

## 長寿医療研究開発費 平成24年度 総括研究報告

高齢者の身体的自立を促進するための新しい装具、機器の開発研究 (23-24)

主任研究者 松井 康素 国立長寿医療研究センター 先端診療部関節科医長

### 研究要旨

高齢者の身体的自立度の低下は、移動能力を主とした身体動作機能の低下や身体的な痛み、あるいは虚弱により転倒などを生じ易くなり、転倒にて骨折などの重傷を負う、などにより生じる。これらは高齢者の QOL の低下をきたし、またそうした状態が継続すればやがて要支援・介護状態につながる可能性がある。こうした加齢による身体機能低下を予防、維持、回復するためには、純粋に医療的な治療手段のみでなく、近年の進んだ工業技術を導入して装具や機器を新しく開発することも大変有用な手段である。そこで本研究では、運動機能低下の科学的評価に基づいて、機能の補助・支援ができる装具や機器の開発を、周辺の産業界や大学とも連携をとりつつ行うという医工連携を実現する開発を目的とした研究を行った。

研究プロジェクトは以下 (A) ~ (E) の5つの柱で構成される。すなわち (A) 高齢者の身体的機能の客観的指標 (目安となる数値) を確立するための機器を開発する (根本)、(B) 転倒を予防する機能などをもつ靴や装具を開発する (小林)、(C) 高齢者の身体的トレーニング方法、機器を開発する (近藤)、(D) 高齢者の様々な身体的機能低下を補助支援する用具、機器の開発をする (松井)、(E) 高齢者の「見守り」を行い、安全な生活を支援するシステムを開発する (松井)。これらはいずれも、高齢化の進んだ社会のニーズや医療介護現場のニーズを解決するために、地元産業の工業技術シーズ・素材シーズや隣接大学の学術的シーズを応用し、さらにセンター内の専門的な工学知識、医学知識を取り入れて臨床や介護現場、介護予防事業者における検証を行い、新しい製品の開発・改良へ繋げるという、産官学医療連携のモデル的研究と言え、当センターの果たすべきミッション実現の新しい形態である。装具や機器の開発には周辺企業との連携が必要であり、それぞれのプロジェクトにおいて特許申請の行える新しい製品開発を目指した。本研究では、高齢者医療・介護分野での貢献のみならず、地域産業への貢献も果たしうる開発研究となること念頭において研究を進めてきた。

### 主任研究者

松井 康素 国立長寿医療研究センター 先端診療部関節科医長

## 分担研究者

近藤 和泉 国立長寿医療研究センター 機能回復診療部部長  
根本 哲也 国立長寿医療研究センター 長寿医療工学研究部室長  
小林 正典 大同大学 総合機械工学科教授

## A. 研究目的

高齢者の身体的自立度の低下は、移動能力を主とした身体動作機能の低下や身体的な痛み、あるいは虚弱により転倒などを生じ易くなり、転倒にて骨折などの重傷を負う、などにより生じる。これらは高齢者の QOL の低下をきたし、またそうした状態が継続すればやがて要支援・介護状態につながる可能性がある。こうした加齢による身体機能低下を予防、維持、回復するためには、純粋に医療的な治療手段のみでなく、近年の進んだ工業技術を導入して装具や機器を新しく開発することも大変有用な手段である。そこで本研究では、運動機能低下の科学的評価に基づいて、機能の補助・支援ができる装具や機器の開発を、周辺の産業界や大学とも連携をとりつつ行う医工連携を実現する開発を目的とした研究を行う。

## B. 研究方法

(A) 高齢者の身体的機能の客観的指標確立のための機器開発において、歩行解析については、健常者の右足の大腿と下腿の正面と側面（外側）にX軸が左右方向、Y軸が頭足方向、Z軸が進行方向になるようにジャイロセンサを取り付け、歩行時の脚の動きを測定した。新型握力計については、現在までに最大握力、最大握力からの低下率（持続力の指標）、反応時間、刺激から最大握力までの到達時間（瞬発力の指標）を自動計算し、表示できるようになっている。本年度は、新たな指標を含めた項目を自動計測するためのソフトを（株）栄商金属と共同開発し、そのソフトを使用して高齢者のデータの解析を進めた。（B）転倒予防装具として絶えず装着し続けてられるものか、またはすぐに簡便に取り付けられるものとして、足底腱膜等のなどの足底アーチ機能に着目し、この機能を形状記憶合金に代行させようデザインした。基本となる形状記憶合金ワイヤを、足のアーチ形状に熱処理加工した後、サポーター型ストラップに取り付けて試作品を作製し、この装具の転倒予防効果を検証するために健常高齢者を被験者にした実証実験を行った。（C）昨年度の問題点をふまえ、再度健常者10名において測定を行い、(A)において開発中の脚力計での測定値と比較した。また、斬新な身体的トレーニング方法として藤田保健衛生大学リハ科とトヨタ自動車が開発した、立ち乗りモビリティを使った下肢筋力トレーニングを、パイロットスタディとして行った（D）高齢者の移動、移乗を補助する支援機器については、原田車両設計（株）と共同開発した。立ち上がり動作をより容易にさせるために、特許公開中の立ち

上がり歩行支援機器の発展形として考案したデザインの提案を基に昨年度は共同研究契約下に試作機が製作された。また、知財本部の認可のもと特許申請を行った。昨年度、試作機を健常者14名で試用し、現時点での有用性や有効性を確認するとともに、明らかになった改善点についての試作の改良を行った。また、メーカーとの共同開発についても数社と検討を行った。高齢者に特徴的な円背の悪化防止の装具の開発については、ブレースフィット社と装具をデザインし、姿勢矯正を行うアクチュエーターとして働く形状記憶合金は、吉見製作所から供給を受けて装具を試作し、健常者で試着し、改善点を討議し、さらに改良を重ねている。E) 高齢患者のベッド周りにおける転倒防止用モニターの新しいシステム（姿勢や動作を感知し、総合的に判断して、警告ならびに記録を行い、遠隔地にいる看護師などに通報するもの）をデザインし、4社（VRテクノセンター、ミュキエレックス、システムネットワーク、日本ジー・アイ・ティ）と試作機の作製に向けた打ち合わせと予備試験を毎月行い、UWBレーダー、モーションセンサー、タッチセンサー、無線機能を持つ小型赤外線カメラなどの精度の確認や問題点の検討を行った。

#### （倫理面への配慮）

本研究は国立長寿医療研究センターにおける倫理委員会での研究実施の承認を受けた上で実施を行う。本研究は「臨床研究に関する倫理指針（平成20年厚生労働省告示第415号改正版、平成21年4月1日施行）」を遵守し、研究対象者個人の尊厳と人権の尊重、個人情報保護等倫理的観点から十分に配慮しながら研究を遂行する。また、研究参加者または家族に方法、意義を説明してインフォームドコンセントを得た場合にのみ行い、試験に協力しない場合でもいかなる不利益も被らないことを明白にして行う。分析においては、参加者のデータをすべて集団的に解析し、個々のデータの提示は行わず、個人のプライバシーの保護に努める。研究の結果から得られるいかなる情報も研究目的以外に使用されることはなく、研究参加者が試験参加中止を希望した場合は速やかに中止し、その結果対象者が不利益を被ることはないように十分留意する。

### C. 研究結果

(A) 歩行時の脚の動きの測定については、取り付け位置に関係なく歩行時の大腿の角度を測定することができた。角速度においては、取り付け位置による差が出た。

新型握力計を用いた測定については、瞬発力に関連するより詳しい指標を解析した結果、男女とも変曲点以降に左右差を認め、女性では変曲点以前にも左右差を認めた。

低下率については、男女差、左右差を認めた。

(B) 今回の実験では、重心動揺、足趾把持力および体幹バランスなどの全ての測定項目で、非装着の場合に比べて統計的な有意差が見られず、開発した装具の有効性を確認することはできなかった。この中で重心動揺性と体幹バランスに関しては、65~70歳の年齢

層では装具による安定性の改善傾向が見られたが、これ以外の項目では相関関係は得られなかった。

(C) 弱化筋の筋力評価デバイスと(A)において開発中の脚力計での測定値を比較した結果、膝伸展・屈曲ともに有意な相関関係が認められた。また、立ち乗りモビリティを用いたトレーニングを、パイロットスタディとして行ったところ、トレーニング後に足関節の背屈、底屈において筋力増強効果が示唆された。

(D) 立ち上がり支援機器については、原田車両設計(株)と秘密保持契約を結び、共同研究契約締結下に試作機が作製され、さらに、知財本部による検討委員会にて、特許を共同出願することの承認を得て、H24年6月29日に出願を行った。また、試作機を改良し、かなり操作性を高めることができた。円背の悪化防止の装具については、腹側に支柱を入れ込むデザインのものも作製した。

(E) 本コンソーシアムの中で個々の中小企業並びに医療機関との開発進捗状況を以下に示す。

(1) 転倒転落防止用見守り装置の試作品を開発した。

(2) Kinectによるベッド上の患者の姿勢・動きを計測し離床危険度を提示する実験を実施した。

(3) UWB(非接触・広域帯域無線機)によるベッド内の人の挙動検知の実験を実施した。

#### D. 考察と結論

(A) ジャイロセンサでの研究で測定した結果より、歩行時の脚部の動作を測定することが可能であることが設置することにより、起き上がりセンサとしての有効性も示された。

新型握力計での握力の測定結果からは、筋力よりも時間的な要素に関する項目で特に女性にて多くの項目で左右差を認めた。

(B) 今回の実験結果で、前回の若年者を対象とした時の実験データと比べて特徴的なことは、同年齢であっても測定データの個人差が大きいこと、同一被験者でも繰り返すトライした場合の再現性が非常に乏しいことであった。

(C) 今回使用した立ち乗り型ロボットは主に、バランス訓練用に開発されているが、筋力の増強効果もあることが実証され、特に足関節周辺筋力に寄与することが大きいということが明らかとなった。

(D) 立ち上がり支援機器については、昨年—今年度に製作した機器をそのまま製品化するのではなく、同じ目的のものをハイテク機器とし開発中のメーカーに、今まで得た知見を活かすように、取り入れてもらえるようなアドバイス、技術指導としての立場関わっていくことになっている。円背の悪化防止の装具については、支柱の場所を変えたものについても作製したことから、より多くの高齢者に対応できる可能性がある。一方まった

く新しいコンセプトであるため、効果や、使用感の向上が課題になったと思われる。

(E) 本機器は医療現場のみならず、介護施設や、在宅での介護現場、独居高齢者の見守りにも十分応用可能で、広く高齢者の見守りのニーズにこたえることができるシステムである。

本研究は、高齢者が、歩行等身体機能低下により、身体的自立が困難になることを予防したり、自立困難の状況を改善、また自立を促進するため、新しい装具や機器を開発することを目指している。また、そうした開発を、周辺企業で培われてきた高度な工業技術を医療分野へ応用して成し遂げることをめざすという特徴がある。研究を継続することで、従来測定されることが少なかった客観的指標を用い、高齢者の身体機能（特に筋力・動的バランス能力）や動作能力を数値化して評価し、この測定値をもとに、高齢者の身体的自立の維持・促進や、転倒予防、身体的変形や痛み、ADL や QOL 改善のための新規装具や機器を開発できる。これは、医療福祉分野での貢献に留まらず、産業界の新たな市場の開拓を、（医療や福祉の）現場ニーズに則した形で実現し、我国の高齢化社会の問題軽減への一翼を担うとともに、さらにアジアを中心に進む世界的な高齢化傾向を考慮すれば、将来的には日本の新たな工業製品の輸出増加にも寄与し得ると考える。

## E. 健康危険情報

なし

## F. 研究発表

### 1. 論文発表

- 1) Yasumoto Matsui, Marie Takemura, Atsushi Harada, Fujiko Ando, Hiroshi Shimokata: Divergent significance of bone mineral density changes in aging depending on sites and sex revealed through separate analyses of bone mineral content and area. *J osteoporosis*, 2012:642486. doi: 10.1155/2012/642486, 2012 Nov 25
- 2) Yoshida D, Shimada H, Harada A, Matsui Y, Sakai Y, Suzuki T: Estimation of appendicular muscle mass and fat mass by near infrared spectroscopy in older persons. *Geriatrics and Gerontology International*, 12(4):652-658, 2012
- 3) Hida T, Ishiguro N, Shimokata H, Sakai Y, Matsui Y, Takemura M, Terabe Y, Harada A: High prevalence of sarcopenia and reduced leg muscle mass in Japanese patients immediately after a hip fracture. *Geriatr Gerontol Int*, 2012 Jul 23. doi:10.1111/j.1447-0594.2012.00918.x. [Epub ahead of print].
- 4) 松井康素: 地域在住中高齢者の膝関節変形と膝伸展筋力との関連. *Osteoporosis Japan*, 20(2):108-110, 2012

- 5) 松井康素、原田敦：特集 老化と生体運動機能 関節の老化. CLINICAL CALCIUM, 23(1):15-22, 2013
- 6) 松井康素、竹村真里枝、原田敦、安藤富士子、李成喆、下方浩史：地域在住中高齢者の膝関節痛と膝伸展筋力との関連. JOSKAS, 38(1), 2013
- 7) 小林正典：形状記憶合金を用いた転倒予防用装具の作製と評価. 大同大学紀要, 48:71-76, 2013
- 8) Kenichi Ozaki, Hitoshi Kagaya, Satoshi Hirano, Izumi Kondo, Shigeo Tanabe, Norihide Ito, Eiichi Saitoh, Toshio Fuwa, Ryo Murakami: Preliminary trial for postural strategy training by using a Personal Transport Assistance Robot for patients with central nervous system disorder. Arch Phys Med Rehabil, 2012 Aug 27. [Epub ahead of print]
- 9) 近藤和泉, 尾崎健一：ニューロリハビリテーションにおけるロボット. MEDICAL REHABILITATION, 141:27-31, 2012
- 10) Tetsuya Nemoto, Ryo Kubota, Yusuke Murasawa and Zenzo Isogai: Viscoelastic properties of human dermis and other connective tissue, implication for aging-related disease. Viscoelasticity, 157-170, 2012
- 11) 伊藤安海, 根本哲也, 小倉崇生：工学鑑定における人体損傷評価 - 事件・事故捜査や裁判における人体損傷の定量評価手法 -. 実験力学, 12(2), 2012
- 12) 根本哲也, 伊藤安海, 久保田怜, 松浦弘幸, バッテリーを被災地へ, 福祉介護テックプラス「特集 災害と福祉②」, 5(1):15-18, 2012

## 2. 学会発表

- 1) 松井康素, 竹村真里枝, 原田敦, 石黒直樹, 安藤富士子, 小坂井留美, 下方浩史：ロコチェックの妥当性・有用性の検討—一般住民における各種運動能力評価との比較を通し. 第85回日本整形外科学会学術総会, 2012/5/17-20, 京都
- 2) 松井康素, 藤田玲美, 原田敦, 櫻井孝, 根本哲也, 野田信雄, 鳥羽研二：高齢者の身体機能測定のための新しい握力測定器の開発. 第55回日本老年医学会学術集会, 2012/6/28-30, 東京
- 3) 藤田玲美, 松井康素, 原田敦, 櫻井孝, 根本哲也, 鳥羽 研二：握力と日常生活活動の関連—新型握力計での測定—. 第55回日本老年医学会学術集会, 2012/6/28-30, 東京
- 4) 松井康素, 竹村真里枝, 原田敦, 安藤富士子, 李ソン Chol, 下方浩史：地域在住中高齢者における膝関節痛と膝伸展筋力の関連. 第4回日本関節鏡・膝・スポーツ整形外科学会, 2012/7/19-21, 宜野湾市
- 5) 松井康素, 竹村真里枝, 原田敦, 安藤富士子, 下方浩史：ロコモティブシンドロームチェック項目とSF36身体機能との関連. 第14回日本骨粗鬆症学会, 2012/9/27-29,

新潟

- 6) 藤田玲美、松井康素、寺部靖人、竹村真里枝、近藤和泉、根本哲也、原田敦：変形性膝関節症患者における筋力と QOL および身体機能との関連．第 14 回日本骨粗鬆症学会，2012/9/27-29，新潟
- 7) 松井康素，原田久光，竹村真里枝，寺部靖人，藤田玲美，下園いず美，楠雅代，横山剛志：虚弱高齢者の起立，着座，車椅子等への移乗，歩行リハビリ支援機器の新規開発．第 28 回義肢装具学会，2012/11/11，名古屋
- 8) Yasumoto Matsui, Remi Fujita, Atsushi Harada, Takashi Sakurai, Tetsuya Nemoto, Nobuo Noda, Kenji Toba: A new grip-strength measuring device for evaluating various conditions in sarcopenia like catching and holding ability. International Conference on Sarcopenia Research (ICSR), 2012/12/7, Florida
- 9) 根本哲也，伊藤安海，久保田怜，大河原裕晶，島本聡，松浦弘幸，古田勝経，磯貝善蔵：ベッドギャッジアップ時における皮膚固定具による骨突出部の徐ひずみ性．第 31 回数理学講演会，2012/8/25，東京
- 10) 久保田怜，根本哲也，伊藤安海，大河原裕晶，島本聡，松浦弘幸，原田敦：コンピュータシミュレーションを用いた高齢者の骨補強による骨折予防方法の検討．第 31 回数理学講演会，2012/8/25，東京
- 11) 大河原裕晶，根本哲也，久保田怜，原田敦，松浦弘幸：ジャイロセンサを用いた歩行時の脚部動作の測定．第 31 回数理学講演会，2012/8/25，東京
- 12) 根本哲也：大規模災害に備えましょう～災害時の電源対応について～．神経系難病患者・家族教室，2012/9/13，愛知県半田保健所
- 13) 根本哲也，久保田怜，伊藤安海，島本聡，松浦弘幸，古田勝経，磯貝善蔵：皮膚の可動性とロボットと接触する部位の軟組織損傷リスクの関係．日本ロボット学会第 30 回記念学術講演会，2012/9/17-20，北海道
- 14) 久保田怜，根本哲也，伊藤安海，島本聡，松浦弘幸，原田敦：転倒時に外力を免ずる材料が骨に与える緩衝性の評価．日本ロボット学会第 30 回記念学術講演会，2012/9/17-20，北海道

#### G. 知的財産権の出願・登録状況

##### 1. 特許取得

# 特開 2011-072506 歩行支援装置

# 特願 2012-147280 号 起立着座移動支援装置

##### 2. 実用新案登録

# 登実 3158671 介護ベッド用補助具及びこれを用いた介護ベッド

##### 3. その他

回数理学講演会，2012/8/25，東京

- 3) 大河原裕晶，根本哲也，久保田怜，原田敦，松浦弘幸：ジャイロセンサを用いた歩行時の脚部動作の測定．第31回数理学講演会，2012/8/25，東京
- 4) 根本哲也：大規模災害に備えましょう～災害時の電源対応について～．神経系難病患者・家族教室，2012/9/13，愛知県半田保健所
- 5) 根本哲也，久保田怜，伊藤安海，島本聡，松浦弘幸，古田勝経，磯貝善蔵：皮膚の可動性とロボットと接触する部位の軟組織損傷リスクの関係．日本ロボット学会第30回記念学術講演会，2012/9/17-20，北海道
- 6) 久保田怜，根本哲也，伊藤安海，島本聡，松浦弘幸，原田敦：転倒時に外力を免ずる材料が骨に与える緩衝性の評価．日本ロボット学会第30回記念学術講演会，2012/9/17-20，北海道

#### F. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得  
なし
2. 実用新案登録  
なし
3. その他  
なし