プログラムを考案した。これまで、上肢リーチングロボットを用いたリーチング動作訓練によって座位バランス能力の改善を試みた報告はなく、その効果や安全性は明らかとなっていない。本研究では、プログラム開発の第1段階として、若年健常成人を対象に本プログラムが座位バランス能力を向上させるか、安全性に問題がないかを明らかにすることを目的とした。先行研究における座位バランス能力評価指標はTrunk Impairment Scale (TIS)<sup>13)</sup>、Berg Balance Scale (BBS)<sup>14)</sup>などが使用されており、若年健常成人では天井効果が見込まれること、方向別の詳細なバランス能力の検討が重要とされていること<sup>15)</sup>から、プログラムの効果を方向別かつ定量的に分析することとした。今回、左右対称的なプログラムを考案したため、左右差ではなく前後方向の介入効果の差に着目し、本プログラムの効果特性を検証した。慢性期脳卒中患者の多くが体幹機能の低下により座位バランス能力が障害されており、体幹機能や座位バランス能力への介入の重要性が指摘されている<sup>16)</sup>ことから、本研究の結果を基に、慢性期脳卒中患者を対象とした臨床研究へと繋げていく。

## 2. 対象

若年健常成人16名(25.0±6.3歳、男性9名、女性7名)を対象とした。利き手は全員右手であった。全対象者において、リーチング動作の障害となるような心身機能の制限、介入により症状の出現や増悪が起こりうる整形外科疾患等の既往はなかった。本研究は、日本福祉大学「人を対象とする研究」に関する倫理審査委員会の承認を得たうえで実施した(承認番号21-004)。また、全対象者に研究内容の説明を行い、書面にて同意を得た。

## 3. 方法

### 3.1 上肢リーチングロボットの概要と特徴

本研究では上肢リーチングロボットCoCoroe AR<sup>2</sup>(AR<sup>2</sup>)を使用した(図1)。AR<sup>2</sup>は、麻痺側上肢前腕に手装具を装着し、モーター制御下で免荷した状態で、本体にあるターンテーブル上のスイッチを押す形でリーチング動作を反復することができる。また、AR<sup>2</sup>は運動と同期した電気刺激と振動刺激を与える促通機能を備えている。スイッチは高さ、距離、方向が調節でき、機器本

体からも取り外し可能であるため、自由度の高い課題設定が実現できる。2020 年 4 月に新設された「運動量増加機器加算」の対象機器として登録されており<sup>17)</sup>、今後の普及が期待されている。



図 1 上肢リーチングロボット CoCoroe AR<sup>2</sup>

2 つあるスイッチを交互に押すことでリーチング訓練を反復する。その際に上肢の免荷が得られる。

### 3.2 介入方法

本研究は前後比較試験を用いて行った。実験プロトコルを図 2 に示す。介入は AR<sup>2</sup> を使用した以下の 4 種類の自主訓練プログラム (図 3) を週 3 回、2 週間実施した。各プログラムは 1 施行 20 回を 3 セットとした。全対象者が右利きであったこと、条件を統制する理由から全例右上肢を免荷した。免荷量は、体重および上腕の長さで定められた基準値に合わせて 1000 ~ 2000g の間で調整した。今回は電気刺激と振動刺激による促通機能は使用せずに行った。なお、本プログラムは車椅子もしくは背もたれ付きの椅子で座位保持可能な慢性期脳卒中患者が実施することを想定した内容とし、所要時間は 20 ~ 30 分程度で施設での実施可能性を追求する設定とした。

#### 3.2.1 前方リーチング訓練 (図 3a)

AR<sup>2</sup> に正対して座り、開始前に安全に反復できる到達限界位置を療法師が評価して設定した。指が交互になる

ように両手を組み、体幹ベルトに装着したスイッチを押した後、両肘を伸展、体幹前傾させて、ターンテーブル上にあるスイッチを押す動作を行った。

介入前評価	介入(週3回・2週)	介入後評価
-------	------------	-------

図 2 実験プロトコル

初回評価後、週 3 回・2 週間にわたって介入を行った。その後、介入後評価を行った。

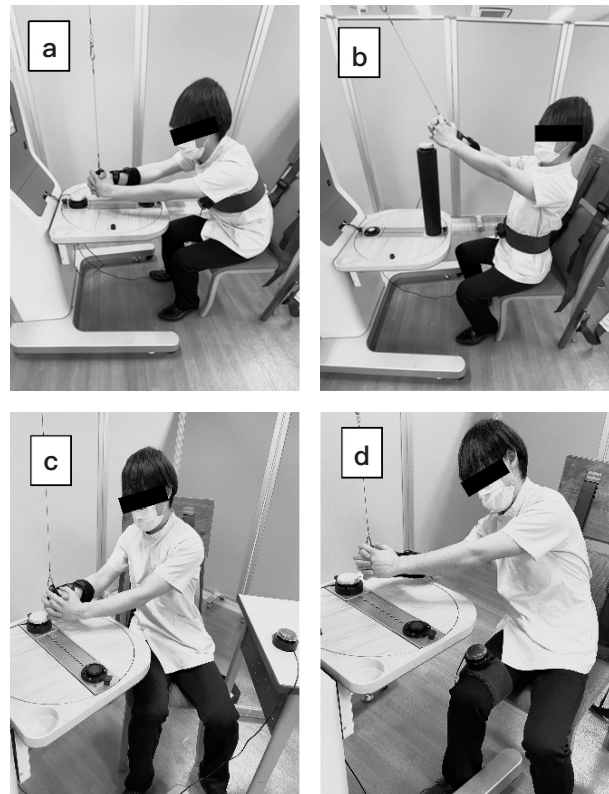


図 3 4 種類の自主訓練プログラム

以下の 4 種類のプログラムを 1 施行 20 回、3 セット行った。

- 前方リーチング訓練：体幹ベルトに装着したスイッチを押した後、前方にあるスイッチを押す動作を反復する。
- 上方リーチング訓練：体幹ベルトに装着したスイッチを押した後、上方にあるスイッチを押す動作を反復する。
- 回旋リーチング訓練：台上に置いたスイッチを押した後、体幹を回旋させてターンテーブル上にあるスイッチを押す動作を反復する。
- 側方リーチング訓練：大腿部に装着したスイッチを押した後、体幹側屈させてターンテーブル上にあるスイッチを押す動作を反復する。

### 3.2.2 上方リーチング訓練 (図3b)

AR<sup>2</sup>に正対し、背部を椅子の背もたれから離れた状態で座った。開始前に安全に反復できる到達限界位置を療法士が評価して設定した。指が交互になるように両手を組み、体幹ベルトに装着したスイッチを押した後、肩屈曲、両肘および体幹伸展させてターンテーブル上にあるスイッチを押す動作を行った。

### 3.2.3 回旋リーチング訓練 (図3c)

AR<sup>2</sup>に対して斜めに座り、開始前に安全に反復できる到達限界位置を療法士が評価して設定した。指が交互になるように両手を組み、体幹の側方に設置した台上のスイッチを押した後、体幹を回旋させターンテーブル上にあるスイッチを押す動作を行った。施行を終えたら左右を反転して同様に実施した。

### 3.2.4 側方リーチング訓練 (図3d)

AR<sup>2</sup>の片側の土台を両下肢で挟むように座り、開始前に安全に反復できる到達限界位置を療法士が評価して設定した。指が交互になるように両手を組み、大腿部に巻いたベルトに装着したスイッチを押した後、体幹側屈させてターンテーブル上にあるスイッチを押す動作を行った。施行を終えたら左右を反転して同様に実施した。

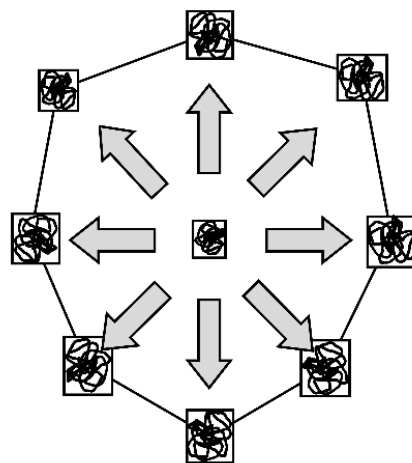
## 3.3 アウトカム

介入による効果を測定するため、以下のアウトカムについて、介入前および介入後の計2回評価を行った。

### 3.3.1 座位安定性限界面積および座位姿勢安定度評価指標 (index of postural stability: IPS)

三次元可搬型フォースプレート MG-100 (アニマ株式会社製) を用いた総合重心動揺解析システムにより測定した。高さ約40cmの台上にフォースプレートを設置し、対象者にその上に端坐位を取らせた。対象者には両手を胸の前で交差した状態で前後左右斜めの8方向へ重心移動を行い、安定して保持することができる最大の位置で10秒間姿勢を保持するよう指示した (図4)。

座位安定性限界面積は前後、左右、斜め方向の重心軌跡である8つの座標から八角形の面積を求めて算出した。安定性限界面積は、バランス能力の定量的評価指標として広く用いられており、大きいほど座位バランス能力が高いとされている<sup>18)</sup>。IPSは、望月ら<sup>19)</sup>が考案した指標であり、中央、前後、左右、斜めの9条件の重心軌跡座標から平均重心動揺面積と安定性限界面積の和を平均重心動揺面積で除した値の対数値から算出した (図4)。重心動揺面積は、重心軌跡の前後の最大径と左右の最大径を乗じた矩形面積とし、9条件の平均値から平均重心動揺面積を算出した。IPSは安定性限界面積と平均重心動揺面積の比をとっていることから、姿勢を保持できる時間または一定時間姿勢を保持できる確率に関連する指標とされている<sup>20)</sup>。IPSは不安定な姿勢条件にしていくと低下することが明らかとなっており、姿勢の安定性、バランス能力を定量的に評価可能である<sup>20)</sup>。



$$\text{座位IPS} = \log \frac{\text{平均重心動揺面積} + \text{安定性限界面積}}{\text{平均重心動揺面積}}$$

図4 座位安定性限界面積および座位IPSの測定方法

両手を胸の前で交差した状態で前後左右斜めの8方向へ重心移動を行い、座位安定性限界面積と座位IPSを算出した。



IPS は高い検者内信頼性と妥当性，最小可検変化量 (minimal detectable change; MDC) が示されている<sup>19)</sup>。

### 3.3.2 体幹屈曲筋力

澤ら<sup>21)</sup>の報告に合わせ，ハンドヘルドダイナモメータを用いて体幹屈曲筋力の測定を行った。対象者は膝関節屈曲 90°，足関節底背屈 0°の座位姿勢とし，仙骨後面から第 9 胸椎と第 5 腰椎を結ぶ胸腰部が床面と垂直となるようにした。固定された支柱に背を向けた状態で椅子に座り，体幹と支柱をベルトで連結した。ベルトは第 3 胸椎の高さとし，ベルトの長さはベルトの緩みがなく張った状態とした。下肢筋力の影響をなるべく除外させる為に，膝窩部にタオルを敷き，足底面が接地しないようにして測定を行った。測定における筋収縮時間は 5 秒とし，その間の最大筋力を採用した。3 回測定し，1 回目を練習，2 回目と 3 回目を測定値とし，その平均値を使用した。

### 3.3.3 座位 Functional Reach Test (FRT)

対象者に足底面が接地しない高さの台に端座位をとらせ，前方へリーチできる最大距離を測定した。3 回測定し，その平均値を使用した。

### 3.3.4 安全性

介入中や介入後の疼痛の出現や疲労の程度などを口頭にて確認し，有害事象の確認に努めた。特に，手装具による免荷部分の痛み，擦過傷の有無，体幹や上肢の疲労や痛みの出現に注意を払った。

## 4. 分析

介入前後の座位安定性限界面積，座位 IPS，体幹屈曲筋力，座位 FRT について，Shapiro-Wilk 検定によって正規分布に従うことを確認した後，対応のある t 検定で分析し，効果量を算出した。また，座位安定性限界面積

を「前方」，「後方」の 2 方向に分け，介入前後の方向間の面積変化量と面積変化率を対応のある t 検定で分析し，効果量を算出した。統計ソフトは IBM SPSS Statistics 27 を使用し，有意水準は 5% 未満とした。

## 5. 結果

対象者全員が 2 回の評価および介入を完遂することができた。介入前後の各アウトカムの平均値を表 1 に示す。

座位安定性限界面積について，介入前は  $477.6 \pm 125.8 \text{ cm}^2$  であったのに対し，介入後は  $655.9 \pm 163.3 \text{ cm}^2$  となり，有意に増大していた ( $p < 0.001$ ,  $t$  値 = 8.64, 自由度 = 15, 効果量 Cohen の  $d = 1.11$ , 95% CI [134.33–222.27])。座位 IPS は，介入前は  $3.3 \pm 0.1$ ，介入後は  $3.4 \pm 0.1$  であり，有意差は認められなかった ( $p = 0.62$ ,  $t$  値 = 0.51, 自由度 15, 効果量 Cohen の  $d = 0.12$ , 95% CI [-0.056–0.091])。体幹屈曲筋力は，介入前は  $14.6 \pm 7.4 \text{ kgf}$ ，介入後は  $17.0 \pm 8.2 \text{ kgf}$  であり，有意に増大していた ( $p < 0.001$ ,  $t$  値 = 4.19, 自由度 = 15, 効果量 Cohen の  $d = 0.28$ , 95% CI [1.16–3.55])。座位 FRT は，介入前は  $37.6 \pm 8.1 \text{ cm}$ ，介入後は  $42.6 \pm 7.8 \text{ cm}$  であり，有意に増大していた ( $p = 0.005$ ,  $t$  値 = 3.28, 自由度 = 15, 効果量 Cohen の  $d = 0.63$ , 95% CI [1.75–8.25])。続いて，前後方向の面積変化量と面積変化率について，結果をグラフに示す (図 5)。各方向の面積変化量の平均値は，「前方」 $109.0 \pm 51.2 \text{ cm}^2$ ，「後方」 $69.3 \pm 36.7 \text{ cm}^2$  であり，「前方」が「後方」に比べて有意に大きいことが明らかとなった ( $p < 0.001$ ,  $t$  値 = 4.73, 自由度 = 15, 効果量 Cohen の  $d = 0.83$ , 95% CI [21.79–57.46])。一方で前後方向の面積変化率の平均値は，「前方」 $43.5 \pm 25.4\%$ ，「後

表 1 介入前後の各アウトカムの平均値

	介入前	介入後	$p$ 値	95%信頼区間	効果量 $d$
座位安定性限界面積 ( $\text{cm}^2$ )	$477.6 \pm 125.8$	$655.9 \pm 163.3$	$< 0.001^*$	134.33–222.27	1.11
座位 IPS	$3.3 \pm 0.1$	$3.4 \pm 0.1$	0.6	-0.056–0.091	0.12
体幹屈曲筋力 (kgf)	$14.6 \pm 7.4$	$17.0 \pm 8.2$	$< 0.001^*$	1.16–3.55	0.28
座位 FRT (cm)	$37.6 \pm 8.1$	$42.6 \pm 7.8$	0.005*	1.75–8.25	0.63

対応のある t 検定: \* $p < 0.05$ , 効果量の目安  $d = 0.20$ : 小, 0.50: 中, 0.80: 大

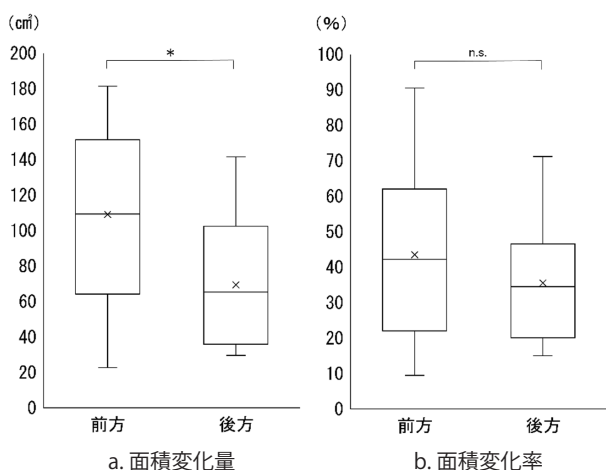


図5 前後方向の面積変化量および面積変化率

- a. 面積変化量において、「前方」が「後方」に比べて有意に大きかった ( $p < 0.001$ ).
- b. 面積変化率において、有意差は認められなかった ( $p = 0.17$ ). 対応のある t 検定: \*  $p < 0.05$  n.s.  $p \geq 0.05$

方」 $35.5 \pm 17.4\%$ であり、方向間の面積変化率に有意差は認められなかった ( $p = 0.17$ ,  $t$  値 = 1.46, 自由度 = 15, 効果量 Cohen の  $d = 0.35$ , 95% CI [-3.65 - 19.55]).

自主訓練プログラムの安全性について、介入直後に体幹筋の軽度の疲労感を認めた者はいたが、手装具による免荷部分の痛み、擦過傷、体幹やその他の身体部位の痛みといった、その他の有害事象の訴えは聞かれなかった。

## 6. 考察

介護老人保健施設利用中の慢性期脳卒中患者に向け、上肢リーチングロボットを用いて座位バランス能力を向上させることを目的とした自主訓練プログラムを考案した。本研究では、予備的研究として、若年健常成人を対象にプログラムの効果と安全性を検証した。介入の結果、介入前と比較して、座位安定性限界面積、体幹屈曲筋力、座位 FRT において有意に増大がみられた。効果量は、座位安定性限界面積で大、座位 FRT で中、体幹屈曲筋力で小であった。一方で座位 IPS では有意差を認めなかった。前後方向の面積変化量について、「前方」が「後方」に比べて有意に大きいことが明らかとなったが、前後方向の面積変化率では有意差は認めなかった。

これまでに、座位バランス能力向上のために、基本動作練習、運動発達のなアプローチを使用した介入などが

用いられてきた<sup>22)</sup>。加えて、リーチング動作を伴う重心移動訓練により、病期に関係なく片麻痺患者の体幹機能やバランス能力が改善することが報告されている<sup>9~11, 23)</sup>。本研究では、若年健常成人を対象とした点に違いはあるものの、先行研究を支持する結果となり、体幹機能の向上と座位安定性限界面積の増大を認めた。特に、座位安定性限界面積と座位 FRT で大きな効果を認め、本プログラムの効果特性として広い支持基底面を獲得することに寄与する可能性が示唆された。座位 IPS は、介入前後で有意差を認めなかった。座位安定性限界面積が増大したにもかかわらず座位 IPS が維持されたことは、座位バランス能力の向上により、広い安定性限界においても同程度の比率の重心動揺で一定時間姿勢を保持できたと考えられた<sup>20)</sup>。本研究は、両手で行うリーチング動作によって上肢の運動を支える体幹機能の向上や座位バランス能力向上を企図した点、さらに介入は上肢リーチングロボットを用いた自主訓練プログラムとした点に特徴がある。本プログラムにより、両手で各方向へリーチングを繰り返す自主訓練を行ったことが効果的に体幹筋力の向上、体幹制御や固有感覚の改善、座位バランス能力向上に繋がったと考えられる<sup>10~12)</sup>。前方で後方よりも座位安定性限界面積の変化量が大きかったのは、本プログラムの内容特性として前方への重心移動の要素が多かったことが要因であると考えられる。ADL には、前方への重心移動が必要な活動が多く含まれる。また脳卒中患者では、上下肢の麻痺による運動障害のため、運動課題を行う際、健常者に比べて代償的に体幹の運動を多く用いることが明らかとなっている<sup>24~25)</sup>。そのため、脳卒中患者にとって前方への座位安定性限界面積の向上は、ADL 動作能力の向上に不可欠な要素であり、本プログラムの効果が ADL 動作能力に汎化する可能性が示唆された。さらに、Moreno らは、リーチング動作を含む体幹機能トレーニングの効果をシステマティックレビューで報告している<sup>23)</sup>。彼らは、多くの先行研究で訓練時間が 300 分/週程度に設定されており、慢性期の臨床現場において常時療法士の監督下で行うのは一般的に不可能であることを指摘している。我が国の介護保険領域においても、同程度の時間の介入を常時療法士の監督下で行うことは現実的に難しい。本研究で用いた訓練プログラムは、上肢リーチングロボットを用いた自主訓練としたことで、限られた人員で訓練量を担保しつつ、機能向上に繋げられる可能性を持った介入

方法であると考えられた。

本研究では、手装具による免荷部分の痛み、擦過傷の有無、体幹や上肢の痛みといった有害事象の訴えはなく、若年健常成人においては一定の安全性が確認できたと考える。しかし、施設利用中の慢性期脳卒中患者に本プログラムを施行した場合、年齢や種々の神経学的な要因などから、今回とは異なる結果となる可能性がある点に留意が必要である。本研究では、1施行20回を3セットとして行った結果、若年健常成人で軽度の筋疲労感を認めた者がいた。そのため、ロボットを用いた自主訓練を処方する際には、患者のロボットの過用や誤用を防ぐため、療法士は患者の身体状態を細かく評価し、訓練の回数や時間の上限を定めるなど、適切な課題の内容と量を設定する必要がある。

ロボットを用いたりハは、療法士による訓練の量を補完する目的で使用されることが多く、一般的な自主訓練に比べて良好な結果を残している報告が散見される<sup>26~27)</sup>。また、経済的な負担が少なく、療法士による介入と同等の効果を上げることができると報告されている<sup>28)</sup>など、療法士による訓練と併用した自主訓練としての運用が期待されている。今後、介護老人保健施設の慢性期脳卒中患者を対象とした臨床研究を進めていく際には、対象者の重症度や既往歴から適応があるかを慎重に見極める必要があると考える。例えば、本プログラムは、認知機能の低下がある者へ自主訓練として適用することは難しいと予測される。各課題の実施方法を理解し、正しく施行できる者でなければ、監督下で訓練を行う必要があり、人員不足を補いつつ訓練量を補完するという目的の達成が困難となると考える。また、訓練内容の理解促進のために、図などを用いた案内書類の作成の検討も必要であると考えられる。さらに、運用にあたって多くの者が目を配ることができる場所に設置すること、療法士以外の職員や家族が付き添うことも安全性を高める<sup>29)</sup>と考えられる。今後、本研究で得られた結果を基に、慢性期脳卒中患者を対象とした臨床研究を行い、より適したプログラム内容や負荷量、詳細な実施手順を検証していく必要がある。

## 7. まとめ

介護老人保健施設利用中の慢性期脳卒中患者に向けた、座位バランス能力向上のための自主訓練プログラムを考案した。本研究では、若年健常成人を対象に、その

効果と安全性を検証した。介入の結果、対象者の体幹筋力の向上とともに、座位バランス能力の向上を認めた。また、有害事象の訴えはなく、安全性が確認された。考案した自主訓練プログラムは、限られた人員で訓練量を担保しつつ、機能向上に繋げられる可能性を持った介入方法である可能性が示唆された。今後、慢性期脳卒中患者を対象とした臨床研究を実施し、検証を重ねていく必要がある。

## 参考文献

- 1) 厚生労働省：高齢者保健福祉。厚生労働白書令和4年版, 2022, p.235.
- 2) 厚生労働省：介護の状況。2019年国民生活基礎調査, 2020, p.24.
- 3) 日本脳卒中学会 脳卒中ガイドライン委員会・編：脳卒中治療ガイドライン2021, 協和企画, 2022, pp.255-259.
- 4) 厚生労働省：介護老人保健施設  
<https://www.mhlw.go.jp/content/12300000/001131788.pdf> (参照2023-12-21)
- 5) Sandin KJ, Smith BS: The measure of balance in sitting in stroke rehabilitation prognosis. *Stroke* 21 (1) : 82-86, 1990.
- 6) Morgan P: The relationship between sitting balance and mobility outcome in stroke. *Aust J Physiother* 40 (2) : 91-96, 1994.
- 7) Pollock A, Baer G, Campbell P, Choo PL, Forster A, et al: Physical rehabilitation approaches for the recovery of function and mobility following stroke. *Cochrane Database Syst Rev*: CD001920, 2014, doi: 10.1002/14651858.CD001920.pub3.
- 8) Chern JS, Lo CY, Wu CY, Chen CL, Yang S, et al: Dynamic postural control during trunk bending and reaching in healthy adults and stroke patients. *Am J Phys Med Rehabil* 89 (3) : 186-197, 2010.
- 9) Jung K, Kim Y, Chung Y, Hwang S: Weight-shift training improves trunk control, proprioception, and balance in patients with chronic hemiparetic stroke. *Tohoku J Exp Med* 232 (3) : 195-199, 2014.
- 10) Jeon SH, Lee SK, Kim JH: Therapeutic effects of reaching with forward bending of trunk on postural

- stability, dynamic balance, and gait in individuals with chronic hemiparetic stroke. *J Phys Ther Sci* 27 (8) : 2447-2451, 2015.
- 11) de Sèze M, Wiart L, Bon-Saint-Côme A, Debelleix X, de Sèze M, et al: Rehabilitation of postural disturbances of hemiplegic patients by using trunk control retraining during exploratory exercises. *Arch Phys Med Rehabil* 82 (6) : 793-800, 2001.
  - 12) 辻修嗣, 宮崎純弥: 片側と両側で行う Functional Resch Test における運動戦略の検証—体幹回旋・側屈角度と肩甲骨外転, 足圧中心軌跡の比較—. *理学療法科学* 33 (5) : 739-742, 2018
  - 13) Verheyden G, Nieuwboer A, Mertin J, Preger R, Kiekens C, et al.: The Trunk Impairment Scale: a new tool to measure motor impairment of the trunk after stroke. *Clin Rehabil* 18 (3): 326-334, 2004.
  - 14) Berg K, Wood-Dauphinee S, WilliamsJI, Gayton D: Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can* 41 : 304-311, 1989.
  - 15) 石川朗, 武藤美穂子, 佐伯秀一・他: 平衡機能検査を目的とした Cross Test の有効性. *理学療法学* 21 (3) : 186-194, 1994.
  - 16) Verheyden G, Vereeck L, Truijen S: Trunk performance after stroke and the relationship with balance, gait and functional ability. *Clin Rehabil* 20 : 451-458, 2006.
  - 17) 厚生労働省: 特定診療報酬算定医療機器の定義等について. <https://www.mhlw.go.jp/content/1240000/000602880.pdf> (参照 2023-03-15).
  - 18) Ishikawa A, Tanaka S, Fukuyama K, Saeki S, Butoh M, et al.: Cross-test to measure standing ability by voluntary movements. *Phys Ther Sci* 4 : 35-44, 1992.
  - 19) 望月久, 峯島孝雄: 重心動揺計を用いた姿勢安定度評価指標の信頼性および妥当性. *理学療法学* 27 (6) : 199-203, 2000.
  - 20) 長田悠路: 機器を用いたバランスの運動学的・運動力学的評価. 望月久・編, バランス障害リハビリテーション, MEDICAL VIEW, 2021, pp.112-113.
  - 21) 澤広太, 中村学, 手島雅人, 平野正広, 加藤宗規: 座位姿勢における体幹屈曲筋力および伸展筋力評価の妥当性と信頼性. *理学療法科学* 30 (5) : 707-712, 2015.
  - 22) Davies PM: Right in the middle. 富田昌夫 (監訳), Springer-Verlag, 1999, pp.18-220.
  - 23) Moreno-Segura N, Martín-San Agustín R, García-Bafalluy S, Escriche-Escuder A: Effects of core training on trunk function, balance, and gait in stroke patients: A systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Clin Rehabil* 36 (12) : 1635-1654, 2022.
  - 24) Girnis J, Agag T, Nobiling T, Sweet V, Kim B: The Impact of Motor Task Conditions on Goal-Directed Arm Reaching Kinematics and Trunk Compensation in Chronic Stroke Survivors. *J Vis Exp* 171: e61940, 2021, doi: 10.3791/61940.
  - 25) Jayasinghe SAL, Wang R, Gebara R, Biswas S, Ranganathan R: Compensatory Trunk Movements in Naturalistic Reaching and Manipulation Tasks in Chronic Stroke Survivors. *J Appl Biomech* 37 (3) : 215-223, 2021.
  - 26) Takahashi K, Domen K, Sakamoto T, Toshima M, Otaka Y, et al.: Efficacy of Upper Extremity Robotic Therapy in Subacute Poststroke Hemiplegia: An Exploratory Randomized Trial. *Stroke* 47 (5) : 1385-1388, 2016.
  - 27) Hesse S, Werner C, Pohl M, Rueckriem S, Mehrholz J, et al.: Computerized arm training improves the motor control of the severely affected arm after stroke: a single-blinded randomized trial in two centers. *Stroke* 36 (9) : 1960-1966, 2005.
  - 28) Lo AC, Guarino PD, Richards LG, Haselkorn JK, Wittenberg GF, et al.: Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *N Engl J Med* 362 (19) : 1772-1783, 2010.
  - 29) 庵本直矢, 竹林崇, 伊藤竜二, 菅久美, 田中創: 脳卒中後上肢麻痺に対する ReoGo-J を使用した回復期における自主練習の安全性および有用性の検討. *作業療法* 37 (2) : 153-160, 2018.