

## Omezení a nedostatky

První skupina nedostatků a omezení využití VR vychází z jejího vlivu na uživatele, kdy častá je nejen kinetóza, ale v případě delšího nebo častějšího užívání také fyzický diskomfort, způsobený hmotností náhlavní soupravy. Vážnější potíže, například vizuální halucinace u pacientů s Parkinsonovou chorobou (Albani et al., 2015), jsou zatím hlášeny spíše výjimečně, nicméně jejich skutečný výskyt zatím nelze spolehlivě hodnotit.

Další nedostatky nebo omezení jsou specifické pro jednotlivá využití – v případě VR simulátorů využívaných v neurochirurgii je to neschopnost poskytnout zcela realistický zážitek (Hey et al., 2023), u kognitivní rehabilitace může být obtížné nalezení rovnováhy mezi kontrolovaným prostředím pro trénink a ekologicky validními scénáři, aby se zajistilo, že kognitivní přínosy dosažené ve VR budou

replikovány v reálném světě (Catania et al., 2023), a v případě použití AR během neurochirurgického zákroku může u chirurga dojít k chybnému vnímání hloubky nebo asynchronnosti mezi vizuálními a taktilními vjemy (Hey et al., 2023).

Poslední kategorie omezení souvisí s etickými a právními aspekty a technologií samotnou – její dostupností (v případě vysoce pokročilých systémů), nutností nácviku obsluhy a získání praxe v jejím používání (Mishra et al., 2022), problematikou ochrany soukromí, shromážděných VR dat a dalších informací o uživateli (Sokołowska, 2024) a dostupností vhodných softwarových aplikací pro jednotlivé oblasti použití a jejich specifika (například konkrétní prostředí či obávané podněty v expoziční terapii). V rámci výzkumných studií jsou dnes většinou využívány na míru vyvinuté anebo komerčně dostupné aplikace poskytující požadovaný obsah (příklady na obrázcích výše), které však

nejsou primárně určeny pro toto užití, což je pochopitelné vzhledem k tomu, že zavádění VR do klinické praxe je v mnoha oblastech teprve v počátcích.

## Závěr

Navzdory omezením a nedostatkům uvedeným výše – z nichž podstatnou část vyřeší dynamický vývoj a pokrok – se VR/AR stávají široce používanými nástroji v neurovědě i neurologii. Přestože významné pokroky nastávají v neurochirurgii každých 20 let, rapidní rozvoj technologie může tento trend a následnou transformaci tohoto i souvisejících oborů významně urychlit (Scott et al., 2022). Ačkoli v některých oblastech má VR/AR potenciál skutečně revoluční (Hey et al., 2023), většina provedených studií pracuje jen s malými vzorky a jejich závěry je tak nutné potvrdit důkladnějším a rozsáhlejším výzkumem.

## LITERATURA

- Albani G, Pedroli E, Cipresso P, et al. Visual hallucinations as incidental negative effects of virtual reality on parkinson's disease patients: A link with neurodegeneration? *Parkinson's Disease*. 2015;1-6. doi:10.1155/2015/194629.
- Bernard F, Lemée JM, Aubin G, et al. Using a virtual reality social network during awake craniotomy to map social cognition: Prospective trial. *Journal of Medical Internet Research*. 2018;20(6). doi:10.2196/10332.
- Bernard F, Clavreul A, Casanova M, et al. Virtual reality-assisted awake craniotomy: a retrospective study. *Cancers*. 2023;15(3):949. doi:10.3390/cancers15030949.
- Biocca F, Levy MR (eds.). *Communication in the age of virtual reality*. New York, NY: Routledge Member of the Taylor and Francis Group. 1995.
- Cachia A. Simulating Schizophrenia through Virtual Reality and Artificial Intelligence. *Open Science Journal*. 2024;9(1). doi:10.23954/osj.v9i1.3373.
- Catania V, Rundo F, Panerai S, et al. Virtual reality for the rehabilitation of acquired Cognitive Disorders: A narrative review. *Bioengineering*. 2023;11(1):35. doi:10.3390/bioengineering11010035.
- Cipresso P, Giglioli ACG, Ranya MA, et al. The past, present, and future of virtual and Augmented Reality Research: A network and cluster analysis of the literature. *Frontiers in Psychology*. 2018;9. doi:10.3389/fpsyg.2018.02086.
- Delion M, Klinger E, Bernard F, et al. Immersing patients in a virtual reality environment for brain mapping during awake surgery: Safety Study. *World Neurosurgery*. 2020;134. doi:10.1016/j.wneu.2019.11.047.
- Faust F, Roepke G, Catecati T, et al. Use of augmented reality in the usability evaluation of products. *Work*. 2012;41:1164-1167. doi:10.3233/wor-2012-0298-1164.
- Fuchs P, Moreau G, Auvray M. *Le traité de la réalité virtuelle*. Paris: Presses de l'Ecole des mines. 2006.
- Georgiev D, Georgieva I, Gong Z, et al. Virtual reality for neurorehabilitation and Cognitive Enhancement. *Brain Sciences*. 2021;11(2):221. doi:10.3390/brainsci11020221.
- Goldman J, Stebbins G, Fredericks D, et al. Experiencing parkinson's disease psychosis via virtual reality simulation: A novel and effective educational tool (P1.011). *Neurology*. 2016;86(16\_supplement). doi:10.1212/wnl.86.16\_supplement.p1.011.
- Hey G, Guyot M, Carter A, et al. Augmented reality in neurosurgery: A new paradigm for training. *Medicina*. 2023;59(10):1721. doi:10.3390/medicina59101721.
- Higginbotham G. Virtual connections: Improving global neurosurgery through immersive technologies. *Frontiers in Surgery*. 2021;8. doi:10.3389/fsurg.2021.629963.
- Kenyon K, Kinakh V, Harrison J. Social virtual reality helps to reduce feelings of loneliness and social anxiety during the COVID-19 pandemic. *Scientific Reports*. 2023; 13(1). doi:10.1038/s41598-023-46494-1.
- Lindner P, Miloff A, Bergman A, et al. Gamified, automated virtual reality exposure therapy for fear of spiders: A single-subject trial under simulated real-world conditions. *Frontiers in Psychiatry*. 2020;11. doi:10.3389/fpsyg.2020.00116.
- Liu X, Tao H, Xiao X, et al. Use of the stereoscopic virtual reality display system for the detection and characterization of intracranial aneurysms: A ICOMPARISON with conventional computed tomography workstation and 3D rotational angiography. *Clinical Neurology and Neurosurgery*. 2018;170:93-98. doi:10.1016/j.clineuro.2018.04.034.
- Manera V, Chapoulie E, Bourgeois J, et al. A feasibility study with image-based rendered virtual reality in patients with mild cognitive impairment and dementia. *PLOS ONE*. 2016a;11(3). doi:10.1371/journal.pone.0151487.
- Mazerand E, LeRenard H, Hue S, et al. Intraoperative subcortical electrical mapping of the optic tract in awake surgery using a virtual reality headset. *World Neurosurgery*. 2017;97:424-430. doi:10.1016/j.wneu.2016.10.031.
- Mishra R, Narayanan K, Umana GE, et al. Virtual reality in neurosurgery: Beyond neurosurgical planning. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2022;19(3):1719. doi:10.3390/ijerph19031719.
- Mitha AP, Almekhlafi MA, Janjua MJJ, et al. Simulation and augmented reality in endovascular neurosurgery. *Neurosurgery*. 2013;72(Supplement 1). doi:10.1227/NEU.0b013e31827981fd.
- Mofatteh M, Mashayekhi MS, Arfaei S, et al. Augmented and virtual reality usage in awake craniotomy: A systematic review. *Neurosurgical Review*. 2022;46(1). doi:10.1007/s10143-022-01929-7.
- Pau M, Porta M, Bertoni R, et al. Effect of immersive virtual reality training on hand-to-mouth task performance in people with multiple sclerosis: A quantitative kinematic study. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2023;69:104455. doi:10.1016/j.msard.2022.104455.
- Paro MR, Hersh DS, Bulsara KR. History of virtual reality and augmented reality in neurosurgical training. *World Neurosurgery*. 2022;167:37-43. doi:10.1016/j.wneu.2022.08.042.
- Perin A, Galbiati TF, Ayadi R, et al. Informed consent through 3D Virtual reality: A randomized clinical trial. *Acta Neurochirurgica*. 2020;163(2):301-308. doi:10.1007/s00701-020-04303-y.
- Rothbaum B, Hodges LF, Kooper R, et al. Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. *American Journal of Psychiatry*. 1995;152(4):626-8. doi:10.1176/ajp.152.4.626. PMID: 7694917.
- Scott H, Griffin C, Coggins W, et al. Virtual reality in the neurosciences: Current practice and future directions. *Frontiers in Surgery*. 2022;8. doi:10.3389/fsurg.2021.807195.
- Sokolowska B. Being in virtual reality and its influence on Brain Health – an overview of benefits, limitations and prospects. *Brain Sciences*. 2024;14(1):72. doi:10.3390/brainsci14010072.
- Tian Y, Kuruvilla MV, Park M. The use of virtual reality in screening for Preclinical Alzheimer's Disease: A scoping review protocol. *PLOS ONE*. 2023;18(2). doi:10.1371/journal.pone.0282436.
- Thurley K. Naturalistic neuroscience and virtual reality. *Frontiers in Systems Neuroscience*. 2022;16. doi:10.3389/fnys.2022.896251.
- Wiederhold BK, Bouchard S. Virtual reality for posttraumatic stress disorder. *Advances in Virtual Reality and Anxiety Disorders*. 2014;211-233. doi:10.1007/978-1-4899-8023-6\_10.
- Wu Y, Hu K, Chen DZ, Wu J. AI-Enhanced Virtual Reality in Medicine: A comprehensive survey. 2024;arXiv (Cornell University). <https://doi.org/10.48550/arxiv.2402.03093>.
- Zhao J, Zhang X, Lu Y, et al. Virtual reality technology enhances the cognitive and Social Communication of children with autism spectrum disorder. *Frontiers in Public Health*. 2022;10. doi:10.3389/fpubh.2022.1029392.