

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 9 月 14 日現在

機関番号：11401

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K10919

研究課題名(和文)高齢者の転倒防止を目的とした6軸座位バランス機能評価・訓練装置の開発

研究課題名(英文)Development of 6-axis dynamic sitting balance device to prevent fall for elderly people

研究代表者

斉藤 公男(SAITO, KIMIO)

秋田大学・医学部附属病院・医員

研究者番号：20566153

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：われわれは、座位バランス機能評価・訓練装置を開発し、基礎となるバランス評価装置としての機能・精度検証を行った。精度検証では、検者内信頼性は0.815、検者間信頼性は0.789であった。また、本装置で計測できる体幹バランス能力の特性を知るため、既存のバランス評価バッテリーとの比較試験を行った。その結果、片脚起立や前後方向への反応などの動的な因子との間に有意な相関を認め、動的な因子と関連する特性をもつことが明らかになった。訓練装置としての活用として、仮想現実(VR)機器を併用したシステムの開発を行っており、今後継続する予定である。

研究成果の学術的意義や社会的意義

超高齢社会では、健康寿命が重要である。健康寿命を延ばすためには転倒予防は欠かせず、バランス能力評価は必須である。

本装置は、安全かつ簡便に定量的に体幹バランスを計測できる装置として開発された。また、座面を動かす機構を用いて体幹バランス訓練装置としての応用も検討されている。これまでの研究で、座った状態で安全かつ正確に動的なバランス能力を評価できることが示唆された。

今後はこれまでの研究結果を踏まえ、訓練装置としての活用を検討している。具体的には仮想現実(VR)との組み合わせでゲーム性を持たせた体幹バランス訓練プログラムの開発を行っている。

研究成果の概要(英文)：We developed a sitting balance device. This device can measure trunk balance safely and quantitatively. We verified accuracy of the device. The intra-rater reliability for the device was 0.815 (excellent) and the inter-rater reliability was 0.789 (excellent). We evaluated the characteristics of the trunk balance ability that can be measured by this device, a comparative test with an existing balance evaluation battery was conducted. As a result, a significant correlation was found between the existing balance evaluation battery and dynamic factors such as standing on one leg and reaction in the anterior-posterior direction, and it became clear that it has characteristics related to the dynamic factor.

This device aims to be utilized as a training device. We try to develop as training device with virtual reality (VR) equipment. We continue research.

研究分野：人間医工学

キーワード：バランス 体幹バランス 座位バランス 転倒 転倒予防 動的バランス

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

高齢者の転倒予防においてバランス機能評価は非常に重要である。しかし、身体能力の低下した高齢者に対して立位及び歩行でのバランス機能評価は評価そのものが転倒リスクとなり正確なバランス機能評価を行えない場合がある。我々は座位という安全面でのメリットを確保しながら、体幹機能をより強調したバランス能力の評価を可能にするため、座面に水平外乱刺激を加えた状態で重心動揺が計測できる座位バランス機能評価装置を開発した。

2. 研究の目的

本研究の目的は、下記の3点であった。

評価装置としての精度、及びその特性を確認すること

装置を更に発展させ、座面に三次元的に任意の外乱刺激を加えられるシステムを開発すること

訓練装置としての開発を行うこと

3. 研究の方法

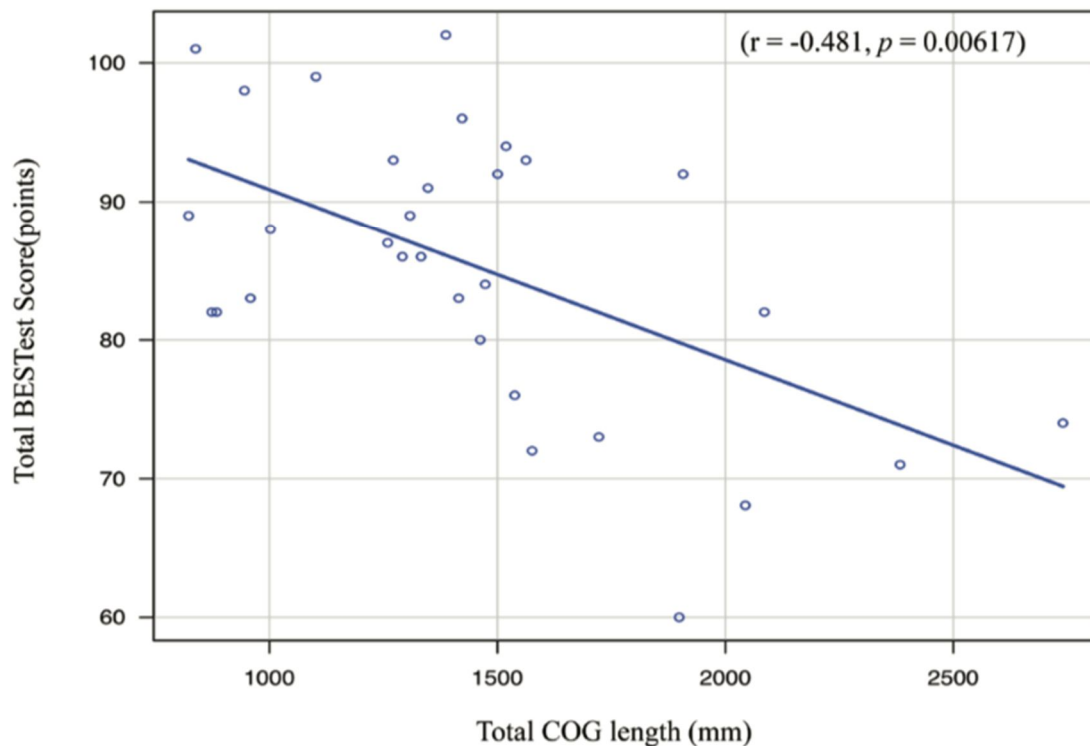
訓練装置としては多種多様な方向の外乱が可能で自由度の高い6軸モーションベースが非常に有用であると考えられた。しかし、バランス機能評価装置として使用した際、ランダムな動きの中の計測はバランス評価が一定せず、転落リスクもあった。そこで、体幹バランス評価尺度を統一し、安定した信頼性のある精度の高い体幹バランスを測定するため、外乱は一定方向での外乱を異なる方向で行う計測が望ましいと考えられた。

既存の座位バランス計測装置を用いて、外乱負荷(前額面での傾斜運動)下のバランス機能評価に対する精度検証を行った。また、本装置で計測できる体幹バランス能力の特性を知るため、既存のバランス評価バッテリーとの比較試験を行った。

4. 研究成果

信頼性試験を施行し、検者内信頼性は0.815、検者間信頼性は0.789であり、Fleissらの判定基準によると excellent であった。体幹バランス評価は定性的で再現性の低い評価が多く、定量的にかつ信頼性の高い評価ができる本装置の意義は大きい。

Balance Evaluation Systems Test (BESTest) は2009年に発表されたバランス評価法で、生体力学的制約・安定限界/垂直性・姿勢変化/予測的姿勢制御・反応・感覚・歩行安定性の6要素からなるテストである。今回の研究では本装置で計測できる圧力中心点の総軌跡長と BESTest 総点との間に負の相関を認めた。



動的座位バランス計測装置で簡便に・安全に全体のバランス能力を評価できる可能性が示唆された。また、BESTest 各項目の中でも圧力中心点の総軌跡と片脚起立や前後方向への反応などの動的な因子との間に有意な相関を認めた。

| Item | Correlation coefficient (r) | P value |
|--|--------------------------------|-----------|
| BESTest total score | -0.481 | 0.00617 * |
| Biomechanical constraints | -0.492 | 0.00492 * |
| Stability limits/verticality | -0.326 | 0.0731 |
| Anticipatory postural adjustments | -0.532 | 0.00208 * |
| Postural responses | -0.326 | 0.0737 |
| Sensory orientation | -0.0501 | 0.789 |
| Gait stability | -0.349 | 0.0543 |
| Static postural balance with eyes open | 0.248 | 0.177 |
| Back extensor strength | -0.304 | 0.0961 |
| Iliopsoas muscle strength | -0.18 | 0.332 |
| Quadriceps muscle strength | -0.222 | 0.23 |

*Significance set at $P < 0.05$.

本装置で計測できる体幹バランス能力は動的な因子と関連する特性をもつことが明らかになった。

更に、外乱下のバランス評価の質を高めるため、これまでの外乱負荷(前額面での傾斜運動)以外の外乱負荷下での体幹バランス測定を行い、体幹バランス評価のバリエーションを増やすこととした。過去の報告での体幹バランス評価に用いる外乱負荷は、前額面の傾斜運動の他に前後のスライド運動での外乱負荷の報告が多い。また、水平面での回旋運動での検討を行っている報告もある。外乱負荷のバリエーションを増やし、更に精度の高い体幹バランスの評価を行うこととした。動力を電動モータとして、前額面の傾斜運動のみの既存装置に装着するアタッチメントを作成し水平面のスライド・回旋の外乱負荷を加えることが可能となった。

今後、既存のバランス評価バッテリーと比較する予定である。また、訓練装置としての活用として、仮想現実(VR)機器を併用したシステムの開発を行っており、今後継続する予定である。



5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 5件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 3件）

| | |
|--|---------------------|
| 1. 著者名 齊藤公男, 島田洋一, 宮腰尚久, 松永俊樹, 巖見武裕, 本郷道生, 粕川雄司, 齊藤英知, 益谷法光, 高橋靖博, 千田聡明, 畠山和利, 渡邊基起, 石川順基, 高橋裕介, 鈴木真理, 村田脩 | 4. 巻 54 |
| 2. 論文標題 【先端機器とリハビリテーション】動的座位バランス計測装置による体幹バランスの定量化(解説/特集) | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 Jpn J Rehabil Med | 6. 最初と最後の頁 31-35 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |
| 1. 著者名 Norimitsu Masutani, Takehiro Iwami, Toshiki Matsunaga, Kimio Saito, Hiroyuki Tsuchie, Yasuhiro Takahashi, Yoichi Shimada | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Trunk Balance Evaluation in Adolescent Athletes and Gender Difference using the Dynamic Sitting Balance Device | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation | 6. 最初と最後の頁 443 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 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 Norimitsu Masutani, Takehiro Iwami, Toshiki Matsunaga, Kimio Saito, Hiroyuki Tsuchie, Yasuhiro Takahashi, Yoichi Shimada | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 A Study of the Reliability of a New Dynamic Trunk Balance Measuring Device | 5. 発行年 2018年 |
| 3. 雑誌名 International Journal of Physical Medicine & Rehabilitation | 6. 最初と最後の頁 455 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.4172/2329-9096.1000455 | 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 齊藤公男, 松永俊樹, 齊藤英知, 島田洋一, 宮腰尚久, 今野則和, 木島泰明, 富手貴教, 佐々木香奈, 嘉川貴之, 那波康隆, 瀬川豊人, 藤井昌, 佐藤千恵, 大内賢太郎, 杉村祐介, 赤川学, 塚本泰朗 | 4. 巻 26 |
| 2. 論文標題 ジャンプ動作における動的下肢アライメントと体幹バランスの関連性 | 5. 発行年 2017年 |
| 3. 雑誌名 東北膝関節研究会誌 | 6. 最初と最後の頁 39-43 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Yasuhiro Takahashi, Kimio Saito, Toshiki Matsunaga, Takehiro Iwami, Daisuke Kudo, Kengo Tate, Naohisa Miyakoshi, Yoichi Shimada | 4. 巻 5 |
| 2. 論文標題 Relationship between Dynamic Trunk Balance and the Balance Evaluation Systems Test in Elderly Women | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Progress in Rehabilitation Medicine | 6. 最初と最後の頁 1-8 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2490/prm.20200004 | 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 - |

[学会発表] 計7件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋靖博, 松永俊樹, 斉藤公男, 工藤大輔, 飯田純平, 岩本陽輔, 井上純一, 宮腰尚久, 島田洋一 |
| 2. 発表標題 高齢女性における動的体幹バランスとBalance Evaluation Systems Test(BESTest)の関連性 |
| 3. 学会等名 第2回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 高橋靖博, 斉藤公男, 松永俊樹, 益谷法光, 宮腰尚久, 島田洋一 |
| 2. 発表標題 中高生の体幹バランス評価と柔軟性との関連について |
| 3. 学会等名 第55回日本リハビリテーション医学会学術集会 |
| 4. 発表年 2018年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 斉藤公男, 松永俊樹, 齊藤英知, 工藤大輔, 畠山和利, 渡邊基起, 宮腰尚久, 島田洋一 |
| 2. 発表標題 中学生スポーツ強化指定選手における動的下肢アライメントと体幹バランスの男女差および関連性に関する検討 |
| 3. 学会等名 第90回日本整形外科学会学術集会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 高橋 靖博, 斉藤 公男, 松永 俊樹, 齊藤 英知, 木島 泰明, 益谷 法光, 宮腰 尚久, 島田 洋一 |
| 2. 発表標題 動的座位バランス装置を用いた中高生の体幹バランスの比較検討 |
| 3. 学会等名 第43回日本整形外科学スポーツ医学会学術集会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 益谷 法光, 松永 俊樹, 木島 泰明, 斉藤 公男, 水谷 嵩, 木村 竜太, 高橋 靖博, 飯田 純平, 岩本 陽輔, 宮腰 尚久, 島田 洋一 |
| 2. 発表標題 動的座位バランス計測装置を用いた中高生及び高齢者の体幹バランス評価 |
| 3. 学会等名 第54回日本リハビリテーション医学会学術集会 |
| 4. 発表年 2017年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 高橋 靖博, 宮腰 尚久, 斉藤 公男, 本郷 道生, 粕川 雄司, 永澤 博幸, 野坂 光司, 土江 博幸, 工藤 大輔, 島田 洋一 |
| 2. 発表標題 エルデカルシトールが原発性骨粗鬆症患者の動的体幹バランスとBalance Evaluation System Testに与える影響とその関連性 |
| 3. 学会等名 第21回日本骨粗鬆症学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 斉藤 公男, 宮腰 尚久, 巖見 武裕, 松永 俊樹, 高橋 靖博, 島田 洋一 |
| 2. 発表標題 多職種で取り組む転倒・転落予防 医工連携・多職種連携によるバランス機能評価 |
| 3. 学会等名 第21回日本骨粗鬆症学会 |
| 4. 発表年 2019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 | 島田 洋一 (Shimada Yoichi) (90162685) | 秋田大学・医学系研究科・教授 (11401) | |
| 研究 分担者 | 巖見 武裕 (Iwami Takehiro) (10259806) | 秋田大学・理工学研究科・教授 (11401) | |