

長寿医療研究開発費 2021年度 総括研究報告

高齢者医療における課題解決のためのリハビリテーション医療 (21-37)

主任研究者

近藤 和泉 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部 (部長)

研究要旨

フレイルの壁を越えた 85 歳以上の高齢者は、その後の生存性が高く、また様々な障害を負っても、リハビリテーション医療に対する反応が保たれており、回復力を十分に有している。またフレイルのリスクが高くなる 75 歳より若い世代も、早い時期からその徴候を捉えて、リハビリテーションアプローチを行うと、フレイルを回避し、健康寿命の延伸化を図ることができる可能性がある。同じく早期から脳の機能低下の徴候を捉えて、活動量の維持、適切な栄養補給さらにより厳密な成人病の管理を行えば認知症の発症を遅延させることができる。加えて、それ自体の発症がさらなる認知機能の低下を招く BPSD を回避できるような環境作りは、それ自体が認知症の進行を遅らせる可能性を持っている。そのような特徴を持つ高齢者集団に対するリハビリテーション医療における重要な課題は、1)85 歳以上の高齢者に対する適切な運動負荷と栄養補給の検討、2)フレイルの早期検知と予防的な運動介入を通じて実現する健康寿命の延伸、3)微細な運動解析を通じて早期の脳機能の異常を捉えることを通じた認知症ないしその前段階の検知、4)前項の 3)で捉えられた脳の機能異常が認知症につながるものかを見極めた上での適切な介入、5)高齢者を取りまく環境をモニターし、BPSD を惹起するようなストレスの検出、6)前項の 5)で検出したストレスを効率よく回避するための方策の考案などである。

これらの課題に取り組むためにリハビリテーション科部では、1)回復期病棟におけるサルコペニアの有病率の調査と栄養介入、2)指タップ計測装置による MCI および早期アルツハイマー型認知症における巧緻運動異常の検出、3)同じく早期に現れる歩行異常を GRAIL 上での運動解析による抽出方法の検討、4)MCI に対する複合的介入研究である J-MINT への研究と社会実装プログラムの開発協力、5)コロナ感染症流行下での高齢者への介入方法 HE-POP の開発、6)バランス訓練ロボットを使った高齢者の平衡機能への介入およびそれを通じたフレイルの予防などを行ってきた。さらに令和 2 年度からはロボットセンターの事業であるリビンラボと協力して、ロボット開発にも取り組んで来ている。

これらの課題に加えてさらにリハビリテーション診療に内在する問題の解決に取り組んでいくために、今回の開発研究では以下の欄の目的に列挙した新たな研究課題を設定し、研究開発を行う。

主任研究者

近藤 和泉 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（部長）

分担研究者

伊藤 直樹 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（統括管理士長）

谷本 正智 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（理学療法士長）

相本 啓太 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（理学療法士長）

川村 皓生 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（理学療法士長）

神谷 正樹 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（作業療法士長）

佐藤 健二 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（理学療法士長）

松村 純 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（理学療法士長）

橋本 駿 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（理学療法士）

浅井 恵里奈 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（言語聴覚士）

尾崎 健一 国立長寿医療研究センター リハビリテーション科部（医師）

A. 研究目的

本研究の目的は、

- 1)高齢心不全患者の身体活動および生活活動範囲拡大に向けた介入方法を検討すること
- 2)歩行支援ロボットを利用した増強運動負荷訓練を検討すること
- 3)転倒関連動作の動作解析による転倒要因の分析と転倒予防のためのプログラム構築
- 4)認知症患者における排尿のタイミングを誘導する機器「DFree」を用いた介護負担感軽減に向けての検討を行うこと
- 5)在宅におけるサルコペニア・フレイル高齢者に対する遠隔リハビリテーションの社会実装にむけた評価・介入方法の開発
- 6)高齢聴覚障害患者に対するリハビリテーション立案し、その実効性を検討することなどである。

これらは、未曾有の高齢化にさらされている日本の社会ではいずれも必要性の高い課題であり、その進捗はそのまま、高齢者に対するリハビリテーション医療の発展につながる。また独創的な発想に伴って設定された課題であることもある、先行的研究は非常に少ない。

B. 研究方法

(1) 全体計画

1) 高齢心不全患者の身体活動および生活活動範囲拡大に向けた介入方法の検討（以下「心不全研究」と略記）は橋本駿が中心となって実施するが、関連する因子の検討および外来心臓リハビリテーションを中心とした介入方法を検討する、2) 歩行支援ロボットを利用した増強運動負荷訓練の検討（以下「歩行支援ロボット研究」と略記）は、尾崎健一が統括して回復期に入院中の患者に対し歩行支援ロボットを使った増強運動負荷を行い、歩行・バランス能力改善効果を検討する、3) 転倒関連動作の動作解析による転倒要因の分析と転倒予防のためのプログラム構築（以下「転倒分析研究」と略記）は、松村純および相本啓太が転倒防止用の懸架ハーネスを用いたバランス練習や歩行練習中に、転倒関連動作（躓き、膝折れなど）が起こった際に、後方視的に、監視カメラの動画を元に動作解析を行う。4) 認知症患者における排尿のタイミングを誘導する機器「DFree」を用いた介護負担感軽減（以下「排尿支援研究」と略記）に向けての検討は、神谷正樹が認知症患者における使用条件を検討し、介護者の介護負担感の軽減を確認する。5) 在宅におけるサルコペニア・フレイル高齢者に対する遠隔リハビリテーションの社会実装にむけた評価・介入方法の開発（以下「サルコペニア遠隔リハ研究」と略記）は、川村皓生が統括して回復期リハビリテーション病棟で遠隔での介入・効果判定方法を検討した後、実際に在宅での効果検証を行う、6) 高齢聴覚障害者に対するリハビリテーション（以下「聴覚リハ研究」と略記）は、浅井恵里奈が中心となり、聴覚リハビリテーションを実施したことによりどのような項目（きこえに関する自覚的評価、認知機能、言語機能、コミュニケーション機能、補聴器装用時間、補聴器の種類など）が影響しているのかを明らかにし、遠隔での実施が可能か検証を行いアプリ等の開発などに繋げる。

(2) 令和3年度計画

1) 心不全研究では、活動および生活範囲拡大に関連する因子の検討を行う、2) 歩行支援ロボット研究では、回復期に入院中の患者に対し歩行支援ロボットを使った増強運動負荷を行いデータ収集を行う、3) 転倒分析研究では、監視カメラの動画の長時間記録とその分析における転倒イベントの検出方法を検討する。4) 排尿支援研究では、認知症患者において DFree が実質的に使用可能であるかの **Focus Group Discussion** を行い、その結果から具体的な使用方法を検討する。5) サルコペニア遠隔リハ研究では、訪問リハスタッフによる遠隔相互通信システムの実施検証を行う、6) 聴覚リハ研究では、補聴器外来受診から 1 カ月以上の補聴器試用期間後に補聴器を購入し、10 例を目

標として、リハビリテーションを実施した患者の診療情報を収集する。

(倫理面への配慮)

本研究を実施するにあたっては、国立研究開発法人国立長寿医療研究センターに設置されている倫理・利益相反委員会の承認を得た上で、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」を遵守し、研究の内容や参加を拒否しても不利益にならないことなどを説明してインフォームドコンセントをとった上で実施する。データの取り扱いおよび管理に当たっても、研究対象者の不利益にならないような配慮を行う。

個人情報の保護についての対策と措置

計測によって得られたデータおよび個人情報は、連結可能匿名化を行い、キーファイルとデータファイルは別々の鍵のかかる保管庫に収納する。また、データ保存時には暗号化を行い個人情報の保護に努める。

本研究の計画内では、実験動物を使った研究は行わない。

C. 研究結果

1. 高齢循環器疾患患者における生活活動度と予後の関連に関する研究は橋本が行い、心血管入院の有無における LSA のカットオフ値は 53.0 点 (AUC; 0.672、感度 55.9%、特異度 82.1%、 $p=0.003$) であった。また生存時間分析の結果、心血管入院 (ログランク検定 $p<0.001$) および心血管死亡 (ログランク検定 $p<0.001$) において 2 群間で有意差を認めた。
2. 歩行支援ロボットを利用した増強運動負荷訓練の検討は尾崎および伊藤が行い、50 例 (平均 80 ± 6 歳、男:女=14:36、大腿骨近位部骨折受傷側 右:左=24:26) が訓練最終評価まで終了した。結果は、歩行自立度 ($p=.012$)、歩行速度 ($p<.001$)、TUG ($p<.001$)、BBS ($p=.010$)、足関節底屈筋力の術側 ($p=.018$) および非術側 ($p=.017$) が有意に改善を認めた。
3. 転倒関連動作の動作解析による転倒要因の分析は相本および松村が行い、2022 年 5 月から撮影を開始し、まだ解析を終えた対象者はいないため、結果の報告までには至らなかった。
4. 認知症患者における排尿のタイミングを誘導する機器「DFree」を用いた介護負担感軽減に向けての検討は、神谷が行い、3 例の認知症患者および介護者への介入を行ったが、そのうち 2 名は介護者の理解が困難であり、実施が困難であった。残りの 1 名の 4 週間後の際評価では、J-ZBI の値が 50 から 37 点へと軽減した。また、DFree 使用後に関するアンケートでは、トイレの回数が増えた、身体的に楽になった、世話の時間に変化があった、排尿のタイミングを理解できた、おむつの枚数が減った、機器操作ができたという項目で、介護者が良く思うと回答があった。しかし、患者が DFree を取り外すなどの問題も生じていた。

5. 介護ロボットの開発・実証・普及のプラットフォームにおける対応実績の検討は佐藤が行い、移動支援ロボットについては、理学療法士および作業療法士 39 名に対して、**System Usability Scale (SUS)** を用いたアンケート調査および想定される対象者やその対象者の病態に合わせたデザイン設計などについて意見を集約し、在宅介護向けベッドについては、理学療法士および作業療法士、言語聴覚士 28 名に対して、**System Usability Scale (SUS)** を用いたアンケート調査を行い、さらに排泄支援ロボットについては、特別養護老人ホーム、老人保健施設、有料老人ホームの 3 施設でのニーズ調査を行ったが、その結果を本センターが実施中のプラットフォーム事業で報告した。

6. 在宅におけるサルコペニア・フレイル高齢者に対する遠隔リハビリテーションの社会実装にむけた評価・介入方法の開発は、川村および谷本が行い、高齢者を対象とした予備調査では 70～99 歳の方 18 名の通常歩行動作を撮影・解析した。ストップウォッチで計測した実際の歩行速度とマーカレス解析にて算出された歩行速度の相関係数は $r=0.955$ であり、高い精度で解析できていることが示された。健常若年者 2 名（30 代男性、40 代女性）の座位での膝伸展運動における角速度を下腿遠位への重錘負荷 0～2kg 条件下にて計測し算出した結果、負荷 0～1kg では大きな差は無いが、2kg 負荷するとやや角速度が下がることと、30 代男性と 40 代女性では重錘有無に関わらず、角速度に大きな差があることが確認された。

7. 高齢聴覚障害患者に対するリハビリテーションの検討は浅井が行い、聴覚リハ前後の比較の結果、MMSE ($P=0.038$)、Token Test ($P=<0.001$)、2 音節 ($P=0.003$)、3 音節 ($P=<0.001$)、追唱率 ($P=<0.001$) に有意な差があった。Token Test では、文法的要素が加わり構文理解が必要な Part F の項目が聴覚リハ後に正答率が上がっていた。

D. 考察と結論

1. 高齢循環器疾患患者における生活活動度と予後の関連に関する研究では、心血管入院の有無における LSA のカットオフ値は地域在住高齢者を対象とした先行研究と同程度の数値となったが、心血管入院の有無における LSA のカットオフ値の報告は本研究が初である。しかし、AUC 0.672、感度 55.9%と予測精度は不十分な結果となった。心血管入院を予測する指標としては BNP 値といった循環器指標のほうが LSA に比較して優れていることを反映した結果であると思われる。地域在住高齢者や COPD および心不全患者において、LSA の低下は救急受診や再入院、死亡リスクの増加につながることが報告されている。LSA は循環器疾患の予後指標を包括した指標であることから、年齢や性別、循環器疾患の予後指標を調整後も有意に心血管イベント発生に寄与したと考えた。

2. 歩行支援ロボットを利用した増強運動負荷訓練の検討では、TUG、BBS、足関節底屈筋力の術側および非術側が有意に改善したが、これは報告者らが先行研究で行なった慢性期中枢神経障害患者および地域在住フレイル・プレフレイル高齢者への BEAR 介入と同様の結果であった。歩行自立度、歩行速度といった歩行能力の変化も認めたが、EAR 介入の

本来の効果を検証するためにはコントロール群との比較が必要である。今後、データベースを使ったヒストリカルマッチングの手法について検討していく予定である。

3. 転倒関連動作の動作解析による転倒要因の分析は、結果の報告までには至っていないが、引き続き、対象者を集めていく。

4. 認知症患者における排尿のタイミングを誘導する機器「DFree」を用いた介護負担感軽減に向けての検討では、1例の検討ではあるが、DFreeを使用することにより、重度認知症患者の尿失禁に対する家族介護者の介護負担感の軽減を得ることができた。DFreeを用いることにより、尿失禁で汚染した衣類や布団、床などの掃除や着替えの介助の回数が減少することで、家族介護者の回答が身体的に楽になり、世話の時間の短縮に繋がったと考えられる。

5. 介護ロボットの開発・実証・普及のプラットフォームにおける対応実績の検討では、介護ロボットの開発企業が、介護現場のニーズに合う介護ロボットを開発するためには、ロボット開発の過程で、実際の使用環境に近い模擬環境でロボットを使用して、その効果や安全性を確かめることが不可欠であり、実際の使用環境での利用者の生の声を基に機器の改良や、対象者の見直しを行う等、開発の過程で適宜、現場からのフィードバックに基づき、方針や仕様に改良を重ねていくことが必要となる。本研究では、2021年度内に24件の企業相談を受け、4件のユーザビリティ調査およびニーズ調査を行うことができ、相談を受ける体制を概ね構築できたと考える。とりわけ、移動支援ロボットについては検証結果に基づき機器改良を進めている。来年度以降は、効果検証を進めていく予定である

6. 在宅におけるサルコペニア・フレイル高齢者に対する遠隔リハビリテーションの社会実装にむけた評価・介入方法の開発では、ロバスト群に対し、プレフレイル・フレイル群においては通常歩行速度の他、ストライド長、立脚後期の股関節伸展角度、遊脚期のクリアランスの有意な低下を認め、ステップ長が短縮することでTerminal StanceにおけるToe-off時の股関節伸展の減少および前方推進力の減少につながる可能性が考えられる。しかしながらケイデンスにおいては群間差を認めず、ステップ数を多くとることで歩行効率を維持しているものとする。引き続き様々な動作や撮影条件での検証を重ね、遠隔環境によっても実施可能な客観的な評価方法の開発を進める。そのような評価方法が確立されれば、遠隔リハ介入の効果判定やプログラム立案に役立てられるものとする。

7. 高齢聴覚障害者に対するリハビリテーションの検討では、星山ら(2006)は補聴器装用後にコミュニケーション訓練を行い聴覚的理解課題や復唱課題の成績が向上したと報告しており、本検討でも聴覚的理解力が改善し、Token testの成績向上に繋がったと考えられた。聴覚リハの週に1回、1時間程度の会話や訓練をすることでコミュニケーション場面の頻度が増加し、正しく追唱することを訓練で求められるため、細部まで聴くという習慣が聴覚的理解課題の成績向上に有効だった可能性がある。高周波数優位の難聴を特徴とする高齢者では無声子音の聴取に支障が出ると報告されており、今回、補聴器装用後の聴覚リハを経ても3音節単語のうち無声子音が多い単語では改善に課題が残り、追加訓練検

討の余地があると考えられた。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

- 1) 近藤和泉：認知症患者の日常生活をサポートする AI/ロボット技術. *Medical Practice*, 38, 1227-1230, 2021.

2. 学会発表

- 1) 近藤和泉：医療・介護ロボット最前線—リハビリテーション医療および介護予防を中心に—. 第 21 回糖尿病インフォマティックス学会, 2021 年 8 月 29 日, WEB.
- 2) 近藤和泉, 尾崎健一：トレッドミルを使った VR. 第 5 回日本リハビリテーション医学会秋季学術集会, 2021 年 11 月 13 日, 名古屋.
- 3) Izumi Kondo : Robot exercise for older adults with balance deficit. AOCNR2021 virtual conference, Aug 6th, 2021, India, held on online
- 4) 近藤和泉：ロボット・次世代介護—移乗支援を中心に—. 2021 年度老年医学サマーセミナー, 2021 年 8 月 7 日, WEB.
- 5) 近藤和泉：医療・介護ロボット最前線—リハビリテーション医療および介護予防を中心に—. 第 21 回糖尿病インフォマティックス学会教育講演 2-4, 2021 年 8 月 29 日, WEB.

G. 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