

高齢者の筋骨格系変性を改善・予防する在宅ロボットリハビリシステム開発とその実証試験

研究代表者 住谷昌彦 東京大学医学部附属病院 医療機器管理部 部長(講師)

研究要旨

加齢による筋骨格系の変性と疼痛による身体活動の低下は関節拘縮や筋力低下の増悪を引き起こし転倒と骨折、さらに寝たきりといった重度の身体活動の制限を来す悪循環（ロコモティブ症候群）を形成しており、加齢による筋骨格系変性の予防と改善が必要である。本研究では、高齢者が主体的に取り組む運動療法・リハビリテーションの効果をロコモティブ症候群に着目して評価し、筋力強化が得られない2週間の短期介入でも有意に改善し、高齢者を対象に「みのこなし」を指導することの意義を明らかにした。さらに、在宅ロボット・リハビリ装置を開発し、特許申請を行った。

分担研究者

四津有人 東京大学大学院 特任助教

A. 研究目的

医療の進歩によって平均寿命は延び高齢者人口が増加し続けているが、高齢者の多くが身体に関する愁訴を持ち実際に身体活動に制限があるため、健康寿命は平均寿命よりも約10歳下回っている。さらに、健康寿命の延長は平均寿命に比して鈍化しており、不健康な高齢者が増加している。高齢者の身体活動制限の最大の原因は加齢による筋骨格系の変性と疼痛であり、これらによる身体活動の低下は関節拘縮や筋力低下の増悪を引き起こし転倒と骨折、さらに寝たきりといった重度の身体活動の制限を来す悪循環（ロコモティブ症候群）を形成しており、加齢による筋骨格系変性の予防と改善は喫緊の健康課題である。このような課題を解決するために(1)在宅ロボット・リハビリシステムを開発する、(2)ロコモティブ症候群に着目した運動指導の効果を検証することを目的とする。

B. 研究方法

(研究1) 筋骨格系慢性疼痛患者6名（60歳代1名、70歳代3名、80歳代2名）を対象とした。リハビリテーションで指導する運動は、在宅ロボットリハビリシステムでも適用可能な指導内容とした。リハビリ初回に理学療法士が患者毎の身体機能に応じたリハビリ指導

(約30分間)を行い、その後、患者自身による自主トレーニング（1回15分）を6日間行った。7日目に理学療法士が再度、リハビリ指導内容の確認と変更を行い、再び患者自身による自主トレを6日間行い、合計15日間のリハビリを行った。ロコモティブ症候群の評価はロコモ25で行い、総得点に加えて、質問項目1-4の合計得点を運動器疼痛（ロコモ-ペイン）、質問項目5-25の合計得点を運動器機能（ロコモ機能）として評価した。

(研究2)

●被験者の体格に合わせた運動指導ポリゴン（3次元ヒト型モデル）を提示し、被験者のポリゴンとともにモニターに並列させることによって運動指導ポリゴンと被験者が実際に行っている運動内容がどれくらいずれているかを視認しできるようなシステムを開発する。さらに、運動内容のずれを検知し警告を提示するようにする。

●運動指導ポリゴンは、理学療法士が自分の身体を運動させることによって簡単に作成可能であり、3次元CGを描画する技能は不要で、各関節毎に容易に運動内容を修正可能なソフト開発を行う。

(倫理面への配慮)

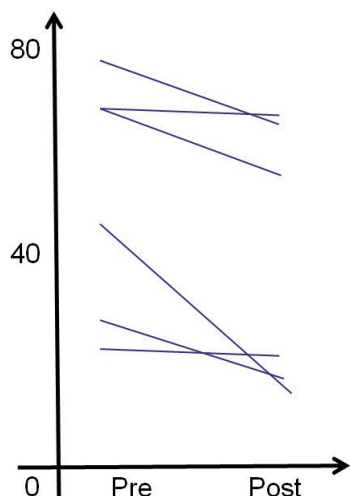
(研究1) 当院倫理委員会で承認を得た後に研究を開始した。被験者から同意を研究参加について同意を得た後に通常診療の一部として運動療法を行った。

(研究2) システム開発であるため倫理的配慮は不要である。

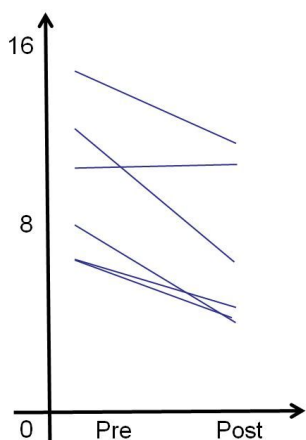
C. 研究結果

運動療法開始前のロコモ25総得点は51.3+/-18.1であり重症ロコモティブ症候群が示唆された(カットオフ値16点)。同時点でのロコモ-ペインは9.7+/-3.6、ロコモ機能は41.7+/-15.4であった。計3回の理学療法士による運動療法の指導と患者自身による運動療法の実践(1日1回15-20分間、合計12回、2週間)によって、ロコモ25総得点は41.0+/-18.4、ロコモ-ペイン7.3+/-4.1、ロコモ機能33.7+/-15.6と改善した。

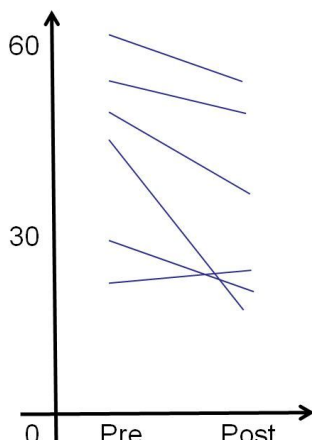
ロコモ25総得点



ロコモ-ペイン



ロコモ機能



(研究2)

- 被験者の体格に合わせた運動指導ポリゴン(3次元ヒト型モデル)を、被験者のポリゴンとともにモニターに並列させることによって、運動指導ポリゴンと被験者が実際に行っている運動内容がどれくらいずれているかを視認し警告を提示するようにした。
- 運動指導ポリゴンは、理学療法士が自分の身体を運動させることによって簡単に作成可能であり、3次元CGを描画する技能は不要で、各関節毎に容易に運動内容を修正可能なソフト開発を行った。
- 在宅ロボットリハビリシステムの開発を進め、特許出願した。

D. 考察

ロコモティブ症候群に対して運動療法は短期間(2

週間)であっても痛み、筋骨格系機能ともに改善することを示した。したがって、筋力増強が必ずしも得られなくても患者毎の身体機能に応じた「身のこなし」を指導することは意義がある。この研究結果を基に、在宅ロボットリハビリシステムでは筋力増強だけを単一の目的とするのではなく、効果的な全身運動の指導を実践させるためのツールとしての位置付けに変更した。

E. 結論

高齢者の筋骨格系変性に基づく慢性疼痛に対して理学療法士の指導と患者自身の随意的な運動療法の実行によって筋力増強が期待できない短期間の訓練であってもロコモティブ症候群および筋骨格系の変性による慢性疼痛が改善することを示した。高齢者に「みのこなし」を指導することは意義がある。中年~高齢者が在宅で運動療法を実施し、その運動内容を遠隔的に指導するシステム開発を行い特許申請を行った。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

1. 論文発表

- 01) Yozu A, Haga N, Tojima M, Zhang Y, Sumitani M, Otake Y. Vertical peak ground force in human infant crawling. *Gait and Posture* 37:293-5, 2013
- 02) Suka M, Odajima T, Kasai M, Igarashi A, Ishikawa H, Kusama M, Nakayama T, Sumitani M, Sugimori H. The 14-item health literacy scale for Japanese adults (HLS-14). *Environ Health Prev Med* 18:407-15, 2013
- 03) Matsubayashi Y, Takeshita K, Sumitani M, Kato S, Ohya J, Oichi T, Okamoto N, Tanaka S. Validity and reliability of the Japanese version of the painDETECT Questionnaire: a multicenter observational study. *Plos One* 8(9):e68013, 2013
- 04) Tojima M, Ogata N, Honda M, Yozu A, Sumitani M, Haga N. A novel three-dimensional motion analysis method for measuring the lumbar spine range of motion: Repeatability and reliability compared with an electrogoniometer. *Spine* 2013 (in press)
- 05) Chikuda H, Ohtsu H, Ogata T, Sugita S, Sumitani M, Koyama Y, Matsumoto M, Toyama Y, the OSCIS investigators. Optimal treatment for spinal cord injury associated with cervical canal stenosis (OSCIS): A study protocol for a randomized

- controlled trial comparing early versus delayed surgery. *Trials* 14:245, 2013
- 06) Sumitani M, Kogure T, Nakamura M, Shibata M, Yozu A, Otake Y, Yamada Y. Classification of the pain nature of CRPS type 1, based on patient complaints, into neuropathic pain and nociceptive/inflammatory pain, using the McGill Pain Questionnaire. *Journal of Anesthesia and Clinical Research* 4(8):1000346, 2013
- 07) Murasawa T, Fujii K, Yokota J, Iwazaki K, Tanimoto H, Miyazaki S, Asada K, Kojima T, Imai Y, Sumitani M, Komuro I. Continuous cardiac stroke volume monitoring leads to early detection of cardiac tamponade in the percutaneous intracardiac intervention. *J Hypertension* (in press)
- 08) Sumitani M, Yasunaga H, Uchida K, Horiguchi H, Nakamura M, Ohe K, Fushima K, Matsuda S, Yamada Y. Perioperative factors affecting the occurrence of acute complex regional pain syndrome following limb bone fracture surgery: Data from the Japanese Diagnosis Procedure Combination database. *Rheumatology* (in press)
- 09) 住谷昌彦, 山内英子, 山田芳嗣. 呼吸器外科手術における周術期疼痛管理. 「麻酔科医のための周術期の疼痛管理」編集: 川真田樹人. 中山書店 p122-8, 2013
- 10) 住谷昌彦, 松平浩. 中枢機能障害性疼痛. 「痛みの診療ベストプラクティス」編集: 小川節郎, 牛田享宏, メディカルレビュー社 p130-1, 2013
- 11) 住谷昌彦, 竹下克志, Candy S. McCabe. 世界の疼痛治療事情-海外疼痛センター視察報告- □Royal National Hospital for Rheumatic Diseases (Bath, UK). *Practice of Pain Management* 4:228-31, 2013
- 12) 住谷昌彦. 慢性疼痛と中枢性感作 Up-to-date. *Practice of Pain Management* 4:263, 2013
- 13) 住谷昌彦 堀美智子. CRPS の判定指標. 調剤と薬局 19:1747-53, 2013
- 14) 住谷昌彦, 緒方徹, 竹下克志. 複合性局所疼痛症候群 (CRPS) とその診療上の問題点. *小児科臨床* 66:2487-95, 2013
- 15) 住谷昌彦, 中村雅也, 山田芳嗣. 慢性腰痛の成因としての神経炎症とアディポカイン. *ペインクリニック* 34:77-84, 2013
- 16) 住谷昌彦. 痛みの評価法-どこまで痛みを評価できるか?. *Progress in Medicine* 33:73-6, 2013
- 17) 住谷昌彦, 宮内哲. 痛みのメカニズム: 痛覚と痛み認知. *作業療法ジャーナル* 47:10-15, 2013
- 18) 住谷昌彦. 非がん性疼痛に対するオピオイド処方ガイドライン. *JPAP 通信* 13:8-11, 2013
- 19) 住谷昌彦, 山内英子, 中村雅也, 山田芳嗣. 抗けいれん薬, 抗うつ薬. *Bone* 27:39-43, 2013
- 20) 住谷昌彦, 緒方徹, 竹下克志. 神経障害性疼痛の概念と臨床評価. *東京都医師会雑誌* 67:17-23, 2013
- 21) 住谷昌彦, 小暮孝道, 東賢志, 松林嘉孝, 竹下克志, 山田芳嗣. 1. スクリーニングツール 1) 疼痛スクリーニングツール. *ペインクリニック* 34:S85-96, 2013
- 22) 住谷昌彦, 筑田博隆, 竹下克志, 山田芳嗣. 脊椎脊髄疾患の難治性疼痛に対する薬物療法. *脊椎脊髄ジャーナル* 26:591-6, 2013
- 23) 住谷昌彦. 臨床現場での全人的痛みの評価: 生物心理社会的モデル. *Dermova Science* 2:4-5, 2013
- 24) 住谷昌彦, 柴田雅彦, 眞下節, 山田芳嗣. 被害者に発症した CRPS のジレンマ: 誰のための補償か?. *賠償科学* 39:33-8, 2013
- 25) 住谷昌彦, 山田芳嗣. 開胸術後鎮痛法. 「手術後鎮痛のすべて」編集: 川真田樹人, 文光堂 p127-36, 2013
- 26) 住谷昌彦, 山内俊一. 関連痛・放散痛. *ドクターサロン* 57:429-33, 2013
- 27) 住谷昌彦, 緒方徹, 四津有人, 宮内哲. 幻肢痛. *J Clin Rehab* 22:684-9, 2013
- 28) 住谷昌彦, 緒方徹. CRPS. 「痛みの Science & Practice: 痛みの薬物療法」編集: 山本達郎, 文光堂 p288-94, 2013
- 29) 住谷昌彦. ビジュアル de 病態 神経障害性疼痛. *HosPha* 4:16, 2013
- 30) 住谷昌彦, 柴田政彦, 眞下節, 山田芳嗣. 第 16 章 複合性局所疼痛症候群 (CRPS) 第 1 節 医学からのアプローチ. 賠償科学-医学と法学の融合- 編集: 日本賠償科学会 民事法研究会 p628-41
- 31) 花岡一雄, 小川節郎, 堀田饒, 佐藤譲, 菊地臣一, 棚橋紀夫, 片山容一, 細川豊史, 紺野慎一, 鈴木則宏, 関口美穂, 山本隆充, 住谷昌彦. わが国における神経障害性疼痛治療の進展と今後の展望- 専門家によるコンセンサス会議からの提言-. *ペインクリニック* 34:1227-37, 2013
- 32) 住谷昌彦. 長引く痛みには処方薬 + 運動が効く.

日経ヘルスブルミエ 8:44-5, 2013

- 33) 住谷昌彦. 非がん性/がん性の慢性疼痛治療におけるトラマドールの位置付け. 京 177:1-9, 2013
- 34) 住谷昌彦, 緒方徹, 四津有人, 大竹祐子, 宮内哲. 幻肢と幻肢痛の機序. 日本義肢装具学会誌 29:206-11, 2013
- 35) 住谷昌彦. 神経障害性疼痛とはなにか - 定義とその臨床的意義. 医学のあゆみ 247:311-6, 2013
- 36) 住谷昌彦, 山内英子. がん性痛の評価. 「病態・疾患別 がん性痛の治療」編集: 井関雅子, 文光堂 p10-8, 2013
- 37) 住谷昌彦, 緒方徹. 痛み・しびれの評価方法. 「痛み・しびれ: その原因と対処法」編集: 山本隆充, 真興交易 p56-65, 2013

2. 学会発表

- 01) 住谷昌彦. 身体の防御機構: 痛み. 日本アロマセラピー学会関東地方会. 東京, 2013.2
- 02) 住谷昌彦, 宮内哲, 熊谷晋一郎, 吉川雅弘, 松本吉央, 山田芳嗣. 手の痛みと認知神経ロボティクス. ヒューマン情報処理研究会. 沖縄, 2013.3
- 03) 住谷昌彦. 日本初の神経障害性疼痛に対する薬物療法ガイドライン作成にあたって. 神経障害性疼痛セミナー, 特別講演. 横浜, 2013.4
- 04) 住谷昌彦. 日本初の神経障害性疼痛に対する薬物療法ガイドラインと今後の展望. 衣浦定住自立圏 病診連携の会, 特別講演. 刈谷市, 2013.5
- 05) 住谷昌彦. 日本初の神経障害性疼痛に対する薬物療法ガイドラインと今後の展望. 東京都臨床整形外科医会 南多摩ブロック研修会. 八王子, 2013.6
- 06) 住谷昌彦. 日本初の神経障害性疼痛に対する薬物療法ガイドラインと今後の展望. Pain Management Symposium, 特別講演. 千葉, 2013.8
- 07) 住谷昌彦. 糖尿病性神経障害による疼痛の最新知見. Tokyo Diversity Web ~ "糖尿病"と"神経障害"を考える~, 特別講演. 東京, 2013.8
- 08) 住谷昌彦. 慢性疼痛におけるトラマドールの意義. 第6回トラマール Web カンファレンス. 東京, 2013.8
- 09) 住谷昌彦, 住谷瑞穂. 身体の防御機構: 痛み. 日本アロマセラピー学会 第16回学術総会, シンポジウム. 熊本, 2013.10
- 10) 住谷昌彦. 疼痛治療ガイドラインにおけるオピ

オイド鎮痛薬の位置付け. 慢性疼痛講演会 in Fukushima ~ トラマールカプセル適応追加記念講演会~, 特別講演. 福島, 2013.11

H. 知的財産権の出願・登録状況 (予定を含む)

1. 特許取得
(出願)【発明の名称】動作情報処理装置、及びプログラム、【特願2014-064882 (整理番号CA-0063, 受付番号51400652601, 提出日2014.3.26)】
2. 実用新案登録
なし
3. その他
なし