VR技術を活用した在宅リハビリテーション医療の展望

村川 雄一朗[1]・東福 隆太郎[2]・國師 美里[3]・原 正彦[4]
㈱mediVR リハビリテーションセンター
[1]作業療法士／[2]理学療法士／[3]臨床工学技士
[4]医師（㈱mediVR 代表取締役／島根大学 地域包括ケア教育研究センター 客員教授）

1 仮想現実技術がもたらす新しいリハビリテーション医療の世界

リハビリテーション医療（以下「リハビリ」という）においては近年、ロボットや各種テクノロジーを用いた手法が取り入れられてきている。中でも仮想現実（VR）技術を用いたリハビリ用医療機器である「mediVR カグラ®」はその圧倒的な臨床効果や対象疾患の幅広さにより、「リハビリテーションのパラダイムシフトをもたらす機器」として注目を集めている[1),2)]。我々は mediVR カグラ®の開発から上市（承認された新薬などを市販すること）、さらには臨床での多彩な実践の経験によって VR 技術を用いたリハビリを安全かつ効果的に適応するための知見を集積してきた。

そこで本稿では、“コロナ禍”の現状において重要視されてきている「在宅医療」を行う際の環境を中心に、VR を使用する上での留意すべき視点やポイントを概説し、今後ますます普及が進むであろう VR 技術を活用した在宅リハビリの展望を紹介したい。

2 mediVR カグラ®の圧倒的な治療効果

mediVR カグラ®はソフトウェアとしてのカグラシステムを搭載したコンピュータと、高性能 VR 機器によって構成される医療機器である（図１）[1),2)]。ここで患者に求められる動作は非常にシンプルであり、座った状態で頭部にヘッドマウントディスプレイを装着し、両手にコントローラーを保持または固定した状態で VR 空間に出現する目標物を触るだけである。

しかし、この一見簡単に見える動作の中に脳の機能統合を最大限に引き出すための仕組みが10種以上の特許技術として実装されている[3)]。そのため、座って手と身体を動かす運動をするだけで、脳卒中後の運動麻痺や失調症状はもちろんのこと、歩行機能や立位バランスの向上、さらには慢性疼痛や認知症の改善などが得られると数多く報告されている[4)-7)]。

具体的には、小脳梗塞後の右上肢失調患者がわ

図１ mediVR リハビリテーションセンターにおける右片麻痺患者でのリハビリテーションの様子（左）と VR 機器（右）

ずか15分のリハビリ１回のみの介入により Box & Block test で12個もの変化が生じたり[2]、脳梗塞後に高度バランス障害を来した患者がわずか２週間で完全緩解したり[4]、脊髄梗塞の最重症患者で体幹機能の再獲得が得られたりといった具合である[7]。特に現在の医療で改善が困難と考えられている慢性疼痛[6]や、認知及び注意障害領域での期待は大きい[5]。

3　VR を用いた在宅リハビリテーションの実際

1)　mediVR カグラ®の個人向けサービス

前述のような患者治療への自信と実績から、我々は世界に先駆けて患者の「治療結果を保証」する成果報酬型の自費リハビリテーション施設（以下「リハセンター」という）を東京と大阪に開設した[1),2)]。本リハセンターでは施設でのリハビリに加えて、患者の自宅に機器を設置し、スタッフが訪問もしくは遠隔でリハビリやリハビリ支援を行う選択肢も用意している（https : //www.medivr.jp/rehacenter）。在宅でのリハビリを安全かつ効果的に実施するためには住宅環境などいくつか注意すべき点も存在するため、以下に詳述する。

2)　リハビリスペースの事前調査

在宅リハビリを提供する際に最も問題となる事項が実施スペースの確保である。機器設置により日常生活上の動線が阻害されてしまわないよう、設置予定スペースでの使用方法や使用頻度を事前に調査し、機器設置に必要な環境として問題がないかを評価することが重要である。例えば、機器設置を行う場所付近が日常的に往来の多い場所である場合や、周辺に家具が多いと、機器への衝突や赤外線干渉の影響によってリハビリを円滑に行えなくなる可能性が生じる。したがって、機器設置前には間取り図や患者からの口頭での情報だけでなく、設置環境の写真を取得したり、実際に現場を見るなどして事前確認を行うことが望まし

図２　在宅で家族が患者にリハビリテーションを行う様子

図３　リハビリスペースとベースステーションの設置例

い。理想的にはリハビリ専用の部屋を準備できるのがよいが、日本の狭い住宅事情においてはリビングがリハビリとの兼用スペースになることも少なくない(**図 2**)。mediVR カグラ®でのリハビリには 3 m× 4 m 程度のスペースが必要であり、精度の高い測定のためベースステーションと呼ばれる赤外線センサーを通常 2 個、実施スペースに設置する必要がある。ベースステーションは三脚で設置することも、天井に据え付けることも可能である(**図 3**)。

3)　安全な配線計画

機器の設置に際しては、コンセントから電源が得られる場所であることが必須である。特に自宅環境の場合は設置を検討した場所がコンセントから離れた位置となり、延長タイプの電源タップを用いなければいけない例も少なくない。延長コードの多用はつまづくことによる転倒のリスクや車椅子移動の障壁となるだけでなく、配線が目立つことで自宅環境の見栄えを損ねることにもつながる。そのため安全に自宅内に機器を設置するためには、配線を結束したりモールでカバーしたりすることに加えて、人の動線を通らないように家具や家電の裏側配線とするなどの工夫も肝要である。さらに、火災防止のため必要に応じて電源位置を分散させるなど、電源容量に応じた配線計画を行うことも重要である。

4)　動作環境の調整

mediVR カグラ®でリハビリ中、ベースステーション(**図 3**)は赤外線を用いて 3 次元空間内での各種測定を行っている。そのため、赤外線の乱反射や強い光源の影響を受ける環境では、正確な測定が行えずコントローラーやヘッドマウントディスプレイの位置を見失い、リハビリが実施できなくなることがある。赤外線の乱反射を予防するためには、ベースステーション近くに赤外線を反射する鏡や金属物、光沢のある床や壁面がないことなどを確認する必要がある。また、太陽光が強く差し込む可能性のある南や西向きの窓が存在する場合は、ブラインドやカーテンなどを用いて光量の調整を行い太陽光の影響を軽減することも重要である。mediVR カグラ®のシステム自体は 1 Mbps 程度の最小限の回線速度でも問題なく使用可能であるが、ソフトウェアの更新や機器のサポートの際には十分な回線速度のネットワーク環境があることが望ましく、我々は機器導入に際してインターネット接続用の Wi-Fi ルーターを付属し、十分な回線速度を確保できるように努めている。なお、地下室や奥まった個室などの電波状況が悪い環境の場合は別途有線 LAN の利用環境を整える等の対策を追加で行うこともある。

4　遠隔での在宅リハビリ支援

昨今の新型コロナウイルス感染拡大によって医療機関等でリハビリ制限が行われ、患者の治療機会が十分に確保できない状況が生じている[1)]。その中で、厚生労働省が解禁したオンライン診療の枠組みを用いた新たなリハビリ提供体制の構築に注目が集まっており、我々も訪問による対面リハビリのみならずインターネットを介した在宅でのリハビリ支援事業にも着手している(**図 4**)[1),8)]。

より具体的には、mediVR カグラ®の在宅リハビリ支援の一環として上述の Wi-Fi ルーターのみならず、iPhone／iPad、ヘッドフォン、マイクスピーカーや Web カメラといった通信関連機器を貸し出し、Web 会議ツール(Zoom、Whereby、Teams、Google Hangouts等)やコンピュータの遠隔操作ツール(Chrome Remote Desktop等)を用いてリハビリ支援を行っている。これら機器を用いることで、リアルタイムに患者の動きを観察しながら、遠隔地からリハビリ支援を行うことが可能と

図 4　インターネットを介した在宅リハビリ支援の様子

なった。mediVR カグラ®は座位でトレーニングを行うため安全性が非常に高く、その治療効果も相まって在宅や遠隔リハビリに対する親和性が非常に高いと考えている。特に小中学校に通う小児患者にそのメリットがより顕著に現れ、例えばリハビリ通院と学校との両立が難しく、思うようにリハビリが進まなかった患者から、「在宅リハビリによって気軽にリハビリができるようになり治療が一気に進んだ」「遠隔サポートによって家族が主体的にリハビリに関わることができるようになり嬉しい」などの反応をいただいている。

5　おわりに

以上、在宅で mediVR カグラ®を用いたリハビリを行うために留意すべき点や遠隔での在宅リハビリ支援の現状について紹介した。先端デバイスを用いて患者を「治す」ことを目指せる時代になった今、本稿の内容が新たなリハビリ提供体制の構築の一助となれば幸いである。

（参考文献）

1）原正彦（2022）「仮想現実（VR）技術を用いたトレーニング」『総合リハビリテーション』50巻 4 号，pp. 351–358，医学書院

2）原正彦（2021）「VR 技術のリハビリテーション医療への応用」『臨床リハ』30巻 8 号，pp. 877–880，医歯薬出版

3）村川雄一朗ほか（2022）「VR 技術を用いたリハビリテーション医療の工学的理論背景」『リハビリテーション・エンジニアリング』37巻 3 号，pp. 122–126，日本リハビリテーション工学協会

4）Takimoto K, et al.（2021）A case of cerebellar ataxia successfully treated by virtual reality-guided rehabilitation. BMJ Case Rep 14：e242287

5）濱嶋真弘ほか（2021）「注意障害を伴うくも膜下出血患者に対して仮想現実技術を用いた介入により注意機能が改善した 1 例」『Jpn J Rehabil Med』58巻 4 号，pp. 450–457，日本リハビリテーション医学会

6）原正彦（2020）「仮想現実（VR）技術を用いたリハビリテーションは慢性疼痛患者の福音となるか？」『日本運動器疼痛学会誌』12巻 2 号，pp. 90–93，日本運動器疼痛学会

7）Michibata A, et al.（2022）Electrical stimulation and virtual reality-guided balance training for managing paraplegia and trunk dysfunction due to spinal cord infarction. BMJ Case Rep 15：e244091

8）Kadoya Y, et al.（2020）Disease control status and safety of telemedicine in patients with lifestyle diseases: a multicenter prospective observational study in Japan. Circ Rep 2020；2：pp. 351–356.