

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 病院長

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、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)1)におけるより良い栄養補給の前提となる嚥下機能の維持、3)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、4)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、5)前項の4)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、6)高齢者をと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、7)前項の6)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および7)脳活リハと名付けたMCIおよび早期認知症に対するリハビリテーションアプローチを行ってきた。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グラボと協力して、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

んで行くために、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、研究開発を実施している。

主任研究者

近藤 和泉 国立長寿医療研究センター 病院長

分担研究者

前島伸一郎 国立長寿医療研究センター 長寿医療研修センター（センター長）
加賀谷 斉 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）
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）
吉村 貴子 京都先端科学大学 教授

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
- 7) 認知症の進行の経緯を認知機能、BPSD、ADL、健康関連QOLなど複数の側面から明らかにし、それらが介助量や介護負担に及ぼす影響を明らかにすること
- 8) 高齢者に対する嚥下機能維持の方策の検討などである。

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、先行的な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) 高齢聴覚障害患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。7) 認知症の進行の経緯を認知機能、BPSD、ADL、健康関連QOLなど複数の側面から明らかにし、それらが介助量や介護負担に及ぼす影響を明らかにする研究（以下「脳活リハコホート研究」）は、大沢愛子、前島伸一郎および吉村貴子が担当し、毎週100組以上の認知症患者およびその家族が通院し、長期に涉って脳活リハを行っている集団の詳細な高次脳機能、心理、家族負担に対するデータが蓄積されているデータベースを使って検討が行われる。8) 高齢者に対する嚥下機能維持の方策の検討は、加賀谷斉が担当し、高齢者では習熟が難しい舌骨・喉頭挙上運動の強化を、磁気刺激を用いて行う方法の開発を行う（以下嚥下磁気刺激研究）。

令和4年度

1) 心不全研究では、前年度の分析結果を参考にし、外来心臓リハビリテーション、歩行アシスト装置およびウェアラブルセンサーを使用して適切な介入方法の検討を行う、2) 歩行支援ロボット研究では、前年度収集したデータを解析・公表し、この年度で終了する、3) 転倒分析研究では、監視カメラの動画の記録から転倒イベントの検出し、転倒運動の解析を行う。4) 排尿支援研究では、前年度の検討の結果から得られた使用方法でDFreeを使用時と使用しない時の家族介護負担感を比較し、効果を検討する、5) サルコペニア遠隔リハ研究では、サルコペニア・フレイル高齢者／ロバスト高齢者／若年健常者の基本動作についてマーカレス解析により速度、加速度、歩幅、関節屈伸角度などのデータを抽出し、解析結果の群間比較および高齢者と若年者、サルコペニア・フレイル高齢者とロバスト高齢者の動作特性の差異について判別精度の検証を行う、6) 聴覚リハ研究では、さらに追加での10例のデータ収集を目標として、得られた患者のデータの中間解析を行う。7) 脳活リハコホート研究では、1年以上経過した患者に対する脳活リハの効果を検討すると共に並行して行われている、指タップ、コグニステッチおよび言語障害に対する検討を継続する。8) 嚥下磁気刺激研究は、造影検査で確認された舌骨・喉頭挙上が不十分な嚥下障害患者を対象として、その適応可能性を検討する。さらにこれらに加えて、本年度は厚労省プラットフォーム事業への参画を行い、その対応実績についても報告する。

(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。

個人情報保護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、外来での心リハ介入前後でLSAの得点を比較した結果、外来での心リハ介入前：82.0 (61.0-100.0)、介入4ヶ月後：81.0 (64.5-100.0) と、外来での心リハ前後で有意差を認めなかった ($p=0.308$)。一方、改善・非改善群の比較では、全死亡 ($p=0.048$)、

- 心血管死亡 ($p=0.048$) において、LSA 改善群のほうが有意にイベント発生が多い結果であった。さらに外来での心リハ介入前の LSA の得点にのみ 2 群間で有意差を認めた (LSA 改善群 : 65.0 (46.8-84.0)、LSA 非改善群 : 86.5 (74.0-120.0)、 $p<0.001$)。
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、訓練最終評価まで終了した 51 例(平均 80±8 歳、男:女=13:38、大腿骨近位部骨折受傷測右:左=24:27)を対象とした分析結果では、歩行自立度($p=.011$)、歩行速度 ($p<.001$)、TUG ($p<.001$)、BBS ($p=.010$)、足関節底屈筋力の術側($p=.019$)および非術側($p=.018$)が有意に改善を認めた。FRT および股関節外転筋力、膝関節底屈筋力は改善傾向ではあるが有意差は認めなかった。FES-I は有意差(-1.3 点, $p=.201$)を認めず、前後評価のできた 37 例中 15 例で改善, 22 例で悪化していた。SIDE も全体としては有意差を認めなかったが、転倒リスクのカットオフとなる 2a/2b 間を跨いで 9 例が改善を認めていた。
 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、13 名 (18 例) の解析を終了し、患者へのフィードバックを行った。13 名の内訳は、性別が男性 10 名、女性 3 名であり、疾患は脳血管疾患 11 名、運動器疾患 2 名であった。解析を行った 18 例の転倒関連動作の種類としては、ふらつきが 11 例、つまずきが 7 例であった。
 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、神谷が実施してるが、症例の取り込みが進んでいないため、新しい結果は得られていない。
 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・介入方法の開発は、川村および谷本が行い、OpenPose においてとくに歩行時の足関節の推定と、対側や体幹で死角となった際の推定精度が低く、一方、股関節や膝関節は Theia3D や VICON との誤差が少ないことがわかった。予備検証として健常若年者 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。
 6. 高齢聴覚障害者に対するリハビリテーションの検討は浅井が行い、聴覚リハ前と比較して聴覚リハ後では、有意な 2 音節単語の聴取正答率の増加($p=0.003$)、3 音節単語の聴取正答率の増加($p<0.001$)、Token Test スコアの上昇 ($p<0.001$)、MMSE スコアの上昇 ($p=0.038$)、追唱率の上昇($p<0.001$)を認めた。HHIE は 37.9 点から 33.3 点と低下する傾向を認めた。NHHI、CADL、KCL、符号、記号探し、語想起の結果は聴覚リハ前後で有意な差を認めなかった。
 7. 脳活リハコホート研究は、前島、大沢および吉村が行い、CDR0 と CDR0.5 (全良好群) 17 名、CDR1 と CDR2 (全低下群) 13 名の比較では、聴力レベルにおいて群間に有

意差を認めなかった。記憶 CDR 良好群 9 名、記憶 CDR 低下群 21 名に分けて分析したところ、記憶 CDR 低下群のほうが記憶 CDR 良好群より閾値が上昇傾向にあった。つまり聴力低下傾向を認め、良耳での聴力レベルが記憶 CDR 良好群では 24.33dB（正常）であったが、記憶 CDR 低下群では 33.15dB（軽度難聴）であった。MMSE-J の得点により、MMSE 良好群と MMSE 低下群に分けて聴力レベルの差の比較したところ、MMSE 低下群は MMSE 良好群に比べて閾値が上昇傾向にあり、MMSE 良好群では聴力レベルがよく、MMSE-J 低下群では、軽度難聴レベルであった。

8. 高齢者に対する嚥下機能維持の方策の検討は、加賀谷が磁気刺激を通じたアプローチの検討を行い、疼痛なく、舌骨上筋群の刺激が可能であった。新たな治療法としての feasibility も良好であった。また、認知症などで指示が入りにくい患者に対しても治療法として使用できることが多いことも確認できた。
9. 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、ドライビングシミュレータユーザビリティ調査では、NPS は、10点満点中「6」や「7」と評価した者が最も多かった。SUS スコアも54点であり、全般的に各項目とも「どちらでもない」を主に、やや肯定的からやや否定的まで意見がばらつく傾向にあった。NPS と満足度には相関が認められた。運転基礎トレーニングに対する調査では NPS が、10点満点中「6」や「7」と評価した者が最も多く、SUS スコアも50.7点であり、全般的に各項目とも「どちらでもない」を主に、やや肯定的からやや否定的まで意見がばらつく傾向にあった。非接触型ウェットティッシュは、リハビリテーション科部職員 58 名に対して、やはりユーザビリティ調査を行ない、NPS は「5」と評価した者が最も多く、SUS スコアは 75.7 点/100点満点であり、高い得点を示した。NPS スコアと SUS スコアの相関係数は 0.10 であった。

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、高齢循環器疾患を対象に LSA を用いた検証ではあったが、運動機能の向上、生活範囲の拡大に伴う身体活動量の向上のみでは、予後の改善につながらない可能性があると考えた。さらに、LSA 改善群では、介入前の LSA が低値であり、外来での心リハを終了してもなお死亡イベントの発生件数が多いということから、循環器疾患を発症したり再入院をしたりする前の段階から予防的に LSA の得点を低下させない取り組みが必要かもしれない。
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、回復期入院期間の終盤であるが歩行再建中の者を対象としたため、歩行自立度、歩行速度といった歩行能力の変化も認めた。BEAR 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。今回、過去の回復期病棟データベースを用いて propensity score matching にてコントロール群を作成する予定であったが、症例数の問題と、選択バ

イアスにて年齢および認知機能が異なる群となってしまう比較困難であった。FES-I は改善例と悪化例を認めた。これは回復期から自宅へ退院する直前の時期の介入であり、バランス訓練で自信のついた者と、自己のバランス能力を理解しかえって不安を強めた者がいると推測された。本研究のメインアウトカムとなる退院後1年間の転倒の有無・頻度は、時期的に少数にしか聴取できておらず、今後調査の継続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、転倒関連動作が起こる直前の動作が通常の動作と異なることが考えられた。ただ、各症例において、転倒関連動作の要因は様々であり、今後も引き続き転倒関連動作が起こった患者へのフィードバックや転倒に関連する動作の知見の集積を進めていく。
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は、新たな症例の取り込みが完了していない。
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・介入方法の開発では、OpenPoseにおいてとくに歩行時の足関節の推定と、対側や体幹で死角となった際の推定精度を担保することが困難であった。一方で、股関節や膝関節はTheia3DやVICONとの誤差が少ないことがわかるなどの成果もみられた。しかしながら、現段階ではカメラ配置といった実験環境や推定の悪いデータの補間方法といったデータ解析に限界があった。これらを踏まえ、今後は死角の少ないカメラ配置にするなど環境を調整することや、推定が悪いデータの補間方法の検討をすること、さらに今回実施した動作以外の評価を検討していき、検診などで簡易的に動作解析ができる方法を検討していく。
6. 高齢聴覚障害患者に対するリハビリテーションの検討では、HHIEでは開始時から難聴があり補聴器の適応であるにもかかわらずハンディキャップの自覚が低く、歳を重ねるに従って自分の難聴を過小評価する傾向があるという先行研究と一致した。120日間の音読と漢字の書き取り、新聞記事を15分読むトレーニングし10ヶ月後に純音聴力検査と語音聴力検査に改善を認め、日常生活では積極的に人と交流を持てるようになった例があった。認知機能低下のない難聴高齢者94名の検討では補聴器装用前後でHHIEが30.8から18.0と改善し、25設問中18で有意な改善があったが、本検討では認知機能低下のある者が33名中19名と半数以上を占めており、開始時と終了時では難聴への理解が異なるため有意差がでなかった可能性も考えられた。
7. CDRに反映される日常での全体的な行動には、直接聴力を必要としないものも含まれており、認知症重症度と聴力レベルとが直接関係しているとは断定できないと推察しできる。一方、記憶CDRの認知症重症度によって聴力レベルの差があったことから、直接聴力を要さない日常の記憶にも、聴力レベルが関係する可能性が示された。つまり、聴力レベルが低い（難聴がある）と、記憶そのものの機能が低下している可能性があるが、日常の記憶は聴覚呈示によるものが多いため、今後は視覚性記憶を用いて

検証する必要があると考えられた。

8. 舌骨・喉頭挙上障害に対しては、これまでシャキア訓練、電気刺激療法などがエビデンスのある訓練法として行われてきた。しかし、シャキア訓練は負荷の大きさから原法通りに完遂できる高齢者は本邦では非常に少ない。電気刺激療法は疼痛が生じやすく、高齢者では皮膚のたるみなどのためにオトガイ下の電極貼付が困難である。そのため、高齢者では現実には電気刺激療法は適用が困難であった。末梢磁気刺激療法は無作為化比較試験よりシャキア訓練と同様の筋力増強効果が得られており本人の努力を必要としないので実施が容易であり、疼痛がなく電極貼付の必要がないため、電気刺激療法よりも準備に要する時間が短く患者の受け入れも良好であった。また、認知症患者に対しても使用できることが多かったことから、今後、新しい摂食嚥下リハビリテーション手技としての広まりが期待される。
9. 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、33件の企業相談を受け、3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。来年度以降はユーザビリティ調査に加えて、エンドユーザーを対象とした検証等も進めていく予定である。

E. 健康危険情報

なし

F. 研究発表

1. 論文発表

1. Sugioka J, Suzumura S, Kuno K, Kizuka S, Sakurai H, Kanada Y, Mizuguchi T, Kondo I. Relationship between finger movement characteristics and brain voxel-based morphometry. PLoS One. 2022 Oct 7;17(10):e0269351. doi: 10.1371/journal.pone.0269351. PMID: 36206254; PMCID: PMC9543950. 2022
2. Suzumura S, Ito K, Narukawa R, Kawamura, Kamiya M, Osawa A, Kondo I. Self-exercise training instructional items and continuation rates in patients with cerebrovascular disease post-discharge. Geriatr Gerontol Int 2023 Feb 14. 23:251-252 <https://doi.org/10.1111/ggi.14564>.
3. Izumi Kondo. Neurorehabilitation guidelines in Japan focusing on cerebral palsy. 3rd Korea-Japan-Taiwan Neurorehabilitation Congress. Mar 26th, 2023, Korea.

2. 学会発表

1. 近藤和泉. 加齢に伴うバランス能力低下とフレイルに対するロボットの活用と効果. 第64会老年医学会 シンポジウム 26. 2022年6月4日, 大阪市.
2. 堀田雅人, 川村皓生, 牧賢一郎, 神谷武, 伊藤直樹, 小久保学, 加藤智香子, 近藤和泉.

回復期リハビリテーション病棟における入棟時の身体・認知機能と転倒回数との関係.
第 64 回日本老年医学会学術集会. 2022 年 6 月 2 日-4 日, 大阪/WEB.

3. 近藤和泉, 小野木啓子. 脳性麻痺とリハビリテーション医療. 第 59 回日本リハビリテーション医学会学術集会. 2022 年 6 月 24 日, 横浜市.
4. 駒場郁子, 西口知宏, 田中則子, 丸山貴資, 近藤和泉. 高齢者におけるバランス能力とロコモティブシンドロームとの関連性 (第二報). 第 33 回日本運動器科学会. 2022 年 7 月 9 日, 札幌市.
5. Izumi Kondo, Aiko Osawa, Minoru Yamada, Jun Matsumura, Keita Aimoto, Naoki Itoh, Shinichiro Maeshima, Hidenori Arai. Rasch analysis for novel ADL scale for older adults - NCGG-Practical ADL Scale (NCPA). ISPRM 2022. July 3-7,2022, Lisboa, Portugal.
6. 塚田智也, 相本啓太, 神谷正樹, 加藤健治, 吉見立也, 下澤大地, 伊藤直樹, 近藤和泉. 若年健常者における懸架装置を用いた転倒速度減少効果の検証. 第 38 回東海北陸理学療法学術大会. 2022/10/29-30, 愛知/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