

Original Article

疾患別歩行自立患者におけるバランス練習アシスト (BEAR) の効果

後藤進一郎,¹ 小口和代,¹ 星野高志,¹ 池内 健,¹ 浅井 崇,¹
太田有人,¹ 小川太志,¹ 伊藤達之,¹ 大高恵莉¹

¹医療法人豊田会刈谷豊田総合病院リハビリテーション科

要旨

Goto S, Oguchi K, Hoshino T, Ikeuchi T, Asai T, Ota Y, Ogawa T, Ito T, Otaka E. Effects of Balance Exercise Assist Robot (BEAR) in independently mobile patients by disease. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2019; 10: 1-8.

【目的】バランス練習アシスト (BEAR) 実施前後の疾患別の効果の違いを検討する。

【方法】自立歩行が可能な BEAR 実施患者 19 名 (脊髄疾患 5 名・脳卒中テント上 9 名・脳卒中テント下 5 名) を対象とした。Mini-BESTest, 快適歩行速度, 継足歩行速度, TUG, FRT, 筋力を評価し, 実施前後比較は Wilcoxon 符号付順位検定を用いた。到達ゲームレベルと疾患の関連は Spearman の順位相関係数を用いた。

【結果】前後比較は, 脊髄疾患で TUG が改善した。テント上は快適歩行速度, 継足歩行速度, TUG が改善した。テント下は快適歩行速度が改善した。Mini-BESTest は全疾患で改善した。到達ゲームレベルはテント下が脊髄疾患より低値だった。

【考察】BEAR はテント上でバランス改善効果が高いといえた。一方テント下は到達ゲームレベルが低値だが, 適切な難易度の反復運動でバランス指標が改善すると推察した。

キーワード: バランス練習アシスト, バランス, 疾患別, 失調, ロボット

はじめに

超高齢社会を迎えた日本では救急搬送される約 8 割が転倒を原因とし, その中の約 4 割の高齢者が入院の必要があると診断される。下肢の筋力低下・不安定なバランス・4 剤以上の内服がすべて揃うと 100% 転倒するとの報告もあり [1], 身体機能が低下したりリハビリテーション患者において, 転倒予防は ADL の維持に非常に重要である。

著者連絡先: 後藤進一郎

医療法人豊田会刈谷豊田総合病院リハビリテーション科
〒448-8505 愛知県刈谷市住吉町 5 丁目 15 番地

E-mail: shinichiro.goto@toyota-kai.or.jp

2018 年 6 月 26 日受付; 2018 年 11 月 14 日受理

利益相反: 本研究において一切の利益相反はありません。

トヨタ自動車株式会社と藤田保健衛生大学が共同開発したバランス練習アシスト (Balance Exercise Assist Robot: BEAR) は搭乗型ロボットで, 運動学習戦略に基づくバランス練習支援を目的としている。BEAR は患者の重心移動が可視化できるバランス練習装置であり, 患者がロボット上で前後左右に体重移動を行うと, モニターのキャラクターが連動して移動する。3 種類のゲームで構成され, テニスが前後移動課題, スキーが側方移動課題, ロデオが外乱対処課題となる。バランス練習は適切な難易度の設定が望まれる [2] が, 各課題の難易度は患者に応じた自動調整で, 適切な難易度と豊富な重心移動や外乱対処の練習が可能である。またゲーム性を持たせたことにより練習意欲が促進される。BEAR の適応は広く, 現在までに脳血管疾患 [3], フレイル [4], 運動器不安定症 [5] でバランス能力の改善効果が報告されている。

今回評価に用いた Mini-Balance Evaluation Systems Test (以下, Mini-BESTest) は, 運動制御理論の一つであるシステム理論に基づいたバランス機能評価 Balance Evaluation Systems Test (BESTest) [6] の, 動的バランス機能に特化した評価 [7] であり, 短時間で実施可能である。本邦でも大高ら [8] が, 神経筋疾患・脳血管障害・大腿骨近位端骨折術後・骨粗鬆症を対象に妥当性を検討しており, 宮田ら [9] も, 脳血管障害・下肢骨折・脊椎骨折でその有用性を報告している。

BEAR を実施中, 患者によりゲームレベルの停滞を認める。ロボット操作の上達に違いがあると考えられるが, Mini-BESTest を用いたバランス評価の報告や, 疾患別でバランス能力の改善効果を比較した報告はない。BEAR の Mini-BESTest を用いた疾患別の効果検討は, システム設定や疾患に合わせた運用に直結し, 効率の良いバランス能力の向上に寄与できると考えた。

目的

バランス練習アシスト (BEAR) 実施前後の疾患別の効果の違いを検討する。

対象・方法

2016 年 3 月から 2017 年 11 月までの BEAR 実施患者 31 名中, Mini-BESTest を実施した自立歩行が可能な 19 名を対象とした。男性 13 名, 女性 6 名, 平

表 1. 対象の特性

| 分類 (原因疾患) | 病巣部位 | 障害側 | 年齢 | 性別 | 発症後 期間 | ADL時 歩行補助具 | ADL時 下肢装具 | 評価時 歩行補助具 | 評価時 下肢装具 | 評価前 FIM(点) | 到達レベル | | | 実施 場所 |
|--------------|------------|-----|----|----|-----------|---------------|--------------|--------------|-------------|---------------|-------|-----|-----|----------|
| | | | | | | | | | | | テニス | スキー | ビデオ | |
| A | C5-6 | 両 | 56 | 男 | 1,290 | 両T字杖 | なし | なし | なし | 123 | 40 | 32 | 31 | 外来 |
| B | Th2-3 | 両 | 66 | 男 | 907 | 両T字杖 | RAPS-AFO | なし | なし | 124 | 35 | 36 | 30 | 外来 |
| C | C1-2 Th2-6 | 左 | 31 | 男 | 200 | なし | なし | なし | なし | 119 | 32 | 40 | 40 | 外来 |
| D | C5-6 | 両 | 90 | 男 | 72 | なし | なし | なし | なし | 113 | 23 | 19 | 20 | 外来 |
| E | Th8 | 両 | 43 | 男 | 34 | 両T字杖 | なし | なし | なし | 102 | 40 | 40 | 40 | 入院 |
| F | 前頭葉 | 右 | 44 | 女 | 3,309 | T字杖 | RAPS-AFO | なし | なし | 118 | 27 | 40 | 23 | 外来 |
| G | 前頭葉 | 右 | 44 | 女 | 3,119 | T字杖 | RAPS-AFO | なし | なし | 118 | 28 | 36 | 19 | 外来 |
| H | 前頭葉 | 右 | 44 | 女 | 2,973 | T字杖 | RAPS-AFO | なし | なし | 118 | 25 | 23 | 16 | 外来 |
| I | 大脳白質 | 右 | 69 | 男 | 113 | T字杖 | P-AFO | なし | なし | 122 | 30 | 27 | 23 | 外来 |
| J | 皮質下 | 左 | 73 | 女 | 94 | T字杖 | なし | なし | なし | 103 | 19 | 18 | 16 | 入院 |
| K | 被殻 | 右 | 53 | 男 | 62 | T字杖 | RAPS-AFO | なし | なし | 103 | 31 | 30 | 40 | 入院 |
| L | 被殻 | 右 | 75 | 男 | 61 | T字杖 | なし | なし | なし | 116 | 30 | 24 | 30 | 入院 |
| M | 被殻 | 左 | 52 | 女 | 50 | 四点杖 | RAPS-AFO | なし | RAPS-AFO | 93 | 28 | 26 | 20 | 入院 |
| N | 被殻 | 左 | 48 | 男 | 19 | T字杖 | P-AFO | なし | なし | 101 | 35 | 40 | 40 | 入院 |
| O | 小脳 | 両 | 54 | 男 | 196 | なし | なし | なし | なし | 122 | 19 | 14 | 16 | 外来 |
| P | 小脳 | 左 | 19 | 女 | 109 | T字杖 | なし | なし | なし | 103 | 26 | 33 | 20 | 外来 |
| Q | 橋 | 両 | 48 | 男 | 82 | T字杖 | RAPS-AFO | なし | なし | 102 | 19 | 15 | 15 | 入院 |
| R | 小脳 | 右 | 69 | 男 | 51 | T字杖 | なし | なし | なし | 111 | 20 | 14 | 19 | 入院 |
| S | 小脳 | 両 | 70 | 男 | 37 | なし | なし | なし | なし | 109 | 23 | 22 | 21 | 入院 |

RAPS-AFO：調整機能付き後方平板支柱型短下肢装具 (Remodeled Adjustable Posterior Strut-ankle foot orthosis)

P-AFO：プラスチック短下肢装具 (Plastic-ankle foot orthosis)

均年齢 ± 標準偏差 55±16 歳，発症後期間中央値（四分位範囲）94 日（56-554）だった。19 名は疾患で分類し，脊髄疾患 5 名，脳卒中テント上（以下，テント上）9 名，脳卒中テント下（以下，テント下）5 名とした（表 1）。

BEAR のプロトコルは 1 回 40 分で，入院は週 5 回，外来は週 2 回の頻度で合計 16 回実施した。ゲームはテニス，スキー，ロデオを 1 回につき 4 ゲームずつ行った。ゲームレベルは最小 1-最大 40 であり，BEAR 開始前の試乗時に自動的に決定され，各施行日のゲーム結果により変動する。BEAR から得られるゲームレベルは初回実施後の値と最終の値を用いた。

バランス能力の指標として Mini-BESTest，快適歩行速度，継足歩行速度，Timed Up and Go Test（以下，TUG），Functional Reach Test（以下，FRT）を練習期間の前後に測定した。下肢筋力は，腸腰筋，中殿筋，大腿四頭筋，ハムストリングス，前脛骨筋，下腿三頭筋の非麻痺側・麻痺側を Manual Muscle Testing（以下，MMT）で測定した。両側が障害側の場合，片麻痺患者と比較するため重度側を麻痺側とし，軽度側を非麻痺側として検討した。Stroke Impairment Assessment Set の麻痺側運動機能評価項目群（以下，SIAS）は，脊髄疾患においても脳卒中の方法に準じて実施した。下肢近位テスト（hip-flexion test），下肢近位テスト（knee-extension test），下肢遠位テスト（foot-pat test）を評価し，合計点（以下，下肢 SIAS）を用いた。

統計解析の群間比較は Kruskal-Wallis，各群の BEAR 実施前後の比較は Wilcoxon 符号付順位検定を用いた。BEAR 実施後のゲームレベルとバランス指標，筋力，下肢 SIAS との関係は Spearman の順位相関係数を使用した。統計処理は SPSSver22.0 を用い，有意水準は 0.05 とした。

本研究は当院倫理委員会の承認を得て実施患者全員に研究内容を説明し，書面で同意を得た。

結果

1. 各疾患の群間比較（表 2）

初回は，下肢 SIAS に差が認められた。脊髄疾患ではテント上に比べ麻痺が軽度だった。全疾患でゲームレベルに差はなかった。

最終は，快適歩行速度，麻痺側ハムストリングス，麻痺側腓腹筋で 3 群に差が認められた。到達ゲームレベルはテニス，スキー，ロデオで脊髄疾患がテント下に比べ高かった。

2. BEAR 実施前後の変化（表 2）

Mini-BESTest とゲームレベルは全疾患で数値が向上したが，歩行速度，TUG，筋力は疾患により改善項目が異なった。

脊髄疾患は，Mini-BESTest，TUG，テニス，スキー，ロデオで有意差が認められた。

テント上は，Mini-BESTest，快適歩行速度，継足歩行速度，TUG，麻痺側前脛骨筋，テニス，スキー，ロデオで有意差が認められた。

テント下は，Mini-BESTest，快適歩行速度，麻痺側腸腰筋，スキー，テニス，ロデオで有意差が認められた。

FRT はどの疾患でも有意差は認めなかった。

3. 各ゲーム課題の到達レベルと各評価との関係（表 3）

脊髄疾患は，テニスで非麻痺側腓腹筋，スキーで FRT，非麻痺側腸腰筋，非麻痺側腓腹筋，ロデオで Mini-BESTest，非麻痺側腓腹筋で正の相関を認めた。

テント上は，テニスで麻痺側腸腰筋，スキーで Mini-BESTest，継足歩行速度，FRT，非麻痺側腸腰筋，麻痺側腸腰筋，麻痺側中殿筋，ロデオは Mini-BESTest で正の相関を認めた。

テント下は，すべての項目で相関が認められなかった。

考察

自立歩行可能患者の BEAR 効果は疾患別で改善項目に相違があった。この相違は評価項目の難易度と関係していると考えられた。また BEAR 後，バランス指標とされる Mini-BESTest の数値は全疾患で改善した。患者の発症後期間は異なるが，急性期・慢性期を問わずバランス能力と関係する複数の評価数値の向上は，BEAR がバランス能力の改善に有効であることを示していると捉えた。BEAR の効果は，適切な難易度と反復運動による運動学習能力によるものが一要因と考えられた。運動学習には，運動指令の入力と動作軌道の出力から運動結果を予測する順モデル [10] や，望ましい運動結果から目標軌道・誤差信号の入力と運動指令の出力を予測する逆モデル [11] といった内部モデルがある [12]。適切な難易度での BEAR 練習（前後左右反復運動）は，内部モデルのフィードバックやフィードフォワードによる誤差情報の修正に関与しており，その運動自体がバランス能力を高めていると考えられた。

角田ら [13] は慢性脳血管疾患患者に対し BEAR でのバランス練習が，動的な姿勢制御能力の改善に寄与したとし，BEAR の各課題の到達ゲームレベルは，実施後の被検者のバランス能力を反映していると報告した。本研究でも，テント上では同様の結果と考えられた。しかし，テント下ではゲームレベルの難易度が半数でも，脊髄疾患やテント上と同様に Mini-BESTest は改善した。テント下は早い運動に対し運動軌道を計算するフィードフォワードの制御が行いがたく [14-16]（図 1），学習成立が遅延する [17]。そのため，バランス改善に伴うゲームレベルの向上（図 2）が脊髄疾患に比べ緩徐だったと考えた。しかし，Mini-BESTest は改善しているため，ゲームレベルを向上させることがバランス能力を高めることは直結しないと捉えた。このことはテント下の最終評価で各課題の到達ゲームレベルと各評価項目との相関がなかったことからもいえた。つまり，BEAR の適切な難易度設定での運動学習に基づくバランス練習は，バランス能力の向上に重要だと考えられた。

臨床上見られる患者の特徴は，BEAR の練習中にゲームレベルを上げようと熱中するあまり，上肢での代償を過度に伴うロボット操作になりやすい。BEAR のバランス改善効果をさらに得るには，ゲームレベルを気にせず過剰な代償を避け，下肢での重心移動を促す必要があると考えられる。またゲームレベルが向上しないことによる意欲の低下は，適切なレベル（下肢での BEAR 操作ができる範囲）に到達した時点で，細かい段階付けができると良い。

表 2. BEAR 実施前後の比較と各疾患の群間比較

| 評価項目 | BEAR 前後比較 | | | | | | 各疾患の群間比較 | | | | | | | | |
|---------------|-----------|------|-------------------|------|------|-------------------|----------|------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-----------|-------|
| | 脊髄疾患 | | | テント上 | | | テント下 | | | 最終 | | | 最後の検定 | | |
| | 初回 | 最終 | p 値 | 初回 | 最終 | p 値 | 初回 | 最終 | p 値 | 初回 | p 値 | 最終 | p 値 | 最終 | 最後の検定 |
| SIAS 下肢合計 | 15 | 15 | 1.00 | 10 | 11 | 0.06 | 12 | 12 | 0.16 | 0.01 [#] | 0.00 [#] | 0.00 [#] | 0.00 [#] | テント上-脊髄疾患 | 0.01 |
| miniBESTest | 20 | 25 | 0.04 [*] | 15 | 19 | 0.01 [*] | 16 | 21 | 0.04 [*] | 0.23 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | テント上-脊髄疾患 | 0.04 |
| 快適歩行速度 (km/h) | 56.6 | 69 | 0.08 | 44.8 | 45.5 | 0.03 [*] | 54.5 | 64.5 | 0.04 [*] | 0.06 | 0.02 [#] | 0.02 [#] | 0.02 [#] | テント上-脊髄疾患 | 0.04 |
| 継足歩行速度 (m/分) | 18 | 17 | 0.08 | 22 | 20.5 | 0.01 [*] | 17 | 20 | 0.07 | 0.41 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | | |
| TUG (秒) | 9.5 | 7.7 | 0.04 [*] | 12.8 | 10.8 | 0.01 [*] | 15 | 9.8 | 0.08 | 0.26 | 0.12 | 0.12 | 0.12 | | |
| FRT (cm) | 29.5 | 30.5 | 0.08 | 32 | 31 | 0.38 | 33 | 30.5 | 0.89 | 0.79 | 0.77 | 0.77 | 0.77 | | |
| 腸腰筋 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 5 | 5 | 0.32 | 5 | 5 | 1.00 | 4 | 5 | 0.16 | 0.32 | 0.73 | 0.73 | 0.73 | | |
| 麻痺側 | 4 | 5 | 0.16 | 3 | 4 | 0.18 | 4 | 4 | 0.05 [*] | 0.44 | 0.11 | 0.11 | 0.11 | | |
| 中殿筋 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 4 | 5 | 0.08 | 5 | 5 | 0.32 | 4 | 5 | 0.16 | 0.16 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | | |
| 麻痺側 | 4 | 4 | 0.32 | 3 | 4 | 0.13 | 4 | 4 | 0.32 | 0.39 | 0.60 | 0.60 | 0.60 | | |
| 四頭筋 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 5 | 5 | 0.32 | 5 | 5 | 1.00 | 5 | 5 | 1.00 | 1.00 | 0.57 | 0.57 | 0.57 | | |
| 麻痺側 | 4 | 4 | 0.32 | 4 | 5 | 0.41 | 4 | 5 | 0.16 | 0.99 | 0.83 | 0.83 | 0.83 | | |
| ハムストリングス | | | | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 4 | 4 | 0.41 | 5 | 5 | 0.10 | 4 | 5 | 0.16 | 0.30 | 0.13 | 0.13 | 0.13 | | |
| 麻痺側 | 3 | 4 | 0.10 | 3 | 3 | 0.08 | 4 | 4 | 0.16 | 0.14 | 0.02 [#] | 0.02 [#] | 0.02 [#] | | |
| 前脛骨筋 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 5 | 5 | 0.32 | 5 | 5 | 0.32 | 5 | 5 | 1.00 | 0.57 | 0.61 | 0.61 | 0.61 | | |
| 麻痺側 | 4 | 4 | 0.41 | 3 | 4 | 0.05 [*] | 4 | 5 | 0.08 | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.09 | | |
| 腓腹筋 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 5 | 5 | 1.00 | 5 | 5 | 0.16 | 5 | 5 | 0.56 | 0.80 | 0.32 | 0.32 | 0.32 | | |
| 麻痺側 | 3 | 4 | 0.10 | 2 | 3 | 0.08 | 3 | 4 | 0.08 | 0.08 | 0.01 [#] | 0.01 [#] | 0.01 [#] | テント上-脊髄疾患 | 0.01 |
| テニス | 1 | 35 | 0.04 [*] | 7 | 28 | 0.01 [*] | 1 | 20 | 0.04 [*] | 0.13 | 0.01 [#] | 0.01 [#] | 0.01 [#] | テント下-脊髄疾患 | 0.01 |
| スキー | 1 | 36 | 0.04 [*] | 1 | 27 | 0.00 [*] | 1 | 15 | 0.04 [*] | 0.10 | 0.05 [#] | 0.05 [#] | 0.05 [#] | テント下-脊髄疾患 | 0.05 |
| ロデオ | 2 | 31 | 0.04 [*] | 4 | 23 | 0.00 [*] | 1 | 19 | 0.04 [*] | 0.24 | 0.04 [#] | 0.04 [#] | 0.04 [#] | テント下-脊髄疾患 | 0.04 |

Wilcoxon の符号付順位検定 * $p<0.05$.

Kruskal Wallis の検定 # $p<0.05$.

※値は中央値を示す

※障害側が両側の場合は重度障害側を麻痺側とした

表 3. 各ゲーム課題の到達レベルとの関係

| 評価項目 | 脊髄疾患 | | | | | | テント上 | | | テント下 | | |
|---------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | テニス | スキー | ロデオ | テニス | スキー | ロデオ | テニス | スキー | ロデオ | テニス | スキー | ロデオ |
| SIAS 下肢合計 | 0.09 | -0.09 | 0.07 | 0.34 | -0.38 | 0.24 | 0.15 | 0.15 | 0.00 | 0.15 | 0.15 | 0.00 |
| miniBESTest | 0.31 | 0.41 | 0.44 * | 0.56 | 0.78 * | 0.64 * | -0.05 | -0.05 | -0.32 | -0.05 | -0.05 | -0.32 |
| 快適歩行速度 (km/h) | 0.14 | 0.13 | 0.31 | 0.38 | 0.25 | 0.46 | -0.21 | -0.05 | 0.10 | -0.21 | -0.05 | 0.10 |
| 継足歩行速度 (m/分) | 0.31 | 0.34 | 0.31 | 0.26 | 0.64 * | 0.28 | -0.72 | -0.87 | -0.70 | -0.72 | -0.87 | -0.70 |
| TUG (秒) | -0.19 | -0.12 | -0.36 | -0.31 | -0.17 | -0.36 | 0.41 | 0.87 | 0.10 | 0.41 | 0.87 | 0.10 |
| FRT (cm) | 0.32 | 0.46 * | 0.31 | 0.49 | 0.71 * | 0.49 | -0.56 | 0.05 | -0.70 | -0.56 | 0.05 | -0.70 |
| 腸腰筋 | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 0.27 | 0.46 * | 0.30 | 0.29 | 0.79 * | 0.47 | -0.30 | 0.15 | -0.58 | -0.30 | 0.15 | -0.58 |
| 麻痺側 | 0.16 | 0.21 | 0.25 | 0.65 * | 0.65 * | 0.57 | 0.15 | 0.15 | 0.00 | 0.15 | 0.15 | 0.00 |
| 中殿筋 | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 0.20 | 0.16 | 0.21 | 0.32 | 0.00 | 0.11 | 0.52 | 0.34 | 0.67 | 0.52 | 0.34 | 0.67 |
| 麻痺側 | 0.08 | 0.08 | 0.24 | 0.63 | 0.64 * | 0.60 | 0.54 | 0.00 | 0.71 | 0.54 | 0.00 | 0.71 |
| 四頭筋 | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 0.20 | 0.28 | 0.07 | 0.22 | 0.61 | 0.22 | -0.36 | -0.36 | -0.71 | -0.36 | -0.36 | -0.71 |
| 麻痺側 | 0.05 | 0.01 | -0.07 | 0.49 | 0.36 | 0.23 | -0.30 | 0.15 | -0.58 | -0.30 | 0.15 | -0.58 |
| ハムストリングス | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 0.10 | 0.21 | 0.08 | -0.23 | 0.29 | -0.18 | 0.15 | -0.30 | 0.00 | 0.15 | -0.30 | 0.00 |
| 麻痺側 | 0.07 | -0.04 | 0.14 | 0.55 | 0.26 | 0.38 | 0.00 | -0.34 | 0.22 | 0.00 | -0.34 | 0.22 |
| 前脛骨筋 | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 0.29 | 0.22 | 0.26 | 0.53 | 0.53 | 0.47 | - | - | - | - | - | - |
| 麻痺側 | -0.10 | -0.21 | 0.03 | 0.65 * | -0.05 | 0.59 | -0.30 | 0.15 | -0.58 | -0.30 | 0.15 | -0.58 |
| 腓腹筋 | | | | | | | | | | | | |
| 非麻痺側 | 0.49 * | 0.51 * | 0.443 * | 0.53 | 0.53 | 0.47 | 0.44 | 0.44 | 0.58 | 0.44 | 0.44 | 0.58 |
| 麻痺側 | 0.23 | 0.23 | 0.31 | 0.50 | 0.19 | 0.42 | 0.65 | 0.65 | 0.58 | 0.65 | 0.65 | 0.58 |
| テニス | 1.00 | 0.81 * | 0.90 * | 1.00 | 0.46 | 0.89 * | 1.00 | 0.76 | 0.87 | 1.00 | 0.76 | 0.87 |
| スキー | 0.81 * | 1.00 | 0.75 * | 0.46 | 1.00 | 0.58 | 0.76 | 1.00 | 0.56 | 0.76 | 1.00 | 0.56 |
| ロデオ | 0.90 * | 0.75 * | 1.00 | 0.89 * | 0.58 | 1.00 | 0.87 | 0.56 | 1.00 | 0.87 | 0.56 | 1.00 |

Spearman の順位相関係数 *p<0.05.

※障害側が両側の場合は重度障害側を麻痺側とした

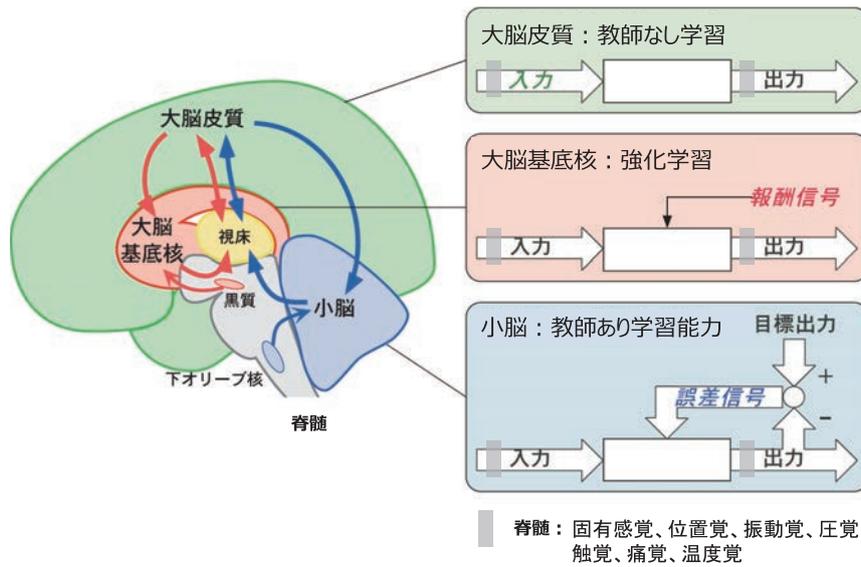


図1. 小脳, 大脳基底核, 大脳皮質の学習アルゴリズム (Doya[15, 16])一部改変

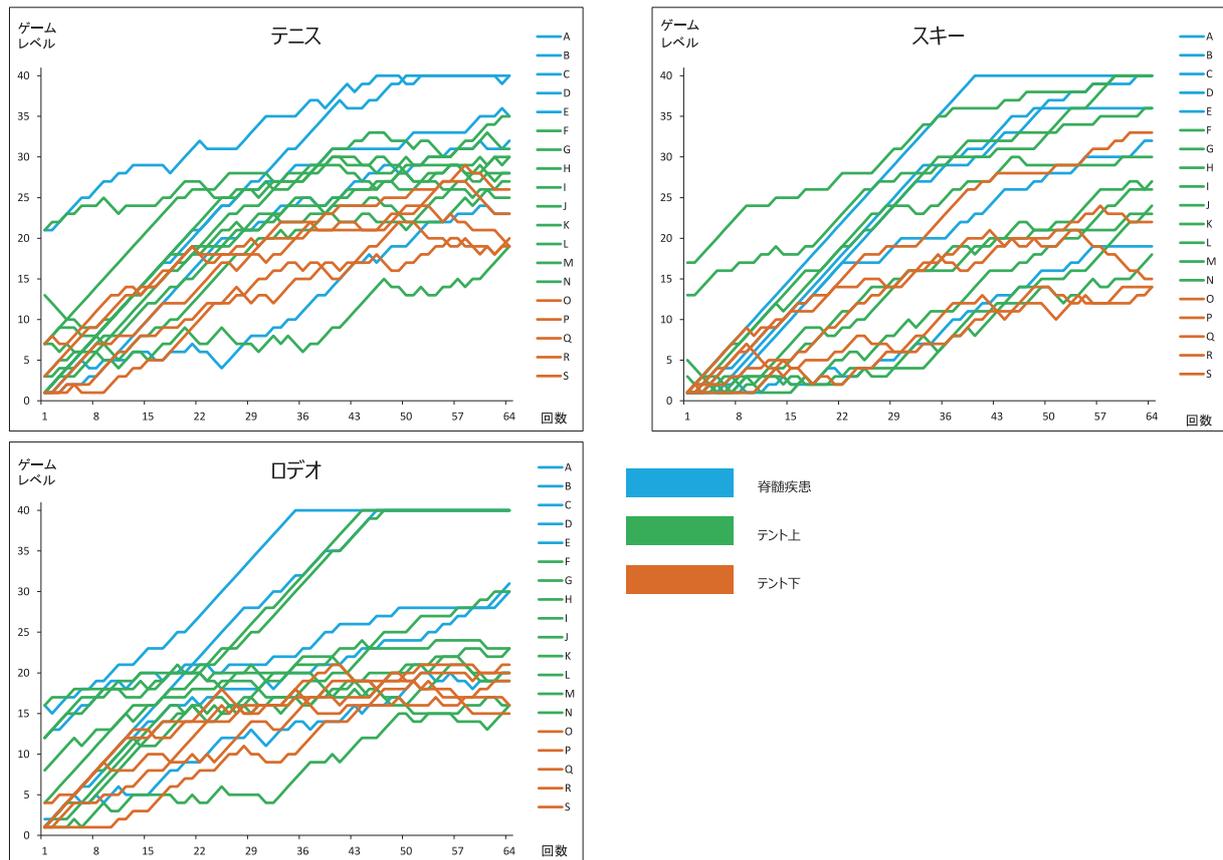


図2. ゲーム別 各疾患のゲームレベルの推移

本研究の限界として, 各疾患の症例数が少ないこと, 対照群との比較検討が行われていないことがあげられる. そのため本研究の結果や解釈は一定の限界がある.

結語

自立歩行可能患者の BEAR 効果は疾患別で改善項目に相違があった.

1. 脊髄疾患は TUG の改善に効果があった.
2. テント上は快適歩行速度, 継足歩行速度, TUG

- で改善が見られ BEAR 効果が最も高かった。
3. テント下は快適歩行速度の改善に効果があった。BEAR の到達レベルは他疾患の半数だがバランス能力は同程度改善した。

文献

1. Robbins AS, Rubenstein LZ, Schulman BL, Osterweil D, Fine G. Predictors of falls among elderly people. Results of two population-based studies. *Arch Intern Med* 1989; 149: 1628–33.
2. Mochizuki H. Physical therapy of collaborative disorder — evaluation of balance ability — focusing on the concept of improving balance ability. *Rigaku Ryōhō no Ayumi* 2007; 18: 8–13. Japanese.
3. Ozaki K, Kagaya H, Hirano S, Kondo K, Tanabe S, Itoh N, et al. Preliminary trial of postural strategy training using a personal transport assistance robot for patients with central nervous system disorder. *Arch Phys Med Rehabil* 2013; 94: 59–66.
4. Ozaki K. Balance Exercise Assist Robot for frail senior citizen. *Geriatr Med* 2017; 55: 255–9. Japanese.
5. Tanaka H, Akiyama N, Kasahara T, Asami T. Effect of Balance Exercise Assist Robot on motor instability — about 4 cases of late elderly people —. *Orthop Traumatol* 2017; 66: 867–72. Japanese.
6. Horak FB, Wrisley DM, Frank J. The balance evaluation systems test (BESTest) to differentiate balance deficits. *Phys Ther* 2009; 89: 484–98.
7. Franchignoni F, Horak FB, Godi M, Nardone A, Giordano A. Using psychometric techniques to improve the Balance Evaluation Systems Test: the mini-BESTest. *J Rehabil Med* 2010; 42: 323–31.
8. Otaka E, Otaka Y, Morita M, Yokoyama A, Kondo T, Liu M. Validation of the Japanese version of the Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest). *Jpn J Rehabil Med* 2014; 51: 673–81.
9. Miyata K, Koizumi M, Iwai Y, Kobayashi M, Usuda S. Score distribution and fall prediction using the Balance Evaluation Systems Test (BESTest), Mini-BESTest, and Brief-BESTest: a prospective cohort study. *Jpn Phys Ther* 2016; 43: 118–26.
10. Wolpert DM, Miall R C. Forward models for physiological motor control. *Neural Netw* 1996; 9: 1265–79.
11. Kawato M, Furukawa K, Suzuki R. A hierarchical neural-network model for control and learning of voluntary movement. *Biol Cybern* 1987; 57: 169–85.
12. Blakemore SJ, Wolpert DM, Frith CD. Abnormalities in the awareness of action. *Trends Cogn Sci* 2002; 6: 237–42.
13. Tsunoda T, Hirano S, Saitoh E, Tanabe S, Yanohara R, Tanahashi M, et al. The game task level of a balance exercise assist robot achieved by chronic stroke patients with hemiplegia is correlated with balance ability after training. *Jpn J Compr Rehabil Sci* 2016; 7: 87–94.
14. Mitoma H. Elemental deficits underlying cerebellar ataxia. *Clin Neurol* 2009; 49: 401–6.
15. Doya K. What are the computations of the cerebellum, the basal ganglia and the cerebral cortex? *Neural Netw* 1999; 12: 961–74.
16. Doya K. Calculation mechanism of the local circuit of the brain. *Jpn Neural Netw Soc* 2004; 1: 10–4. Japanese.
17. Hatakenaka M, Miyai I, Mihara M, Yagura H, Hattori N. Impaired motor learning by a pursuit rotor test reduces functional outcomes during rehabilitation of poststroke ataxia. *Neurorehabil Neural Repair* 2012; 26: 293–300. Japanese.