

延髄外側症候群を合併した小脳梗塞にVR(Virtual Reality)技術を応用したリハビリテーション治療を実施した1例

Virtual reality for the rehabilitation after cerebellar infarction associated with lateral medullary syndrome : a case report

市川 昌志¹、児玉 典彦²、奥村 友香¹、中川 はるか¹、金谷 実華³、斎藤 卓仁⁴、兵谷 真司⁵、松島 智子⁶、岩佐 沙弥³、内山 侑紀²、道免 和久²

- 1) 兵庫医科大学病院 リハビリテーションセンター
- 2) 兵庫医科大学 リハビリテーション医学講座
- 3) 兵庫医科大学ささやま医療センター リハビリテーション科
- 4) 洛西シミズ病院 リハビリテーション科
- 5) 西宮協立リハビリテーション病院 リハビリテーション科
- 6) みどりヶ丘病院 リハビリテーション科

Key words : 小脳梗塞(cerebellar infarction), 延髄外側症候群(lateral medullary syndrome), 運動失調(ataxia), VR(virtual reality), 運動学習(motor learning).

【英文要旨】

Virtual reality (VR) based treatments for the rehabilitation are recently reported to show functional improvement in stroke patients. We report a case of cerebellar infarction associated with lateral medullary syndrome, which was successfully treated by using VR in addition to conventional rehabilitation. A 46-year-old male visited our hospital with decreased perception in his left upper and lower extremity and trunk. He was diagnosed with right cerebellar infarction associated with right lateral medullary syndrome. Immediately drug treatment was started and he was introduced to our department for rehabilitation. He had muscle weakness of left upper and lower extremity and ataxic gait. Functional Independence Measure (FIM) score was 86 points and Scale for the Assessment and Rating of Ataxia (SARA) score was 14points. So we started conventional therapy such as elastic bandaging and trunk training. In addition, we attempted VR-guided rehabilitation using medical device (mediVR, Inc., mediVR Kagura[®]) to improve the dynamic balance of the trunk and upper extremity. On the 12th hospital day, trunk balance and gait disorder were improved and FIM score was improved to 94 points and SARA score was improved to 6 points.

We consider that VR for rehabilitation in patients with cerebellar infarction is beneficial. It is suggested that VR therapy seems more effective than conventional rehabilitation alone in improving cerebellar ataxia.

【はじめに】

近年, 脳卒中に対する最新のリハビリテーション治療の1つとしてVR (Virtual Reality) の応用が注目され, 急速に臨床応用されている。本稿では, 延髄外側症候群を合併した小脳梗塞に対して, VR (mediVR 社製, Kagura[®]) を併用したリハビリテーション治療を行い, 良好的な歩行能力およびバランスの改善が得られたので文献的考察を加えて報告する。

【症例】患者：46歳, 男性

【診断名】小脳梗塞

【主訴】ふらつき

【併存疾患】高血圧症

【内服歴】テルミサルタン40mg/日, アゼルニジピン16mg/日

【生活歴】喫煙 15 本(20 ~ 33 歳、約 13 年間), 飲酒なし

【家族歴】特記事項なし

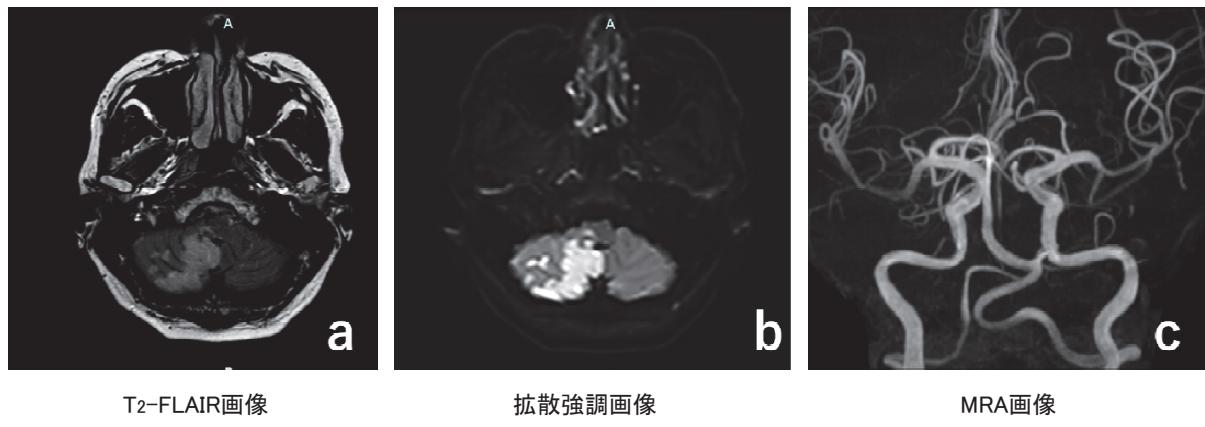
【身長 / 体重】171cm/79.6kg

【利き手】右利き

【社会的背景】同居は妻のみ。家屋は 2 階建て一戸建て、手すりなし。職業はテニススクールコーチ。通勤手段は電車で約 1 時間半。入院前 ADL は全て自立。

【現病歴】入院 5 日前にテニスの指導中に急なふらつきが出現し、当院救命救急センターに搬送されたが、熱中症と診断され帰宅した。帰宅後、ふらつきは軽減していたが、入院 3 日前から再びふらつきが増悪し、左上下肢および体幹部の感覚低下が出現した。自宅で経過観察していたが、症状が改善しなかったため当院脳神経内科を受診した。頭部単純 MRI を実施し、拡散強調画像および T₂-FLAIR 像にて右小脳虫部から半球と延髄外側にかけて高信号域が認められた(図 1a, b)。また頭部 MRA にて右椎骨動脈の狭窄が認められた(図 1c)。同日、脳神経外科に紹介され右小脳梗塞と診断され入院した。第 1 病日の脳血管造影検査にて右椎骨動脈の不整および右後下小脳動脈(Posterior inferior cerebellar artery : PICA) の導出不良が認められ、塞栓性小脳梗塞と診断された。第 2 病日に当科に紹介された。

図 1. 頭部MRI, MRA



T₂-FLAIR画像

拡散強調画像

MRA画像

図 1a, b: 右小脳虫部～半球および延髄外側に拡散強調画像、T₂-FLAIR画像にて高信号を認めた。

図 1c: MRAにて右椎骨動脈狭窄を認めた。

【身体所見】体温：36.2 度、血圧：130/80mmHg、脈拍：58/分・整、呼吸数：16/分、SpO₂：97% (room air)。

【神経学的所見】意識清明。言語系は、発話明瞭度 1.5 であったが、ディアドコキネシスの明らかな異常を認めなかつた。脳神経系は、瞳孔径(右 / 左) 3.0/3.5mm、右眼裂狭小を認めた。対光反射は左右ともに迅速であった。挺舌で軽度の右偏位を認めた。運動系は、握力(右 / 左) 49/18kg、徒手筋力テスト (Manual Muscle Testing : MMT) (右 / 左) で上腕二頭筋 5/4、上腕三頭筋 5/4、手関節屈筋群 5/4、手関節伸筋群 5/4、腸腰筋 5/4、大腿四頭筋 5/4、ハムストリング 5/4、前脛骨筋 5/4、腓腹筋 5/4。左 SIAS (Stroke Impairment Assessment Set) 運動項目は上肢近位 4、上肢遠位 4、下肢近位(股屈曲テスト) 4、下肢近位(膝伸展テスト) 4、下肢遠位 4、Brunnstrom stage(左手指 V, 左上肢 V), 左上下肢の MAS (Modified Ashworth Scale) 0、左上肢 Barre 徴候が陽性であった。反射系は、左上下肢で深部腱反射の亢進を認め、左 Chaddock 反射が陽性であった。感覺系は、温痛覚が右顔面で軽度低下、左上下肢・体幹部で重度低下していた。協調運動系は、指鼻試験(finger nose test)で右運動分解を認め、膝踵試験(Heel shin test)が両側で拙劣であった。また、Mann test 陽性、Romberg 徵候陽性であり、右方に傾く動搖性歩行であった。FIM (Functional Independence Measure) 合計 86 点(運動 51 点、認知 35 点)、SARA (Scale for the assessment and Rating of Ataxia) 14 点(歩行 7 点、立位 4 点、座位 0

点、言語障害1点、指追い試験0.5点、指鼻試験0.5点、手の回内・回外運動0.5点、踵すね試験0.5点)であった。
【生理検査】Holter心電図、頸動脈エコー検査および心臓エコー検査で明らかな異常を認めなかった。
【問題点および治療計画】右PICA閉塞による右小脳梗塞と右延髄外側症候群と診断し、ICFにて問題点を整理した(図2)。

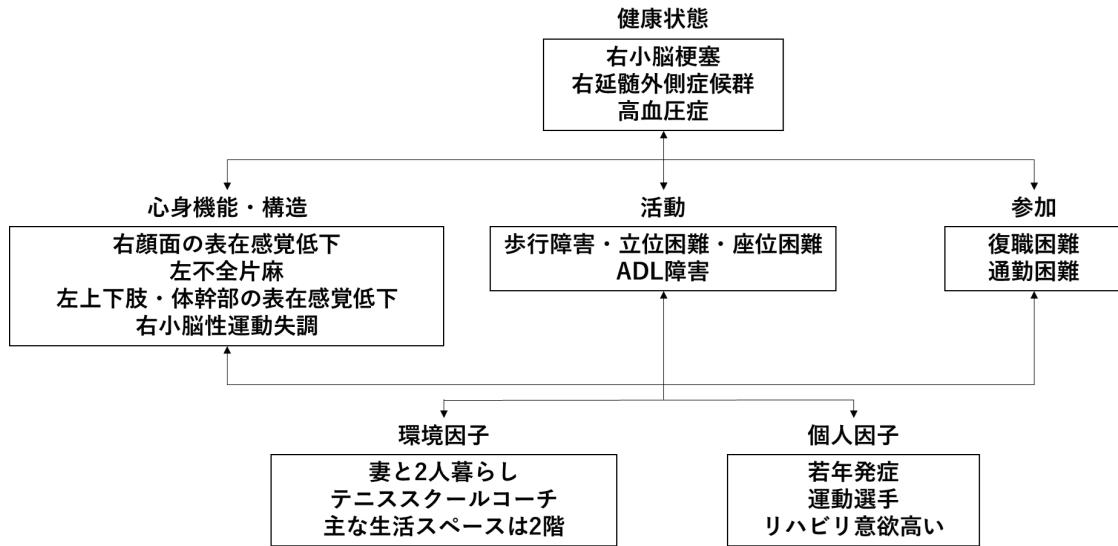


図2. 国際生活機能分類(ICF)
ICFを用いて問題点をまとめた。

【入院後経過(図3)】

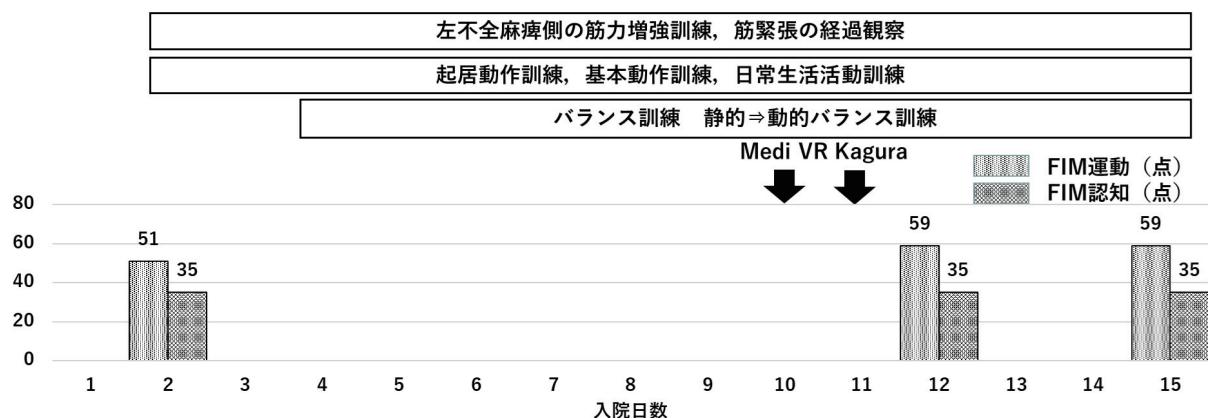


図3. 臨床経過
右小脳梗塞、右延髄外側症候群に対してリハビリテーション治療を実施した。失調症状に対して課題難易度を段階的に調整し、mediVR Kagura[®]を9月9日、9月10日に実施した。

基本動作およびActivities of Daily Living (ADL) 障害による復職と通勤が困難になることが懸念され、短期目標を歩行の自立、長期目標を復職として理学療法、作業療法、言語聴覚療法を第2病日に処方した(図2b)。第3病日には発話明瞭度は改善した。右側深部感覚障害と小脳性運動失調に対して両側下腿に弾力包帯を装着して筋固有感覚を増強し、左不全麻痺側に対しては筋力増強訓練を実施した。第4病日から平行棒内の立位訓練や歩行訓練に加えてニーリング保持訓練やプランクなど静的なバランス訓練を実施した。第9病日には左上下肢MMT 5、握力(右/左)53.5/47.7kgに回復したが、依然として体幹部の動搖が持続していたため、ニーリング移動訓練やお手玉を用いた側方リーチ動作訓練など動的バランス訓練を実施した。さらに歩行

に必要な姿勢バランスと重心移動の再獲得を促すため第10, 11病日にVR機器(mediVR社製, Kagura[®])を併用した。ヘッドマウントディスプレイ(Head Mounted Display : HMD)を装着することで仮想空間内に没入でき、落下してくる野菜や果物を左右のリーチング動作によってキャッチする「野菜ゲーム」や「果物ゲーム」を計30分間実施し、落下物の速度、位置および数量を調節することで課題難易度を調整した。第10病日のVR訓練実施前では、SARA10点(歩行5点、立位3点、座位0点、言語障害0点、指追い試験0.5点、指鼻試験0.5点、手の回内・回外運動0.5点、踵すね試験0.5点)、端坐位側方リーチ長は右28.5cm、左36.5cmであったが、VR訓練直後に右37cm、左44cmと大きく延長し、第11病日のVR訓練実施前の端坐位側方リーチ長も右39cm、左42cmと効果が持続していた。Kagura[®]は、椅子座位姿勢で実施するためバランス機能の向上に伴いリーチング動作時に股関節が外転、外旋しないように指導した。第11病日のVR訓練直後の端坐位側方リーチ長は右42cm、左41cmと同程度であったが、TUG(Timed up&Go Test)12.98秒から8.95秒に改善し、SARA6点になった(表1)。第12病日にFIM 94点(運動59点、認知35点)になり、第15病日に回復期リハビリテーション病院に転院した。

評価項目	第2病日	第10病日 (VR前)	第10病日 (VR直後)	第11病日 (VR前)	第11病日 (VR直後)
側方リーチ長	右(cm)	—	28.5	37	39
	左(cm)	—	36.5	44	42
TUG (Timed Up & Go Test) (秒)	—	—	—	12.98	8.95
SARA (点)	14	10	—	—	6

表1. 運動失調と各バランス評価の推移
VR訓練後に小脳性運動失調と体幹バランス能力の改善を認めた。

【考察】

近年、エンターテイメントのみならず医療分野でもVRが臨床応用されている。VRの枠組みを規定する考え方としてZelter¹⁾らは「Presence(臨場感)」、「Interaction(相互作用性)」、「Autonomy(自律性)」の3つの要素を提唱している。VRでは仮想現実を含めたすべての体験を、現実と同様の体験として受け止められる「没入感」が重要である。そのため、HMDをはじめとした没入型VRでは単純な視覚的なフィードバックではなく身体化された認知によってより強い反応が期待される。実際、神経リハビリテーション治療では、様々なデバイスの没入型もしくは非没入型VRを用いて脳卒中後の患者、脳性麻痺、脊髄損傷などによる上肢麻痺、バランス障害、歩行障害、認知機能障害に対する良好な治療結果が報告されている²⁾。

没入型VR機器(mediVR社製, Kagura[®])は、HMDを装着することで仮想空間に没入し、提示される座標に対してリーチング動作をすることで歩行に必要な姿勢バランス、重心移動能力および二重課題型の認知処理能力の改善効果が報告されている³⁾⁴⁾。本症例は、筋力の回復は早期に認められたが、右上下肢の小脳性運動失調と左上下肢の重度感覺障害の機能回復が遅延していたため、バランス機能の早期再獲得を目的にKagura[®]を併用した訓練を行った。Kagura[®]は、仮想空間においてリーチ対象の大きさや、移動速度など各患者に適した課題難易度を調節でき、仮想空間に没入してリーチング動作を繰り返すこと、正確に落下物を「キャッチ」すると効果音やコントローラーの振動が被検者に伝わることで聴覚や末梢からの知覚を通じて運動学習の促進をはかったと考えられる。また、本症例は元々の身体能力の高さより代償動作が出やすく、従来のリハビリテーション治療では課題難易度が低くなった可能性が考えられる。しかし、Kagura[®]の使用により課題難易度を高く、安定した課題を厳密に繰り返す機能訓練ができ、数字による定量的なフィードバックを行うことで

モチベーションも向上し、能力の改善につながったと考える。

小脳性運動失調に対するVRを用いた治療報告は未だに少ないが、Heら⁵⁾は脊髄小脳変性症など遺伝性運動失調症の計7つの文献を調査した結果、VR機器(Nintendo社製、Wii gaming system®およびMicrosoft社製、Xbox Kinect gaming system®)を主体としたリハビリテーション治療によってバランス能力や歩行能力および協調運動の改善が得られたと報告している。一般的に小脳性運動失調に対するリハビリテーション治療は、運動制御の改善や代償方法の取得であり、フィードバック誤差学習系において小脳に筋固有感覚や視覚などの感覚入力が効果的であり、重錘負荷、弾力包帯の装着などが使用される⁶⁾。そのため、小脳性運動失調に対するVR治療では非没入型VRよりも没入型VRが効果的と考えられ、本症例においてもSARAおよびリーチング長の改善より小脳性運動失調と体幹バランス能力の改善を認めた。また椅子座位姿勢で支持基底面を広くして行える点より発症早期から安全に難易度を調整し訓練を行うことができたことも有効であった一因と考えられる。Takimotoら⁷⁾は発症後37日経過した脳幹梗塞を合併した小脳梗塞に対して従来の理学療法を3週間実施した後、Kagura®を1日40分間(20分セット×2回)、週5回、2週間実施し、小脳性運動失調とバランス能力の改善を報告している。本症例では発症10日目から1日30分間、計2回の訓練後にバランス能力や歩行能力の即時効果と持ち越し効果が認められ、有効な治療手段と考えられる。

一方、Laverら⁸⁾は脳卒中患者に対してVRを用いた計72個の文献(計2470例)を調査した結果、VR群と従来のリハビリテーション治療単独群において、上肢運動機能、歩行およびバランス機能の回復に関して統計学的な有意差がなかったと報告している。従って、脳卒中患者に対するVRの有用性に関しては、今後さらなる症例の蓄積が必要と考えられる。

【COI】

本論文発表内容に関して申告すべきCOIはなし。

【文献】

- 1) Zelter, D: Autonomy, interaction, and presence: Teleoperators and Virtual Environments 1992; 1(1): 127-132.
- 2) Massetti T, da Silva TD, Crocetta TB, Guarnieri R, de Freitas BL, Bianchi Lopes P, Watson S, Tonks J, de Mello Monteiro CB: The Clinical Utility of Virtual Reality in Neurorehabilitation: A Systematic Review. J Cent Nerv Syst Dis 2018; DOI: 10.1177/1179573518813541.
- 3) Hara M, Kitamura T, Murakawa Y, Shimba K, Yamaguchi S, Tamaki M: Safety and feasibility of Dual-task rehabilitation program for body trunk balance using virtual reality and three-dimensional tracking technologies. Prog Rehabil Med 2018; DOI: 10.2490/prm.20180016.
- 4) Omon K, Hara M, Ishikiawa H: Virtual Reality-guided, Dual-task, body trunk balance training in the sitting position improved walking ability without improving leg strength. Prog Rehabil Med 2019; DOI: 10.2490/prm.20190011.
- 5) He M, Zhang HN, Tang ZC, Gao SG: Balance and coordination training for patients with genetic degenerative ataxia: a systematic review. J Neurol 2020; DOI: 10.1007/s00415-020-09938-6.
- 6) Kelly G, Shanley J: Rehabilitation of ataxic gait following cerebellar lesions: Applying theory to practice. Physiother Theory Pract 2016; 32(6): 430-437.
- 7) Takimoto K, Omon K, Murakawa Y, Ishikawa H: Case of cerebellar ataxia successfully treated by virtual reality-guided rehabilitation. BMJ Case Rep 2021; DOI: 10.1136/bcr-2021-242287.
- 8) Laver KE, Lange B, George S, Deutsch JE, Saposnik G, Crotty M: Virtual reality for stroke rehabilitation. Cochrane Database Syst Rev 2017; DOI: 10.1002/14651858.