

令和 3 年 5 月 13 日現在

機関番号：24403

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01730

研究課題名(和文) ボッチャ選手における呼吸筋トレーニングを活用した強化プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of programs utilizing respiratory muscle training to improve the performance of boccia athletes

研究代表者

片岡 正教 (Kataoka, Masataka)

大阪府立大学・総合リハビリテーション学研究科・講師

研究者番号：60611910

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：ボッチャ選手の競技パフォーマンス向上のため、呼吸筋トレーニングを活用した強化プログラムを開発することを目的とし、選手の競技パフォーマンス指標ならびに呼吸機能、心理的競技能力の評価を行い、関連性を検証した。強化指定選手に選考されるレベルのエリート選手は、大会で決勝に勝ち残る選手や予選で敗退する選手と比較して、投球距離が有意に長いことが確認された。呼吸機能においては、ボッチャの強化指定レベルの選手であってもほとんどの選手が拘束性の呼吸機能障害と同等の機能を有していることがわかった。また、競技パフォーマンスの高い選手の一部では、競技パフォーマンスと呼吸機能、心理的競技能力との関連性もみられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究は重度障がい者が参加するパラリンピック競技であるボッチャにおいて、対象者が遂行可能なトレーニング方法を考案し、その効果を検証していくものであった。対象が重度障がい者であるがゆえに、本研究で明らかになったことはボッチャ選手に限らず、重度脳性麻痺者をはじめとする重度障がい児・者にとっても関係性の強いものであることが想定される。また実施しようとしていた介入方法は比較的容易に行うことができる介入方法であると考えられるため、今後も継続して検証を進めていくことで、広く重度障がい児・者のリハビリテーション分野に還元できるものであると考える。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was to develop a strengthening program utilizing respiratory muscle training to improve the competitive performance of Boccia athletes. The competitive performance, respiratory function, and psychological competitive ability were evaluated, and their relationships were verified. It was confirmed that the elite athletes have a significantly longer throwing distance than the athletes with low grades. As a result of the respiratory function test, it was found that most of the elite athletes of Boccia have the same function as the restrictive ventilatory disorders. In addition, in some athletes with high competitive performance, there was also a relationship between competitive performance and respiratory function and psychological competitive ability.

研究分野：障がい者スポーツ

キーワード：障がい者スポーツ ボッチャ 呼吸機能 トレーニング パフォーマンス

1. 研究開始当初の背景

ボッチャとは脳性麻痺を中心とした重度四肢麻痺者が参加できるターゲットスポーツであり、パラリンピックの正式競技である。選手は障がいの程度により、BC1~4のクラスに分類されている。自身で投球できない選手(BC3)でも、ランプという勾配具の使用とアシスタントを擁することで競技に参加することができる。バドミントンコート程度の大きさのコートで競技を行い、ジャックと呼ばれる白い的球に、6球の赤または青のボールを相手のボールよりもいかに近づけることができるかを競うというシンプルなルールから、今日では障がい者のスポーツとしてだけではなく、老若男女問わず幅広く楽しまれている。ボッチャは海外の選手との体格差にも影響されにくいことから、2020年の東京大会でのメダル獲得が期待される競技の一つである。事実、今回のリオデジャネイロパラリンピックにおいて、日本初となる団体戦での銀メダル獲得という快挙を成し遂げており、2020年の東京パラリンピックに向けて、ますます期待が高まる競技の一つである。

選手はジャックの一つでもボールを近づけるため、相手のボールを押し、はじくなどして自身に有利な戦況に持ち込む必要がある。ボッチャはターゲットスポーツでありながらも、選手にとって、コントロールはもちろんの事、ボールを強く、速く遠くに投げることができる能力を獲得することが重要である。

これまでボッチャ選手は、競技特性や選手の障がいの重度さから、投球を繰り返すことで精度を高めたり、戦術を広げたりすることで競技パフォーマンス向上に取り組むことが多く、身体機能を向上させるようなトレーニングに取り組むことが非常に少ない傾向にあったが、我々の研究で、競技パフォーマンスが高い選手は投球可能距離が長いこと(奥田ら、2013年)や、負荷が小さくても可能な限り速く上肢や体幹を運動させることで、その投球距離が即時的に伸びることもわかってきた。実際に、リオデジャネイロパラリンピックに出場した選手たちは2013年ごろから、身体的なトレーニングにも積極的に取り組むようになり、今大会の結果に結び付けることができた。しかしその一方で、世界的に見てもまだまだパワーの低さを実感した大会でもあり、選手のスキルはもとより、身体機能の向上が東京大会に向けてのさらなる課題となった。

ボッチャ選手の競技パフォーマンスの一指標として投球距離が挙げられることは前述したとおりであるが、ボッチャ選手は重度脳性麻痺者またはそれに該当するような四肢や体幹機能の障がいや有する頸髄損傷者や筋ジストロフィーの選手がほとんどの対象である。身体機能の向上を目的としたトレーニングについては、機能的な問題や医学的な観点からも、遂行可能な運動が限られたり、強い負荷をかけることが容易ではなく、その方法には、健常者アスリートのパフォーマンス向上よりも工夫が必要である。

一般的に、中枢の固定が十分に機能することが末梢の円滑な運動に結び付く。つまり、体幹の安定性の獲得が上肢の円滑な運動をもたらす。しかしながら、ボッチャ選手は四肢・体幹に重度の麻痺や機能低下があり、なおかつ前述したように、負荷をかけた、いわゆる「腹筋運動」を遂行することは容易ではない。体幹筋の強化や体幹の深層筋の賦活が、姿勢を保持する上で脊椎を安定させたり、それらが上下肢の運動に影響することは、健常者を対象にも研究されている²⁾。一方で、障がい者スポーツの分野においても、体幹機能や車椅子上での座位姿勢等がパフォーマンスに及ぼす影響について報告したものはみられる³⁾が、特に重度の障がいがあるボッチャ選手において、呼吸筋のトレーニングに着目してパフォーマンスへの影響を明らかにした報告はない。

座位姿勢の保持や体幹の運動には、腹横筋、横隔膜、多裂筋、骨盤底筋群といった深層筋が大きく関与している。周知のとおり、横隔膜や腹横筋といった筋は、呼吸に深く関与する筋であり、腹横筋の代表的なトレーニングとして、仰臥位で殿部を持ち上げる「ヒップリフト」や、長い時間をかけて腹部を凹ませるように息を吐く「ドローイン」という方法が用いられる。ただし、ボッチャ選手のような重度の障がいがある場合、ヒップリフトのような動作が容易でない場合も多いため、呼吸筋のトレーニングとして深層筋を活動させるような方法を用いて体幹の安定化を図ることが、より有用であると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、ボッチャ選手の強化のため、呼吸トレーニングによる介入の有効性を明らかにし、新たなトレーニングプログラムを開発することを目的とした。ボッチャ選手の多くは体幹機能の麻痺があり、それによって投球動作にも影響が生じていることが推察できる。しかしながら、重度の脳性麻痺や筋ジストロフィー症による四肢麻痺者の体幹機能向上と、彼らでも遂行可能な方法の検討、それがボッチャ選手の競技パフォーマンスにどのように影響するかということをも明らかにした研究はない。本研究では、より簡易的な体幹機能向上のトレーニング方法の一つとして呼吸筋トレーニングを提唱し、その競技パフォーマンス向上への有効性を明らかにしようと考えた。

3. 研究の方法

1) 競技パフォーマンス指標の設定

競技パフォーマンスの指標を設定するため、本研究では、競技パフォーマンスの評価として投球可能距離を計測した。対象は日本ボッチャ選手権大会に参加した選手 40 名 (31.9 ± 13.4 歳) とした。体育館にて可能な限りまっすぐ遠くまでボールを投げるよう指示し、選手の車椅子のキャスターの両側の接地点の中央から、ボールの到達点までの最短距離を計測した (図 1)。なお、3m の幅を超えて側方にボールが投球された場合は失敗試技として、その投球については距離の計測は実施しなかった。投球回数は 3 回とし、解析には最大距離を用いた。

選手は、競技成績により、強化指定選手 (Group I)、日本ボッチャ選手権決勝大会出場選手 (Group II)、予選敗退選手 (Group III) の 3 群に分け、それぞれの投球距離を比較した。

統計処理には統計解析ソフト SPSS ver. 23 を用い、Kolmogorov-Smirnov 検定にて正規性を確認した後、各群の平均値の差を一元配置分散分析にて比較し、多重比較に Bonferroni の方法を用いた。有意水準は 5%未満とした。

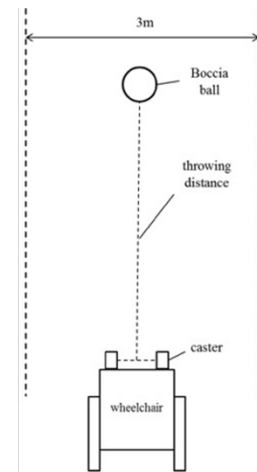


図1 投球距離の計測方法

2) 呼吸機能・心理機能・投球距離の関連性の評価

13 名のボッチャ選手 (男性 10 名, 女性 3 名, 平均年齢 32.9 ± 12.0 歳) に対し、電子スパイロメーター (AS-507, ミナト医科学) を用いて呼吸機能検査を行った。計測項目は、肺活量 (VC), % 肺活量 (%VC), 1 秒量 ($FEV_{1.0}$), 1 秒率 ($FEV_{1.0\%}$) とした。また呼吸筋力の評価として、最大吸気圧 (PI_{max}), 最大呼気圧 (PE_{max}) を測定した。これらの測定は車椅子上座位にて実施した。また、スポーツ選手の心理的機能の評価に用いられることが多い、心理的競技能力診断検査 (DIPCA. 3) を用い、心理的競技能力を評価した。さらに投球距離の計測も行い、これらの関連性について Pearson の積率相関分析を行った。有意水準は 5%未満とした。

4. 研究成果

1) 競技パフォーマンスの指標について

Group I, II, III の最大投球距離は、それぞれ $16.38 \pm 5.17m$, $10.67 \pm 2.66m$, $8.34 \pm 2.73m$ であった。Group I と Group II ならびに Group III との間にそれぞれ有意差が認められたが、Group II と Group III の間に差はみられなかった。Group I は 10m 以上に分布していた (図 2)。

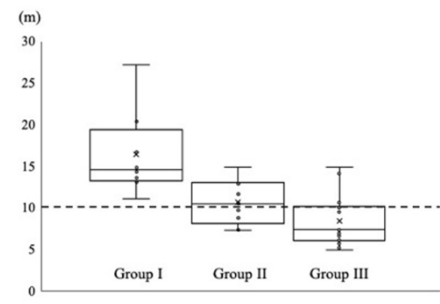


図2 投球距離の比較

2) 呼吸機能・心理機能・投球距離の関連性について

VC は $1.46 \sim 3.06L$ で、全選手が正常範囲より低値を示した。 $FEV_{1.0\%}$ は $76.07 \sim 99.20\%$ で全選手が正常範囲内、%VC は $35.5 \sim 92.3\%$ であった。13 名のうち 11 名が拘束性換気障害と同等の呼吸機能であることがわかった。また、肺年齢は $41 \sim 118$ 歳という結果であり、1 名を除いて実年齢よりも非常に高い数値を示した。 PI_{max} は $24.1 \sim 112.3cmH_2O$ で 1 名のみ正常範囲内であったが、 PE_{max} は $21.5 \sim 105.0cmH_2O$ であり、全選手が正常範囲を下回っていた。

また、分担者の研究⁴⁾において、全選手において横隔膜の変位が小さい傾向にあったが、安静呼気、安静吸気、最大吸気時の横隔膜の偏位と最大投球距離、平均投球距離に正の相関あることもわかった。

投球距離は、各選手の平均が $10.31 \sim 32.87m$ 、最大距離は $10.62 \sim 37.01m$ であった。

心理的競技能力については、13 名のうち 10 名は平均以上のスコアであった。統計的に有意な関連性はなかったものの、競技パフォーマンスが高い一部の選手が呼吸機能と心理的競技能力のスコアも高い傾向があり、呼吸機能が選手の緊張やリラクゼーションといった心理的側面に関与している可能性があることから、これらの関係性については今後も検証していく必要があると考える。

3) 呼吸筋トレーニングの効果について

本研究では、当初、呼吸筋力と競技パフォーマンスの関連性を評価し、選手に対して呼吸筋トレーニングをプログラムに取り入れた介入を行い、競技パフォーマンスの変化を検証することを計画していた。予備実験的に、選手には呼吸筋トレーニング機器、パワーブリーズ (パワーブリーズジャパン製) を配付し、介入を試みた。数名の選手に 2 ヶ月の介入を予備的に行ったが、呼吸機能に大きな変化はみられなかった。その後、対象者に対してトレーニング介入を行う予定で準備を進めていたが、新型コロナウイルス感染拡大の影響により、実施することが難しい状況となった。

4) 呼吸機能と競技パフォーマンスの関係について

ボッチャ選手は重度な障がいをもつ四肢麻痺者であり、特に脳性麻痺や、筋ジストロフィー症等の重度麻痺を呈した進行性疾患が多く、直接的に身体的なパフォーマンスを向上させることが容易でない。ボッチャ選手の競技パフォーマンスの一つに投球距離が挙げられ、日本選手権大会の決勝大会に出場する競技パフォーマンスが高い選手は、予選会で敗退する選手に比べ、遠投距離が長いことがわかっていたが、これまでに調査した選手に対して、さらにパフォーマンスが高い強化指定選手、決勝大会に参加する選手、予選敗退選手の3群に分けて分析したところ、特にパフォーマンスが高い強化指定選手は他の2群に比べて有意に投球距離が長いことがわかった⁵⁾。

また、脳性麻痺ボッチャ選手の自律神経活動、特に副交感神経活動が、一般成人に比べて低い(居村ら, 2018年)こともわかっており、ターゲットスポーツと関連が強いとされる副交感神経活動の増加においては、選手の遂行可能な寝返り動作等を速く反復するトレーニングを行うことで機能の向上が見られる⁶⁾こともわかってきている。特に、心拍数を向上させるような高強度のトレーニングは、自律神経機能の賦活、副交感神経活動の促進にも関わっていることが報告されている^{7, 8)}。重度障がい者に対しての中等度または高強度のトレーニングが対象者の機能に悪影響を及ぼさないことも報告されているため、体幹機能という点においてだけでなく、心肺機能、自律神経機能という側面からも、選手に対して強度の高いトレーニング(心拍数を大きく向上させるトレーニング)を実施することが競技パフォーマンスの向上に結びつくことが考えられる。体幹筋の賦活が上肢の円滑な運動を導くことは一般的に知られているが、自律神経機能については呼吸機能の関係性も強いことが考えられることから、自律神経機能の側面からも選手の評価を行っていくことが重要であることが考えられた。

本研究では、投球距離を競技パフォーマンスの指標とし、呼吸機能等との関連性を検証した。ボッチャ選手の投球距離には、肩関節の屈曲や外転方向の粗大的な筋力が関係していることがわかっているが、ボッチャはターゲットスポーツであることや対戦型の競技であることから、投球距離以外にも投球精度や戦術といった要素も勝敗に大きく関与する。

一般的に体幹筋の賦活が座位姿勢を安定させることや、末梢の四肢の運動の円滑性に関与することは周知のことであり、呼吸筋力が低下する、あるいは呼吸機能が十分に作用していない状態では、座位姿勢の安定性や投球距離を低下させるような影響を及ぼすことは十分に考えられる。本研究では、新型コロナウイルス感染拡大の影響もあり、呼吸筋力トレーニング等の介入を行なった検証が十分でできなかったが、今後は、新たな競技パフォーマンス指標の検証、呼吸筋トレーニングを中心とした介入による呼吸機能・体幹機能への影響の検証、自律神経機能との関連性の検証についても継続して検証していきたい。

本研究の内容を継続して検証していくことは、ボッチャ選手に限らず、重度脳性麻痺者をはじめとする重度障がい児・者にとっても比較的容易に行うことができる介入方法であると考えられるため、広く重度障がい児・者のリハビリテーション分野に還元できるものであると考える。

<参考文献>

- 1) 片岡正教, 奥田邦晴, 河合俊次, 他. ボッチャ選手の競技パフォーマンス向上における低負荷・高速運動によるウォーミングアップの効果の検証. 日本障がい者スポーツ学会誌, 25, 35-38, 2017.
- 2) Paul WH, Carolyn AR. Altered trunk muscle recruitment in people with low back pain with upper limb movement at different speeds. Arch Phys Med Rehabil, 80, 1005-1012, 1999.
- 3) Tsai YS, Yu YC, Huang PC, et al. Seat surface inclination may affect postural stability during boccia ball throwing in children with cerebral palsy. Res Dev Disabil, 35, 3568-3575, 2014.
- 4) Ichiba T, Okuda K, Miyagawa T, et al. Relationship between pulmonary function, throw distance, and psychological competitive ability of elite highly trained Japanese boccia players via correlation analysis. Heliyon, 6, e03581, 2020.
- 5) Kataoka M, Okuda K, Iwata A, et al. Throwing distance and competitive performance of Boccia players. J Phys Ther Sci, 574-577, 2020.
- 6) 矢作公佑, 奥田邦晴, 片岡正教, 他. 重度脳性麻痺ボッチャ選手に対する寝返り動作の反復を用いたトレーニング方法の検討. 体力科学, in press.
- 7) 菅原順, 村上晴香, 久野譜也, 他. 若齢男性における持久性トレーニングおよび脱トレーニングが安静時心臓自律神経活動に及ぼす影響. 体力科学, 49, 121-128, 2000.
- 8) Robinson RV, Alejandra TS, Luis Andres TT, et al. Effect of Moderate Versus High-Intensity Interval Exercise Training on Heart Rate Variability Parameters in Inactive Latin-American Adults: A Randomised Clinical Trial [published online ahead of print February 1, 2017]. Journal of Strength and Conditioning Research. doi: 10.1519/JSC.0000000000001833.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Ichiba Tomomi, Okuda Kuniharu, Miyagawa Tetsuo, Kataoka Masataka, Yahagi Kousuke	4. 巻 6
2. 論文標題 Relationship between pulmonary function, throw distance, and psychological competitive ability of elite highly trained Japanese boccia players via correlation analysis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Heliyon	6. 最初と最後の頁 e03581 ~ e03581
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1016/j.heliyon.2020.e03581	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Kataoka Masataka, Okuda Kuniharu, Iwata Akira, Imura Shuji, Yahagi Kosuke, Matsuo Yohei	4. 巻 32
2. 論文標題 Throwing distance and competitive performance of Boccia players	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Physical Therapy Science	6. 最初と最後の頁 574 ~ 577
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1589/jpts.32.574	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 1件/うち国際学会 5件）

1. 発表者名 Okuda Kuniharu, Kataoka Masataka, Imura Shuji, Ichiba Tomomi, Yahagi Kosuke, Kawai Shunji, Okahara Satoshi
2. 発表標題 Proposal and trial of a new training for Boccia Athletes with severe cerebral palsy
3. 学会等名 13th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Imura Shuji, Okuda Kuniharu, Kataoka Masataka, Ichiba Tomomi, Yahagi Kosuke, Kawai Shunji, Okahara Satoshi
2. 発表標題 Evaluation of Autonomic Nervous System in Boccia Athletes with Cerebral Palsy
3. 学会等名 13th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ichiba Tomomi, Okuda Kuniharu, Miyagawa Tetsuo, Kataoka Masataka, Yahagi Kosuke, Imura Shuji, Kawai Shunji, Okahara Satoshi, Kikuchi Yui
2. 発表標題 Effect of inspiratory muscle training and psychological competitive ability diagnostic test of Boccia reinforced designated athlete
3. 学会等名 13th International Society of Physical and Rehabilitation Medicine World Congress (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 片岡正教, 奥田邦晴, 曾根裕二, 居村修司, 矢作公佑, 吉原里咲, 河合俊次, 一場友実, 岡原聡, 前憲作
2. 発表標題 脳性麻痺ポッチャ選手へのトレーニング「ポチトレ」が上肢機能に及ぼす影響について
3. 学会等名 第5回日本スポーツ理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 居村修司, 矢作公佑, 曾根裕二, 吉原里咲, 河合俊次, 片岡正教, 奥田邦晴
2. 発表標題 脳性麻痺ポッチャ選手の競技中における自律神経活動の変化
3. 学会等名 第5回日本スポーツ理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢作公佑, 奥田邦晴, 片岡正教, 岩田晃, 曾根裕二, 居村修司, 吉原里咲, 河合俊次, 一場友実, 前憲作
2. 発表標題 重度脳性麻痺ポッチャ選手に対する寝返り動作の反復が心拍数に及ぼす影響
3. 学会等名 第5回日本スポーツ理学療法学会学術大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 K Okuda, M Kataoka, Y Hatanaka
2. 発表標題 Relationship between throwing distance and performance of Boccia Players with cerebral palsy
3. 学会等名 Vista 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 居村修司, 曾根裕二, 吉原里咲, 矢作公佑, 河合俊次, 片岡正教, 奥田邦晴
2. 発表標題 脳性麻痺ボッチャ選手の自律神経活動の変化
3. 学会等名 第27回日本障がい者スポーツ学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 矢作公佑, 河合俊次, 奥田邦晴, 片岡正教, 居村修司, 一場友実, 宮川哲夫, 斎藤匠哉
2. 発表標題 ボッチャにおける競技力向上に向けた活動報告 ~これまでの活動と今後の展望~
3. 学会等名 第27回日本障がい者スポーツ学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 片岡正教, 奥田邦晴, 居村修司, 矢作公佑, 一場友実, 前憲作
2. 発表標題 ボッチャ選手の投球距離に関連する因子について
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 奥田邦晴, 片岡正教, 矢作公佑, 一場友実, 居村修司
2. 発表標題 重度脳性麻痺ポッチャ選手のトレーニング効果指標としての自律神経活動評価
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 矢作公佑, 奥田邦晴, 片岡正教, 居村修司, 一場友実
2. 発表標題 寝返りトレーニングが重度脳性麻痺ポッチャ選手に与える影響
3. 学会等名 第57回日本リハビリテーション医学会学術集会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 居村修司, 奥田邦晴, 片岡正教, 矢作公佑, 許穎弋, 河合俊次, 曾根裕二
2. 発表標題 ポッチャ選手の競技中における自律神経活動
3. 学会等名 日本自律神経学会
4. 発表年 2020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
研究分担者	奥田 邦晴 (Okuda Kuniharu) (20269856)	大阪府立大学・総合リハビリテーション学研究科・教授 (24403)	

6. 研究組織（つづき）

	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
研究分担者	一場 友実 (Ichiba Tomomi) (30531470)	杏林大学・保健学部・准教授 (32610)	
研究分担者	曽根 裕二 (Sone Yuji) (40612172)	大阪体育大学・教育学部・准教授 (34411)	
研究分担者	岩田 晃 (Iwata Akira) (90382241)	大阪府立大学・総合リハビリテーション学研究科・教授 (24403)	

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