

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：33916

研究種目：若手研究

研究期間：2018～2020

課題番号：18K17694

研究課題名（和文）荷重センサーを用いた新しいバランス練習アシストの有効性と作用機序の検討

研究課題名（英文）Effectiveness and mechanism of new Balance Exercise Assist Robot

研究代表者

角田 哲也（Tsunoda, Tetsuya）

藤田医科大学・医学部・助教

研究者番号：80795609

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,000,000円

研究成果の概要（和文）：亜急性期の脳卒中片麻痺患者に対して、新しいIBEAR練習と従来練習を比較した無作為化並行群間比較試験を行った。現在までに予定の60名中53名の介入が終了している。亜急性期の脳卒中片麻痺者3名に対して、同日にBEAR、従来のバランス練習を行い、脈拍数の変化量を用いて運動負荷を比較した。新しいBEAR練習が従来練習より運動負荷が大きい可能性が示唆された。またロボット上で静止姿勢を保つことが可能な倒立振り機構を用いないsBEARを開発した。新しいIBEARやsBEARの作用機序解明のため、三次元動作解析装置Xsensを用いて、健康者3名にて関節運動の変化を解析する検討を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々は従来のバランス練習アシストを元に、荷重センサーを用いた新しいIBEAR、ロボット上で静止姿勢を保つことが可能な倒立振り機構を用いないsBEARを開発した。荷重センサーを用いた新しいIBEARに関しては、現在無作為化並行群間比較試験終了間近である。運動負荷に関しては、新しいIBEAR練習が従来練習より大きい可能性が示唆されている。新しいIBEARやsBEARの作用機序解明のため、関節運動の変化を解析する検討も進んでいる。多くの患者のバランス障害が改善すれば、転倒により骨折や外傷性脳損傷を発症する人数が減ることとなり、社会的な意義も大きい。

研究成果の概要（英文）：A randomized parallel-group comparative study was conducted to compare the new BEAR practice with the conventional practice in patients with hemiplegia in the subacute phase. The intervention of 53 out of scheduled 60 persons has ended by the present. For cerebral apoplexy hemiplegia person of 3 persons in the subacute stage, BEAR and conventional balance practice were carried out in the same day, and the exercise load was compared using the change quantity of the pulse number. These results suggest that the new BEAR training is more stressful than the conventional training.

We have also developed sBEAR which does not use an inverted pendulum mechanism to keep a stationary posture on a robot. For action mechanism elucidation of new BEAR and sBEAR, the examination which analyzed the change of the joint motion using three-dimensional motion analysis equipment Xsens in healthy subjects of 3 persons was carried out.

研究分野：リハビリテーション医学

キーワード：リハビリテーションロボット バランス 転倒予防

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

我々は、より効果の高いバランス練習を提供するため、トヨタ自動車株式会社と共同でバランス練習アシスト（BEAR）の開発を進めてきた（図1）。BEARは倒立振り子制御を用いた立ち乗り型の移動支援ロボットとテレビゲームを組み合わせた機器であり、モニタを見ながら立ち乗り型ロボットを操作して、楽しみながらバランス練習が実施可能である。これまでに、維持期の片麻痺者や虚弱高齢者において、バランス能力改善に有効だったとする報告がある。我々は、BEARの有効性を更に高めるため、幾つかの改良を加えた。具体的には、足部に荷重センサを搭載して、より直感的にロボットの操作を可能としたり、運動負荷を高めるようゲーム内容を改良したりした。本研究は、新しいBEARの効果を検証することを目的としている。

また、BEARは車輪の上の不安定な足場で操作を行うため、ロボット上で静止姿勢を保つことが困難な被験者が存在した。またロボットの乗り降りをする際や、操作時などに不安定さを感じる事が多く、特に高齢者などでは恐怖感を訴えることが課題であった。そこで我々は、倒立振り子機構を用いないスライド式バランス練習アシスト（sliding-type Balance Exercise Assist Robot；以下sBEAR、図2）を考案した。sBEARは、4つの車輪がついた台車の上で立位姿勢をとり重心移動を行うことで、ロボットが前後左右にスライドする。またsBEARでのロボット上での静止状態は、通常の立位姿勢と同じ状態である。使用者が搭乗する床面を完全に静止させることができるので、安全に乗り降りが可能であり、使用者の不安が小さいと考えられる。また、ロボット自体の転倒が絶対に起こらないという点においても安全性が高い。



図1 BEAR

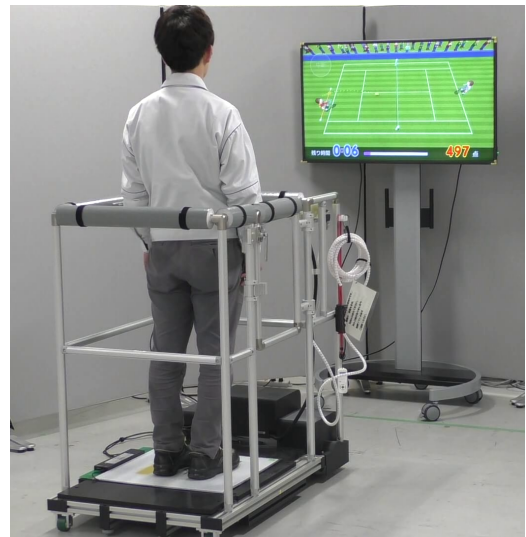


図2 sBEAR

ただし、BEARは接地面が傾く運動であるのに対し、sBEARは台車が並進する運動となるため、従来のBEARとはバランス戦略が異なるものと考えられる。本研究では健常者にてBEAR、sBEARを用い、バランス戦略を運動学的に評価することを目的とした。

## 2. 研究の目的

- (1) バランス能力改善に対して、新しい BEAR を用いたバランス練習が、従来のバランス練習よりも有効性が高いことを示す。
- (2) 新しい BEAR を用いたバランス練習が、従来のバランス練習より運動負荷が大きいことを示す。
- (3) 新しい BEAR, sBEAR において、ロボット操作中の三次元動作解析を行い、バランス戦略の運動学的な評価を行う。

## 3. 研究の方法

(1) 対象は、藤田医科大学病院、藤田医科大学七栗記念病院入院中の発症から 60 日以内の亜急性期の脳卒中片麻痺患者で、バランス能力低下を認めるが、軽介助下で歩行が成立し、静止立位が手放しで可能な方とした。介入前評価を行う予定の日が、入院または入棟から 11 日以上 17 日以内かつ、発症後 60 日以内となる患者で、Mini-Balance Evaluation Systems Test (以下、Mini-BESTest) に関する項目以外の選択基準に該当する患者に対して BEAR の試乗を行い、実施の可否を確認する。実施可能と判断された場合には、文書による参加同意を得て、被験者候補とする。同意取得後、介入前評価を行い、Mini-BESTest の結果が選択基準に該当する患者を被検者として登録する。介入前評価の結果をもとに無作為に介入群 (BEAR 群) または対照群 (通常リハ群) に振り分け、翌日から 13 日間の介入を行う。介入期間中のリハビリの内訳を表 1 に示す。

表 1. 1 日のリハビリの内訳 (単位)

群	BEAR	PT+OT	ST	合計
BEAR 群	2	合計 4 以上	規定なし	9 以内
通常リハ群	0	合計 6 以上		

(1 単位 = 20 分)

介入期間の前後と退院前、追跡評価として退院 4 週後に、有効性の確認に必要なバランス能力などの評価を行う。観察項目は下記の評価項目とし、それぞれ、13 日間の介入期間の前後、退院時、退院 4 週後に評価を行う。ただし、退院 4 週後の評価に関し、来院ができない患者に対しては電話連絡にて、転倒回数確認のみを実施する。

〈介入前〉・Mini-BESTest (Mini-Balance Evaluation Systems Test)

- ・TUG (Timed Up and Go test) ・FRT (Functional Reach Test)
- ・10m 歩行試験：快適歩行速度 ・重心動揺検査 ・FIM

〈介入後〉・Mini-BESTest ・TUG ・FRT ・10m 歩行試験：快適歩行速度

- ・重心動揺検査 ・FIM ・面接による主観的評価

〈退院時〉・Mini-BESTest ・TUG ・FRT ・10m 歩行試験：快適歩行速度

・ FIM ・ 介入前評価～退院時の転倒回数

〈退院 4 週後〉・ Mini-BESTest ・ TUG ・ FRT ・ 10m 歩行試験：快適歩行速度

・ 退院～退院 4 週後評価の転倒回数

(2) 対象は、当大学病院リハビリテーション科に通院または入院中で、屋内歩行が監視以上、バランス障害を有し、今回の研究に関する同意が得られた脳卒中片麻痺患者 3 名とした。計測日の前に十分な練習の上、バランス練習アシスト練習、従来バランス練習を同日に行った。バランス練習アシスト練習、従来練習とも 1 日 2 単位 (40 分) の練習とし、練習の間には十分な休憩を設けた。バランス練習アシスト練習はテニス、スキー、ロデオゲームを各 4 回ずつ行った。従来練習では訓練内容は特に規定せず、筋力増強訓練、歩行訓練、バランス訓練などを行った。日本精密測器株式会社の通信機能付き運動解析パルスオキシメータ (MP-1000) を使用し、動作中の脈拍変化量 (動作中の脈拍-安静時脈拍) の平均値、及び最大値を測定した。

(3) 対象は、研究への参加の同意が得られた健常成人 3 名とした。測定前に BEAR, sBEAR の試乗を行い、各ロボットに準備された専用のゲーム (前後運動, 左右運動, 外乱対処) において、試乗時に達成可能なレベルを確認した。その上で BEAR, sBEAR とともに初級レベル, 上級レベルの 2 段階の難易度にて測定を行った。全ての被験者は各ゲームともに同様の難易度を採用した。動作解析には、慣性センサ式の三次元動作解析装置 Xsens MVN Awinda を用いた。BEAR, sBEAR の測定は同日に実施した。バランス練習中の関節運動 (股関節屈曲/伸展, 膝関節屈曲/伸展, 足関節底屈/背屈など), の関節運動の変化量を算出し、左右の平均値、及び最大値を求めた。

#### 4. 研究成果

(1) 予定の 60 名中 53 名の患者に対して介入を終えた (BEAR 群 26 名, 通常リハ群 27 名)。現在終了時点では、BEAR 群, 通常リハ群ともに、Mini-BESTest の合計点は介入前後において有意な改善を認めている。Mini-BESTest の下位項目である予測性姿勢制御については、介入前後において BEAR 群のみ有意な改善を示している。また有意差は示していないが、BEAR 群の方が退院時, 退院後の歩行速度が高い傾向を示している。

(2) 対象の基本情報を表 1 に示す。

表 1 対象の基本情報

対象	年齢 (歳)	性別	原因 疾患	障害 側	発症後 月数	下肢 SIAS-M
A	48	女	脳出血	左	36	4-4-4
B	70	男	脳梗塞	右	1	4-4-4
C	68	男	脳出血	左	1.5	4-4-4

安静時脈拍の変化量の経時変化を示した症例（対象C）のグラフを図3に示す。安静時脈拍との変化量の平均値，最大値を表2，表3に示す。

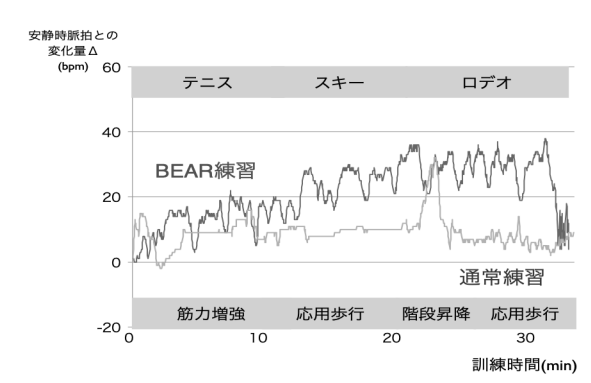


図3 安静時脈拍との変化量Δ (対象C)

表2 安静時脈拍の変化量の平均値

対象	テニス	スキー	ロデオ	従来練習
A	12.7	16.3	22.5	4.9
B	10.3	29.1	33.5	7.5
C	12.0	24.3	28.0	9.1

表3 安静時脈拍の変化量の最大値

対象	テニス	スキー	ロデオ	従来練習
A	24	27	38	17
B	32	50	56	38
C	22	36	38	32

平均心拍数，最大心拍数ともにバランス練習アシストの方が上回る結果となった。特にロデオにおいて脈拍変化量が大きくなる傾向があった。ロデオは今回の改良にて外乱強度を増加させ，外乱の波形も複雑化して予測が困難となり，外乱に対処している時間が相対的に増加している。ロデオでの前後左右の持続的な外乱対処を行うことにより，高い運動負荷となっていることが考えられた。

(3) 各ゲームとも初級レベルと比較して上級レベルの方が関節運動の変化量が大きかった。前後運動，外乱対処においてはsBEARの方がBEARより関節運動が少ない傾向を示した。高いレベルの方が活動量が大きくなることが示唆された。上肢の支持を用いるBEARに対し，上肢の支持を必要としないsBEARにおいては関節運動が少なくなるものと思われた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計1件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 角田哲也
2. 発表標題 バランス練習アシストにおける運動負荷の検討
3. 学会等名 第34回日本義肢装具学会学術大会
4. 発表年 2018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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------