

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 30 年 6 月 7 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01409

研究課題名(和文) 運動学習に寄与する姿勢制御の学習メカニズムと加齢の影響の解明

研究課題名(英文) Postural learning processes contributing to motor learning and the effects of aging

研究代表者

齊藤 展士 (Saito, Hiroshi)

北海道大学・保健科学研究所・助教

研究者番号：60301917

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：我々は、健常若年成人と健常高齢者を対象としてリーチ動作の繰り返し課題、反復重錘捕球課題、体性感覚系刺激課題を行い、ヒトの姿勢制御がどのようなメカニズムで適応および学習されるのか、加齢が姿勢制御のどの側面に影響を及ぼすかを検討した。研究の結果、運動パフォーマンスの学習に姿勢制御の変化が影響を与える可能性、足関節の運動と下腿三頭筋の筋活動が加齢により影響を受けること、体性感覚系がバランス能力の改善に強く影響を及ぼすことを明らかにした。

研究成果の概要(英文)：To examine how postural control adapts and aging affects which aspect of postural control, we investigated learning effects and aging effects on a repetitive reaching task, ball catching task and somatosensory system stimulating task in younger and elderly. The results of this study showed that changes in posture control may affect motor learning, the ankle joint motion and muscle activities of gastrocnemius are influenced by aging and somatosensory system strongly influences improvement in balance ability.

研究分野：リハビリテーション科学

キーワード：姿勢制御 筋活動 運動学習 体性感覚

1. 研究開始当初の背景

生活を送る上で上肢や体幹の運動は非常に重要であり、日常的に行う 95%以上の動作が上肢と体幹の運動を含む (Clark et al., Human Factors, 1990). これらの運動が適切に遂行できない場合、日常生活に大きな困難が生じる。その主な要因のひとつとして姿勢の不安定性が挙げられる。姿勢の不安定性は下肢の傷害、内部障害、中枢神経系障害だけでなく加齢による筋力や感覚系の低下によっても引き起こされる。その結果、運動時間の遅延などの運動能力の低下を引き起こす (Cook & Woollacott, 2000). そのため、中枢神経系は随意運動を起こす前後に姿勢筋を適切なタイミングで活動させ、姿勢の安定性を保持する。このような随意運動の遂行を補償する姿勢制御システムの役割はよく知られている (Le Bozec & Bouisset, Exp Brain Res, 2004, 他). そこで我々は、運動機能の改善と姿勢制御の変化に着目し、それらの関係を調べた。その結果、リーチ動作を何度も繰り返し行うことにより姿勢学習が早期に起こり、運動学習がその影響を強く受ける可能性を発見した (Saito et al., 2007). リハビリテーションによる上肢運動機能の再獲得は、姿勢が不安定な者で困難な場合が多いため、上肢の運動学習に影響を及ぼす可能性のある姿勢学習のメカニズムを詳細に理解することは、運動の再獲得に極めて重要だと考える。しかしながら、他の運動課題や上肢運動の獲得が困難な高齢者において、我々の結果が支持されるかは未だ検証できていない。

2. 研究の目的

立位で上肢による運動課題 (リーチ動作課題、重錘捕球課題) を繰り返し行わせ、上肢運動学習と姿勢学習との関係を明らかにする。また、加齢の影響を調べ、若年者と高齢者の学習効果の違いを明らかにすることを旨とする。さらに、姿勢の制御に関連の深い姿勢筋への振動刺激や足底への寒冷刺激を与え、姿勢学習における体性感覚系の役割を解明する。

(1) リーチ動作課題

運動課題を提示されたとき、繰り返し訓練を行うことで、正確さ、力、反応時間、運動時間、最大速度のような運動パフォーマンスは改善する (Singer, 1980)。また、姿勢制御も練習や経験を通して変化する (Saito et al., 2011)。そして、立位で機能的かつ正確な上肢運動を行うためには、姿勢制御による補償が必要とされる。立位でリーチ動作を適切に遂行するには体幹や下肢が上肢と協調して働き、上肢運動による姿勢の動揺を抑制する必要がある。若年者においてリーチ動作を繰り返し行うと上肢の運動パフォーマンスが改善し、姿勢制御も変化する (Saito et al., 2014)。しかしながら、神経筋や運動学習の能力が低下する高齢者において、動作課題の繰り返しによる運動と姿勢への影響は明らかでない。

高齢者においてリーチ動作の繰り返しによる上肢運動パフォーマンスと姿勢制御の変化を調べ、若年者と比較した。

(2) 重錘捕球課題

繰り返しのトレーニングにより、姿勢の制御能が向上することは近年確認されている。立位において目標に合わせて肩関節の屈曲動作を繰り返すと、足圧中心 (center of pressure, COP) の動きが減少する (Galgon et al., 2009)。また、肩の高さでボールの捕球を繰り返すと有意に筋活動開始時間が早くなり、COP の予測的な動きが増加する (Neeta et al., 2015)。このように、姿勢の変化は観測されるが、上肢運動との関係についてまで調べた研究はほとんどない。臨床現場において上肢の運動機能が正常に保たれているにも関わらず、姿勢が不安定で適切な上肢運動が困難な患者は多い。このことは、機能的な上肢運動に姿勢が関与していることを示唆している。そこで今回、運動療法として臨床現場で多く取り上げられる捕球動作の繰り返しにより、上肢運動や姿勢制御がどのように変化するか、その関係性を調べた。

(3) 体性感覚系刺激課題

ヒトの立位姿勢制御において、足底メカノレセプターからの求心性情報は、立位姿勢の安定化に重要な役割を果たしている。そのため、足底や下腿の体性感覚情報を増加させることで姿勢制御に有益な効果をもたらすと考えられている。このような観点から、筋への振動刺激は筋紡錘の働きに影響を及ぼすため、体性感覚情報が増大し、身体動揺が減少すると報告されている。一方、寒冷刺激は感覚神経の働きを減弱させるため、求心性の体性感覚情報が減少し、身体動揺が増大すると報告されている。このような背景から、足底への寒冷刺激により姿勢制御能力が低下した対象者に下腿三頭筋への振動刺激を与えることで、姿勢制御能の改善が図れるかどうかを検討した。姿勢制御機能の低下した患者に振動刺激を実施することの有益性を調べた。

3. 研究の方法

(1) リーチ動作課題

若年者 12 名 (22.5±2.2 歳) と高齢者 10 名 (71.1±3.6 歳) を対象とした。静止立位から音刺激後、リーチ可能な最大距離に設置した目標物へ可能な限り素早く、正確に右手を伸ばすように指示した。疲労を考慮し、休憩を取りつつ、100 試行繰り返しリーチ動作を行わせた。右手の最大速度、股関節最大屈曲角度、足関節最大背屈角度、リーチ動作開始から右手が最大速度に達するまでの前脛骨筋の筋活動量、最大速度に達してから動作終了までの腓腹筋の筋活動量について解析を行った。1-10 試行の平均値と 91-100 試行の平均値を比較した。

(2) 重錘捕球課題

健常若年者 11 名 (平均年齢 23 歳, 男性 7 名 女性 4 名) を対象として行なった。被験者は両手を剣状突起の高さに合わせた状態で床反力計上に立ち, 頭上から落ちてくるメディシンボール (2kg) を捕球するよう要求された。メディシンボールは, 被験者の剣状突起から 1 m 高い位置から落下させた。10 回を 1 セットとし, 疲労させないように休憩をとりつつ 5 セット (計 50 試行) 行なった。三次元動作解析装置 (高速度デジタルカメラ (100Hz) 7 台, 反射マーカー 17 個) と床反力計 1 枚を使用した。右手の移動距離と股関節・膝関節・足関節の最大屈曲角度を算出した。また床反力計からのデータを用いて COP の変位を算出した。課題の繰り返しによる変化を 10 回毎に比較した。

(3) 体性感覚系刺激課題

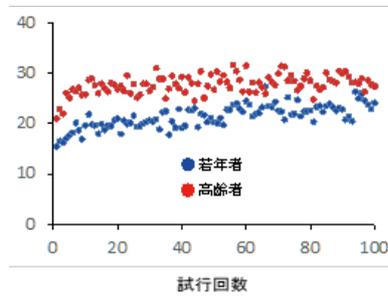
神経・筋系疾患の既往がない 14 名 (男性 7 名, 女性 7 名, 年齢 20.7 ± 1.1 歳, 身長 166.5 ± 7.8 cm, 体重 55.9 ± 5.7 kg) を対象とした。被験者は閉眼で静的立位を 30 秒間保持した (static 課題)。直後に足関節背屈運動のみを使用して (股関節を屈曲させない) 身体を最大限前方へ変位させ, その肢位で 10 秒間保持した (dynamic 課題)。これらの課題を以下の 3 つの条件で行なった。条件 1: 体性感覚刺激なし条件 (コントロール条件)。条件 2: 足底への寒冷刺激条件; 足底を 10 未満になるよう 5 分間冷却した。冷却前後で痛覚・触覚の減弱ならびに体表温度の低下を確認した。条件 3: 振動刺激条件; 足底への寒冷刺激条件と同時に下腿三頭筋への振動刺激 (100Hz) を 5 分間加えた。冷却効果の確認は寒冷刺激条件と同様の方法で行なった。試行順は被験者毎にランダムとした。

4. 研究成果

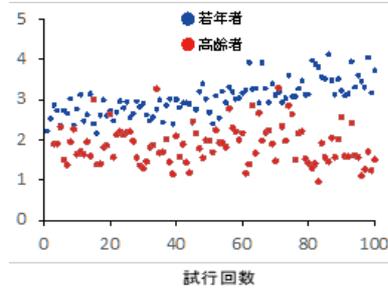
(1) リーチ動作課題

若年者はリーチ動作の繰り返しにより, 足関節背屈角度と股関節屈曲角度の両方が改善し, 運動速度も増加した (図)。このことは, リーチ動作の運動パフォーマンスを改善させるために, 若年者は足関節運動と股関節運動の両方を変化させる可能性を示唆している。一方, 高齢者において運動パフォーマンスの改善はみられたが, その変化は小さかった。また, 股関節屈曲角度は変化したが, 足関節角度は変化しなかった (図)。このことは, 高齢者は股関節戦略に頼ってリーチ動作を改善させる傾向にあることを示唆している。高齢者の運動パフォーマンスを更に改善し, 若年者の運動パフォーマンスに近づけるためには, 前脛骨筋が機能的に働くような足関節戦略を用いたトレーニングを繰り返すことが有効なのではないかと考える。

最大股関節屈曲角度 (deg)



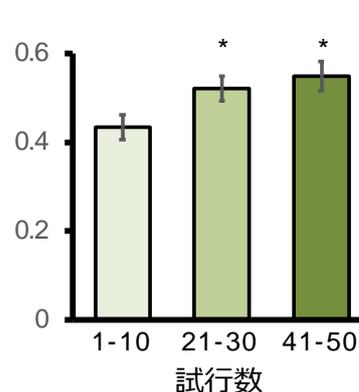
最大足関節背屈角度 (deg)

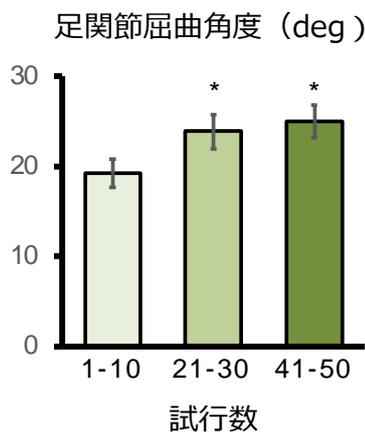
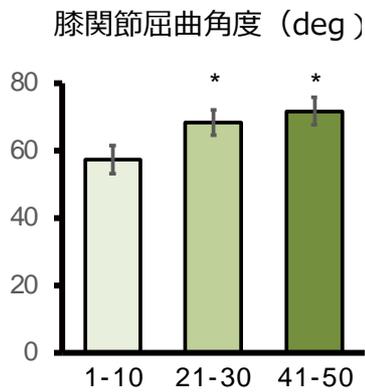


(2) 重錘捕球課題

捕球動作の繰り返しにより上肢の移動距離は増加した (図)。このことは, 長い距離でボールを受け止めることで下方向への加速度を減少させ, 衝撃を吸収していることを示唆している。また膝関節・足関節の最大屈曲角度は増加した (図)。このことは, 下肢を柔らかく動かして上肢運動を補助していることを示唆している。さらに COP の前方移動距離が減少していることは, 姿勢が安定化していると言える。本研究の結論として, 手を大きく動かし, 足関節背屈運動と膝関節屈曲運動を促すように指示して捕球動作を繰り返せば, 少ない試行で上肢運動は適応して, 姿勢は安定化する可能性が示唆された。

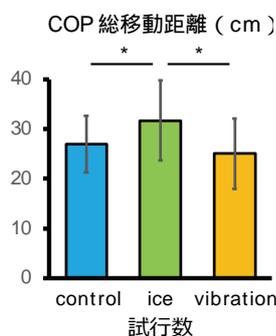
上肢の移動距離 (m)



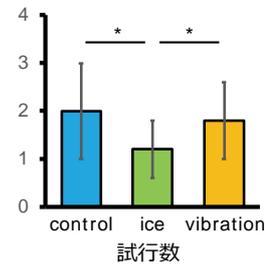


(3) 体性感覚系刺激課題

寒冷刺激条件では股関節戦略を主に用いた姿勢制御に変化した。これは、足底への寒冷刺激により足底メカノレセプターからの求心性情報の低下が足関節戦略による姿勢制御を減少させたと考えられる。これにより、足関節周囲筋の活動による姿勢制御機能が低下したと推測される。振動刺激条件において下腿三頭筋に対する振動刺激により、筋紡錘の活動性が変化し、寒冷刺激による足関節戦略から股関節戦略への移行を抑え、足関節戦略による姿勢制御を可能にしたと考えられる。それにより姿勢制御機能が向上し、重心総軌跡長、重心動揺面積の減少、そして重心前方移動距離の増加すなわち前方への安定性限界の延長が起こったと考えられる(図)。これは下腿三頭筋への振動刺激による体性感覚情報の増加が、姿勢制御において重要な身体の偏位に関する感度を高めた結果を示していると考えられる。



足関節背屈角度 (deg)



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) 笠原敏史, 小松夏来, 齊藤展土, 遠藤沙紀: 高齢者の立位での運動停止の特徴. 理学療法科学, 印刷中(査読有り).
- 2) 笠原敏史, 遠藤沙紀, 齊藤展土, 小松夏来: 静的立位姿勢へのベクション効果の持続性についての検討. 理学療法科学, 印刷中(査読有り).
- 3) Ueno R, Ishida T, Yamanaka M, Taniguchi S, Ikuta R, Samukwa M, Saito H, Tohyama H: Quadriceps force and anterior tibial force occur obviously later than vertical ground reaction force: a simulation study. BMC Musculoskelet Disord. 18:467, 2017. DOI: 10.1186/s12891-017-1832-6.
- 4) Koshino Y, Ishida T, Yamanaka M, Ezawa Y, Okunuki T, Kobayashi T, Samukawa M, Saito H, Tohyama H: Kinematics and muscle activities of the lower limb during a side-cutting task in subjects with chronic ankle instability. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 24:1071-1080, 2016. DOI: 10.1007/s00167-015-3745-y.
- 5) Chiba T, Yamanaka M, Samukawa M, Saito H, Sabashi K, Tohyama H: The relationship between the load on the knee joint during walking and the biomechanical characteristics of single-leg standing. J. Phys. Ther. Sci. 28: 2199-2203, 2016. DOI: 10.1589/jpts.28.2199.
- 6) Kasahara S, Saito H, Anjiki T, Osanai H: The effect of aging on vertical postural control during the forward and backward shift of the center of pressure. Gait Posture 42: 448-454, 2015. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2015.07.056.
- 7) Ishigaki T, Ishida T, Samukawa M, Saito H, Hirokawa M, Ezawa Y, Sugawara M, Tohyama H, Yamanaka M: Comparing trapezius muscle activity in the different planes of shoulder elevation. J Phys Ther Sci 27: 1495-1497, 2015. DOI: 10.1589/jpts.27.1495.
- 8) Ishigaki T, Ishida T, Samukawa M, Saito H, Ezawa Y, Hirokawa M, Kato T, Sugawara M, Tohyama H, Yamanaka M: Does restriction of glenohumeral horizontal adduction reflect posterior capsule thickening of the throwing

shoulder? J Phys Ther Sci 27: 1299-1302, 2015. DOI: 10.1589/jpts.27.1299.

- 9) Kasahara S, Saito H: Effect of loading parameters on motor performance during a dynamic weight-shift task. Gait & Posture 41: 100-105, 2015. DOI: 10.1016/j.gaitpost.2014.09.009.

〔学会発表〕(計 34 件)

- 1) Ryo Ueno, Tomoya Ishida, Masanori Yamanaka, Shohei Taniguchi, Mina Samukawa, Hiroshi Saito, Harukazu Tohyama: Correlative Relationship Between Gluteus Medius Force and KneeValgus Moment During Drop Vertical Jump Task in Female Subjects. 64th Orthopaedic Research Society Annual Meeting, New Orleans, LA, 2018.3.
- 2) Satoshi Osuka, Yamanaka M, Miura T, Saito Y, Ueno R, Samukawa M, Saito H, Toyama H: Changes in Feedforward Activation of the Deep Abdominal Muscles Associated with Trunk Rotationla Torque in Subjects with Non-specific Chronic Low Back Pain. 64th Orthopaedic Research Society Annual Meeting, New Orleans, LA, 2018.3.
- 3) 笠原敏史, 齊藤展土, 遠藤沙紀, 小松夏来: 立位姿勢時の運動制動能力への加齢の影響. 第 72 回日本体力医学会大, 松山市, 2017.9.
- 4) 齊藤展土, 笠原敏史, 鈴森雄貴, 山中正紀: リーチ動作の繰り返しによる高齢者の運動パフォーマンスと姿勢制御の変化. 第 72 回日本体力医学会大, 松山市, 2017.9.
- 5) 笠原敏史, 齊藤展土: 前方足圧中心移動時の高齢者の反応時間の遅延と下肢筋活動抑制の低下. 第 52 回日本理学療法学会大会, 千葉市, 2017.5.
- 6) 横山美翔, 寒川美奈, 宮崎未来, 石田優子, 鈴森雄貴, 生田亮平, 奥貫拓実, 佐橋健人, 齊藤展土, 遠山晴一, 山中正紀: 月経前症候群に対するストレッチ介入効果の検討. 第 52 回日本理学療法学会大会, 千葉市, 2017.5.
- 7) 大須賀聡, 山中正紀, 三浦拓也, 齋藤優輝, 上野亮, 寒川美奈, 齊藤展土, 遠山晴一: 体幹回旋を伴う上肢運動時の体幹ローカル筋筋活動 onset の検討. 第 52 回日本理学療法学会大会, 千葉市, 2017.5.
- 8) 佐橋健人, 山中正紀, 千葉健, 寒川美奈, 齊藤展土, 由利真, 堀弘明, 遠山晴一: 変形膝関節症症例における Functional Reach Test と QOL との相関性の検討. 第 52 回日本理学療法学会大会, 千葉市, 2017.5.
- 9) 千葉健, 山中正紀, 寒川美奈, 齊藤展土, 由利真, 堀弘明, 佐橋健人, 遠山晴一: 歩行中の外的膝内転モーメントと片脚立位移行動作での生体力学的指標との関連.

第 52 回日本理学療法学会大会, 千葉市, 2017.5.

- 10) Sabashi K, Yamanaka M, Chiba T, Samukawa M, Saito H, Yuri M, Hori H, Tohyama H: Association of Functional Reach Test with Quality of Life in Patients with Knee Osteoarthritis. Osteoarthritis Research Society International World, Las Vegas, USA, 2017.4.
- 11) Chiba T, Yamanaka M, Sabashi K, Samukawa M, Saito H, Kobayashi T, Toyama H: Comparison of trunk and pelvic kinematics during single-leg standing between individuals with knee osteoarthritis and healthy subjects. Osteoarthritis Research Society International World, Las Vegas, USA, 2017.4.
- 12) Yuki Saito, Masanori Yamanaka, Takuya Miura, Takumi Ino, Yoshiaki Kataoka, Satoshi Osuka, Mina Samukawa, Hiroshi Saito, Harukazu Tohyama: The Comparison of the Thickness of Abdominal Muscle between Traditional Motor Control Exercise and Sling Exercise. 63th Orthopaedic Research Society Annual Meeting, San Diego, USA, 2017.3.
- 13) Ryo Ueno, Tomoya Ishida, Masanori Yamanaka, Shohei Taniguchi, Mina Samukawa, Hiroshi Saito, Harukazu Tohyama: Peak Times of Quadriceps Force And Anterior Tibial Force Are Significantly Later Than That of Vertical Ground Reaction Force During Single Leg Landing. 63th Orthopaedic Research Society Annual Meeting, San Diego, USA, 2017.3.
- 14) Saito H, Kinota T, Suzumori Y, Kasahara S, Yamanaka M: The Effect of Repetitive Ankle Dorsiflexion on Functional Stretch Reflex and Postural Sway while Standing. 39th annual meeting of the Japan neuroscience society, Yokohama, Japan, 2016.7.
- 15) Suzumori Y, Saito H, Samukawa M, Yamanaka M, Tohyama H: Improvements in motor performance and changes in postural control during a repetitive reaching task in elderly people. 39th annual meeting of the Japan neuroscience society, Yokohama, Japan, 2016.7.
- 16) 笠原敏史, 齊藤展土, 福田昂平: 体重心高が高齢者の動的立位平衡能力に与える影響. 第 16 回日本抗加齢医学会総会, 横浜市, 2016.5.
- 17) 齊藤展土, 山中正紀, 笠原敏史, 千葉健: 足関節背屈刺激の繰り返しによる機能的伸張反射の抑制効果と身体動揺への影響. 第 51 回日本理学療法学会大会 札幌市, 2016.5.
- 18) 奥貫拓実, 越野裕太, 遠山晴一, 堤香織, 生田亮平, 佐橋健人, 横山美翔, 江沢侑也, 寒川美奈, 齊藤展土, 山中正紀: Medial

- tibial stress syndrome 症例における走行時の後・前足部 kinematics および内側縦アーチの動態の検討. 第 51 回日本理学療法学会学術大会, 札幌市, 2016.5.
- 19) 大場健裕, 寒川美奈, 石田優子, 鶴喰涼, 鈴森雄貴, 三上兼太郎, 山口瑞樹, 横山美翔, 齊藤展土, 山中正紀, 遠山晴一: 足関節底屈筋筋腱複合体スティフネスとストレッチング効果の関連性について. 第 51 回日本理学療法学会学術大会, 札幌市, 2016.5.
- 20) 石田優子, 寒川美奈, 大場健裕, 鶴喰涼, 山口瑞輝, 横山美翔, 齊藤展土, 山中正紀, 遠山晴一: ハムストリングスの柔軟性が Sit and reach テスト時の骨盤傾斜および脊柱可動性に与える影響. 第 51 回日本理学療法学会学術大会, 札幌市, 2016.5.
- 21) 馬場周, 山中正紀, 石田知也, 谷口翔平, 上野亮, 生田亮平, 齊藤展土, 寒川美奈, 遠山晴一: 下腿側方傾斜角度を用いた drop vertical jump 着地時の膝関節外反角度の評価の試み. 第 51 回日本理学療法学会学術大会, 札幌市, 2016.5.
- 22) Taniguchi S, Ishida T, Tohyama H, Ueno R, Ikuta R, Koshino Y, Samukawa M, Saito H, Yamanaka M: The effects of the lateral trunk lean and gender-difference on the peak moment of the knee and hip in the frontal plane during single leg landing. 62nd Annual Meeting of the ORS, Orlando, USA, 2016.3.
- 23) Ikuta R, Ishida T, Tohyama H, Taniguchi S, Ueno R, Koshino Y, Samukawa M, Saito H, Yamanaka M: The pelvic lateral tilting at ground contact increases the knee abduction moment during a single leg landing task. 62nd Annual Meeting of the ORS, Orlando, USA, 2016.3.
- 24) Okunuki T, Koshino Y, Tohyama H, Igarashi M, Ezawa Y, Samukawa M, Saito H, Yamanaka M: Multi-segmental foot kinematics during walking in subjects with medial tibial stress syndrome. 62nd Annual Meeting of the ORS, Orlando, USA, 2016.3.
- 25) Saito H, Kasahara S, Yamanaka M: Changes in Muscle Activities and Joint Movements in Lower Limbs during Repeated Reaching Training. 12th International Congress of Physiological Anthropology, Chiba, Japan, 2015.10.
- 26) 齊藤展土, 山中正紀, 笠原敏史, 千葉健: 膝関節可動域制限による股関節・足関節運動と姿勢筋の筋活動への影響. 第 50 回日本理学療法学会学術大会, 東京特別区, 2015.6.
- 27) 秋山新, 笠原敏史, 齊藤展土, 湊恵理子: 若年者と高齢者のスクワット動作の比較. 第 50 回日本理学療法学会学術大会, 東京特別区, 2015.6.
- 28) 湊恵理子, 笠原敏史, 齊藤展土, 秋山新: 傾斜板上の足関節位の変化による立位バランスへの影響. 第 50 回日本理学療法学会学術大会, 東京特別区, 2015.6.
- 29) 三浦拓也, 山中正紀, 森井康博, 寒川美奈, 齊藤展土, 小林巧, 井野拓実, 遠山晴一: 腹横筋と腰部多裂筋の形態学的関連性. 第 50 回日本理学療法学会学術大会, 東京特別区, 2015.6.
- 30) 千葉健, 山中正紀, 齊藤展土, 田村紘一, 佐橋健人, 堀亨一, 由利真, 遠山晴一: 片脚立位移行動作と歩行における骨盤・体幹の運動学的挙動および外的膝外転モーメントの関係. 第 50 回日本理学療法学会学術大会, 東京特別区, 2015.6.
- 31) 笠原敏史, 齊藤展土: 加齢による運動停止課題への影響. 第 15 回日本抗加齢医学会, 福岡市, 2015.5.
- 32) Saito H, Kasahara S, Yamanaka M, Chiba T: Changes in postural control during a repetitive reaching task. The 17th International WCPT Congress, Singapore, 2015.5.
- 33) Chiba T, Yamanaka M, Saito H: Do the kinematics of the pelvis and the trunk during single-leg standing reflect the external adduction moment of the knee during walking? The 17th International WCPT Congress, Singapore, 2015.5.
- 34) Kasahara S, Saito H: THE EFFECT OF AGING ON THE VERTICAL POSTURAL ADJUSTMENT DURING THE COP-SHIFT TASK. The 17th International WCPT Congress, Singapore, 2015.5.
6. 研究組織
- (1)研究代表者
齊藤 展土 (SAITO HIROSHI)
北海道大学・大学院保健科学研究院・助教
研究者番号: 60301917
- (2)研究分担者
山中 正紀 (YAMANAKA MASANORI)
北海道大学・保健科学研究院・教授
研究者番号: 40166757
- 前島 洋 (MAEJIMA HIROSHI)
北海道大学・保健科学研究院・教授
研究者番号: 60314746
- 笠原 敏史 (KASAHARA SATOSHI)
北海道大学・保健科学研究院・助教
研究者番号: 10312422
- (3)研究協力者
千葉 健 (CHIBA TAKESHI)
北海道大学病院・リハビリテーション部・理学療法士
- 佐橋 健人 (SABASHI KENTO)
北海道大学病院・リハビリテーション部・理学療法士