

# 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

A Case of Attention Deficit in a Patient with Subarachnoid Hemorrhage which was Successfully Treated by Virtual Reality-Guided Rehabilitation

濱嶋真弘\*<sup>1</sup> 村川雄一郎\*<sup>2,3</sup> 大門恭平\*<sup>1,4</sup> 北村哲久\*<sup>5</sup> 石川秀雄\*<sup>6</sup>

Masahiro Hamashima

Yuichiro Murakawa

Kyohei Omon

Tetsuhisa Kitamura

Hideo Ishikawa

## Abstract

**Objective :** It is often difficult to provide effective functional training in patients with severe attention deficit caused by organic damage to the brain. Herein, we report a case of attention deficit in a patient with subarachnoid hemorrhage, which was successfully treated by virtual reality (VR)-guided rehabilitation.

**Methods :** A 71-year-old woman was transferred to our hospital for rehabilitation after a subarachnoid hemorrhage. The patient suffered from severe attention deficit. She was unable to follow instructions from therapists and was unable to concentrate on rehabilitation tasks. We attempted VR-guided rehabilitation using mediVR KAGURA (mediVR, Toyonaka, Japan) in order to improve her attention deficit. The training was performed approximately 20 min every weekday, for 4 months in a 360-degree VR environment, with no background image initially. The difficulties in physical and cognitive tasks were adjusted by focusing on the size, range of appearance, and falling speed of each task object, so that even patients with severe attention deficit could respond to these tasks appropriately.

**Results :** After the above-mentioned VR-guided training, the trail making test A, behavioral inattention test, and moss attention rating scale were improved from 300 s (could not complete the test) to 100 s, 119 to 133, and 55 to 98, respectively. In addition, in the clinical assessment for attention, the time required for visual obliteration tests was significantly shortened, and clinical symptoms associated with attention deficit were also improved clinically.

**Conclusion :** VR-guided rehabilitation has the potential to be used as a new therapeutic approach to improve attention deficit.

2020年3月10日受付, 2020年9月15日受理, 2020年12月17日J-STAGE 早期公開

\*1 医療法人えいしん会岸和田リハビリテーション病院リハビリテーションセンター (〒996-0827 大阪府岸和田市上松町 2-8-10) Rehabilitation Center, Eishinkai Kishiwada Rehabilitation Hospital

\*2 国立循環器病研究センター循環器病リハビリテーション部 (〒564-8565 大阪府吹田市岸部新町 6-1) Department of Cerebral and Cardiovascular Rehabilitation, National Cerebral and Cardiovascular Center

\*3 京都大学大学院医学研究科作業療法学講座 (〒606-8507 京都府京都市左京区聖護院川原町 53) Division of Occupational Therapy, Graduate School of Medicine, Kyoto University

\*4 京都大学大学院人間・環境学研究科認知行動科学講座 (〒606-8501 京都府京都市左京区吉田二本松町) Department of Cognitive Behavioral Science, Kyoto University Graduate School of Human and Environmental Studies

\*5 大阪大学大学院医学系研究科社会医学講座環境医学教室 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2) Division of Environmental Medicine and Population Sciences, Department of Social and Environmental Medicine, Osaka University Graduate School of Medicine

\*6 医療法人えいしん会岸和田リハビリテーション病院咳血・肺循環センター (〒596-0827 大阪府岸和田市上松町 28-10) Hemoptysis and Pulmonary Circulation Center, Eishinkai Kishiwada Rehabilitation Hospital

【連絡先】 〒996-0827 大阪府岸和田市上松町 2-8-10 医療法人えいしん会岸和田リハビリテーション病院リハビリテーションセンター 濱嶋真弘

E-mail : y14221023@gmail.com

DOI : 10.2490/jjrmc.20007



## Key Words

VR (virtual reality) / 環境調整 (environmental adjustment) / 高次脳機能障害 (higher brain dysfunction) / 脳卒中 (stroke) / 理学療法 (physical therapy)

## はじめに

注意機能は「必要な標的に着目して、情報を処理、入力、出力する脳機能のプロセス」といわれている<sup>1)</sup>。Sohlberg によると、注意機能には課題に集中し続けるための「持続性」、多数の情報から必要な情報を選択するための「選択性」、あることから他のことに注意を切り替えるための「転換性」、複数のことに同時に注意を向けるための「配分性」の 4 分類があるとされ<sup>1-2)</sup>、臨床的にもこの分類に基づき整理されることが多い。これらの注意機能は、くも膜下出血や脳卒中、頭部外傷などによる脳の器質的損傷などに起因して障害される。注意障害は高次脳機能障害を有する患者の約 80% に認められるとする報告もあり、日常生活や社会生活、リハビリテーション治療の阻害要因となるため治療・改善が重要とされている<sup>1-4)</sup>。主な治療法として、机上での課題非特異的な訓練や課題指向型訓練、環境調整などによる機能適応アプローチが存在するが、特に重度の注意障害患者では環境調整や課題難易度調節による工夫を行ってもリハビリテーション治療の実施が困難な場合も多く、重度注意障害患者へのアプローチ手法の確立は臨床的な課題である<sup>1-4)</sup>。一方で、特に高次脳機能障害を含む認知障害患者に対しては、近年海外を中心に仮想現実 (virtual reality: VR) 技術を用いたリハビリテーション治療の応用が始まっており、実際にシステマティックレビューなどでも視覚性注意障害の改善効果などが報告されているため、この分野における応用が期待される<sup>5-6)</sup>。本邦においては 2019 年 3 月末に VR を用いたリハビリテーション用医療機器「mediVR カグラ」の販売が開始され、VR の臨床応用が可能となった<sup>7-8)</sup>。今回われわれ

は、重度注意障害を呈したくも膜下出血患者に対して VR を利用したリハビリテーション治療を行い、注意機能指標および臨床症状が改善した症例を経験したので報告する。なお、今回の報告に関して患者本人から書面で同意を得ている。

## 症例

**患者:** 70 歳代, 女性, 主婦。

**疾患名:** くも膜下出血。

**現病歴:** X 年 Y 月 Z 日に突然の頭痛と意識障害のため前医に緊急搬送され、右内頸動脈瘤を責任血管とするくも膜下出血と診断された。急性期病院において発症翌日にコイル塞栓術を、発症後 43 日目に水頭症の増悪に伴い脳室-腹腔シャント術が施行され、X 年 Y 月 Z+84 日にリハビリテーション治療目的で当院へ転院となった。

**既往歴:** 高血圧症。

**画像所見:** 発症時の頭部 CT では右 Sylvius 裂、脳底槽、迂回槽を中心に広範な血腫が認められた (図 1-a) が、当院転院時には血腫の吸収が認められた (図 1-b)。

**病前生活:** 身体機能、認知機能ともに明らかな低下はなく、家事動作全般を担いつつ、娘との買い物を趣味とするなど日々活動的に過ごしていた。

**入院時初期評価:** 明らかな運動麻痺を認めないものの、徒手筋力テストで 2 レベルの両膝伸展筋力の低下とバランス障害によって、歩行は右上肢で 4 点杖を使用し介助が必要であった。感覚障害や失調、前庭障害は認めず、バランス障害は下肢の筋力低下、および注意障害に伴うふらつきに対する姿勢反射の減弱などにより生じていると評価した。さらに、動作途中での周囲の人・物への注意転導、訓練への集中困難、歩行中の障害物への衝突、歩

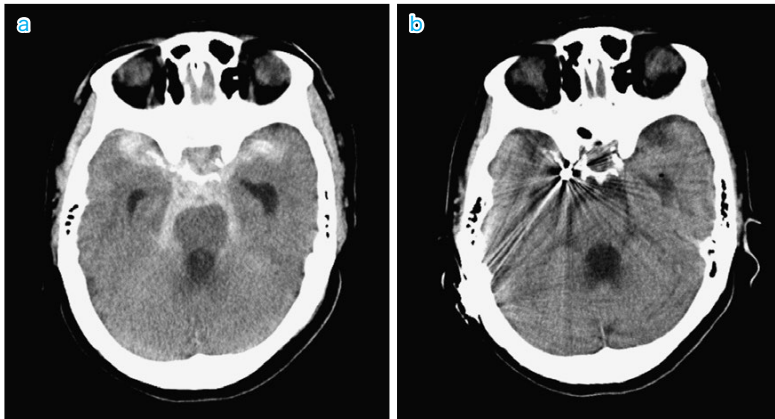


図1 くも膜下出血発症時および当院転院時の頭部単純CT所見

- a : 発症時、右 Sylvius 裂、脳底槽、迂回槽を中心として広範にくも膜下出血を認めた。両側側脳室下角はやや拡大傾向であり、発症翌日に右中大脳動脈瘤に対して全身麻酔下にコイル塞栓術、および水頭症の所見を認めたため、同日脳室ドレナージ術が施行された。
- b : 当院転院時、右中大脳動脈瘤へのコイル塞栓術後の所見が確認できる。脳実質における明らかな病変は認めなかった。

行中の声かけによる歩行の停止 (stops walking when talking 現象) を認め、注意の持続性、選択性、転換性、配分性のすべてに機能低下があると推測された。これらの機能低下により、日常生活動作 (ADL) の遂行には見守りが不可欠な状態であった。Berg Balance Scale (BBS) は立位動作系のすべてにおいて介助が必要であり、座位保持のみが監視下で 30 秒間保持可能であったため 2 点、Behavioral Inattention Test (BIT) は 117 点であり、その他 Mini-Mental State Examination (MMSE) は 7 点で、注意機能や運動機能に関する検査はバランス障害と課題への集中困難が原因で実施困難であった (表 1)。そのため、歩行の自立と自宅での家事動作の獲得をリハビリテーション治療のゴールとして設定した。なお、本人の病識は乏しく、動作が行いにくいという認識はあるものの、注意機能の低下を認識している様子は認められなかった。

**標準リハビリテーション治療 (入院～33 日目) :** 注意障害に対する標準的リハビリテーション治療と

して、視覚的・聴覚的刺激を減じた環境設定下での起立・歩行練習、迷路などの視覚探索課題や仕分け課題などの複数タスク処理課題を理学療法、作業療法、言語聴覚療法で実施した。しかし、本症例においては個室空間などを利用した刺激軽減下での機能訓練は注意転導や注意持続性低下に奏効せず、訓練に集中できないことによって運動機能や日常生活能力の改善が十分には得られなかった。日常生活上でも歩行時に周囲のものに気づかず衝突する場面や、不意に話しかけられると何をしようとしていたか忘れてしまうなどの問題を認めた。そこで、訓練への注意集中を引き出すために VR 機器を用いたりハビリテーション治療 (VR 介入) を導入した。

**VR 介入プロトコル :** 当院入院後 34 日目から開始した (図 2)。使用機器は mediVR 社製の「mediVR カグラ」を使用し、訓練頻度は VR 介入を週 3～5 日、1 日あたり 1 回 20 分程度として約 4 カ月間継続して実施した。「mediVR カグラ」は没入型のヘッドマウントディスプレイを用いて 3 次元 VR

表 1 注意障害および運動指標に関する時系列データ

VR 介入	入院時	VR 前	VR 2 週後	1 カ月後	3 カ月後	退院時
入院からの経過時間	0 日	4 週	6 週	8 週	16 週	20 週
MMSE (点)	7	19	20	—	—	28
TMT						
パート A 所要時間 (秒)	困難*	困難*	173	89	102	100
パート B 所要時間 (秒)	困難*	困難*	困難*	300 以上	300 以上	247
BIT (点)	117	119	130	135	132	133
MARS (点)	—	55	72	—	—	98
CAT-視覚抹消						
簡単図形						
所要時間 (秒)	—	137	70	89	80	57
正答率 (%)	—	96	92	96	98	100
的中率 (%)	—	98	98	100	98	100
複雑図形						
所要時間 (秒)	—	216	99	100	85	62
正答率 (%)	—	100	100	98	100	100
的中率 (%)	—	96	100	100	100	100
数字						
所要時間 (秒)	—	237	136	137	127	113
正答率 (%)	—	85	95	95	98	100
的中率 (%)	—	96	100	100	100	100
ひらがな						
所要時間 (秒)	—	231	155	148	139	153
正答率 (%)	—	28	83	81	86	89.4
的中率 (%)	—	100	100	100	100	100
TUG						
1 回目 (秒)	困難**	困難**	33.6	19.1	14.2	11.2
2 回目 (秒)	困難**	困難**	33.2	16.5	13.5	10.8
BBS	2	9	18	38	50	51

\*課題の理解ができず検査の実施が困難であった

\*\*歩行に介助が必要で検査の実施が困難であった

MMSE : Mini-Mental State Examination, TMT : Trail Making Test, BIT : Behavioral Inattention Test, MARS : Moss Attention Rating Scale, CAT : Clinical Assessment for Attention, TUG : Timed Up and Go test, BBS : Berg Balance Scale

空間で椅座位でのリーチングタスクを提供するための医療機器である<sup>7-8)</sup>。事前に患者のリーチング可能距離を計測し、測定値に応じて標的オブジェクトの出現距離や方向、速度、大きさなどの難易度を任意に設定可能であり、視覚、聴覚、触覚の複数のモダリティを用いて感覚フィードバックが得られるため、達成感や意欲を引き出しながら効果的な運動タスクや認知課題を提供できると考えられて

いる。課題は 5 種類存在し、水平型の課題は姿勢制御の、落下型の課題は認知機能のトレーニングを目的として使用することが想定されている。

本症例では重度注意障害の存在を考慮し、環境設定と課題難易度に着目してパラメーターの設定を行った (表 2)。すなわち、VR 介入開始時は視覚的刺激を排除するため背景をなしに設定し、まず注意障害の中でも特に持続性注意障害の改善を



図2 VRリハビリテーション用医療機器 mediVR カグラ使用中の患者およびパソコン操作画面

患者は座位姿勢にてヘッドマウントディスプレイと呼ばれる映像出力装置を頭に装着し、両手にコントローラーを把持する。VR空間内において左右に把持したコントローラーを用いて赤または青色の落下してくる標的オブジェクトに触れるようにリーチ動作を求められる。パソコン画面左側にはVR空間内での課題設定用の操作パネルが、画面右側にリハビリテーション治療中に患者が見ている風景の正面部分の映像が表示される。操作パネルでは標的の大きさや数、落下スピード、コントローラーの当たり判定の大きさ、および左下の扇形部分で標的オブジェクトの出現距離、方向など各種パラメーターを左右別々に調整可能である。

VR：virtual reality（仮想現実）

表2 VR介入のパラメーター設定プロトコル

VR介入	開始時	2週目	1カ月目	3カ月目	4カ月目（退院時）
入院からの経過時間	4週	6週	8週	16週	20週
背景	なし	なし	あり	あり	あり
タスクの出現範囲*1	90°のみ	45～135°	45～135°	0～180°	0～180°
タスクの大きさ（cm）					
パーフェクト判定半径	19	15	15	10	10
グッド判定半径	30	20	20	20	20
落下スピード（cm/sec）	10	10	10	30～40	50～60
タスクまでの距離*2	近距離のみ	中距離まで	遠距離まで	遠距離まで	遠距離まで
タスク数	1	1	2	2	2～4
左右の速度差の有無	なし	なし	なし	なし	あり

\*1 出現範囲は頭上から分度器上に真横左側0°、左斜め前45°、正面90°、右斜め前135°、真横右側180°で表現

\*2 mediVR カグラの設定上、事前のリーチング距離測定で手の長さを短距離、最大リーチング距離の0.9倍を遠距離、短距離と遠距離の中間距離が中距離と定義されている。

目的として単一の落下オブジェクトに対する視野内前方での近距離のリーチング課題に設定した。標的の大きさはパーフェクト判定部分の半径を19cm、グッド判定部分の半径を30cm、標的オブジェクトの落下速度はセラピストの声かけ補助を行っても患者が余裕をもって反応できる10cm/秒から

実施した。段階づけとして、課題の成功率が約80%以上となるように標的オブジェクトの大きさを縮小させる、もしくは落下速度を増加させるといった難易度調節を行った。さらには、主に選択性ならびに配分性注意障害の改善を目的に複雑な背景課題への変更や、主に転換性注意障害の改善を目

的に標的オブジェクトの落下速度と落下タイミング、落下数に左右差をつける工夫を行うことで処理すべき情報量の段階づけも行った。

**評価指標**：日本版 Trail Making Test-A, B (TMT-A, TMT-B), BIT, Moss Attention Rating Scale (MARS), Clinical Assessment for Attention-視覚抹消課題 (CAT-視覚抹消) を VR 介入の効果判定指標として実施した。また、注意障害によって歩行やバランス障害に対するリハビリテーション治療が遅延していた背景から、注意障害の改善に伴いリハビリテーション治療の量や質が向上すれば、あわせて運動機能も改善するであろうと仮説を立て、Timed Up and Go test (TUG) および BBS といった運動機能評価もあわせて実施した。

**VR 介入前評価**：TMT-A および TMT-B はいずれも課題理解と集中が得られず実施困難であった。BIT は入院時とほぼ変化なく、MARS は 55 点、CAT の視覚抹消課題は年齢平均と比較して所要時間の明らかな遅延を認めた。TUG は歩行に介助が必要な状態であり実施できず、BBS は 9 点とバランス障害を認めていた (表 1)。

**VR 介入後経過**：開始当初は、落下してくる標的オブジェクトへの反応が認められない、または反応が遅く、セラピストによる言語的補助がなければ単一の標的であっても視認および追視することが難しい状態であった。その後は訓練回数を重ねることで徐々に標的に対する反応速度が向上し、VR 介入 2 週間で視野内に出現した標的に反応できるようになり、標的オブジェクトを小さくして視認性を低下させた状態でも訓練ができるようになった。VR 介入 1 カ月目からは同時に落とすオブジェクトの数を 2 個にしても反応できるようになった。その後の段階づけは表 2 に示す通りであり、最終的に VR 介入実施 4 カ月目には落下速度の異なる最大 4 個の標的に対しても反応できるようになった。

**結果**：注意障害および運動指標に関する時系列

データを表 1 に提示する。VR 介入 2 週間で注意機能、運動機能の指標のほとんどで大きく改善を認めた。特に、注意障害の評価の中でも TMT-A に関しては、実施困難な状態から計測可能な状態に変化した。さらに、TMT-B についてもタスクをまったく処理できない状態から、数個であれば数字とカナを交互に結べるようになるなど質的改善を認めた。また、運動指標である TUG は、VR 介入 2 週間で実施困難であった状態から所要時間の 2 回平均で 33.4 秒と計測可能な状態に改善し、BBS では 9 点から 18 点まで記録の向上を認めた。これらの変化と並行して、臨床観察上もリハビリテーション治療に集中できる時間が増加し、訓練への主体的な参加もみられるようになった。特に訓練中の歩行時には人や物に衝突しそうな場面が消失した。以降、特に注意機能では TMT-B および MARS を中心に各種評価結果の得点および計測値は退院時まで徐々に改善傾向を示し、退院 (VR 介入開始後 4 カ月) 時点ではすべての評価項目で VR 介入前よりも計測値の改善を認めた。リハビリテーション治療の目標設定項目に関しては、歩行の自立が達成できた一方で、家事動作に関しては火と時間の管理のように複数の課題を同時に行う必要のある調理や、立位での動作を必要とする掃除機かけや洗濯物の運搬動作などについては自立を達成することができなかったため、家族に支援依頼を行うことで対応した。なお、退院時には自身の不注意を自覚するような発言や戒めるような発言を認め、病識は高まっていたと考えられた。

## 考察

今回われわれは、重度注意障害を呈したくも膜下出血患者に対して VR を利用したリハビリテーション治療を行い、注意機能指標および臨床症状が改善した症例を経験した。これまでの注意障害に対するリハビリテーション治療は、トランプなど

の物品や迷路課題を使用したボトムアップアプローチと視覚刺激や音刺激などの外的刺激を減らすことによる環境調整が主であった。しかし、今回の症例のような重度の注意障害患者においては、環境設定や難易度調整を実施してもうまく課題に集中できない場合も多く、注意障害患者に対するリハビリテーション治療の課題の1つとして認識されている<sup>1-2)</sup>。今回用いたVR技術は、視覚からの情報を中心に刺激の量を極限まで軽減させることができることや、患者の能力に応じて標的オブジェクトの速さや大きさなどを簡単かつ定量的に変化させることができることから、既存の注意障害に対するリハビリテーション治療手法の問題点を解決できる可能性があり、本症例のように環境設定や難易度調整を実施してもうまく課題に集中できない重度の注意障害患者は本機器のよい適応になるのではないかと考えた<sup>5-8)</sup>。

本症例では、VR介入前の標準的リハビリテーション治療では大きな臨床的变化がみられなかったにもかかわらず、VR介入後にはTMTやBIT、MARS、CATの各種注意機能評価の計測値の向上、および訓練歩行時に人や物に衝突しそうな場面が消失するなど、臨床的な注意障害の改善がみられた。2016年の『国際脳卒中臨床ガイドライン』<sup>9)</sup>では、認知的欲求を減らすため背景の構造物を減らすなどの環境設定を行うことが推奨されている。本症例においても、視覚的刺激を減らすことを目的に個室空間などの物品や人通りができるだけ少ない環境でのリハビリテーション治療を実施したが、入院後の約1カ月間では注意機能の変化が得られなかった。その要因として2つの問題点を考えた。1つ目は環境設定において視覚的刺激を完全に排除した空間が提供困難であった点、2つ目は課題の難易度の設定を患者の特性に合わせることができなかつた点である。個室であっても室内の棚や窓、セラピストに注意が逸れる

ことや訓練に使用する物品は有限であることから、調節された難易度の課題で実施困難な場合には、それ以上の段階づけができないという問題がある<sup>5-8)</sup>。すなわち、環境設定においては没入型のヘッドマウントディスプレイを用いて無背景のVR空間を用意することで、視覚的刺激を極限まで排除した理想的な環境を提供することが可能となったのではないかと推察した(図2)。そして、medVRカグラでは課題難易度を決定する7つのパラメータ(距離、高さ、角度、落下スピード、オブジェクトの大きさ、コントローラーのセンサー範囲、タスク間隔)がすべて数字によって管理されているため、患者の状況に合わせて難易度をリアルタイムに調整することが可能であった<sup>8)</sup>。例えば、本症例においては標的オブジェクトのパーフェクト判定部分の大きさを半径19 cmに拡大することで、なんとか標的に注意を持続することに成功した。さらに、本症例においてはオブジェクトの落下スピードをほぼ止まっているようにみえる10 cm/秒に設定するなど、物品を用いた通常の課題では設定困難な速度での課題提供が可能となったことによって、患者の反応を得ることができたと考えた。TMT-Bに関しては、VR介入2週間での変化は認めなかったものの、VR介入1カ月経過以降は部分的な検査の遂行が可能となり、退院時には検査をすべて遂行できるように変化している。この点に関しては、標的を時間差で複数個同時に落下させるなどのデュアルタスクを想定した課題設定が奏効した可能性がある。

また、本症例ではTUG、BBSもVR介入前後で大きく変化している。歩行やバランスといった運動機能の改善には反復した訓練による効果的な運動学習が必要とされており、注意機能やモチベーションが運動学習の質に影響を与えることが知られている<sup>10-12)</sup>。今回は、注意障害によって運動機能訓練を十分に反復できず、訓練の質が低下して

いた状態であったが、VR 介入に伴って注意機能が改善したことで歩行などの基本動作訓練への取り組みの質が改善したことが運動指標の改善につながった可能性がある。加えて、「mediVR カグラ」による患者の能力を最大限活用した支持座面を超えるリーチングタスクが下肢支持と頸部・体幹の姿勢制御を促通し、歩行やバランス機能の向上に寄与した可能性も考えられた。最後に、本 VR 機器の副作用として VR 酔いや椅子からの転倒リスクが考えられたが、本症例においてはそのようなイベントは認めなかった。また、31 名の健常ボランティアによる本医療機器の安全性試験の結果においても転倒を認めず、16 種類の症状で構成される VR 酔いに関する質問表の症状数が中央値で 0 個（四分位範囲 0~0 個）から 0 個（四分位範囲 0~1.5 個）（ $p=0.009$ ）へと、発汗（22.6%）など主に運動に伴う症状がわずかに増加したのみであったことから、VR 酔いなどの副作用はきわめて限定的であることが推察された<sup>7)</sup>。

今回、われわれは注意障害を伴うくも膜下出血患者に対して VR 技術を用いたリハビリテーション治療により注意機能が改善した 1 例を経験した。今回の症例報告によって VR を使用したリハビリテーション治療が注意障害に対する新たなアプローチの 1 つとなる可能性があるのではないかと考える。

今回の報告に関して開示すべき利益相反は存在しない。

## 文献

- 1) 豊倉 穰：注意障害の臨床。高次脳機能研究 2008；28：320-328
- 2) Sohlberg MM, Mateer CA：Effectiveness of an attention-training program. J Clin Exp Neuropsychol 1987；9：117-130
- 3) 国立身体障害者リハビリテーションセンター：平成 17 年度高次脳機能障害者支援モデル事業実施報告。2006；pp 14-24
- 4) van Zomeran AH, Brouwer WH, Deelman BG：Attentional deficits：The riddles of selectivity, speed and alertness. Closed Head Injury, Psychological, Social and Family Consequences (ed by Brooks DN). Oxford University Press, 1984, pp 74-107
- 5) Moreno A, Wall KJ, Thangavelu K, Craven L, Ward E, Dissanayaka NN：A systematic review of the use of virtual reality and its effects on cognition in individuals with neurocognitive disorders. Alzheimers Dement (N Y) 2019；5：834-850
- 6) Ge S, Zhu Z, Wu B, McConnell ES：Technology-based cognitive training and rehabilitation interventions for individuals with mild cognitive impairment：a systematic review. BMC Geriatr 2018；18：213
- 7) 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；3：20180016
- 8) Omon K, Hara M, Ishikawa H：Virtual reality-guided dual-task body trunk balance training in a sitting position improved walking ability without improving leg strength. Prog Rehabil Med 2019；4：20190011
- 9) Bowen A, James M, Young G：National Clinical Guideline for Stroke 5th edition. Royal College of Physician, 2016；pp 60-62
- 10) Wulf G, Shea C, Lewthwaite R：Motor skill learning and performance：a review of influential factors. Med Educ 2010；44：75-84
- 11) Wulf G, Lewthwaite R：Optimizing performance through intrinsic motivation and attention for learning：The OPTIMAL theory of motor learning. Psychon Bull Rev 2016；23：1382-1414
- 12) 道免和久 編：ニューロリハビリテーション。医学書院。東京、2015；p 309