

一般口演 | 医療支援

一般口演14

VR・IoT・遠隔医療

2021年11月20日(土) 14:10 ~ 16:10 G会場 (2号館3階232+233)

[3-G-2-04] 5G/IoT時代を見据えた、山間部・へき地における遠隔リハビリテーションの実証

*半田 裕¹、安形 司¹、野村 政嘉¹、夏目 賢治¹、加倉 美和¹、伸井 勝¹、平田 仁²、米田 英正²、大山 慎太郎²、佐伯 将臣²、下田 真吾³、金田 賢⁴、小林 由幸⁴ (1. 新城市民病院, 2. 名古屋大学医学部附属病院, 3. 理化学研究所, 4. NTTデータ経営研究所)

*Yutaka Handa¹, Tsukasa Agata¹, Masayoshi Nomura¹, Kenji Natume¹, Miwa Kakura¹, Masaru Nobui¹, Hitoshi Hirata², Hidemasa Yoneda², Shintaro Oyama², Masaomi Saeki², Shingo Shimoda³, Satoshi Kaneta⁴, Yoshiyuki Kobayashi⁴ (1. 新城市民病院, 2. 名古屋大学医学部附属病院, 3. 理化学研究所, 4. NTTデータ経営研究所)

キーワード : Remote rehabilitation, 5G, Industry-academia-government collaboration

愛知県東三河の山間部に位置する新城市作手地区には理学療法士はおらず、新城市民病院から作手保健センターへ機能訓練事業として派遣している。作手地区では、交通インフラ不足による通院困難、広大なカバーエリアへの医療従事者派遣に対する負担といった課題がある。これらの課題を解決すべく、総務省「地域課題解決型ローカル5G等の実現に向けた開発実証」の請負事業において、産学官連携コンソーシアムを設立、5Gを用いた遠隔リハビリの実証を行ったので報告する。作手保健センターに5G基地局を設置、市民病院と光回線による5Gネットワークを構築をした。4K映像伝送システムにより意思疎通の手段を確立、マーカースレスモーションキャプチャーによる関節角度や歩行の定量化を図った。本実証では、通常のリハビリ以上に転倒や急変へのリスク管理が必要なため、PT(Physical Therapist)to P(Patient) with N(Nurse)にて実施。PT、看護師、患者へ質問票による主観的評価を行った。PTからの指示を患者が受けて、事前に設定したリハビリメニューはすべて実施可能であった。質問票からPTの視点で映像解像度、映像伝送の遅延時間に大きな問題ないことを確認した。看護師は安全面に関して多少不安があったと回答した。患者からは、対面リハビリと比較し「概ね安心してリハビリができた」、「とても安心してリハビリができた」と回答した。一方、コミュニケーション、会話のタイミングが難しいと意見があった。遠隔リハビリのメリットとして、遠距離が原因のリハビリ通院困難者に対しリハビリの提供がしやすく、頻度を増やし運動習慣定着に一助を果たす可能性がある。今後、遠隔リハビリ提供の課題として、コミュニケーションにおけるユーザーインターフェースの洗練化、モーションキャプチャーデータの解釈、医療制度、コストなどの解決が必要と考えられる。

- 5G/IoT 時代を見据えた、山間部・へき地における 遠隔リハビリテーションの実証 -

半田 裕^{*1}、安形 司^{*1}、野村 政嘉^{*1}、夏目 賢治^{*1}、加倉 美和^{*1}、伸井 勝^{*1}、
米田 英正^{*2}、大山 慎太郎^{*2}、佐伯 将臣^{*2}、
下田 真吾^{*3}、金田 賢^{*4}、小林 由幸^{*4}、平田 仁^{*2}
^{*1} 新城市民病院、^{*2} 名古屋大学医学部附属病院、
^{*3} 理化学研究所、^{*4} NTT データ経営研究所

Demonstration of remote rehabilitation in mountainous areas and remote areas with an eye on the 5G / IoT era

Yutaka Handa^{*1}, Tsukasa Agata^{*1}, Masayoshi Nomura^{*1}, Kenji Natsume^{*1}, Miwa Kakura^{*1}, Masaru Nobui^{*1},
Hidemasa Yoneda^{*2}, Shintaro Oyama^{*2}, Masaomi Saeaki^{*2},
Shingo Shimoda^{*3}, Satoshi Kaneta^{*4}, Yoshiyuki Kobayashi^{*4}, Hitoshi Hirata^{*2}
^{*1} Shinshiro Municipal Hospital, ^{*2} Nagoya University Hospital,
^{*3} RIKEN, ^{*4} NTT Data Institute of Management Consulting

Abstract in English comes here.

In order to solve problems such as the increase in patients who have difficulty visiting hospitals in the medical field, especially in mountain areas where population decline, depopulation, and declining birthrate and aging population are advancing, and the burden on medical resources, we established an industry-academia-government collaboration consortium and demonstrated remote rehabilitation using 5G. A 5G base station was installed at the demonstration site, and a 5G network using optical lines was constructed with a core hospital. A means of communication was established by a 4K video transmission system, and joint angle and walking were quantified by markerless motion capture.

Keywords: Remote rehabilitation, 5G, Industry-academia-government collaboration

1. 緒論

愛知県東三河の山間部に位置する新城市作手地区には人口減少・過疎化・少子高齢化が進み、高齢化率は 30%を超えている。さらに山間部へき地における交通インフラの不足により、リハビリテーション介入を必要とする住民の通院が困難といった深刻な地域課題を抱えている。新城市は愛知県で2番目に面積が広い市であるものの、唯一の中核病院である新城市民病院(以下、中核病院)でその広域をカバーしている。本地区には理学療法士は不在であり、18.8km 離れた中核病院から作手保健センター(以下、実証会場)へ機能訓練事業として理学療法士を派遣しての介入、また本地区への訪問リハビリテーションを行っている。派遣においては、カバーエリアが広大であり、医療従事者側の負担も大きいといった課題がある。

これらの課題を解決するべく、総務省「地域課題解決型ローカル 5G 等の実現に向けた開発実証」を研究受託し、産学官の連携の下、5G 通信を用いた遠隔リハビリテーションの実証を行ったので報告する。

2. 目的

従来より機能訓練事業の一環として行っているリハビリテーション指導について、5G および 4K 等高精細映像伝送を用いた遠隔リハビリテーションシステムにより理学療法士が遠隔から指導が可能であるか実証を行い、有効性の検証を目的とする。

3. 方法

3.1 システム概要

実証会場に 5G 基地局を設置し、中核病院と光回線接続によるローカル 5G ネットワークを NTT ドコモの協力の下構築した。

遠隔リハビリテーションを実現するためには、リアルタイムでのコミュニケーションが不可欠であり、映像からは患者の表情、顔色を把握する必要があるため 4K の高解像度カメラを導入した。リハビリテーション中は情報を同時に拠点へ送信すると 300~800MB/s のアップリンクが必要であり、十分な帯域を確保するため、5G 回線を用いた。

遠隔リハビリテーションにおいては、リハビリテーション時の患者の状態を多方向からの高解像度映像の撮影できるように実証会場側からはカメラ 2 台による全体映像、看護師装着の 4K ヘッドマウントカメラ 1 台による主観映像の構成とした。また、リハビリテーション効果を測定するため、8 台の高解像度カメラを用いたマーカレスモーションキャプチャシステム(SIMI motion)によって測定される関節可動域や筋負荷を中核院側の理学療法士へ伝送した。

中核病院側には 4K カメラ 1 台を設置し、患者・看護師と理学療法士間でのリアルタイムでのコミュニケーションが可能なシステムとした。



図 1 実証システム構成

3.2 リハビリテーション中の患者状態管理

リハビリテーション指導の実施前には遠隔診療支援システム、ニプロハートライン™を用いて、テレビ電話による問診を行った。血圧、脈拍、体温、SpO2、心電波形のバイタルデータを取得、伝送した。



図2 遠隔での問診の様子

遠隔でのリハビリテーションでは患者と理学療法士の間に物理的距離が生じるため、通常のリハビリテーション以上に急変や転倒へのリスク管理を行う必要がある。本実証では、本実証では患者には看護師が付き添い、PT(Physical Therapist: 理学療法士) to P(Patient: 患者) with N(Nurse: 看護師)にて実施した。起立、歩行練習においては転倒のリスクを伴うため、介助補助者の看護師への見守り介助、転倒を防ぐ支え方について事前に伝達講習を行った。

3.3 対象者

作手機能訓練事業に通われている5名を対象とした。選定基準は、下記とした。

- ・機能訓練事業に参加している
- ・過去に新城市民病院への受診歴、入院歴がある
- ・認知機能が維持されており、モニタを介したコミュニケーションが可能である

本実証実験は新城市民病院の倫理審査委員会の承認の元にて実施した。対象者へは①参加の自由②同意撤回する権利があること③不参加の場合でも不利益を受けないこと④目的、意義、実施方法について⑤個人情報の保護について⑥情報の開示について、口頭と文章にて説明を行った。同意書への署名により参加同意を得た。

3.4 介入プログラム

各対象者に2回の介入を行い、1セッションあたり約40分の介入を行った。介入プログラムは以下の通りである。

- ① 問診・バイタルチェック
- ② ストレッチ
- ③ レジスタンストレーニング
- ④ 起立練習
- ⑤ 歩行練習

また介入の前後にマーカースレスモーションキャプチャシステムにて歩行評価としてデータ取得した。

3.5 個人情報の管理

本実証ではバイタルデータ等センシティブな情報を扱うため、クローズドなネットワークの構築を行った。

4. 結果

理学療法士からの指示を患者が受けて、事前に設定したリハビリテーションメニューの実施はすべて可能であった。映像伝送システムを介した遠隔リハビリテーション指導が、対

面での介入と同様にリハビリテーション提供が可能であるか、理学療法士の視点で映像画質等を評価した。また被験者に対して質問票による主観的評価を行った。

4.1 画像品質・遅延の検証

理学療法士の視点で4K映像の解像度、映像伝送の遅延時間(許容範囲内か)等を評価した。その結果、5G環境下では解像度、遅延時間共に大きな問題ないことが確認された。既存の通信環境(LTE)を用いた場合を想定してルータの設定を5GからLTEに変更し、映像品質等を比較検証した。その結果、5Gであれば解像度、遅延時間共に大きな問題なく、被験者が早い動作を行っても遅延は無かったが、LTEの場合、5Gと比べると解像度はやや粗く、遅延が生じていたため、手指や足の細かな動きは見るのが難しく、粗大運動の評価に限定されることが確認された。

また、LTE環境下においては、解像度をHDから2K、4Kと上げるとともに、遅延が増えることが確認されたため、LTE、5M、HDの組み合わせにおいて、バランスが取れていると考えられる。一方で、音声の遅延に関しても生じているため、コミュニケーション実施時に通常の会話と比べた場合のやりづらさを感じたとの所感が得られた。

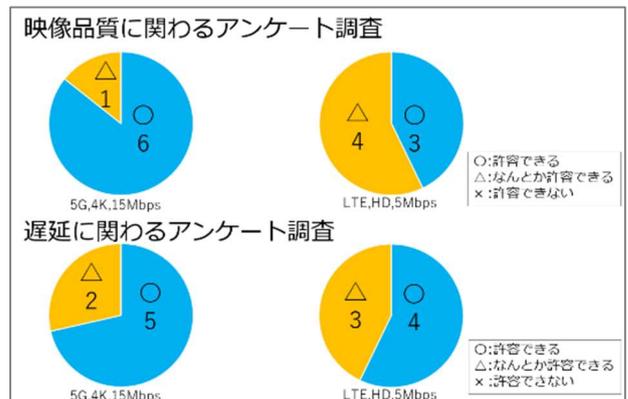


図3 映像品質・遅延に関わるアンケート

4.2 モーションキャプチャシステムの活用

本実証ではモーションキャプチャ用カメラ8台を用いたモーションキャプチャシステムによって歩行時の関節角度等を計測し、実証後の解析に活用した。客観的なデータの解析、蓄積は今後のリハビリテーションの発展にも貢献する可能性がある。

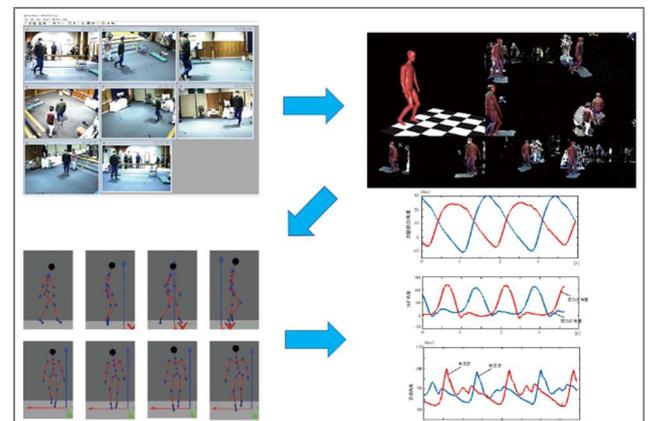


図4 モーションキャプチャー解析イメージ

4.3 被験者向けアンケート

被験者向けのアンケートでは、対面でのリハビリと比較した、不安感、リハビリ専門職との意思疎通、移動等の削減によるメリットの有無、今後の利用意向について確認した。その結果、全ての方が「概ね安心してリハビリができた」または、「とても安心してリハビリができた。」と回答しており、安心感が高いことが確認された。また、理学療法士との意思疎通については、一部タイムラグや声が聞きづらい場面があったと回答していた。

遠隔リハビリのメリットに関しては、「通院が大変な場合に良い」、「通院に時間が掛からないため仕事が捗る」といったコメントもありメリットが大きいことが確認できた。今後の利用意向としては、対面と遠隔を併用したいと回答した方が遠隔リハビリを受けても構わないと回答した方が大多数であり、受容性も高いことが確認された。一方、遅延や音声の聞き取り辛さや直接指導してもらおう方が安心できるといった意見もあげられた。

5. 考察

理学療法士の主観的評価から、5G および 4K 高精細映像を用いた場合、歩行や起立等の基本的なリハビリメニューにおいては映像品質および遅延時間は許容範囲内であることが確認された。

課題として、被験者の方が高齢や難聴の場合はマイクを通して声が聞きづらいと言った点が挙げられている。今回の実証では、実証会場でのスピーカーは映像を投影する画面と逆側に配置されていた。理学療法士の声の出る方向が画面と逆だったため、画面に映る視覚情報と声の方向が一致していなかったため、聞きづらさが生じていた可能性が考えられる。今後実装を想定した場面では、実施する部屋のノイズを減らすような工夫や、音声伝わりやすい構造の部屋の利用、画面とスピーカーを同一方向にするなど、環境設定で対応する必要が考えられる。

遠隔リハビリテーションの最大メリットとして、遠距離が原因のリハビリ通院困難者に対しリハビリテーションの提供がしやすく、頻度を増やし運動習慣定着に一助を果たす可能性が考えられる。遠隔リハビリテーションの提供に関しては、被験者によって、対面が良いという方と遠隔リハビリが良いと感じる方がいるため、両方を併用しながらリハビリテーションを提供することで、機会が増え予防に繋がると期待される。

遠隔では五感のすべてを駆使したリハビリテーションや、筋力計、角度計を使用した評価を行うことができないが、モーションキャプチャーデータを活用することで従来のリハビリテーション治療技術の補完とさらなる発展の可能性がある。

遠隔リハビリテーションの提供には医療制度が利活用できない状況、コスト、機器操作に精通したスタッフが必要、各拠点での複数のスタッフが都合を合わせる必要などの課題解決が必要であるが、物理的距離に関わらず医療を提供できることは従来移動時間により失われていた理学療法士の生産性向上や通院困難な患者への質の高いリハビリテーションの提供が期待される。

5.1 安全管理の視点

遠隔でのリハビリテーション指導では、理学療法士が対面での介助ができないため、看護師の介助による安全確保が必要となる。理学療法士がリハビリテーション指導・歩行練習において安全確保のために「見る」ポイントを、アイトラッキングシステムによって分析し、伝達した。アイトラッキングシステム

による分析から、理学療法士は、患者の表情、顔色(バイタルサイン)に配慮しながら、周囲(とくに前方)や目標、行先に注意を配っており、看護師が介助を行う場合にも同様の視点で観察を行うことで、患者の転倒等の事故防止につながると考えられる。本実証で転倒、急変等のアクシデント、インシデントは無かったが、看護師が普段の業務と異なり慣れないリハビリテーション指導に携わることは不安である。一連の流れを把握できるよう安全管理講習を行い、看護師の介助への不安軽減へつなげることは肝要である。

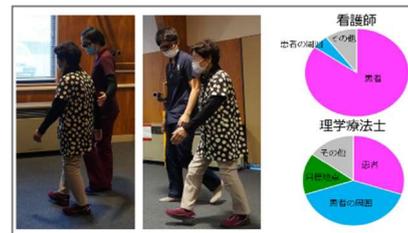


図5 アイトラッキング

本実証で使用したバイタルデータ取得機器は遠隔診療で使用されているデバイスを使用した。今後は遠隔リハビリテーションに特化した仕様のウェアラブルでリアルタイムでのデータ伝送が可能なデバイスの開発への期待も高まっている。

5.2 COVID-19

2020 年初頭より COVID-19 感染症が世界的に流行したことを契機として、医療分野への ICT 応用が様々な形で進み中、オンライン診療、遠隔診療が注目され、その普及と更なる進化が期待されている²⁾。

コロナ渦においては COVID-19 患者以外への病院の外来、通所、訪問リハビリテーションも感染伝搬への配慮から中止または縮小に追い込まれている現状がある³⁾。

そもそもリハビリテーション領域の理学療法や作業療法は、徒手治療あるいは日常生活動作指導において、セラピストと患者との濃厚接触が基本となる治療的介入であり、それを否定する接触感染対策は受け入れがたいのが現状である⁴⁾。我々は遠隔リハビリテーション指導の実証を通して、リハビリテーション領域においても遠隔技術により遠隔から非接触でのリハビリテーションの提供を可能とした。遠隔でのリハビリテーションの提供は、濃厚接触を回避しながら、患者の社会活動参加を促進することが可能であり、コロナ渦での引きこもりによる活動量低下、社会参加機会の減少に対しても有用と考えられる。

6. 結論

へき地医療現場において、5G および 4K 高精細映像を用いた遠隔リハビリテーション指導の実証を行った。基本的なメニュー(歩行・起立等)であれば指導が可能であることが確認され、有用性が示された。

遠隔リハビリテーション指導の実装においては、コスト、法整備等の課題はあるが、どこに住んでいても専門的なリハビリテーションに参加できる遠隔リハビリテーションのシステムの構築が必要である。

参考文献

- 1) 齋藤正和, 森沢知之, 高橋哲也, 森本ゆふ, 藤原俊之, 代田浩之. リモートによる包括的心臓リハビリテーション支援. Journal of CLINICAL REHABILITATION 2021; 30 :354-361.
- 2) 奥村幸彦, 増野淳, 南田智昭, 須山聡, 岡田隆. 5G を活用する遠隔

- 診療システムの実証実験. 通信ソサイエティマガジン 2020 ;
55 :186-199.
- 3) 酒井朋子. 感染対策のためのリモート技術. Journal of CLINICAL
REHABILITATION 2021; 30 :338-345.
- 4) 辻下守弘. リハビリテーション領域における現状. バイオフィード
バック研究 2021; 48 :17-23.