

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 2 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24659666

研究課題名(和文)簡易光学センサーを用いた運動評価システムの開発と応用

研究課題名(英文)Design of a novel rehabilitation system with visible sensor

研究代表者

岡 敬之(OKA, HIROYUKI)

東京大学・医学部附属病院・助教

研究者番号：60401064

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)：運動機能の維持・改善には、効果的なリハビリテーションの施行が必要となるものの、複雑な操作を要する運動解析システムの導入が難しく定量的に評価を行うことができない、運動機能の基準値が存在していないなどの問題点が存在する。本研究では利用が容易な簡易型光学センサーを用いた運動評価システムの開発を行った。

腰椎前屈位を矯正する背屈運動プログラムを考案し、腰痛のある50例のリハビリテーション外来通院者に3ヶ月間運動評価システムを適用し、腰痛の自覚症状の推移を確認したところ、腰痛が改善したと回答した被験者は43名(86%)であり、システムの有用性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：Many musculoskeletal patients are expected to rehabilitate at home, which limits their access to proper rehabilitation equipment, treatment, or assessment by therapists. We have developed a novel rehabilitation system with simple sensor. On the master side, the therapist can operate the device in a rehabilitation center. When performing passive training, the patient can receive the motion via the visible device. Finally, we successfully performed a system performance test for passive training.

研究分野：医用情報工学

キーワード：リハビリテーション センサー 医用情報工学

1. 研究開始当初の背景

運動機能の維持・改善には、効果的なリハビリテーションの施行が必要となるものの、現状においては、複雑な操作を要する運動解析システムの導入が難しく定量的に評価を行うことができない、年齢毎に異なると考えられる運動機能の基準値が存在していない、外来にての指導が中心となるため自宅にての実施状況が把握できない、などの問題点が存在していた。

2. 研究の目的

本研究では利用が容易な簡易型光学センサーを用いた運動評価システムを開発するとともに、一般住民データベース登録者に関する運動解析を行い、エビデンスに基づいた基準値を設定し、実際のリハビリテーション評価にフィードバックすることで、改善度の定量評価を行う。更には開発したシステムをリハビリテーション外来通院者へ提供し、従来は自己申告に頼っていた自宅にての運動内容をサンプリングすることにより、その有効性を検討する。

3. 研究の方法

1) 簡易型光学センサーを用いた運動評価システムの開発：

簡易光学センサー (Microsoft Kinect) は RGB カメラ、赤外線深度センサー、マルチアレイマイクロフォン、および専用ソフトウェアを動作させるプロセッサを内蔵しており、被験者の位置、動作、音声、顔を認識することが可能である。これにより被験者は、自身の体を使ったジェスチャーおよび発声で、直観的な操作を行うことができる。センサーは常に被験者の全身を捉えている必要があるため、常に被験者の位置、身長を計測し、最適な状態が保てるよう上下・左右の角度の自動調整を行うことができる仕様となっている。同センサーで利用されるモーションキャプチャのアルゴリズムは通常のものとは異なり、マーカは必要とせずカメラに被写体を映す事で距離を計測し、骨格の位置情報を検出することができる。

2) 一般住民データベースへの運動評価システムの適用と基準値の設定：

データベース登録者は、板橋区在住の一般住民において、研究への同意が得られた 1,350 名である。本データベースは、住民票よりランダムに抽出した男女を対象に行われていた住民検診を母体とし運動機能評価を目的とした調査へと拡大させたものであり、地域代表性は確立されている。平成

24 年にベースライン調査を行うが、施設、機器などの準備はすでに整っており、参加者の同意も得られている。

3) リハビリテーション外来通院者での運動評価システムの有効性評価：

リハビリテーションは外来施術のみで完結するのではなく、継続的实施により高い改善度が期待されるため、被験者の継続意欲を高めることを目的として、リハビリテーションで使用する運動評価システム内の人体モデルに視認性と攻略性を加味した肉付けを行う。

4. 研究成果

1) 簡易型光学センサーを用いた運動評価システムの開発：

システム内の人物モデル (骨格フレームワーク) に、骨格の位置情報をリアルタイムでフィードバックする人体モデルを作成した。サンプリングする骨格位置情報は、頭部に 1 カ所、体幹部に 3 カ所、四肢大関節各 1 カ所、計 16 カ所に設定した両脚・片脚基準点を利用する。運動評価は、一般住民データベース登録者の調査にあわせて、上肢機能 (手の内外旋、目標物をつかむ巧緻性運動)、下肢機能 (歩行、椅子立ち上がり、両脚および片脚立位) 調査時にデータがサンプリング出来るよう、各動作時に人体モデルをリンクすることで経時的な基準点の位置情報を蓄積し、運動機能の定量値 (関節の可動域、運動速度、トルク、体幹部および関節の動揺性) を出力できる仕様とした。

2) 一般住民データベースへの運動評価システムの適用と基準値の設定：

前述した内容の上肢・下肢機能の調査時に、簡易型光学センサーを用いた運動評価システムを適用し、データのサンプリングを行った。サンプリングしたデータは運動機能の定量値としてデータベース内に蓄積する仕様とした。その他の調査項目は握力、下肢筋力測定、体組成計による筋量・脂肪量測定、また、既往歴、生活習慣・運動習慣、に関する問診 QOL 関連指標 (EQ5D、SF8)、要介護度調査、整形外科専門医による診察所見、身体計測などの臨床データをデータベース内に蓄積した。

QOL に影響を与える要因が脊椎の姿勢変化であることが予備検討で示唆されたため、一般住民検診に参加した対象者に対し、脊柱可動域測定、X 線画像撮影、センサーによる運動機能検査を行った。腰椎可動域は運動機能検査のひとつである椅子立ち上がりテストの際に座位の姿勢にて計測した。腰椎可動域計測においては椅子に腰掛け膝

を閉じた状態で上肢は肘を屈曲し胸につけた姿勢を基本姿勢とした。この後、1名の整形外科医が、基本軸を仙骨後面に、移動軸を第1胸椎棘突起と第5腰椎棘突起を結ぶ線として体外計測をあて角度を記載した。しかし加齢変化により減少すると予想していた腰椎可動域は、参考可動域屈曲45度、伸展30度の範囲での可動域制限はなかった。

しかしながら立位時の不安定性、腰背部痛などから椅子立ち上がりテストが施行不能と医師により判定された例では腰椎可動域の計測は行っていない。脊椎可動性と脊椎アライメント、脊椎疾患（圧迫骨折）との関連も示唆されているため、同検査に参加せずに腰椎可動域を計測できなかった被験者（腰椎可動域計測不能例）においては、脊椎可動域が減少している可能性が否定できない。

3) リハビリテーション外来通院者での運動評価システムの有効性評価：

QOLに影響を与える要因が脊椎の姿勢変化であることが予備検討で示唆されたため、腰椎前屈位を矯正する背屈運動プログラムを考案し、腰痛のある50例のリハビリテーション外来通院者に3ヶ月間運動評価システムを適用し、腰痛の自覚症状の推移を確認したところ、腰痛が改善したと回答した被験者は43名（86%）であり、システムの有用性が示唆された。

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 16 件）

1. Muraki S, Oka H, Akune T, Ishimoto Y, Nagata K, Yoshida M, Tokimura F, Nakamura K, Kawaguchi H, Yoshimura N: Physical performance, bone and joint diseases, and incidence of falls in Japanese men and women: A longitudinal cohort study. *Osteoporos Int* 24, 459-466, 2013
2. Muraki S, Akune T, Ishimoto Y, Nagata K, Yoshida M, Tanaka S, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshimura N: Risk factors for falls in a longitudinal population-based cohort study of Japanese men and women: The ROAD Study. *Bone* 52, 516-523, 2013
3. Oka H, Akune T, Muraki S, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshimura N: The mid-term efficacy

of intra-articular hyaluronic acid injections on joint structure: A nested case-control study. *Mod Rheumatol* 23, 722-728, 2013

4. Ishimoto Y, Yoshimura N, Muraki S, Yamada H, Nagata K, Hashizume H, Takiguchi N, Minamide A, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T, Yoshida M: Associations between radiographic lumbar spinal stenosis and clinical symptoms in the general population: The Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage* 21, 783-788, 2013
5. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Morita M, Yamada H, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T: Profiles of vitamin D insufficiency and deficiency in Japanese men and women: Association with biological, environmental, and nutritional factors and coexisting disorders: The ROAD study. *Osteoporos Int* 24, 2775-2787, 2013
6. Muraki S, Akune T, En-yo Y, Yoshida M, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, Oka H, Yoshimura N. Association of dietary intake with joint space narrowing and osteophytosis at the knee in Japanese men and women: The ROAD Study. *Mod Rheumatol* 24, 236-242, 2014
7. Muraki S, Akune T, Nagata K, Ishimoto Y, Yoshida M, Tokimura F, Tanaka S, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshimura N. Association of knee osteoarthritis with onset and resolution of pain and physical functional disability: The ROAD study. *Mod Rheumatol* 24:966-973, 2014
8. Hashizume H, Yoshimura N, Nagata K, Miyazaki N, Ishimoto Y, Nishiyama R, Oka H, Yamada H, Yoshida M: Development and evaluation of a video exercise program for locomotive syndrome in the elderly. *Mod Rheumatol* 24, 250-257, 2014
9. Yoshimura N, Nagata K, Muraki S, Oka H, Yoshida M, Enyo Y, Kagotani R, Hashizume H, Yamada H, Ishimoto Y, Teraguchi M, Tanaka S, Kawaguchi H, Toyama Y, Nakamura K, Akune T: Prevalence and progression of the radiographic

- ossification of posterior longitudinal ligament and its associated factors in the Japanese populations: A 3-year follow-up of the ROAD study. *Osteoporos Int* 25, 1089-1098, 2014
10. Akune T, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Kawaguchi H, Tokimura F, Yoshida H, Suzuki T, Nakamura K, Yoshimura N: Incidence of certified needed care in the long-term care insurance system and its risk factors in the elderly of Japanese population-based cohorts: the ROAD study. *Geriatrics & Gerontology International* 14, 695-701, 2014
 11. Akune T, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Kawaguchi H, Tokimura F, Yoshida H, Suzuki T, Nakamura K, Yoshimura N. Association of physical activities of daily living with the incidence of certified need of care in the long-term care insurance system of Japan: the ROAD study. *J Orthop Sci* 19:489-496, 2014
 12. Akune T, Muraki S, Oka H, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshimura N. Exercise habits during middle age are associated with lower prevalence of sarcopenia: the ROAD study. *Osteoporos Int* 25:1081-1088, 2014
 13. Yoshimura N, Akune T, Fujiwara S, Shimizu Y, Yoshida H, Omori G, Sudo A, Nishiwaki Y, Yoshida M, Shimokata H, Suzuki T, Muraki S, Oka H, Nakamura K. Prevalence of knee pain, lumbar pain and its coexistence in Japanese men and women: The Longitudinal Cohorts of Motor System Organ (LOCOMO) study. *J Bone Miner Metab* 32:524-532, 2014
 14. Ohya J, Miyoshi K, Oka H, Matsudaira K, Fukushima M, Nagata K. Optimal measurement for "posterolateral protrusion" of the vertebral artery at the craniovertebral junction using computed tomography angiography. *J Craniovertebr Junction Spine* 5:151-156, 2014
 15. Ito H, Takatori Y, Moro T, Oshima H, Oka H, Tanaka S. Total Hip Arthroplasty After Rotational Acetabular Osteotomy. *J Arthroplasty* 2014 Oct 8. pii: S0883-5403(14)00746-3. doi: 10.1016/j.arth.2014.10.002, 2014
 16. Muraki S, Akune T, En-Yo Y, Yoshida M, Suzuki T, Yoshida H, Ishibashi H, Tokimura F, Yamamoto S, Tanaka S, Nakamura K, Kawaguchi H, Oka H, Yoshimura N. Joint space narrowing, body mass index, and knee pain: the ROAD study (OAC1839R1). *Osteoarthritis Cartilage* 2015 Jan 30. pii: S1063-4584(15)00024-2. doi: 10.1016/j.joca.2015.01.011, 2015
- [学会発表] (計 5 件)
1. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Nakamura K, Tanaka S, Kawaguchi H, Akune T: Higher levels of serum 25(OH)D prevents the occurrence of osteoporosis, but deteriorates knee osteoarthritis: The ROAD study. European Congress on Osteoporosis and Osteoarthritis. Rome Cavalieri, Rome, Italy, 2013. 4.17-20
 2. Kagotani R, Yoshimura N, Muraki S, Hashizume H, Yamada H, Nagata K, Ishimoto Y, Takiguchi N, Teraguchi M, Oka H, Kawaguchi H, Nakamura K, Akune T, Yoshida M: Association of diffuse idiopathic skeletal hyperostosis and bone mineral density and marker of bone metabolism: The ROAD study. European Congress on Osteoporosis and Osteoarthritis. Rome Cavalieri, Rome, Italy, 2013. 4.17-20
 3. Yoshimura N, Muraki S, Oka H, Nakamura K, Tanaka S, Kawaguchi H, Akune T: Higher levels of serum 25(OH)D prevents the occurrence of osteoporosis, but deteriorates knee osteoarthritis: A 3-year follow-up of the ROAD study. 2nd Joint Meeting of the International Bone and Mineral Society (IBMS) and the Japanese Society for Bone and Mineral Research (JSBMR), Kobe, Japan, 2013.5.28-6.1
 4. Muraki S, Akune T, Tanaka S, Kawaguchi H, Nakamura, K, Oka H, Yoshimura N: Risk Factors for Multiple Falls in Japanese Men and Women: The ROAD Study. 2nd Joint Meeting of the International Bone and Mineral Society (IBMS) and the Japanese Society for Bone and Mineral Research (JSBMR), Kobe,

Japan, 2013.5.28-6.1

5. Muraki S, Akune T, Tanaka S,
Kawaguchi H, Nakamura K, Oka H,
Yoshimura N: Prevalence of
sarcopenia and its association with
exercise habits in the elderly of
Japanese population-based cohorts:
The ROAD Study. IOF Regionals 4th
Asia-Pacific Osteoporosis Meeting,
Hong Kong, 2013.12.12-15

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡 敬之 (OKA HIROYUKI)

東京大学・医学部附属病院・特任助教

研究者番号：60401064

(2) 研究分担者

村木 重之 (MURAKI SHIGEYUKI)

東京大学・医学部附属病院・特任助教

研究者番号：40401070

吉村 典子 (YOSHIMURA NORIKO)

東京大学・医学部附属病院・特任准教授

研究者番号：60240355

阿久根 徹 (AKUNE TORU)

東京大学・医学部附属病院・特任准教授

研究者番号：60282662