

VIRTUALNA STVARNOST U VESTIBULARNOJ REHABILITACIJI: TEHNOLOŠKI ISKORAK U POTICANJU NEUROPLASTIČNOSTI I FUNKCIONALNOG OPORAVKA



Tihana Mendes

Klinički bolnički centar Osijek, Osijek, Hrvatska
Medicinski fakultet Osijek, Osijek, Hrvatska
e-mail: tihanamendes811@gmail.com

Virtualna stvarnost (VR) počela se koristiti u medicini početkom 1990-ih, prvenstveno u svrhu edukacije zdravstvenih djelatnika, simuliranja kirurških zahvata i vježbanja kliničkih vještina u sigurnom i kontroliranom okruženju. U praksi se VR najčešće koristi od 2015. godine, kada su se pojavili prvi klinički protokoli i studije koje su potvrdile njegovu učinkovitost u poboljšanju ravnoteže i smanjenju simptoma kod pacijenata s poremećajima ravnoteže. Od tada se VR tehnologija kontinuirano razvija i integrira u standardne rehabilitacijske protokole. Neposredni gubitak vestibularne funkcije obično dovodi do vrtoglavice i teške posturalne nestabilnosti. Ovi se simptomi s vremenom poboljšavaju vestibularnom kompenzacijom, koja se događa supstitucijom ili adaptacijom preostalih senzornih informacija. Vestibularna rehabilitacijska terapija je program liječenja temeljen na vježbama osmišljen za poticanje vestibularne kompenzacije kroz procese poput adaptacije i supstitucije. Program su prvi razvili Cawthorne i Cooksey za liječenje perifernih vestibularnih poremećaja. Brojni istraživači proširili su indikacije za vestibularnu rehabilitacijsku terapiju, dokazujući njezinu učinkovitost kod pacijenata s vrtoglavicom uzrokovanom različitim patologijama, ne ograničavajući se samo na periferne vestibularne poremećaje. Kao rezultat toga, ova metoda liječenja se često koristi za pacijente s vrtoglavicom uzrokovanom raznim čimbenicima, uključujući centralni vertigo i psihogenu vrtoglavicu, uz perifernu vestibularnu disfunkciju. Oporavak stanica, senzorna supstitucija, habituacija i adaptacija glavni su mehanizmi koji doprinose oporavku funkcije nakon vestibularnih deficita. Iako anatomske oporavak može podržati obnovu vestibularne funkcije, ostaje nejasno igra li regeneracija stanica dlačica značajnu ulogu u oporavku vestibularne funkcije kod ljudi, dok su adaptacija, habituacija i senzorna supstitucija ključni mehanizmi za obnavljanje vestibularne funkcije, što potvrđuju fiziološki dokazi. Stoga je klasična vestibularna rehabilitacijska terapija strukturirana oko ovih načela: habituacija, postignuta ponavljajućim pokretima za smanjenje osjetljivosti na podražaje, vježbe adaptacije za rekalkibraciju vestibulo-okularnog refleksa (VOR) ispravljanjem klizanja mrežnice, i vježbe senzorne supstitucije koje poboljšavaju upotrebu vidnog i somatosenzornog sustava kako bi se kompenzirala smanjena vestibularna funkcija. U kliničkoj praksi, terapija vestibularne rehabilitacije započinje sveobuhvatnom procjenom, uključujući

pregled medicinske dokumentacije, anamneze pacijenta te procjenu pokreta očiju, stabilnosti pogleda. Na temelju tih nalaza, razvija se i pacijentu objašnjava personalizirani program vježbanja. Najčešće vježbe uključuju vježbe stabilizacije pogleda ili prilagodbe VOR-a. Virtualna stvarnost ima potencijal poboljšati angažman pacijenta čineći terapiju interaktivnijom i ugodnijom. Sustavi virtualne stvarnosti posebno dizajnirani za terapiju vestibularne rehabilitacije razvijeni su kako bi se postigla tri primarna cilja: smanjenje simptoma, poboljšanje stabilizacije pogleda i poboljšanje posturalne stabilnosti. Kako bi se postigli ovi ciljevi, virtualna stvarnost može ponuditi nekoliko prednosti za osobe s vrtoglavicom, uključujući bolju kontrolu i praćenje vestibularne rehabilitacije, prilagođavanje virtualnog okruženja specifičnim pritužbama pacijenta i olakšavanje promjena u pojačanju VOR-a. Senzori za praćenje očiju i glave integrirani s uređajima za virtualnu stvarnost pružaju povratne informacije u stvarnom vremenu i omogućuju precizno praćenje vježbi koje se izvode, uključujući dozu i točnost pokreta očiju i glave. Osim toga, virtualna okruženja mogu se prilagoditi specifičnim pritužbama pacijenta. Ova razina prilagodbe i povratnih informacija u stvarnom vremenu nije moguća standardnim tehnikama liječenja, što virtualnu stvarnost čini moćnim alatom u vestibularnoj rehabilitaciji. Nekoliko je studija izvijestilo da je korištenje virtualne stvarnosti za vestibularnu rehabilitaciju dovelo do značajnih poboljšanja VOR dobitka kod pacijenata s jednostranim vestibularnim gubitkom. Zanimljivo je da je, bez obzira na vrstu korištenog uređaja, pokazano da virtualna stvarnost poboljšava ravnotežu kod osoba s perifernim vestibularnim poremećajima.

Ključne riječi

virtualna stvarnost, vestibularna rehabilitacija, vrtoglavica, neuroplastičnost

VIRTUAL REALITY IN VESTIBULAR REHABILITATION: A TECHNOLOGICAL BREAKTHROUGH IN PROMOTING NEUROPLASTICITY AND FUNCTIONAL RECOVERY

1. University Hospital Center Osijek, Huttlerova 4, 31000 Osijek, Croatia
2. Faculty of Medicine Osijek, Huttlerova 4, 31000 Osijek, Croatia

Virtual reality (VR) has been utilized in medicine since the early 1990s, primarily for educating healthcare professionals, simulating surgical procedures, and allowing clinical skills practice in a safe, controlled environment. Its application has expanded significantly since 2015, following clinical protocols and studies that confirmed its effectiveness in improving balance and reducing symptoms in patients with balance disorders. Since then, VR technology has continuously been developed and integrated into standard rehabilitation protocols. An immediate loss of vestibular function often results in dizziness and significant postural instability. However, these symptoms typically improve over time through a process known as vestibular compensation, which involves substituting for or adapting to the sensory information that remains. Vestibular rehabilitation therapy is an exercise-based treatment program designed to promote this vestibular compensation through techniques of adaptation and substitution. Initially developed by Cawthorne and Cooksey for treating peripheral vestibular

disorders, researchers have since expanded its applicability by demonstrating effectiveness in patients experiencing vertigo from various causes, including central factors, psychogenic factors, and peripheral dysfunction. Key mechanisms that facilitate recovery after vestibular deficits are cellular recovery, sensory substitution, habituation, and adaptation. While anatomical recovery may support the restoration of vestibular function, it remains unclear whether hair cell regeneration significantly impacts recovery in humans. Evidence suggests that adaptation, habituation, and sensory substitution are crucial for restoring vestibular function. Classic vestibular rehabilitation is structured around these principles: habituation involves repetitive movements to reduce sensitivity to stimuli; adaptation exercises are designed to recalibrate the vestibulo-ocular reflex (VOR) and correct retinal slip; and sensory substitution exercises boost the utilization of visual and somatosensory systems to compensate for diminished vestibular function. In clinical practice, vestibular rehabilitation therapy begins with a thorough assessment, which includes reviewing medical documents, taking the patient's history, and evaluating eye movements and gaze stability. Based on this assessment, a personalized exercise program is developed and explained to the patient. Common exercises focus on gaze stabilization or VOR adjustments. Virtual reality has the potential to enhance patient engagement by making therapy more interactive and enjoyable. Specific VR systems have been developed for vestibular rehabilitation therapy, focusing on three primary objectives: reducing symptoms, improving gaze stabilization, and enhancing postural stability. The advantages of virtual reality for individuals with vertigo include better control and monitoring of rehabilitation progress, the ability to customize the virtual environment to address the patient's specific concerns, and the capacity to facilitate changes in VOR gain. Eye and head tracking sensors integrated into VR devices provide real-time feedback, allowing for precise monitoring of the exercises being performed, including the accuracy and volume of eye and head movements. Moreover, virtual environments can be tailored to meet the individual needs of each patient. This level of adaptation and immediate feedback is not achievable with traditional treatment techniques, making virtual reality a powerful tool for vestibular rehabilitation. Several studies have reported significant improvements in VOR gain among patients with unilateral vestibular loss when using VR-based vestibular rehabilitation. Notably, regardless of the specific device used, VR has consistently been shown to enhance balance in individuals suffering from peripheral vestibular disorders.

Keywords

virtual reality, vestibular rehabilitation, vertigo, neuroplasticity

References

1. Iqbal AI, Aamir A, Hammad A, Hafsa H, Basit A, Oduoye MO, et al. Immersive Technologies in Healthcare: An In-Depth Exploration of Virtual Reality and Augmented Reality in Enhancing Patient Care, Medical Education, and Training Paradigms. *J Prim Care Community Health*. 2024;15:21501319241293311. doi: 10.1177/21501319241293311.