

VR を活用したリハビリテーション

原 正彦

Point

- ◎ 仮想現実 (VR) 技術の医療応用は 30 年以上の歴史があるものの、その効果はきわめて限定的であった。
- ◎ われわれは大学での産学連携活動を通して、まったく新しいアプローチの VR リハビリテーション用医療機器の開発に成功した。
- ◎ この VR 機器「mediVR カグラ[®]」は歩行 (姿勢)・上肢・認知・内耳機能障害および疼痛の改善手段として応用が進んでいる。
- ◎ 近年では病院などでのリハビリテーションにおける新型コロナウイルス感染症対策としても注目されており、また遠隔リハビリテーション機器としての応用も進められている。

キーワード | 仮想現実 (VR), リハビリテーション, 新型コロナウイルス感染症, 認知機能, 歩行機能

近年、さまざまな医療分野で情報通信技術を用いたデジタル化が広がりを見せており、仮想現実 (virtual reality : VR) 技術の医療応用も国内外で多く行われている^{1,2)}。VR 技術はヘッドマウントディスプレイを装着することで視覚および聴覚情報を置き換える装置を指すことが多く (図 1)、特にリハビリテーション領域 (VR リハ) における応用事例の報告が多い^{1~4)}。本稿では、筆者らが大阪大学における産学連携活動を通して開発したリハビリテーション用 VR 医療機器「mediVR カグラ[®]」の開発理論からその臨床応用に至るまでを概説する。

VR リハビリテーション機器の臨床応用

VR 機器のリハビリテーション領域にお

ける治療応用に関しては、すでに非常に多くの研究報告が存在する。しかしながら Cochrane Library の系統的レビュー論文において「VR リハでは歩行、上肢機能などの身体機能、および認知機能に対して通常のリハビリテーション治療を上回る明確な効果は期待できない」と結論づけられている点には注意が必要である^{1,2)}。すなわち、「VR がリハビリテーション領域で使えそうだ」という考え方は単なるアイディアの域を出ず、これまで誰も既存の治療を上回る VR の応用方法に想到することができていなかったというのが現状であった。これは、多くの VR リハ機器が既存のリハビリテーション手法を単に模倣するだけのコンテンツとなっていることが大きな原因だと考えられる。

一方で、われわれはこれら既存の VR 機器とはまったく異なる神経科学や行動科学の知見に基づいた VR リハ機器「mediVR カグラ[®]」

はら まさひこ : 株式会社 mediVR ☎ 561-0872 大阪府豊中市寺内 2-3-8 ロイヤルクイーンズパーク緑地公園 106 号室/島根大学地域包括ケア教育研究センター



【図 1】 mediVR カグラ® の使用イメージ

患者は座位の状態ですヘッドマウントディスプレイを装着する。両手に保持したコントローラーを用いて3次元空間内に出現する目標オブジェクトへ手を伸ばすリーチ動作を行うことで、認知処理機能を鍛えつつ脳内運動モデルの構築を促す(片麻痺患者の場合はコントローラーをバンドで固定する)。操作用コンピュータの画面右半分には患者の視認する正面画像の一部が表示され、通常、医師やセラピストは患者の後ろ側に立ってリハビリテーションを補助する。

【動画】 <https://me.igaku-shoin.co.jp/58-06-22>
(音声なし、2023年4月30日まで公開)



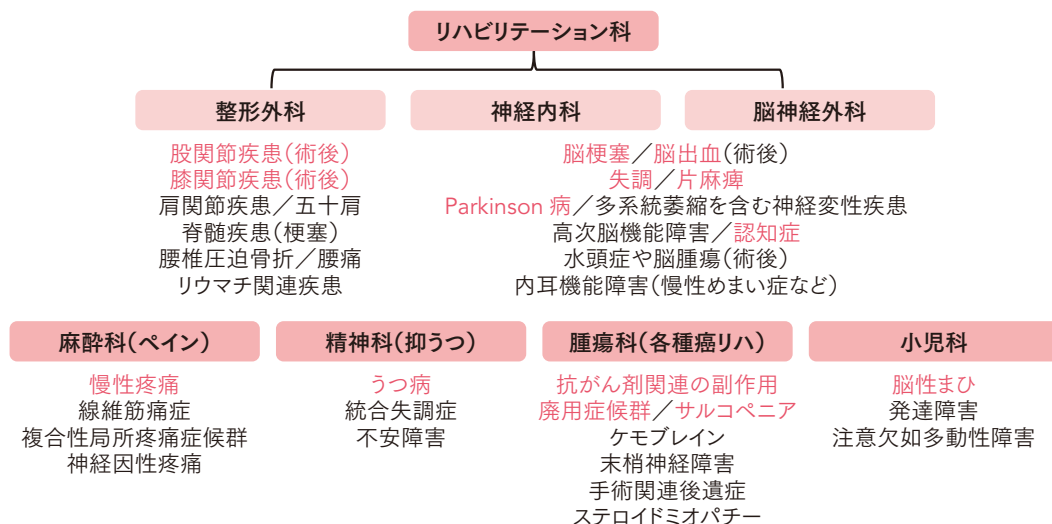
を開発した(図 1)³⁾。本機器の最大の特徴は、「座位」トレーニングで歩行(姿勢)・上肢・認知・内耳機能障害および慢性疼痛に対して同時にアプローチできる点にある。各種パラメーターの設定により身体・認知負荷を調整可能なため、きわめて重度の廃用症候群や心機能障害のある患者から、Mini-Mental State Examination で一桁台の重度認知症患者や高次脳機能障害の患者まで、幅広い疾患群で利用でき、一部その効果が論文として報告されている^{4~7)}。例えば歩行障害に関しては内科系疾患患者に多いフレイル、サルコペニアから Parkinson 病、脳卒中後の失調や片麻痺症状に伴うもの、さらには股関節や膝関節関連疾患術後といった整形外科領域などでも臨床応用されている(図 2)。

本機器は、本稿執筆時点(2021年2月)で兵庫医科大学病院をはじめとした複数の大学

病院やリハビリテーション病院、デイサービス施設など、国内 25 施設で既に導入されている。エビデンスとしてははまだ症例報告や総説での事例紹介レベルのものしか存在しないが^{4~7)}、現在いくつかの臨床研究が進行中(UMIN0000417730, UMIN000041771, UMIN000041773)であり、今後よりまとまったデータでの結果を報告できることを期待している。

治療機序と開発理論

上述した通り mediVR カグラ® を用いたリハビリテーション治療は既存の医療の限界を超えるものであり、その治療効果に関して徐々に認知が進んできた。図 1 のように一見すると既存のリーチング動作や他の VR 製品との違いを認識することは困難であるが、



【図2】 mediVR カグラ®の応用可能疾患

便宜的に疾患名と症候を同列表記している。赤文字は特に応用が進んでいる疾患・症候領域を示す。

mediVR カグラ®は7つの特許技術によって特徴づけられた運動や認知活動を患者に要求する。これら特許技術のうち基本的な要点のみ簡単に説明すると、本機器は運動や認知の脳内学習モデルの構築を促進するための脳科学的な要素を数多く取り入れて開発されている^{8~10}。患者はVR空間だからこそ、自身の運動目標座標を明確に意識することができ(※これをfeedforward: FFと表現する)、さらに1回の目標動作の達成ごとに視覚・聴覚・触覚刺激による多感覚生体フィードバック(feedback: FB)が得られることで、脳の運動学習がさわめて効率的に進むようデザインされている(特許第6714285号)。

筆者は従来のリハビリテーション治療はこのFFからFBに至る連携部分(FF-FB)が不十分であると考えており、そのことが本機器開発の着想に繋がった。このFF-FBが不十分な具体例として、スイカ割りを想像すると理解しやすい。スイカの位置に確信をもてずに棒を振り下ろすことはFFが弱いことを、目隠し状態では「当たった」と言われても成功の程度を実感しにくいことはFBが弱いことを意味している。この状態でいくら練習を

しても、正しい動作の運動学習は進まない。そして、良質な運動学習にはFF-FBの連携に加えて動作の多様性と十分な反復回数が必要であると考えられており^{8,9}、mediVR カグラ®では例えば10分間で100回以上のリーチング動作を促すことで、脳の可塑性を最大限まで高める工夫がなされている。

その他にもゲームの中毒性要素を取り入れ、非言語的な指示でリハビリテーション動作を促すためのアフォーダンスの高い見せ方も採用しており、これは例えば慢性疼痛患者における下行性疼痛抑制や⁶、認知症や高次脳機能障害患者でも自発的に動作を誘発できる結果に繋がっていると考えられる^{5,7}。

なお、VRの類似技術として拡張現実(augmented reality: AR)や混合現実(mixed reality: MR)技術も存在するが、ARやMRではディスプレイの視野角や機器の画像処理能力の問題から適切な運動指示が行いにくい点や、リハビリテーションを実施する場所によって背景情報が異なるため認知負荷を一定に保てないといった問題があり、筆者は没入型のVRでなければ効率的なリハビリテーションを行うことができないと考えている。

適応と禁忌

mediVR カグラ[®] は歩行(姿勢)機能, 上肢機能, 認知機能, 内耳機能障害および慢性疼痛に対して適応となる。また, 脳の機能統合を介してその効果を発揮すると考えられるため, 基礎疾患に依存せずにきわめて幅広い疾患で臨床応用されている(図2)。VR リハにおいて最もよく遭遇する副作用は“VR 酔い”と転倒であるが, 本医療機器ではVR 酔いの原因となる視覚および内耳情報の乖離(sensory conflict)をほとんど生じないような工夫がなされており, 一般のVR ゲームにおけるVR 酔いの頻度が30%程度であるのに対して, mediVR カグラ[®]を用いたトレーニングでは0.5%程度と, VR 酔いのリスクをきわめて低頻度に抑えることに成功している(特許第6531338号)。

一方で, 転倒リスクに対しても床上20cm未満に標的が出現しないような工夫によって安全性を担保しており(特許第6710845号), 本原稿執筆時点で, これまでに2万5千セッション以上のVR リハが行われているが, 転倒イベントは報告されていない。そのほか, 羞明のある患者には光強度を弱めてVR リハを行うモードを用意するなど, 使用がためられるような状態に対しては必ず何らかの対策を講じており, 禁忌は特にない。

おわりに

人類の歴史は感染症との戦いであると称され, 昨今では新型コロナウイルス感染症が医療体制に与えた影響は計り知れない。結果, 既存の医療システムでは安全を担保して十分なリハビリテーション治療を提供することが困難となっている。mediVR カグラ[®]は患者との対面時間や接触時間軽減に繋がることから, 病院などでのリハビリテーション用機器

における新型コロナウイルス感染症対策としても注目されている(図1)⁷⁾。また, 厚生労働省が時限的処置として解禁したオンライン診療の枠組みを用いて遠隔在宅リハビリテーションでも応用が進んでおり, 今後VR医療機器の臨床応用が本邦でも本格的に拡大していくことが想定される。

上述した臨床効果に関してはまだまだ信じられないというのが読者の正直な印象であると思われるが, 医療分野のデジタル化が急速に拡大するなかで時代の変化に対応できる柔軟な発想や思考をもち, 医療従事者として自身の目で見て, 是々非々で治療の可否を判断していただければ幸いである。

利益相反(COI)

筆者は株式会社mediVRの代表取締役であり, 会社株式を保有している。

◎文献

- 1) Laver KE, et al : Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database Syst Rev 11 : CD008349, 2017
- 2) Bahar-Fuchs A, et al : Cognitive training for people with mild to moderate dementia. Cochrane Database Syst Rev 3 : CD013069, 2019
- 3) Hara M, et al : Safety and feasibility of dual-task rehabilitation program for body trunk balance using virtual reality and three-dimensional tracking technologies. Prog Rehabil Med 3 : 20180016, 2018
- 4) Omon K, et al : Virtual reality-guided dual-task body trunk balance training in a sitting position improved walking ability without improving leg strength. Prog Rehabil Med 4 : 20190011, 2019
- 5) 濱嶋真弘, 他 : 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, 2021 (epub ahead of print)
- 6) 原 正彦 : 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? 日運動器疼痛会誌 12 : 90-93, 2020
- 7) 浅見豊子 : 義肢装具領域の進歩と未来. Jpn J Rehabil Med 57 : 1062-1068, 2020
- 8) Wulf G, Lewthwaite R : Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning ; The OPTIMAL theory of motor learning. Psychon Bull Rev 23 : 1382-1414, 2016
- 9) 道免和久(編) : ニューロリハビリテーション, 医学書院, 2015
- 10) 原 正彦 : Virtual reality を利用した理学療法. PT ジャーナル 54 : 90, 2020