

## Original Article

## バランス練習アシストの慢性期脳卒中片麻痺患者における到達ゲーム課題レベルは実施後のバランス能力と関連する

角田哲也,<sup>1</sup> 平野 哲,<sup>1</sup> 才藤栄一,<sup>1</sup> 田辺茂雄,<sup>2</sup> 矢篋原隆造,<sup>3</sup>  
 棚橋美帆,<sup>3</sup> 近藤竜輝,<sup>3</sup> 村松永陽,<sup>3</sup> 布施郁子,<sup>4</sup> 加賀谷斉<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学Ⅰ講座

<sup>2</sup> 藤田保健衛生大学医療科学部

<sup>3</sup> 藤田保健衛生大学病院リハビリテーション部

<sup>4</sup> 藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学Ⅱ講座

## 要旨

Tsunoda T, Hirano S, Saitoh E, Tanabe S, Yanohara R, Tanahashi M, Kondoh R, Muramatsu N, Fuse I, Kagaya H. 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.

【目的】バランス練習アシスト (BEAR) はロボット技術を用いたバランス練習システムである。慢性期脳卒中片麻痺患者に BEAR を実施し、バランス能力と BEAR のゲーム課題レベルとの関連を明らかにすることを目的とした。

【方法】慢性期脳卒中片麻痺患者 15 例を対象とした。練習期間前後にて、BBS, TUG などのバランス指標や、下肢筋力、運動麻痺を評価した。各ゲーム課題 (テニス・スキー・ロデオ) の到達レベルと、実施後のバランス能力との関連性を Spearman の順位相関係数から検討した。

【結果】TUG, FRT, 快適歩行速度が有意に改善した。BBS, FRT, 快適歩行速度は、いずれのゲーム到達レベルとの間において有意な相関を認めた。

【結論】BEAR によるバランス練習が、動的な姿勢制御能力の改善に寄与したと示唆された。BEAR の各ゲーム課題の到達レベルは、実施後の被検者のバランス能力を反映していると思われた。

**キーワード:** ロボット, リハビリテーション, 片麻痺, バランス練習, 課題難易度

## はじめに

近年, ロボット工学の発展に伴い, リハビリテーション医療にロボット技術が導入されるようになってきた。ロボット技術を用いたバランス練習は姿勢制御練習の一つとして期待されている。その一つとして, 著者らは立ち乗り型パーソナルモビリティ Winglet と動的なゲームを組み合わせたバランス練習アシストロボット (Balance Exercise Assist Robot: BEAR) を開発している。BEAR で使用するロボットは倒立振子制御を採用し, 搭乗者の重心移動に応じて前後移動, および旋回する。重心移動がロボット移動としてフィードバックされるため, 運動学習に有用と思われる。また, ゲーム性が体験性 [1] をもたらし練習意欲を促進するとともに, ゲーム課題やロボットのパラメータを調整することで, 常に最適な難易度の練習を提供できると考えている。

尾崎ら [2] は, BEAR を用いた 3 種類のゲーム課題を中枢神経疾患 (片麻痺, 失調, 対麻痺) 8 症例に対して施行し, 施行前後の比較で動的バランスと下肢筋力が改善することを報告した。石原ら [3] は, 健常者 7 名に対して BEAR を用いた 3 種類のゲーム課題を行い, 各ゲームの筋活動の特徴を表面筋電図によって明らかにした。これまでのところ脳卒中片麻痺患者に限っての BEAR の有用性を検討した報告はなく, また各ゲーム課題レベルとバランス指標との関連も検討されていない。そこで, 本研究では脳卒中片麻痺患者の BEAR 練習効果を, バランス関連指標の前後比較で評価するとともに, 各指標と BEAR のゲーム課題レベルとの関連を検討した。

## 方法

## 1. 対象

当大学病院リハビリテーション科に通院中で, 屋内歩行が監視以上, 発症後 6 か月以上の慢性期脳卒中片麻痺患者 16 例に BEAR を実施し, BEAR 実施期間中に向精神薬の内服調整が行われた 1 例を除外した 15 例を解析の対象とした。対象の特性を表 1 に示す。右片麻痺 10 例, 左片麻痺 5 例, 男性 12 例, 女性 3 例,

著者連絡先: 角田哲也

藤田保健衛生大学医学部リハビリテーション医学Ⅰ講座  
 〒470-1192 愛知県豊明市杣掛町田楽ヶ窪 1-98

E-mail: tsunoda@fujita-hu.ac.jp

2016 年 9 月 20 日受理

本研究はトヨタ自動車株式会社から研究助成金を受け実施した。

表 1. 対象の特性

対象	年齢 (歳)	性別	原因疾患	障害側	歩行 補助具	下肢装具	発症後 月数	下肢 SIAS-M
A	67	男	脳梗塞	右	T 字杖	なし	86	4-4-2
B	73	男	脳出血	右	T 字杖	RAPS-AFO	47	3-3-3
C	63	男	脳出血	左	T 字杖	P-AFO	37	3-3-3
D	81	男	脳梗塞	左	なし	なし	136	4-4-4
E	73	男	脳梗塞	右	なし	なし	25	4-4-4
F	74	男	脳梗塞	左	なし	なし	27	4-4-2
G	46	男	脳出血	右	なし	なし	20	3-3-3
H	59	男	脳出血	右	なし	なし	6	4-3-3
I	63	女	脳出血	左	T 字杖	RAPS-AFO	144	3-3-2
J	71	男	脳出血	右	T 字杖	RAPS-AFO	10	3-3-2
K	61	男	脳出血	右	なし	なし	18	4-4-4
L	70	男	脳出血	右	T 字杖	なし	83	4-3-0
M	44	女	脳出血	左	なし	P-AFO	7	4-4-4
N	58	男	脳出血	右	なし	なし	14	3-2-2
O	34	女	脳出血	右	T 字杖	RAPS-AFO	6	3-3-1

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).

下肢 SIAS-M：Stroke Impairment Assessment Set [7]の麻痺側運動機能評価項目群の中の下肢近位テスト (hip-flexion test), 下肢近位テスト (knee-extension test), 下肢遠位テスト (foot-pat test).

平均年齢 ± 標準偏差は 62 ± 13 歳, 発症から BEAR 実施までの平均期間 ± 標準偏差は 44 ± 46 か月であった。バランス評価時に歩行補助具なしで歩行可能なものは 15 例中 7 例であった。5 例は T 字杖と下肢装具の両方を要し, 2 例は T 字杖のみ, 1 例は下肢装具のみを要した。本研究は当院倫理委員会の承認を得て, 対象者全員から書面にてインフォームドコンセントを得た。

## 2. BEAR

BEAR はトヨタ自動車株式会社の立ち乗り型パーソナル移動支援ロボット「Winglet」を応用したバランス練習システムであり, 立ち乗り型ロボット, モニタ, 安全懸架装置から構成される (図 1)。モニタを制御するコンピュータとロボットの間は無線 LAN で通信が行われるため, ロボットの動きをモニタに表示可能である。ロボットは左右 2 基のインホイールモータによる倒立振り制御を採用し, センサで搭乗者の姿勢を検知しながら, モータにより搭乗者の姿勢を保つように制御される。搭乗者は, ロボットのハンドルを握り, 左右のステップ上に両足を乗せた状態で, 重心移動によりロボットを操作する。具体的には, 搭乗者が前後に重心移動をするとロボットは前後に移動し, 左右に重心移動をするとロボットは旋回する。重心移動がロボットの移動に反映されるため, 重心移動を可視化することができ, 搭乗者へのフィードバックに有用である。使用上の安全性に配慮し, 乗車・降車時にロボットを固定する補助バーがある。搭乗者が最適な位置でハンドルを保持できるようにハンドルの高さや角度が調整できる。また転倒防止目的に安全懸架装置を使用する。安全懸架装置は, 搭乗者用ハーネスと, 専用懸架フレームから構成される。



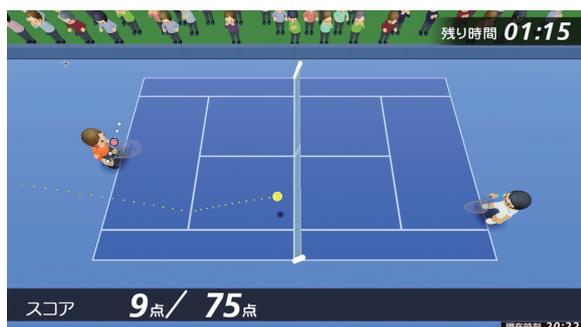
図 1. バランス練習アシスト (BEAR) の構成

BEAR は, 立ち乗り型パーソナル移動支援ロボット「Winglet」を応用したバランス練習システムであり, 立ち乗り型ロボット, モニタ, 安全懸架装置から構成される。モニタを制御するコンピュータとロボットの間は無線 LAN で通信が行われるため, ロボットの動きをモニタに表示可能である。搭乗者は, ロボットのハンドルを握り, 左右のステップ上に両足を乗せた状態で, 重心移動によりロボットを操作する。安全懸架装置は, 搭乗者用ハーネスと, 専用懸架フレームから構成される。ハーネスの取り付け位置は, 搭乗者の身長に応じて最適な高さに調整可能である。

### 3. 練習課題

被験者が楽しく集中してバランス練習をできるように3種類の専用ゲーム課題を開発した。重心移動練習として前後方向のテニス、左右方向のスキー、外乱対処練習としてロデオがあり(図2)、1ゲームはすべて90秒である。練習の難易度は、ゲーム課題やロボットのパラメータ調整によって設定する。各ゲーム課題の具体的難易度は、健常者での予備的検討(未発表)で40段階に段階付けしてある。

テニスは飛んでくるボールを打ち返すためにキャラクターを能動的に前後移動させ、ボールにタイミングよく到達することを目標とし、難易度は球速(時間当た



A) テニスでは、飛んでくるボールを打ち返すために画面上のキャラクターを能動的に前後移動させ、ボールにタイミングよく到達させる。



B) スキーでは、前方にスクロールする画面上で、キャラクターを左右移動することでコース上のゲート中央を通過させる。



C) ロデオでは、不規則に発生する外乱に対して、キャラクターを画面中央にとどまらせる。

図2. ゲーム中の画面

りの球速)とラケット幅で調整した。スキーは前方スクロールする画面上でキャラクターを左右に移動させ、コース上のゲート中央を通過することを目標とし、難易度は滑走速度(単位時間当たりのゲート数)で調整した。ロデオは90秒間に16回の不規則な外乱が発生し、使用者は自身を開始位置にとどめることを目標とし、難易度は外乱の大きさ(フットプレート傾斜角度と傾斜持続時間)で調整した。今回は、課題成功率70%以上の場合に次ゲームの難易度を一段階上げ、50%以下で一段階下げるよう設定した。

### 4. 練習プロトコル

1回の練習は、各ゲームを4施行ずつ(1.5分×12ゲーム=18分)に加え、予備練習(2分)を含めた合計20分間にて構成されており、週2回、8週間実施した。

### 5. 評価項目

練習期間の前後には、バランス能力の指標として Berg Balance Scale (以下 BBS) [4], Timed Up and Go Test (以下 TUG) [5], Functional Reach Test (以下 FRT) [6], 快適歩行速度, 継足歩行速度, 連続継足歩数を測定した。TUGは、椅子から立ち上がり、3m歩行後方向転換を行い、元の椅子に戻り着座するまでの一連の動作に要する時間(秒)を計測した。FRTは、肩関節90度屈曲位から最大限前方へリーチさせ、その距離(cm)を計測した。快適歩行速度(km/h)は、10m歩行速度で評価した。

継足歩行では、患者に「爪先と踵をしっかりとつながら、線の上を出来るだけ速く歩いてください」と指示した。「遊脚期の踵が立脚期の爪先に触れ、重心が後方の足から前方へ移る」ことで1歩成功と数え、バランスを崩して後方の足が動いてしまった時には失敗と判断した。継足歩行速度(m/分)は5m継足歩行の所要時間から計算した。最大連続継足歩数が2歩以下の場合には継足歩行不能とし、歩行速度を0(m/分)とした。また連続継足歩数が歩行開始1分以内に2歩未満の場合には計測を終了し、歩行速度はやはり0(m/分)とした。

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6筋、非麻痺側、麻痺側の双方を測定した。ハンドヘルドダイナノメータ(アニマ社製)を用いて等尺性筋力を5秒間計測し、最大筋力(kgf)を採用した。また下肢の運動麻痺の指標として、脳卒中の総合的機能障害評価法 Stroke Impairment Assessment Set の麻痺側運動機能評価項目群(以下 SIAS-M) [7] の中の下肢近位テスト(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、下肢 SIAS-M 合計点を算出した。BBS, SIAS 以外の計測は、すべて2回行い、最良値を採用した。

### 6. 解析方法

Wilcoxon の符号付順位検定を用い、各評価について練習期間前後の比較を行った。また各ゲームの到達レベルと、BEAR 実施後のバランス指標や筋力、下肢 SIAS-M 合計点との関連性についても Spearman の順位相関係数を用いて検討を加えた。なお統計手法の有

意水準はすべて 5% とした。統計学的処理には JMP12.2.0 を使用した。

**結果**

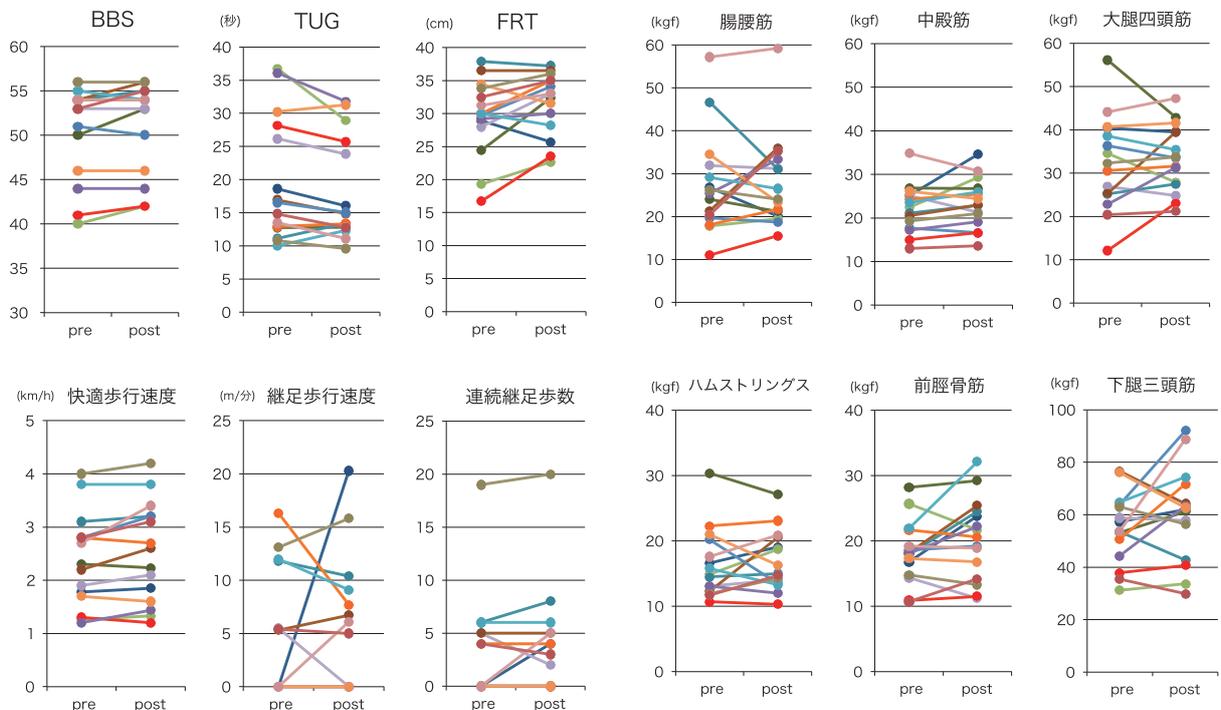
BEAR 実施前後のバランス指標・下肢筋力の変化を

表 2, 図 3-5 に示した。TUG は BEAR 実施前後にて有意な改善を認めた ( $p=0.028$ )。また FRT ( $p=0.037$ ) や快適歩行速度 ( $p=0.022$ ) でも有意な改善を認めたが、BBS や継足歩行速度、連続継足歩数では有意差を認めなかった。15 例中 6 例は継足歩行不能であった。非麻痺側筋力においては、測定した 6 筋すべ

**表 2.** BEAR 実施前後の変化

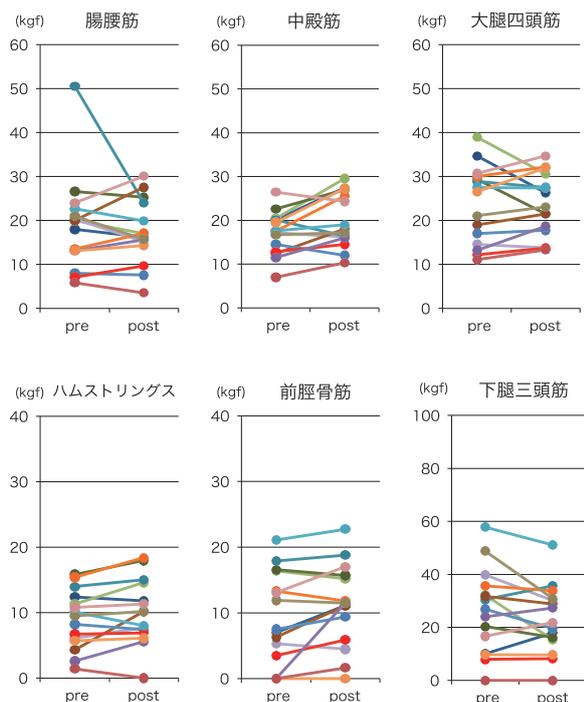
	BEAR 実施前		BEAR 実施後		p 値
	中央値 (四分位範囲)		中央値 (四分位範囲)		
BBS	53 (46-54)		54 (46-55)		0.086
TUG (秒)	16.5 (12.8-28.1)		14.9 (12.8-25.7)		0.028*
FRT (cm)	30.0 (28.0-33.8)		33.0 (28.2-35.0)		0.037*
快適歩行速度 (km/h)	2.3 (1.7-2.8)		2.6 (1.6-3.2)		0.022*
継足歩行速度 (m/分)	0 (0-11.8)		5.0 (0-9.1)		0.642
連続継足歩数	0 (0-5)		3 (0-5)		0.344
腸腰筋 (kgf)	健側	25.4 (19.7-31.9)	24.0 (20.1-33.3)	0.934	
	麻痺側	20.0 (13.1-22.7)	16.2 (14.3-24.0)	0.679	
中殿筋 (kgf)	健側	22.4 (17.7-25.1)	23.0 (19.1-26.7)	0.173	
	麻痺側	17.5 (12.8-20.1)	18.0 (16.0-27.0)	0.026*	
大腿四頭筋 (kgf)	健側	32.3 (25.2-40.4)	33.5 (27.5-39.5)	0.629	
	麻痺側	26.5 (14.6-30.0)	23.1 (17.8-30.6)	0.571	
ハムストリングス (kgf)	健側	14.9 (12.3-20.2)	15.0 (13.5-20.5)	0.629	
	麻痺側	9.5 (5.7-12.4)	10.2 (6.9-14.6)	0.071	
前脛骨筋 (kgf)	健側	18.1 (14.8-21.7)	20.6 (14.2-24.5)	0.147	
	麻痺側	7.5 (3.5-16.4)	11.5 (5.9-15.7)	0.026*	
下腿三頭筋 (kgf)	健側	53.8 (44.4-63.9)	62.0 (42.7-71.7)	0.330	
	麻痺側	26.9 (10.0-35.7)	21.9 (15.3-30.9)	0.241	

Wilcoxon の符号付順位検定, \* $p < 0.05$ .



**図 3.** バランス能力の変化  
BEAR 実施前後にて、TUG, FRT および快適歩行速度が有意な改善を認めた。

**図 4.** 非麻痺側下肢筋力の変化  
非麻痺側下肢筋力は計測した 6 筋すべてにおいて有意な筋力増強を認めなかった。



**図 5.** 麻痺側下肢筋力の変化  
麻痺側下肢筋力は、中殿筋および前脛骨筋にて有意に改善した。

てにおいて BEAR 実施前後での有意差は認められなかった。麻痺側下肢筋力は、中殿筋と前脛骨筋で有意な改善を認めたが、その他の筋では有意差を認めなかった。また下肢 SIAS-M は、全症例でいずれの指標も差を認めなかった。

各対象のゲーム課題到達レベルを表 3 に示す。最大難度レベル 40 に達したのはテニスとロデオで 1 症例のみであった。

各ゲームの課題到達レベルと、BEAR 実施後の各指標との関連を表 4 に示す。BBS, FRT, 快適歩行速度はテニス・スキー・ロデオのいずれのゲーム課題到達レベルとの間において有意な正の相関を認めた ( $p < 0.05$ )。TUG は、スキーとの間で有意な相関を認めた ( $p < 0.05$ )。

下肢筋力は、非麻痺側、麻痺側ともに、スキーと下腿三頭筋の間に有意な相関を認めた一方、他の筋では有意な相関はなかった。また下肢 SIAS-M 合計点と課題到達レベルの間にも有意な相関はなかった。

### 考察

慢性期脳卒中片麻痺患者に対する BEAR 練習は、前後比較で TUG や FRT, 快適歩行速度といった動的バランス関連指標に有意な改善をもたらした。BEAR の 3 つのゲームが常に動的に重心を制御する課題であり、動的バランス能力課題として良好な転移性を有するためと考えられた。継足歩行速度、連続継足歩数においては有意差を認めなかった。尾崎ら [2] は、BEAR を用いたバランス練習を中枢神経疾患の 8 症例 (片麻痺 4 例・失調 3 例・対麻痺 1 例) に実施し、継足歩行速度の有意な改善が得られたことを報告した

**表 3.** 各対象のゲーム課題到達レベル

対象	テニス	スキー	ロデオ
A	20	19	21
B	3	7	1
C	18	27	18
D	24	19	20
E	20	17	20
F	19	35	36
G	28	33	32
H	30	39	21
I	17	11	17
J	24	16	19
K	18	18	15
L	2	16	17
M	40	37	40
N	27	34	23
O	29	16	20

が、この中に含まれる片麻痺 4 例はいずれも下肢装具や杖を要さない症例であった。15 例中 8 例が装具または杖を要した本研究との単純な比較はできない。

また BEAR 実施前後で運動麻痺の程度は変化しなかったが、麻痺側の中殿筋と前脛骨筋の筋力には有意な改善を認めた。スキー・ロデオによる左右運動が中殿筋の筋力向上に、テニス・ロデオによる前後運動が前脛骨筋の筋力向上に寄与した可能性がある。

Dettmann ら [8] や Turnbull ら [9] は、脳卒中片麻痺患者は麻痺側方向の重心移動距離が減少すると報告し、Dodd ら [10] は、麻痺側への重心移動距離や骨盤の移動範囲は歩行能力と関連すると報告している。Geurts ら [11] は、脳卒中片麻痺患者における立位姿勢の制御には、視覚、前庭覚、体性感覚 (足底の触圧覚、足関節の固有感覚) が必要と述べている。また Oliveira ら [12] は、感覚統合障害、すなわち最適な感覚情報を選択する能力の障害は、脳卒中片麻痺患者における姿勢制御に影響を与えると述べている。

BEAR によるバランス練習は、動的条件のもとで麻痺側への重心移動や、前後左右への動的な重心制御を促すことができる。前述の中殿筋・前脛骨筋の筋力向上は姿勢制御能力の改善に寄与すると考えられるが、筋力による影響だけでなく、BEAR が前庭覚や足底の触圧覚、足関節の固有感覚を賦活し、感覚情報を統合する能力にも関与して、動的な姿勢制御能力の改善に繋がった可能性がある。

各ゲームの課題到達レベルと、BEAR 訓練終了時の各指標との関連について考察する。まず本研究では、1 症例でテニス・ロデオが最大難度のレベル 40 に達したのみであり、ゲーム課題レベル側の天井効果の影響はないものと思われた。

BBS, FRT および快適歩行速度は、3 ゲームすべての到達レベルと有意な相関を認めた。特に FRT はロデオと高い相関を示した ( $p < 0.01$ )。ロデオでは外乱に対して数秒程度の持続的な対処を要するが、これが FRT におけるリーチ動作に対して類似性が高かったものと考えられた。また快適歩行速度はスキー、テニス、ロデオの順番に有意な相関を示し、TUG はス

表 4. 各ゲーム課題の到達レベルとの関連

		テニス	スキー	ロデオ
BBS		0.52*	0.61*	0.66**
TUG		-0.50	-0.62*	-0.44
FRT		0.61*	0.61*	0.71**
快適歩行速度		0.59*	0.62*	0.54*
継足歩行速度		0.37	0.46	0.47
連続継足歩数		0.41	0.52*	0.50
腸腰筋	非麻痺側	0.32	0.21	0.31
	麻痺側	-0.13	0.43	0.13
中殿筋	非麻痺側	-0.34	0.18	-0.14
	麻痺側	-0.44	0.08	-0.24
大腿四頭筋	非麻痺側	-0.16	0.48	0.22
	麻痺側	-0.13	0.24	-0.03
ハムストリングス	非麻痺側	0.01	0.46	0.24
	麻痺側	0.00	0.45	0.13
前脛骨筋	非麻痺側	-0.31	0.10	-0.15
	麻痺側	-0.02	0.21	-0.09
下腿三頭筋	非麻痺側	0.18	0.57*	0.34
	麻痺側	0.34	0.54*	0.31
下肢 SIAS-M 合計点		0.16	0.39	0.21

Spearman 順位相関係数, \* $p < 0.05$ , \*\* $p < 0.01$ .

キーと有意に相関した。外乱への持続的な対処を要するロデオに対し、テニス・スキーは前後・左右方向へのダイナミックな運動を要する。歩行も前後・左右方向への重心移動を要する周期的な動作であり、テニス・スキーとの関連が高かったものと思われた。TUG は歩行動作に加え、方向転換動作も加わる課題であるため、左右方向の重心移動の練習であるスキーとの関連が高かった可能性がある。連続継足歩数では、スキーの到達レベルとのみ有意な相関を認めた。継足歩行は通常歩行以上に麻痺側単脚での制御を要する課題である。スキーも左右への重心移動に際して麻痺側への十分な荷重が要求されるため、関連性を認めたと思われた。

本研究では、慢性期片麻痺患者に対する BEAR で、各ゲーム課題の到達レベルは、実施後の被検者のバランス能力を反映していることが明らかになった。これは BEAR の各ゲーム水準とバランス能力が見合っていることを示唆している。また 3 種類のゲームは、各バランス関連指標と個別に異なる関連性を有する傾向が認められた。3 種類のゲームを組み合わせることによって、バランス能力の異なる側面が強化されることが期待できると考えられる。

本研究の限界として、15 例と少数例の検討であること、1 施設での検討であること、また効果の検討の部分に関しては、対照群との比較が行われていないことが挙げられる。このため、本研究の結果の解釈に関しては、一定の限界がある。

#### 謝辞

本研究におけるバランス練習アシストを御提供頂いたトヨタ自動車株式会社の皆様に心より感謝いたします。

す。本研究は JSPS 科研費 25350637 の助成を受けたものです。

#### 文献

1. Norman, DA. Things that make us smart: Defending human attributes in the age of the machine. Reading, MA: Addison Wesley Publishing Company; 1993. p. 31-42.
2. Ozaki K, Kagaya H, Hirano S, Kondo I, 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.
3. Ishihara K, Hirano S, Saitoh E, Tanabe S, Itoh N, Yanohara R, et al. Characteristics of leg muscle activity in three different tasks using the balance exercise assist robot. Jpn J Compr Rehabil Sci 2015; 6: 105-12.
4. Berg K, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Gayton D. Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. Physiother Can 1989; 41: 304-11.
5. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up and Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. J Am Geriatr Soc 1991; 39: 142-8.
6. Duncan PW, Weiner DS, Chandler J, Studenski S. Functional reach: a new clinical measure of balance. J Gerontol 1990; 45: M192-7.
7. Chino N, Sonoda S, Domen K, Saitoh E, Kimura A. Stroke Impairment Assessment Set (SIAS) —a new evaluation instrument for stroke patients. Jpn J Rehabil Med 1994; 31: 119-25.
8. Dettmann MA, Linder MT, Sepic SB. Relation among walking performance, postural stability, and functional

- assessments of the hemiplegic patient. *Am J Phys Med* 1987; 66: 77-90.
9. Turnbull GI, Charteris J, Wall JC. Deficiencies in standing weight shifts by ambulant hemiplegic subjects. *Arch Phys Med Rehabil* 1996; 77: 356-62.
10. Dodd KJ, Morris ME. Lateral pelvic displacement during gait: abnormalities after stroke and changes during the first month of rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil* 2003; 84: 1200-5.
11. Geurts AC, de Haart M, van Nes IJ, Duysens J. A review of standing balance recovery from stroke. *Gait Posture* 2005; 22: 267-81.
12. Oliveira CB, Medeiros IR, Greters MG, Frota NA, Lucato LT, Scaff M, et al. Abnormal sensory integration affects balance control in hemiparetic patients within the first year after stroke. *Clinics* 2011; 66: 2043-8.