

平成 21 年 6 月 8 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2007～2008

課題番号：19500551

研究課題名 (和文) 頸髄損傷者の活動性能力と健康維持能力のトレーナビリティに関する研究

研究課題名 (英文) Possibility of training effect for mobile and health related ability in persons with cervical spinal cord injury.

研究代表者

鶴池 政明 (TSURUIKE, MASAOKI)

大阪体育大学・体育学部・准教授

研究者番号：40298831

研究成果の概要：本研究の結果から、重度障害者である頸髄損傷者の活動性能力（車いす移動能力）は、トレーニングにより腰髄損傷者や下肢切断者と同等のレベルまで達する可能性が考えられた。また、健康維持能力（自律神経機能）は、脊髄損傷からの受傷期間が長くなるに従い低下する傾向が認められ、より一層、健康維持に留意する必要があることが示唆された。さらに、電気刺激誘発による伸張反射から上肢の運動ニューロンの興奮性を評価する研究方法を構築し、今後、脊髄損傷者に応用できる可能性を見出した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	2,700,000	810,000	3,510,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：応用健康科学

キーワード：障害者スポーツ、頸髄損傷者、活動性能力、健康維持能力、トレーナビリティ

1. 研究開始当初の背景

脊髄損傷者の健康上の問題点として、下肢機能の欠如による運動不足が原因となる生活習慣病（肥満、糖尿病、高脂血症、動脈硬化など）の罹患率が健常者に比べて高いことが指摘されている。近年の医療技術の発達によって脊髄損傷者の余命は延長しているものの、受傷後 35 年で脊髄損傷者の 80～90% が何らかの 2 次障害を発症するとの報告がある。

その原因の 1 つとして、車いすに依存した日常生活の結果生じる運動不足が挙げられ

る。特に、脊髄の上位で損傷した頸髄損傷者は上腕三頭筋が機能せず、車いすを駆動するための肘関節伸展力が極めて低い。したがって、車いす移動能力を向上し、日常生活における活動量を高めることが望まれる。

また脊髄損傷者は、自律神経機能にも障害を有することによって起こる、交感神経活動と副交感神経活動のバランスの乱れが疾病の発症に影響を及ぼす。このような自律神経機能のアンバランスには、損傷レベルや受傷からの期間が関係すると考えられる。

本研究では、車いす移動能力を活動性能力

とし、活動の背景にある自律神経機能を健康維持能力として、それらのトレーナビリティ（トレーニングの可能性）を探ることから、重度障害者である頸髄損傷者の健康上の問題に対する知見を得ることを目的とした。

さらに、脊髄損傷者は損傷後、下肢の Ia 終末におけるシナプス前抑制が低下すると報告されている。これは皮質脊髄路の中絶によるものではなく、安静時における Ia 終末をシナプス前抑制で緊張を維持する他の下行脊髄路の中絶による結果と考えられている。そこで先行研究を踏まえ、上肢筋機能を評価するために神経学的手法を用いた評価法として、上肢の脊髄伸張反射を誘発する Hoffmann (H) 反射手法の構築に取り組んだ。

2. 研究の目的

(1) 活動性能力

頸髄損傷者が主な対象である車椅子ツインバスケットボール (WTB) のチームに所属している選手を対象とし、試合中の移動距離、平均速度および最高速度から頸髄損傷者のトレーナビリティを検証すること。また、頸髄よりも下位での損傷者や下肢切断者が主な対象である女子車椅子バスケットボール (WB) 選手との比較を行い、頸髄損傷者のトレーナビリティを検証すること。

(2) 健康維持能力

損傷レベルおよび受傷期間と自律神経機能の関係を検討すること。

(3) 上肢神経筋機能評価法の構築

H 反射手法を応用して、上肢神経筋機能を評価するための神経学的手法を用いた手法を構築すること。

3. 研究の方法

(1) 活動性能力

分析試合は、WTB は第 20 回記念日本車椅子ツインバスケットボール選手権大会の決勝戦（さいたま市、2006）で、女子 WB は IWB Asia-Oceania Championship（韓国、2005）の女子決勝戦（日本 vs オーストラリア）であった。

対象者は、分析試合の第 1 クォーター（第 1Q）に出場した選手 10 名であった。対象者の持ち点（障害が重い選手が低い持ち点）とショット区分（WTB のみ）は表 1 に示した。ゲーム分析は、まず、DV カメラで試合を撮影した映像を毎秒 30 コマでパソコンに取り込んだ。取り込んだ画像を基にデジタルソフト（DKH 社製 FRAME-DIAS V3）を用いて、各選手の車椅子の高さを基準とした 1 点のデジタルサイズを行った（写真 1・2）。デジタルサイズを行った点から DLT 法によって二次元座標を求め、移動距離、平均速度および最高速度を算出した。分析時間は、ファウル、フリースロー、転倒などのアクシデントで選手の動きが戦

略と関係なく停止した時間、およびクォーター間のインターバルやタイムアウトを除いた時間とした。

表 1. 対象者の持ち点とショット区分

	Player	持ち点	ヘッドバンド	ショット区分	
ツインバスケット	Player A	1.5	赤色	下バスケット	円内シューター
	Player B	1.5	赤色	下バスケット	円内シューター
	Player C	2.5	白色	下バスケット	円外シューター
	Player D	3.0	なし	上バスケット	上シューター
	Player E	3.0	なし	上バスケット	上シューター
女子バスケット	Player a	1.5			
	Player b	1.5			
	Player c	3.0			
	Player d	3.5			
	Player e	4.5			



写真 1. 分析に使用したビデオの画像



写真 2. デジタルサイズポイントの一例（正面）

(2) 健康維持能力

脊髄損傷者 24 名（男性）を被験者とした。損傷レベルは、C3（頸椎 3 番）～L1（腰椎 1 番）であった。平均年齢は 40.4 ± 11.6 歳（20.9～64.7 歳）、平均受傷期間は 15.3 ± 10.0 年（2.8～44.5 年）であった。また、T6（胸椎 6 番）より上位の損傷者では自律神経過反射が起こることから、損傷レベルに応じて、上位損傷群（C3～T6、9 名。平均年齢 41.3 ± 7.7 歳）、下位損傷群（T7～L1、15 名。平均年齢 39.8 ± 13.7 歳）に分類した。また、健常者 20 名（男性）を対照群とした（平均年齢 33.2 ± 9.8 歳）。

自律神経機能は、胸部双極誘電法による心電図測定をベッド上で仰臥位にて行った。ベッド上で 15 分以上の安静後、心電図を 5 分間記録した。心電図記録中、呼吸数をメトロノームのリズムに合わせて毎分 15 回に規定した。記録した心電図波形の R 波の 1 拍毎の間隔（R-R 間隔）について、心拍変動パワースペクトル解析を行った。パワースペクトル成分のうち、0.04～0.15Hz を低周波成分（LF）、0.15～0.4Hz を高周波成分（HF）に分け、LF と HF の比（LF/HF）を交感神経活動、HF を

副交感神経活動の指標として評価した。

測定値は、平均値±標準偏差で表し、有意水準は5%とした。

(3) 上肢神経筋機能評価法の構築

H反射の誘発は、1 ms 矩形の経皮電気刺激を用いた。まず橈骨神経を刺激し、橈骨手根屈筋 (FCR) H反射を誘発した。次に正中神経を刺激し、橈骨手根伸筋 (ECR) H反射を誘発した。そして閾値の1倍の強度で橈骨神経を刺激し、この条件で正中神経刺激で誘発した ECR の H反射を抑制させた。

4. 研究成果

(1) 活動性能力

①WTB 選手の分析

分析の対象試合に第1Q～第4Qまで継続して出場した選手4名の試合中の総移動距離、平均速度および最高速度を表2に示した。次に、第1Qに交代なしで出場したPlayer Eの値を加えたクォーターごとの移動距離と平均速度および最高速度を図1～3に示した。

試合の状況や選手の疲労の影響が最も少ないと考えられる第1Qについては、赤バンド選手と赤バンド選手以外の選手間に差があったことから障害の程度が関係している可能性が示唆された。

本研究で分析したWTB選手の移動距離において、Player A (持ち点1.5)の選手が第2Qで最も低い値を示した。また、Player D (持ち点3.0)の選手が第4Qで最も高い値を示した。両選手の持ち点が異なることから、Player Aの第2Qの移動距離(716m)を下限とし、Player Dの第4Qの値(1126m)を上限とすることで、チーム全体の移動距離の範囲を推定することが出来ると考えた。

これらのことより、一流WTB選手の試合中の移動距離の範囲は、約2.9～4.5kmであることが明らかとなった。同様にして求めた平均速度の範囲は、約1.1～1.6m/sであり、最高速度の範囲は、約4.4～5.9m/sであった。また、第1Qから第4Qまで継続して出場した選手4名の移動速度の分布を図4に示した。試合中の移動の大部分は、3m/s以下で行われており、1～2m/sでの割合が最も高い傾向がみられた。

本研究の結果は、これまでよく知られていないWTBの運動強度を明らかにした。加えて、本研究では、一流選手を対象としていることから、移動距離や最高速度は、WTBの最大運動強度を示している。そのため、本研究の結果は、頸髄損傷者の車いす移動能力におけるトレーナビリティを示唆する。

表2. 試合中の総移動距離、平均速度および最高速度

(第1Q～第4Qまで継続して出場した選手4名)

	総移動距離(m)	平均速度(m/s)	最高速度(m/s)
Player A	3000	1.2	5.0
Player B	3600	1.4	5.6
Player C	3700	1.4	5.2
Player D	4100	1.6	5.9

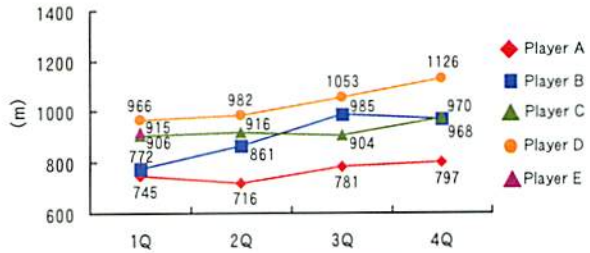


図1. クォーターごとの移動距離

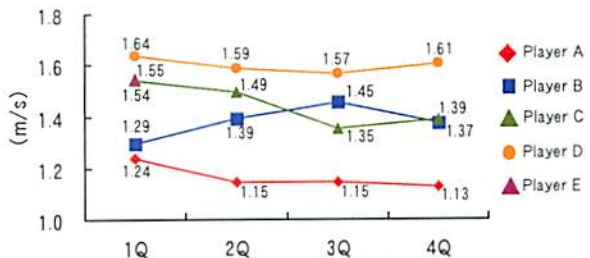


図2. クォーターごとの平均速度

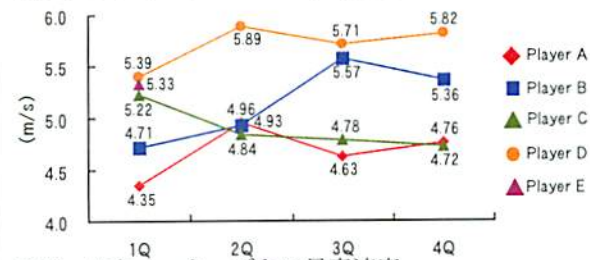


図3. クォーターごとの最高速度

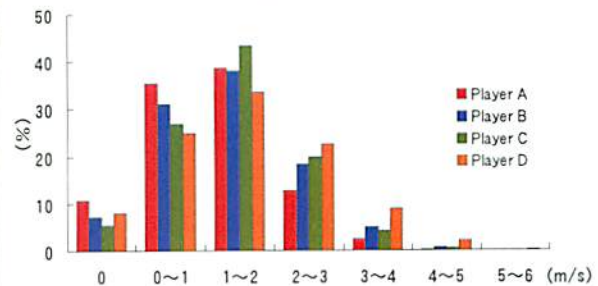


図4. 試合中の移動速度の分布

②女子WB選手の分析

WTB選手との比較対照として、女子WBのゲーム分析を行った。分析試合に第1Q～第4Qまで継続して出場した選手2名の総移動距離と平均速度および最高速度を表3に示した。次に、女子WB選手のクォーターごとの移動距離と平均速度および最高速度を図5～7に示した。WTB選手と同様に推定したチーム全体の移動距離の範囲は、約3.8～5.0km、平均速度は約1.5～1.8m/s、最高速度は約4.8～5.7m/sであった。これらの範囲とWTB選手

の移動の範囲の比較から、WTB選手の方がチーム内の選手間での差が大きいことが確認された。また、移動距離についてはWTB選手が低い値であったが、平均速度や最高速度は同等の値であった。また、第1Qから第4Qまで継続して出場した2名の移動速度の分布を図8に示した。その結果、女子WB選手もWTB選手と同様に試合中の移動のほとんどは、3m/s以下で行われていたことが明らかとなった。

これらのことは、重度障害者であるWTB選手のトレーニングの高さを表しており、頸髄損傷者の活動性能力は、トレーニングにより胸髄および腰髄損傷者や下肢切断者である女子WB選手と同等のレベルまで達する可能性が考えられた。

表3. 試合中の総移動距離、平均速度および最高速度

(第1Q～第4Qまで継続して出場した選手2名)			
	移動距離(m)	平均速度(m/s)	最高速度(m/s)
Player a	4000	1.5	5.3
Player b	4500	1.7	5.6

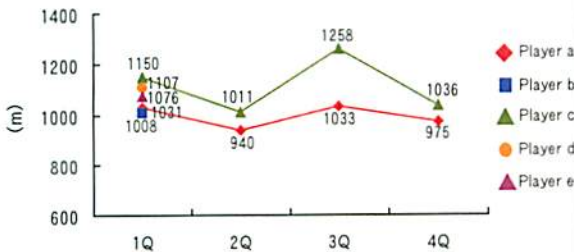


図5. クォーターごとの移動距離

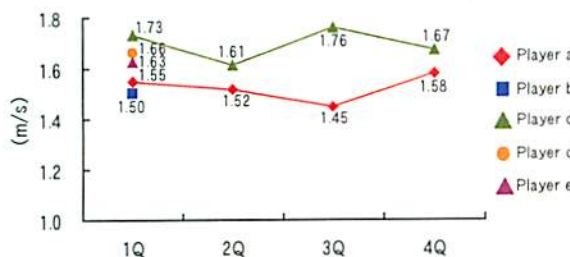


図6. クォーターごとの平均速度

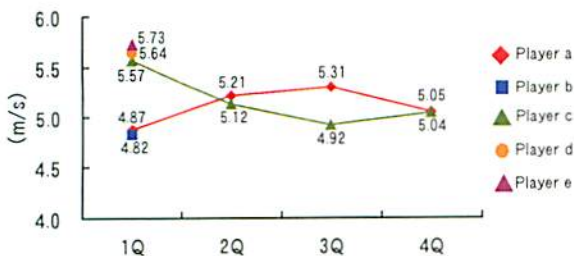


図7. クォーターごとの最高速度

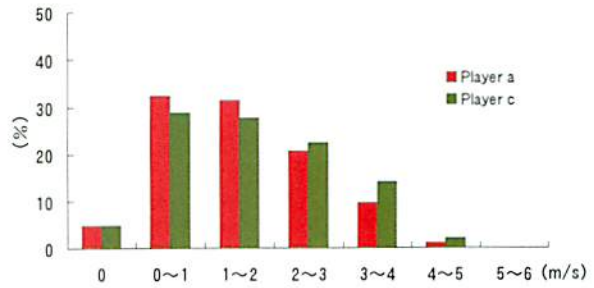


図8. 試合中の移動速度の分布

(2) 健康維持能力

① 損傷レベルと自律神経活動の関係

交感神経活動を示す LF/HF は、上位損傷群 (0.89±0.68) と下位損傷群 (1.05±0.61) および健常群 (0.92±0.51) の間に差異はなかった。一方、副交感神経機能を示す HF は、上位損傷群 (622.3±546.9msec²) と下位損傷群 (417.7±448.6msec²) の間に差はなかったものの、両群ともに健常群 (1154.7±870.7msec²) に比べ、有意に低い値であった (p<0.05)。

自律神経機能のうち、副交感神経活動は内臓器官や免疫系の働きを調整しており、健康維持能力と密接に関連していることが、国内外の研究報告によって明らかにされてきている。本研究の対象となった脊髄損傷群では、自律神経機能に損傷レベルによる差異は認められなかった。しかし、健常群と比べ、副交感神経活動が有意に低下していた。このことは、脊髄損傷が原因となって生じる健康維持能力の低下を示していると考えられる。

② 受傷期間と自律神経機能の関係

図1に受傷期間と交感神経活動の関係を示した。交感神経活動は個人間でのバラつきが大きく、受傷期間との間には相関が認められなかった。また、年齢との間にも関係性はみられなかった。

一方、副交感神経活動は、受傷期間に伴って、有意に低下する傾向を示した (図2; r=0.601, p<0.01)。また、年齢との間にも有意な相関関係が示された (図3; r=0.471, p<0.05)。しかし、副交感神経活動と年齢の関連性は、受傷期間よりも低いものであり、副交感神経活動は、受傷期間に伴って、低下する傾向にあることが確認された。特に、受傷から20年間で副交感神経活動は急激に低下し、かつ、この期間は個人差も大きいことが示された。つまり、現時点の年齢よりも受傷からの期間が、副交感神経活動に大きな影響を与えていることを示唆する結果となった。

これらのことから、自律神経機能のうち、健康維持能力をあらわす副交感神経活動は、脊髄損傷によって健常時より低下すること

に加え、受傷期間の影響を大きく受けることが明らかになった。そのため、脊髄損傷者は、受傷期間が長くなるに従い、より一層、健康維持に留意する必要性が示唆された。

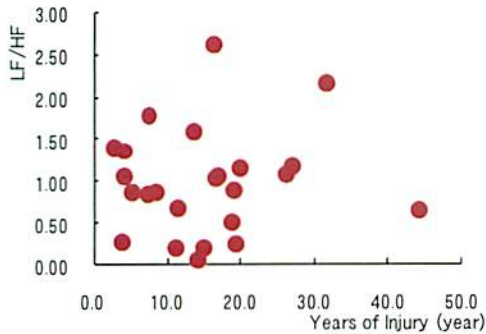


図1. 受傷期間と交感神経活動の関係

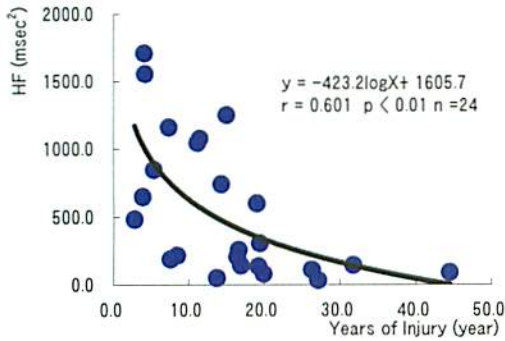


図2. 受傷期間と副交感神経活動の関係

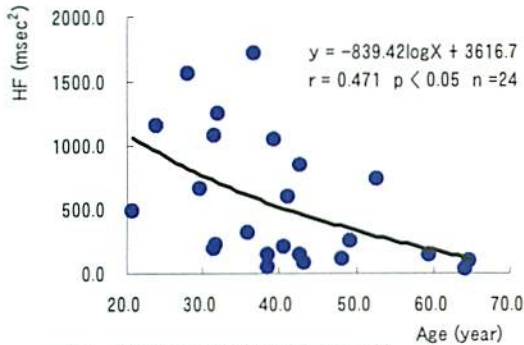


図3. 年齢と副交感神経活動の関係

(3) 上肢神経筋機能評価法の構築

1 ms 矩形の経皮電気刺激で橈骨神経を刺激し、橈骨手根屈筋 (FCR) H 反射を誘発し、これを条件にして、Ia 正中神経で誘発された橈骨手根伸筋 (ECR) H 反射を抑制した。この反射値の低下は相反抑制によるものである。しかしながら実際に相反抑制が行われているかどうかは更なる研究を必要とする。

経皮電気刺激誘発で脊髄伸張反射を調べることが、脊髄神経の回路を研究することに

なり、古典的ではあるがヒト被験者における唯一のシナプス伝達効率を調べることになる。今後、上肢エルゴメーターを用いた筋疲労による筋力低下を表面筋電図と Ia 運動ニューロンの興奮変動性、さらに経頭蓋磁気刺激 (TMS) による運動ニューロン興奮性との関係を調べる必要があることが確認された。そしてこれまで本研究で構築してきた自律神経機能、特に副交感神経活動と合わせ、脊髄損傷者の健康維持能力を神経科学的レベルで更なる研究活動が求められることが示唆された。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 9 件)

- ① Ohta, Y., N. Shima, and K. Yabe, In vivo behaviour of human muscle architecture and mechanomyographic response using the interpolated twitch technique., J. Electromyography and Kinesiology., 2008, Inpress, 査読有り
- ② Ohta Y., and Yabe K., The effects of muscle architectural change with a pre-motion silent period on the subsequent muscular output during rapid voluntary movement., J. Electromyography and Kinesiology., 2008, Inpress, 査読有り
- ③ 矢部京之助, 体力科学の立場からの疲労の総括と休養の提言、疲労と休養の科学、20、33-39、2008、査読有り
- ④ Otsuka, Y., N. Shima, T. Moritani, and K. Yabe, Orthostatic influence on heart rate and blood pressure variability in trained persons with tetraplegia., Eur. J. Appl. Physiol., 104, 75-78, 2008, 査読有り
- ⑤ 田中利明、山田陽介、大畑光司、矢部京之助、頸髄損傷者の体水分における細胞内外液分布の特徴、日本運動生理学雑誌、15、11-17、2008、査読有り
- ⑥ Daikuya, S., T. Suzuki, and K. Yabe, Neuromuscular function after reconstruction of anterior cruciate ligament -A case study using evoked electromyography., Electromyogr and Clin Neurophysiol., 48, 131-137, 2008, 査読有り
- ⑦ Ohta, Y., N. Shima, and K. Yabe, Superimposed mechanomyographic response at different contraction intensity in medial gastrocnemius and soleus muscles., Int. J. Sport & Health Science, 5, 63-70, 2007, 査読

有り

- ⑧ Shintaku, Y., H. Fujinaga, and K. Yabe, Performance of dynamic motor tasks in 5-year-old children with different levels of static standing balance., I. J. Fitness, 3, 61-67, 2007, 査読有り
- ⑨ Tanaka, T., Y. Yamada, K. Ohata, and K. Yabe, Assessment of sites-related differences in fat and muscle thickness in adults with cervical spinal cord injury., Adv. Exerc. Sports Physiol, 13, 25-30, 2007, 査読有り

〔学会発表〕(計 6 件)

- ① 三木由美子、福嶋利浩、山崎昌廣、矢部京之助、女子車椅子バスケットボールおよび車椅子ツインバスケットボール選手における試合中の移動の特性、第7回障害者スポーツセミナー、2009年3月4日、都市センターホテル
- ② 鶴池政明、若年者と比較した加齢に伴うH反射の変動性、日本体力医学会、2008年9月19日、大分市
- ③ 三木由美子、福嶋利浩、矢部京之助、車椅子ツインバスケットボール選手の試合中の最高速度からみた移動能力について、第17回日本障害者スポーツ学会、2008年1月26日、川村義肢株式会社 大東本社
- ④ 福嶋利浩、三木由美子、矢部京之助、脊髄損傷者の自律神経機能と下肢の血管系機能の関係—受傷期間に着目して—、第28回医療体育研究会/第11回アジア障害者体育・スポーツ学会 第9回合同大会、2007年11月24日、別府大学
- ⑤ 三木由美子、福嶋利浩、矢部京之助、シユートの種類に着した女子車椅子バスケットボールのゲーム分析、第28回医療体育研究会/第11回アジア障害者体育・スポーツ学会 第9回合同大会、2007年11月25日、別府大学
- ⑥ 三木由美子、太田洋一、福嶋利浩、矢部京之助、車椅子ツインバスケットボール選手の持ち点が試合中の移動距離と移動速度に与える影響、日本体育学会第58回大会、2007年9月7日、神戸大学

〔図書〕(計 3 件)

- ① 矢部京之助、文光堂、運動生理学・運動生化学ミニマムエッセンス 運動療法と運動処方—第2版—、2008、381-384
- ② 矢部京之助、宝島社、新装版 スポーツ科学・入門、2007、153-168
- ③ 矢部京之助、財団法人日本学術協力財団、日学新書 1 スポーツの科学、2007、202-210

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鶴池 政明 (TSURUIKE, MASAOKI)
大阪体育大学・体育学部・准教授
研究者番号：40298831

研究代表者(平成19年度)

矢部 京之助 (YABE, KYONOSUKE)
大阪体育大学・体育学部・教授
研究者番号：50090410

(2) 研究協力者

福嶋 利浩 (FUKUSHIMA, TOSHIHIRO)
広島大学・大学院総合科学研究科・博士課程
後期

三木 由美子 (MIKI, YUMIKO)
広島大学・大学院総合科学研究科・博士課程
後期