

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 29 日現在

機関番号：34417

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22300191

研究課題名（和文） 姿勢制御の学習能力評価の標準化と運動療法への応用

研究課題名（英文） Development of evaluation systems of postural adaptation abilities for therapeutic exercises

研究代表者

長谷 公隆（HASE KIMITAKA）

関西医科大学・医学部・教授

研究者番号：80198704

研究成果の概要（和文）：片側下肢にラバーマットを適用した立位保持課題および Stroop 課題による静的立位制御の適応能力について検討した。健常者および歩行可能な在宅片麻痺患者は、片側下肢からの固有感覚攪乱を閉眼条件での 3 回の立位保持課題において管理することが可能であり、第 1 試行におけるロンベルグ率は閉眼条件での足底圧指標の改善率と相関した。認知課題で誘導される姿勢制御の変化は麻痺側によって異なり、片麻痺患者の臨床的指標との関連は代償的姿勢制御機構と色呼称課題による神経学的干渉を考慮することで検証が可能である。

研究成果の概要（英文）：The aim of this study was to elucidate postural control abilities to adapt against sensory conflicts induced by a foam rubber mat under the unilateral foot or Stroop task. The healthy subjects and ambulatory individuals with hemiparesis who are living at home could manage the proprioceptive conflict from the unilateral foot within three sessions of standing trials with closed eyes and the improvement ratio of COP regulations correlated with the Romberg quotients in the first standing trial. Changes of postural characteristics induced by a concurrent cognitive task showed different patterns according to the side of the lesion. The relationship between the postural measures and clinical indices for hemiparetic patients may be explained by a combination of compensatory postural control mechanisms and neural interference from the color-naming task.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	7,300,000	2,190,000	9,490,000
2011 年度	3,800,000	1,140,000	4,940,000
2012 年度	2,800,000	840,000	3,640,000
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：リハビリテーション・運動学習・姿勢制御

1. 研究開始当初の背景

脳卒中をはじめとする中枢神経疾患のリハビリテーション（以下リハ）治療は、運動麻痺などの機能障害に対して日常生活に必

要な動作を習得させるための運動学習によって展開される。学習課題を動機付けて運動スキルの統合を図るためのツールは感覚フィードバック（以下 FB）であり、課題を遂行

することで得られる運動の軌道やスピード、成果などを患者自身が処理し、よりよいパフォーマンスを再現するための運動コマンドを記憶することで新たな運動スキルが獲得される。近年では、脳損傷後の神経生理学的見地から、非麻痺肢からの感覚入力を抑制して麻痺肢使用を強制する拘束運動療法や、視覚 FB を用いて麻痺肢の機能回復を図るミラーセラピーや観察学習法などが行われている。しかし、中枢神経疾患では運動学習を司る神経機構そのものが障害されている場合があることから、感覚 FB を処理できる能力に応じた運動課題の設定が重要になる。ところが、運動学習という観点から患者を評価し、運動療法における課題とその感覚 FB を選定する体系的な治療方略は取られておらず、自立を促したい日常生活動作を反復させる中で療法士の技量に基づいた FB の選定が個々の症例に対して行われているのが現状である。運動学習の神経機構が解明されつつある中で、運動スキルの定着を促進するために用いられるべき感覚 FB を規定した治療指針を確立することは、リハ医学が果たすべき責務であり、急性期～回復期のリハ医療の質の向上に大きく貢献すると推察される。

神経学的機構からみた運動学習の種類は、新しい道具などの使用において動作の順序を習得する学習と、バランスや歩行などの身体運動を適正化する学習に大別される。脳卒中患者を対象とした運動学習に関する近年の臨床試験では、道具使用のための順序学習にはエラーを呈示して顕在的に学習を進める方が記憶障害の有無にかかわらず有効であるのに対して、バランス学習では顕在学習よりも潜在学習 (implicit learning) によって習得させた方が異なる認知課題が付加されても学習効果が保たれることが報告されている。これらはまさに、学習課題と感覚 FB の教示法との関係を重要視するべきであることを示唆する。特に、多様な障害像を呈する脳卒中患者では、運動学習能力を系統的に評価するシステムが必要であることは言うまでもない。順序学習における潜在学習能力評価は系列反応時間課題を用いて検討されているが、急性期～回復期の日常生活動作自立の条件として重要な身体バランスの習得に必須である適応能力を評価する方法は体系化されていないのが現状である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、急性期～回復期の運動療法で重要な姿勢制御に関する運動学習能力を客観的かつ簡易に評価する方法を確立す

ることである。片麻痺や下肢切断患者でみられるように、リハ医療において立位制御を再獲得させて行く過程は、片側下肢・体幹の機能障害を非障害側で代償しながら適応するバランス学習に基づくことが多いことから、片側下肢からの固有感覚情報をラバーマットによって攪乱した条件下での立位保持課題の反復における立位制御の適応過程を健常者および片麻痺患者で検証することを主たる目的とした。加えて、立位反復課題を用いた片側下肢による代償的立位制御の評価を下肢人工関節置換術周術期で実施し、立位姿勢評価法としての有用性を検証した。さらに、立位制御は視覚・前庭覚・固有感覚情報によって制御され、認知課題の付加によって影響されることが知られることから、片麻痺患者における代償的運動制御に基づく姿勢制御の病態を臨床的指標との関係を検討することで明らかにすることを目的とした。

3. 研究の方法

運動学習能力は運動課題におけるエラーの減少として評価することが基本となる。代償的運動制御に基づく非対称的な立位制御系を定量化するために、2枚の重心動揺計 (ツイングラビコーダ: G-6100, アニマ社製) を用いて、足底圧軌跡を左右別々に評価することで立位制御の変化を検証した。

(1) 片側下肢にラバーマットを適用した固有感覚情報攪乱条件下での立位反復課題における姿勢制御学習

① 健常者 48 名 (20-40 歳の若年群 24 名、45-78 歳の脳卒中対照群 24 名) の片側下肢および片麻痺患者 24 名 (47-78 歳; 右片麻痺 12 名) の麻痺側下肢に厚さ 35mm、密度; 0.162g/cm^2 のラバーを適用し、補正板で対側足部の高さを調整した上で、足幅 10cm での 30 秒間の立位保持課題を開眼および閉眼条件で 5 試行反復させ、その適応過程を床反力計から得られる足圧中心 (Center of pressure: COP) 指標を用いて解析した。

② 片側下肢人工関節術前の患者 26 名を対象に、閉眼で患側下肢にラバーを適用した条件下での 30 秒間の立位保持反復課題における COP 関連指標を計測し、退院時の変化を検証した。

(2) Stroop 課題が片麻痺患者の立位制御に及ぼす影響

脳卒中患者の立位制御に認知課題が及ぼす影響を明らかにする目的で、慣れ現象が少なく、容易に実施できる Stroop 課題を用いて検討した。

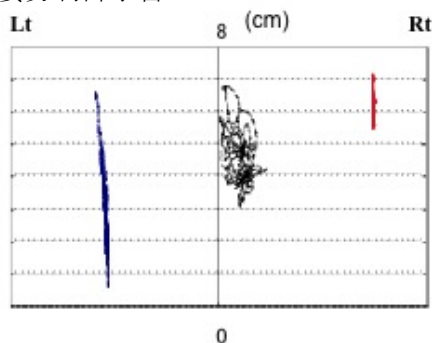
① Stroop 課題施行中における立位制御パ

ターンと前頭葉の脳血流変化を、重心動揺計と近赤外線光トポグラフィ装置を同期化して計測した。Stroop 課題は、コンピュータ画面上に呈示された赤・青・緑・黄のいずれかの色で塗られた色丸を呼称する課題と、赤、青、緑、黄の各漢字をその意味と異なる色で書いた文字を呈示し、その意味ではなく色を呼称する課題とし、被験者はシンボルが呈示されたら出来る限りはやく呼称するように指示した。脳血流変化は数秒間遅延して同定されることから、シンボル呈示前5秒間と呈示後15秒間のデータを20試行について解析した。健常者は8名(平均年齢20±1歳)とし、脳卒中患者は右後頭葉出血によって記憶障害と左上1/4半盲を呈する32歳とした。

② 片麻痺患者における代償的立位制御が Stroop 課題によってどのように影響され、その変化が麻痺の重症度や臨床的バランス指標と関与するか否かについて、生活期にある30名の片麻痺患者(右片麻痺15名)と15名の健常対照群を対象に検討した。計算や逆唱、Stroop 課題などを認知課題として適用し、二重課題下での立位制御を検証する従来の方法では、呼称する数等の負荷量を規定せずに解析されてきた。本研究では、準備実験でのデータから、呼称する数が COP 指標に影響を及ぼすことが示唆されたため、シンボル呈示は2秒毎として、開眼条件、NS(Natural Stroop)条件、IS(Incongruent Stroop)条件での60秒間の立位制御の COP 指標を比較検討した。<統計解析>GraphPad Prism を使用し、ANOVA にて多重比較検定後、有意差を認められた群について Bonferroni テストを用いて検定した。また、COP 関連指標と臨床的指標との関係については Pearson の相関係数を算出した。いずれも有意水準は5%とした。

4. 研究成果

(1)片側下肢にラバーマットを適用した固有感覚情報攪乱条件での立位反復課題における姿勢制御学習



右(青)、左(赤)および身体全体の COP 軌跡

①片麻痺患者における立位制御の評価

ラバーマットによる片側下肢の固有感覚情報攪乱によって、COP 軌跡は対側で前後に大きく動揺する非対称パターンを呈した。第1試行における左右 COP の前後方向の総軌跡長(平板側/ラバー側)は、若年群で $46.3 \pm 12.8 \text{ cm} / 31.8 \pm 7.8 \text{ cm}$ ($P < 0.0005$)、対照群で $57.6 \pm 15.3 \text{ cm} / 38.6 \pm 16.9 \text{ cm}$ ($P < 0.005$) であった。

開眼条件での立位反復課題において、左右・前後方向の COP 総軌跡長は、グループ間で有意差を認めた ($P < 0.001$)。左右方向の総軌跡長は、試行間で有意差を認め、Bonferroni テストにて片麻痺群の第2試行で有意な増加を認めた ($P < 0.05$)。一方、前後方向の総軌跡長には ANOVA において有意な交互作用を認めた ($P < 0.05$)。実効値は、左右方向でグループ間に有意差を認めたが、試行間での変化は同定されなかった。

以上の結果から、健常者は、視覚情報があれば最適化された代償的姿勢制御を第1試行目において適用し得ると考えられた。一方、片麻痺群では、左右方向の総軌跡長が第2試行目で一過性に増大する現象が確認された。研究代表者は、脳卒中発症直後に片麻痺に対して立位姿勢を再構築する過程において同様の現象がみられることを報告した。麻痺側固有感覚情報の攪乱に対して立位姿勢制御を最適化する際に、左右方向の姿勢制御の枠組みを構築するうえでの探索的活動を反映していると推察された。

閉眼条件での立位反復課題では、左右・前後方向の COP の総軌跡長、実効値は、グループ間で有意差を認めた ($P < 0.0005$)。総軌跡長は、両方向ともに試行間で有意差を認め、Bonferroni テストにて、対照群、片麻痺群の第2試行以降の値は、第1試行に比べて有意に減少した ($P < 0.05$)。若年群においても、前後方向の総軌跡長は、第3および第5試行で有意な減少を認めた ($P < 0.05$) が、左右方向では有意差を認めなかった。また、実効値には試行間の差は認められなかった。

開眼条件では、片麻痺群の左右方向総軌跡長の第2試行以外に、試行間での有意な変化は同定されず、片側下肢からの固有感覚攪乱に対する代償的姿勢制御は、視覚情報のもとで管理されていると考えられたため、開眼時に対する閉眼時の動揺の比、すなわち Romberg 率は、開眼条件での第1試行の値を用いて検討した。

前後方向の総軌跡長の Romberg 率は、グループ間で有意差を認めた ($P < 0.05$) が、左右方向では有意ではなかった ($P = 0.059$)。両方

向ともに交互作用は認めず、Bonferroni テストにて前後方向の総軌跡長 Romberg 率は、第 2 試行以降で第 1 試行よりも有意に減少した ($P<0.05$)。左右方向においても、若年群、対照群で試行の反復による有意な減少を認めしたが ($P<0.05$)、片麻痺群では有意差を認めなかった。実効値の Romberg 率については、前後方向でグループ間に優位さを認めたが、試行間の差は同定されなかった。

以上の結果から、閉眼条件では、試行の反復によって COP 活動量を管理する適応過程がみられることが明らかとなったが、その変化には各群で以下に示す特性が確認された。

<若年群> 左右方向では試行間の変化は同定されず、前後方向でも他の 2 群に比べて顕著ではなかったことから、視覚情報がなくても、立位制御の活動量を第 1 試行目で管理する能力を若年群は有していると推察された。一方、総軌跡長の Romberg 率は両方向ともに減少しており、視覚情報がなくなったことによる動揺量を減らすための適応過程が本法によって検出されることが示唆された。

<対照群> 総軌跡長の絶対値および Romberg 率は減少することから、片側下肢からの固有感覚情報が攪乱された条件下で視覚情報が欠落すると、第 1 試行目では十分な立位制御の適応が図られず、試行の反復によって最適化が図られることが示唆された。

<片麻痺群> 対照群と同様に、試行の反復によって立位制御の活動量を管理することはできるが、左右方向の Romberg 率を管理することはできず、片麻痺群は左右方向の重心動揺を視覚情報に依存して制御していることを裏付けていると考えられた。

Romberg 率を 1 に近づけることが、閉眼条件下での姿勢制御の目標となると考えられることから、第 1 試行時の Romberg 率の大きさと閉眼条件下での重心動揺指標の改善率との相関の有無を各群について検討した。若年群、対照群では、両方向の総軌跡長および左右方向の実効値で、両者に有意な正の相関を認めた ($P<0.05$)。前後方向の実効値についても、若年群では第 4, 5 試行、対照群では第 3 試行での改善率と有意な正の相関が確認された ($P<0.05$)。一方、片麻痺群では、前後方向の総軌跡長および両方向の実効値で有意な相関が同定された ($P<0.05$) が、左右方向の総軌跡長には有意な相関を認めなかった。また、閉眼条件下での総軌跡長、実効値の改善率と、Fugl-Meyer アセスメントによる下肢運動麻痺の重症度、Berg バランス指数との相関は同定されなかった。

第 1 試行時の Romberg 率と COP 指標の改善

率との間には、総軌跡長だけでなく、実効値についても相関が認められ、閉眼条件において姿勢制御を適応させる目標となっていることが示された。しかし、片麻痺群では、左右方向の総軌跡長を管理する能力にはばらつきがあり、片麻痺患者における左右方向の立位制御が視覚情報に依存していることを反映する結果として捉えられた。

以上の結果から、片側下肢の固有感覚情報攪乱に対する姿勢制御の適応能力は、閉眼条件下での立位反復課題における COP 指標の改善率によって評価することが可能であり、高齢群、片麻痺群では、3 回の立位反復課題を実施することによって代償的姿勢制御の適応能力を判定することが可能である。

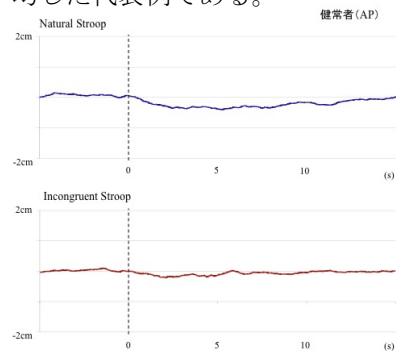
②人工関節置換周術期の立位制御の評価

患側下肢にラバーマットを適用した 30 秒間の立位保持反復課題 (3 試行) では、術前後ともに第 1 試行に対して第 2, 3 試行での総軌跡長、実効値が有意に減少した。術前後において、閉眼・ラバー負荷に即時的に適応する能力として算出した第 1 試行における術前後の実効値の比は、術前の第 1 施行時に対する 3 試行目の改善度と有意な相関を示した ($P<0.01$)。本法によって計測された立位制御の適応能力は、感覚情報の変化に対する術後の立位制御能力を反映することが示唆された。

(2) Stroop 課題が片麻痺患者の立位制御に及ぼす影響

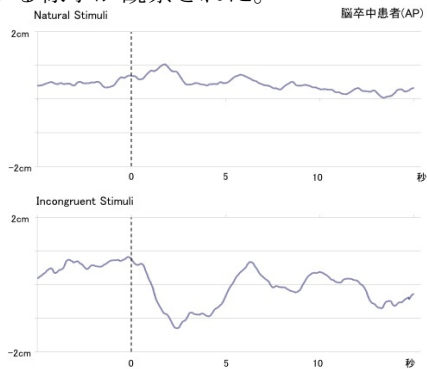
① Stroop 課題施行中における立位制御パターンと前頭葉の脳血流変化

下図は、健常者におけるシンボル呈示前後の前後方向の COP 軌跡を 20 試行について加算平均した代表例である。



色丸呼称 (NS) 条件、色漢字呼称 (IS) 条件ともに、安静立位時に比べてシンボル呈示後にそれぞれ後方へ約 4mm、2mm 変位した。左右方向についても、シンボル呈示後に被験者によって COP が一方向に変位する傾向がみられたが、一定の変化は認められず、NS 条件と IS 条件との間に変位距離に有意差は同定されなかった。

一方、脳卒中患者では、下図に示すように、NS条件において4mm前方へ重心が変位したのに対して、IS条件においては20mm後方に変位する様子が観察された。



健常者において Stroop 呼称課題における前頭葉の脳血流変化は、NS条件に比べてIS条件における左下前頭回部における酸素化ヘモグロビン (Oxy-Hb ; -2.62 ± 32.56 vs. 12.69 ± 19.34) および総合ヘモグロビン (Total-Hb ; -10.61 ± 46.05 vs. 16.12 ± 32.17) 値が有意に増大した ($P < 0.05$)。

脳卒中患者では、NS条件、IS条件ともに、両側下前頭回部に相当する部位で、Oxy-Hb、Deoxy-Hb、Total-Hb はすべて低下し、特に左前頭回部での減少が顕著であった。

立位制御の自動性を計測する手段として適用されるIS条件でのStroop課題を、単純な色呼称課題であるNS条件での変化と比較することで、いわゆるStroop効果が立位制御に及ぼす影響を解析することができる。本研究では、呼称課題による重心動揺の変化を刺激毎に加算平均することで、前後および左右方向の動揺パターンを明らかにした初めての研究である。若年健常者では、刺激呈示後にはCOPが後方へ変位する傾向がみられたが、前後および左右方向ともに、NS条件とIS条件との間で重心動揺の最大揺れ幅に有意差は見られず、Stroop課題が立位制御の中で処理されていることが明らかとなった。一方、右後頭葉が障害された脳卒中患者では、NS条件では、健常者と同程度の動揺であったが、IS条件においてはCOP軌跡が後方へ大きく変位した。立位は基本的に前傾姿勢をとり、足底面では足関節軸よりも約5cm前方で管理されている。重心を後方へ変位させる姿勢戦略は、足関節の“stiffness”の管理が困難となった場合に観察され、片麻痺患者の立位適応においても報告されている。

立位姿勢でのStroop課題に際して健常者では、左下前頭回部における血流増大が確認された。Stroop課題における近赤外線光トポグラフィを用いた報告では、下前頭回は両側

性に血流が増加することが示されており、この違いは立位で課題を実施していることに起因するかもしれない。すなわち立位姿勢の制御・安定・学習には右半球が関与しているため、右下前頭回にはStroop課題による血流変化として捉えることができなかった可能性がある。一方、fMRIの研究において、一文字の呼称では左下前頭回部の活動が最も活発であるという結果と本研究の結果は一致していた。

右後頭葉に病巣を有する脳卒中患者では、両側下前頭回でのOxy-Hb、Total-Hbが、Stroop課題において逆に低下した。色呼称課題においても低下していることから、視覚刺激に対する応答の過程で影響があるのかもしれない。このようにNIRSには有用性が高いといわれるfMRIとの同調や、健常な脳と障害のあるそれとの違いを簡便に提示できる点で臨床場面においては有効である。

立位の制御と脳血流の変化の関連については、脳血流の計測も前頭葉に限っており、例数も少ないことから、本研究の結果のみでは明確なことは言えないが、健常者と脳卒中患者との間には、Stroop効果における立位制御と脳血流変化に明らかな違いがあることが示唆された。認知課題が立位制御に与える影響を脳血流の変化とともに検証していくことで、立位制御における神経機構が解明できる可能性がある。

② Stroop 課題による片麻痺患者の代償的立位制御の変化

対照群、右片麻痺群、左片麻痺群において、開眼条件、NS条件、IS条件での前後方向の総軌跡長は、グループ間で有意差を認め、Bonferroniテストにて、右片麻痺群では、開眼条件に比べてNS条件 ($P < 0.01$) およびIS条件 ($P < 0.0001$) で有意に大きかった。一方、前後方向の重心動揺周波数は、Bonferroniテストにて、左片麻痺群では、開眼条件に比べてNS条件 ($P < 0.01$) およびIS条件 ($P < 0.01$) で有意に高かった。左右及び前後方向の実効値は、グループ間で有意差を認めたが、Bonferroniテストでは有意な差は同定されなかった。以上の結果から、右片麻痺と左片麻痺では、呼称課題における姿勢制御の様式が異なることが示唆された。

臨床的バランス指標として用いられているBergバランス指数は、右片麻痺群で、開眼条件における前後方向の総軌跡長 ($r=0.583$)、左右方向の総軌跡長 ($r=0.536$) および左右方向の実効値 ($r=0.520$) と正の相関を認めた ($P < 0.05$) が、左片麻痺群を含めて、NS条件、IS条件でのCOP関連指標と

は有意な相関は同定されなかった。

Fugl-Meyer アセスメントによる下肢運動麻痺の重症度についても、NS、IS 条件下での COP 関連指標との間に相関を認めなかったことから、Romberg 指数と同様に、開眼時の動揺に対する各条件での動揺の変化を Stroop 指数と定義して、運動麻痺およびバランス指標との相関を検討した。その結果、右片麻痺群の NS、IS 条件における前後方向の重心動揺周波数 (NS; $r=0.568$, IS; $r=0.580$)、下肢への荷重率 (NS; $r=0.551$, IS; $r=0.591$)、IS 条件における前後方向の総軌跡長 ($r=0.580$) と Berg バランス指数との間に有意な正の相関を認めた ($P<0.05$)。さらに、右片麻痺群の NS、IS 条件における左右方向の実効値と下肢運動麻痺重症度との間に正の相関を認めた (NS; $r=0.585$, $P<0.05$) (IS; $r=0.681$, $P<0.01$)。

右片麻痺群における臨床的バランス指標と開眼条件での COP 指標との相関は、視覚情報に基づく立位制御能力が動的姿勢制御に寄与していることを示唆している。さらに、右片麻痺群では、二重課題に際して立位制御での前後方向の動揺や重心動揺周波数を高める能力が、動的制御に必要とされる可能性がある。バランス能力が良好な右片麻痺患者では、Stroop 課題時に麻痺側下肢へ荷重するようになることから、認知課題等を行う日常生活の中で麻痺側下肢による立位制御を反復している患者でバランス能力が良好となる可能性が今回の研究ではじめて示された。

一方、左片麻痺患者において、呼称課題を含む立位保持課題に関連する指標は同定されず、静的立位制御においては代償され得るが、動的姿勢制御に際して問題となるような身体垂直性の認知障害等の別の要因が存在する可能性がある。

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)

[学会発表] (計 9 件)

- ① 長谷公隆. 片側下肢の不安定性に対する立位制御の適応過程に関する検討. 第 49 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2012 年 6 月 1 日、福岡国際会議場 (福岡)
- ② Hase K, Obara T, et al, Adaptation process for standing postural control on a foam rubber in individuals with hemiparesis. 9th World Congress on Brain Injury, March 21, 2012, Edinburgh International Conference

Centre (Edinburgh)

- ③ 長谷公隆. 臨床に役立つ立位・姿勢制御の解析. 第 41 回日本臨床神経生理学会・学術大会、2011 年 11 月 12 日、グランシップ静岡 (静岡)
- ④ 小原 朋子, 長谷公隆, 他. Stroop 課題における片麻痺患者の立位制御の解析. 第 41 回日本臨床神経生理学会・学術大会、2011 年 11 月 12 日、グランシップ静岡 (静岡)
- ⑤ 長谷公隆, 小原 朋子, 他. 立位制御の代償的適応過程に関する検討. 第 41 回日本臨床神経生理学会・学術大会、2011 年 11 月 12 日、グランシップ静岡 (静岡)
- ⑥ 長谷公隆, 他. 姿勢制御と臨床神経生理学 (教育講演). 第 42 回日本臨床神経生理学会・学術大会、2011 年 11 月 8 日、京王プラザホテル (東京)
- ⑦ 小原 朋子, 長谷公隆, 他. 片側下肢への Foam Rubber 付加と認知課題が立位制御に及ぼす影響. 第 48 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2011 年 11 月 2 日、幕張メッセ (幕張)
- ⑧ 長谷公隆. 片麻痺歩行に対する運動療法の展開. 第 2 回愛知県理学療法学会研修会、2010 年 9 月 26 日、名古屋市立大学病院大ホール (名古屋)
- ⑨ 小原 朋子, 長谷公隆, 他. Stroop 課題が脳卒中片麻痺患者の立位制御に及ぼす影響に関する検討. 第 47 回日本リハビリテーション医学会学術集会、2010 年 5 月 20 日、鹿児島市民文化ホール (鹿児島)

[その他]

ホームページ等

<http://www2.kmu.ac.jp/rehab/reserch.htm>
1

6. 研究組織

(1) 研究代表者

長谷 公隆 (HASE KIMITAKA)
関西医科大学・医学部・教授
研究者番号：80198704

(2) 研究協力者

小原 朋子 (OBARA TOMOKO)
慶應義塾大学・リハビリ医学・助教
研究者番号：70464980