

SANAL REHABİLİTASYON

36. BÖLÜM

Ender SALBAŞ¹

GİRİŞ

Sanal rehabilitasyon bilgisayar destekli sistemlerle, hastaya görsel ortam sunularak yapılan rehabilitasyon tedavisini tanımlamak için kullanılmaktadır (1). Sanal gerçeklik (SG), bilgisayar aracılığı ile simüle edilen, çeşitli sensörler vasıtasıyla kullanıcıyla etkileşim içinde olan ve kullanıcıya aktivite imkânı sunan ortamı ifade eder. Bu teknoloji, pilotluk eğitimi, astronot eğitimi, karmaşık cihaz kullanım eğitimi, oyun sektörü, anatomi eğitimi, sanal bronkoskopi, sanal kolonoskopi, cerrahi işlemlere yönelik eğitimler ve rehabilitasyon gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (2). SG ortamları ile çeşitli eğitim uygulamaları 80'li yıllardan itibaren kullanılmaktayken sanal rehabilitasyon ile ilgili ilk makale de 1993 yılında yayınlanmıştır (3).

Nöral plastisitenin gelişimi ve nöronal mimaride değişim, öğrenme ve tekrar kazanım becerileri; egzersiz seanslarının niceliğine, süresine ve yoğunluğuna bağlıdır (4-7). Nörolojik disfonksiyonu nedeniyle üst ve/veya alt ekstremitelerde hareket kısıtlılığı olan bireylerde, sanal ortamın sunduğu gözlem imkânının ve yoğun tekrarlayıcı egzersizlerin hastanın istemli hareket oluşturmalarını teşvik ettiği gösterilmiştir (8, 9). Ayrıca motor, premotor ve parietal nöronların görsel

uyaranla modüle edildiği bulgusundan yola çıkılarak, beyine görsel veri girişinin sensör motor bağlantıları reorganize edebileceği düşünülmektedir (10-12). Nöral plastisiteyi sürdürmek için yeni motor becerilerin kazanılması gerekmektedir (13, 14). Hastanın beceri düzeyine adapte edilmiş, kazanılan beceri sonrası ek yeni hareket öğrenimini teşvik eden dinamik egzersiz programları yeni motor beceri kazanımını sürekli güncel tutabilmektedir. İnme rehabilitasyonunda en fazla iyileştirici etkinin, verilen görev ve egzersiz programının hastayı cesaretlendirdiği ve giderek artan zorlukta olduğu zaman ortaya çıktığı gösterilmiştir (15). Dolayısı ile SG ile sunulan basamaklandırılabilir, adaptif ve dinamik rehabilitasyon programı ile sürekli yeni motor beceri öğrenimi daha kolay sağlanabilmektedir (15).

SG'nin olmazsa olmaz bileşeni kullanıcıya sunduğu görsel ortamdır. Bunun yanında işitsel ve dokunsal çıktı da sunabilir. Sanal ortam (SO)'ın başarısı gerçek dünyadan gelen uyarıları bloke edebilme ve kullanıcının dikkatinin dağılmasına engel olabilme becerisine (immersiyon) bağlıdır. SO kullanıcıya sunulan görüntü özelliğine göre de içine almayan, yarı içine alan ve tam içine alan şeklinde üç kategoride ele alınmaktadır. Görüntü 2 boyutlu ise kullanıcıyı içine almayan (non-immersive) SO olarak ele alınır. Derinlik hissini

¹ Uzm. Dr. Ender SALBAŞ, ÖHÜ Tıp Fakültesi Bor FTR EAH, drendersalbas@gmail.com

oyun sistemlerinin evde kullanılabilmesi, cihazın kendisi ve harcadığı elektrik masrafı dışında ek kaynağa ihtiyaç duyulmaması oldukça avantajlı gibi görünmektedir. SHOS kullanımını değerlendiren rehabilitasyon çalışmalarının irdelendiği bir derlemede, tüm olguların dörtte birinden fazlasının yaşlı popülasyona ait olması da bu avantaja işaret ediyor olabilir (17). SG yaşlılarda fiziksel aktiviteyi, hareketi, yaşam kalitesini artırmakta, depresyonu azaltmaktadır (88). SR'nin konvansiyonel yöntemlerle kıyaslandığı çalışmalarda sonuçların benzer olduğu vurgulanmaktadır (89-92). Yine pek çok çalışmada yaşlılarda SR'nin yürüme ve denge üzerine olan olumlu etkisi, alt ekstremitede ve genel vücut kas gücünde artış raporlanmaktadır (93-100). SHOS ile egzersiz yapan yaşlı katılımcılar egzersiz sırasında düşme konusunda uyarılmalı, aktiviteyi gerçekleştirdiği ortamın modifikasyonu konusunda bilgilendirilmelidir.

Tele Rehabilitasyon

Tele rehabilitasyon; iletişim ağı, özellikle de internet altyapısı kullanılarak, hasta ile görüntülü iletişimin sağlandığı, hastanın rehabilitasyon hekimince değerlendirildiği, sonrasında uygulanacak tedavi programının ilgili fizyoterapistle iletildiği, tedavi ve takip basamaklarında görüntülü iletişimin tekrar kullanıldığı uzaktan rehabilitasyon yöntemidir. Telekomünikasyon teknolojisinde sağlanan ilerlemeler fizyoterapi, konuşma terapisi, davranış terapisi gibi farklı rehabilitasyon hizmetlerinin uzaktan sunulabilmesine olanak tanımaktadır (101). Böylece eve bağımlı kişilere, fiziksel olarak yanında olmaksızın bir fizyoterapist gözetiminde, kendisine uygun rehabilitasyon programı sağlanabilmektedir. Tele rehabilitasyon ile uzun vadeli tedaviler çok daha az maliyetle sürdürülebilmektedir. Ayrıca koronavirüs pandemisi yaşadığımız 2020 yılında olduğu gibi bulaşıcı hastalıklara karşı riskli hasta gruplarının evlerinden çıkmaksızın uygun tedaviye ulaşmaları sağlanabilmektedir. Tele rehabilitasyonun motor fonksiyon iyileşmesinde, inmelilerde, MS'de,

Parkinsonda etkisini inceleyen çalışma ve derlemelerde sonuç olarak etkinliğin net olarak ortaya konmadığı bildirilmekte, uygulanan prosedürlerde, tedavinin hedef popülasyonunda, tedavi hedefinde standardizasyona ihtiyaç olduğu vurgulanmaktadır (101-106). İnme hastalarında tele rehabilitasyon servislerini ele alan 2020 tarihli Cochrane derlemesinde artan sayıda randomize kontrollü çalışma ile tele rehabilitasyonun etkinliği değerlendirilmesine rağmen, etkinlik konusunda bir karara varmanın zor olduğu, mevcut çalışmaların çok azının metodolojik olarak güçlü olduğu, bias riskinin göz önünde alınması gerektiği vurgulanmıştır (103). Tele rehabilitasyonun temel potansiyeli; tedavi süresinin, sıklığının ve yoğunluğunun rahatça artırılabilmesi, hastaların ev ortamında rehabilitasyon tedavisinde motive kalmasını sağlayabilmesi ve sağlık sistemine olan yükü azaltabilecek olması şeklinde sıralanabilir. Bu potansiyel etkilerinin ne düzeyde gerçekleşebileceği zamanla ortaya çıkacaktır.

Sonuç

Bilgisayar teknolojisindeki gelişmeler sanal rehabilitasyonu mümkün kılmaktadır. Bu tedavi yöntemi inme, serebral palsy, Parkinson, MS, travmatik beyin yaralanması gibi pek çok nörolojik hastalıkta kendisine kullanım alanı bulmaktadır. Özellikle rehabilitasyon amacı ile tasarlanan ve çoğunlukla sağlık sunucularında bulunabilen cihazlar ise hastaya göre daha rahat modifiye edilebilmektedir. Ticari oyun konsollarının da rehabilitasyonda kullanılabilmesi hastaların bu tedavi seçeneğine ulaşımını hem maliyet hem de erişim açısından oldukça kolaylaştırmaktadır (1,2).

KAYNAKLAR

1. Adamovich, S.V., et al., Sensorimotor training in virtual reality: a review. *NeuroRehabilitation*, 2009. **25**(1): p. 29-44.
2. Burdea, G.C., Virtual rehabilitation--benefits and challenges. *Methods Inf Med*, 2003. **42**(5): p. 519-23.
3. Wann, J.P. and J.D. Turnbull, Motor skill learning in cerebral palsy: movement, action and computer-enhanced therapy. *Baillieres Clin Neurol*, 1993. **2**(1): p. 15-28.
4. Jenkins, W.M. and M.M. Merzenich, Reorganization of neocortical representations after brain injury: a

- neurophysiological model of the bases of recovery from stroke. *Prog Brain Res*, 1987. **71**: p. 249-66.
5. Nudo, R.J., et al., Use-dependent alterations of movement representations in primary motor cortex of adult squirrel monkeys. *J Neurosci*, 1996. **16**(2): p. 785-807.
 6. Taub, E., et al., Technique to improve chronic motor deficit after stroke. *Arch Phys Med Rehabil*, 1993. **74**(4): p. 347-54.
 7. Taub, E. and S.L. Wolf, Constraint Induced Movement Techniques To Facilitate Upper Extremity Use in Stroke Patients. *Top Stroke Rehabil*, 1997. **3**(4): p. 38-61.
 8. Gaggioli, A., et al., A strategy for computer-assisted mental practice in stroke rehabilitation. *Neurorehabil Neural Repair*, 2006. **20**(4): p. 503-7.
 9. Buccino, G., A. Solodkin, and S.L. Small, Functions of the mirror neuron system: implications for neurorehabilitation. *Cogn Behav Neurol*, 2006. **19**(1): p. 55-63.
 10. Kakei, S., D.S. Hoffman, and P.L. Strick, Sensorimotor transformations in cortical motor areas. *Neurosci Res*, 2003. **46**(1): p. 1-10.
 11. Graziano, M.S., Where is my arm? The relative role of vision and proprioception in the neuronal representation of limb position. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 1999. **96**(18): p. 10418-21.
 12. Graziano, M.S. and C.G. Gross, Spatial maps for the control of movement. *Curr Opin Neurobiol*, 1998. **8**(2): p. 195-201.
 13. Nudo, R.J., E.J. Plautz, and S.B. Frost, Role of adaptive plasticity in recovery of function after damage to motor cortex. *Muscle Nerve*, 2001. **24**(8): p. 1000-19.
 14. Kleim, J.A., et al., Motor learning-dependent synaptogenesis is localized to functionally reorganized motor cortex. *Neurobiol Learn Mem*, 2002. **77**(1): p. 63-77.
 15. Blake, D.T., et al., Experience-dependent plasticity in S1 caused by noncoincident inputs. *J Neurophysiol*, 2005. **94**(3): p. 2239-50.
 16. Garzorz, I.T. and P.R. MacNeilage, Towards dynamic modeling of visual-vestibular conflict detection. *Prog Brain Res*, 2019. **248**: p. 277-284.
 17. Bonnechere, B., et al., The use of commercial video games in rehabilitation: a systematic review. *Int J Rehabil Res*, 2016. **39**(4): p. 277-290.
 18. Peters, D.M., et al., Counting repetitions: an observational study of video game play in people with chronic poststroke hemiparesis. *J Neurol Phys Ther*, 2013. **37**(3): p. 105-11.
 19. Neil, A., et al., Sony PlayStation EyeToy elicits higher levels of movement than the Nintendo Wii: implications for stroke rehabilitation. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2013. **49**(1): p. 13-21.
 20. Levin, M.F., et al., Virtual reality versus conventional treatment of reaching ability in chronic stroke: clinical feasibility study. *Neurol Ther*, 2012. **1**(1): p. 3.
 21. Collins, J.D., et al., A systematic literature review of the use and effectiveness of the Computer Assisted Rehabilitation Environment for research and rehabilitation as it relates to the wounded warrior. *Work*, 2015. **50**(1): p. 121-9.
 22. Jung, J.H., et al., Effects of Combined Upper Limb Robotic Therapy in Patients With Tetraplegic Spinal Cord Injury. *Ann Rehabil Med*, 2019. **43**(4): p. 445-457.
 23. Duret, C., A.G. Grosmaire, and H.I. Krebs, Robot-Assisted Therapy in Upper Extremity Hemiparesis: Overview of an Evidence-Based Approach. *Front Neurol*, 2019. **10**: p. 412.
 24. Calabro, R.S., et al., Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial. *Clin Neurophysiol*, 2019. **130**(5): p. 767-780.
 25. Mekki, M., et al., Robotic Rehabilitation and Spinal Cord Injury: a Narrative Review. *Neurotherapeutics*, 2018. **15**(3): p. 604-617.
 26. Hwang, C.H., J.W. Seong, and D.S. Son, Individual finger synchronized robot-assisted hand rehabilitation in subacute to chronic stroke: a prospective randomized clinical trial of efficacy. *Clin Rehabil*, 2012. **26**(8): p. 696-704.
 27. Laver, K.E., et al., Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database Syst Rev*, 2017. **11**: p. CD008349.
 28. Rodgers, H., et al., Robot assisted training for the upper limb after stroke (RATULS): a multicentre randomised controlled trial. *Lancet*, 2019. **394**(10192): p. 51-62.
 29. Hobbs, B. and P. Artemiadis, A Review of Robot-Assisted Lower-Limb Stroke Therapy: Unexplored Paths and Future Directions in Gait Rehabilitation. *Front Neurobot*, 2020. **14**: p. 19.
 30. Paquin, K., et al., Effectiveness of commercial video gaming on fine motor control in chronic stroke within community-level rehabilitation. *Disabil Rehabil*, 2015. **37**(23): p. 2184-91.
 31. Barcala, L., et al., Visual biofeedback balance training using wii fit after stroke: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci*, 2013. **25**(8): p. 1027-32.
 32. Yatar, G.I. and S.A. Yildirim, Wii Fit balance training or progressive balance training in patients with chronic stroke: a randomised controlled trial. *J Phys Ther Sci*, 2015. **27**(4): p. 1145-51.
 33. Morone, G., et al., The efficacy of balance training with video game-based therapy in subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *Biomed Res Int*, 2014. **2014**: p. 580861.
 34. Rajaratnam, B.S., et al., Does the Inclusion of Virtual Reality Games within Conventional Rehabilitation Enhance Balance Retraining after a Recent Episode of Stroke? *Rehabil Res Pract*, 2013. **2013**: p. 649561.
 35. Choi, J.H., et al., Effectiveness of commercial gaming-based virtual reality movement therapy on functional recovery of upper extremity in subacute stroke patients. *Ann Rehabil Med*, 2014. **38**(4): p. 485-93.
 36. Lee, G., Effects of training using video games on the muscle strength, muscle tone, and activities of daily living of chronic stroke patients. *J Phys Ther Sci*, 2013. **25**(5): p. 595-7.
 37. Yanez-Sanchez, A. and A. Cuesta-Gomez, [Effectiveness of the Armeo (R) device in the rehabilitation of the upper limb of stroke's patients. A review of the literature]. *Rev Neurol*, 2020. **70**(3): p. 93-102.
 38. Adomaviciene, A., et al., Influence of New Technologies on Post-Stroke Rehabilitation: A Comparison of Armeo Spring to the Kinect System. *Medicina (Kaunas)*, 2019. **55**(4).

39. Dominguez-Tellez, P., et al., Game-Based Virtual Reality Interventions to Improve Upper Limb Motor Function and Quality of Life After Stroke: Systematic Review and Meta-analysis. *Games Health J*, 2020. **9**(1): p. 1-10.
40. Mubin, O., et al., Exoskeletons With Virtual Reality, Augmented Reality, and Gamification for Stroke Patients' Rehabilitation: Systematic Review. *JMIR Rehabil Assist Technol*, 2019. **6**(2): p. e12010.
41. Dominguez-Tellez, P., et al., [Effects of virtual reality on balance and gait in stroke: a systematic review and meta-analysis]. *Rev Neurol*, 2019. **69**(6): p. 223-234.
42. Wiley, E., S. Khattab, and A. Tang, Examining the effect of virtual reality therapy on cognition post-stroke: a systematic review and meta-analysis. *Disabil Rehabil Assist Technol*, 2020: p. 1-11.
43. Moucheboeuf, G., et al., Effects of robotic gait training after stroke: a meta-analysis. *Ann Phys Rehabil Med*, 2020.
44. Jack, K., et al., Barriers to treatment adherence in physiotherapy outpatient clinics: a systematic review. *Man Ther*, 2010. **15**(3): p. 220-8.
45. Robert, M., et al., Exercise intensity levels in children with cerebral palsy while playing with an active video game console. *Phys Ther*, 2013. **93**(8): p. 1084-91.
46. Sharan, D., et al., Virtual reality based therapy for post operative rehabilitation of children with cerebral palsy. *Work*, 2012. **41 Suppl 1**: p. 3612-5.
47. Sandlund, M., E.L. Waterworth, and C. Hager, Using motion interactive games to promote physical activity and enhance motor performance in children with cerebral palsy. *Dev Neurorehabil*, 2011. **14**(1): p. 15-21.
48. Luna-Oliva, L., et al., Kinect Xbox 360 as a therapeutic modality for children with cerebral palsy in a school environment: a preliminary study. *NeuroRehabilitation*, 2013. **33**(4): p. 513-21.
49. Hurkmans, H.L., R.J. van den Berg-Emons, and H.J. Stam, Energy expenditure in adults with cerebral palsy playing Wii Sports. *Arch Phys Med Rehabil*, 2010. **91**(10): p. 1577-81.
50. Zoccolillo, L., et al., Video-game based therapy performed by children with cerebral palsy: a cross-over randomized controlled trial and a cross-sectional quantitative measure of physical activity. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2015. **51**(6): p. 669-76.
51. Chiu, H.C., L. Ada, and H.M. Lee, Upper limb training using Wii Sports Resort for children with hemiplegic cerebral palsy: a randomized, single-blind trial. *Clin Rehabil*, 2014. **28**(10): p. 1015-24.
52. Ramstrand, N. and F. Lyngnegard, Can balance in children with cerebral palsy improve through use of an activity promoting computer game? *Technol Health Care*, 2012. **20**(6): p. 501-10.
53. Tarakci, D., et al., Wii-based Balance Therapy to Improve Balance Function of Children with Cerebral Palsy: A Pilot Study. *J Phys Ther Sci*, 2013. **25**(9): p. 1123-7.
54. Warnier, N., S. Lambregts, and I.V. Port, Effect of Virtual Reality Therapy on Balance and Walking in Children with Cerebral Palsy: A Systematic Review. *Dev Neurorehabil*, 2019: p. 1-17.
55. Rathinam, C., et al., Effectiveness of virtual reality in the treatment of hand function in children with cerebral palsy: A systematic review. *J Hand Ther*, 2019. **32**(4): p. 426-434 e1.
56. Johansen, T., et al., Effectiveness of training with motion-controlled commercial video games on hand and arm function in young people with cerebral palsy: A systematic review and meta-analysis. *J Rehabil Med*, 2019. **52**(1): p. jrm00012.
57. Yeo, E., et al., Virtual Reality Neurorehabilitation for Mobility in Spinal Cord Injury: A Structured Review. *Innov Clin Neurosci*, 2019. **16**(1-2): p. 13-20.
58. An, C.M. and Y.H. Park, The effects of semi-immersive virtual reality therapy on standing balance and upright mobility function in individuals with chronic incomplete spinal cord injury: A preliminary study. *J Spinal Cord Med*, 2018. **41**(2): p. 223-229.
59. Wall, T., et al., The effects of the Nintendo Wii Fit on gait, balance, and quality of life in individuals with incomplete spinal cord injury. *J Spinal Cord Med*, 2015. **38**(6): p. 777-83.
60. Villiger, M., et al., Virtual reality-augmented neurorehabilitation improves motor function and reduces neuropathic pain in patients with incomplete spinal cord injury. *Neurorehabil Neural Repair*, 2013. **27**(8): p. 675-83.
61. Siegert, R.J. and W.J. Taylor, Theoretical aspects of goal-setting and motivation in rehabilitation. *Disabil Rehabil*, 2004. **26**(1): p. 1-8.
62. Abou, L., et al., Effects of Virtual Reality Therapy on Gait and Balance Among Individuals With Spinal Cord Injury: A Systematic Review and Meta-analysis. *Neurorehabil Neural Repair*, 2020. **34**(5): p. 375-388.
63. Alashram, A.R., et al., Effectiveness of virtual reality on balance ability in individuals with incomplete spinal cord injury: A systematic review. *J Clin Neurosci*, 2020. **72**: p. 322-327.
64. Reinoso, G., et al., Clinical evolution of Parkinson's disease and prognostic factors affecting motor progression: 9-year follow-up study. *Eur J Neurol*, 2015. **22**(3): p. 457-63.
65. Aarsland, D., et al., Cognitive decline in Parkinson disease. *Nature Reviews Neurology*, 2017. **13**(4): p. 217-231.
66. Alves, M.L.M., et al., Nintendo Wii Versus Xbox Kinect for Assisting People With Parkinson's Disease. *Percept Mot Skills*, 2018. **125**(3): p. 546-565.
67. Goncalves, G.B., et al., Effects of using the nintendo wii fit plus platform in the sensorimotor training of gait disorders in Parkinson's disease. *Neurol Int*, 2014. **6**(1): p. 5048.
68. Esculier, J.F., et al., Home-based balance training programme using Wii Fit with balance board for Parkinson's disease: a pilot study. *J Rehabil Med*, 2012. **44**(2): p. 144-50.
69. Lina, C., et al., The Effect of Virtual Reality on the Ability to Perform Activities of Daily Living, Balance During Gait and Motor Function in Parkinson's Disease Patients-- A Systematic Review and Meta-Analysis. *Am J Phys Med Rehabil*, 2020.
70. Chen, Y., et al., Effect of Virtual Reality on Balance in Individuals With Parkinson Disease: A Systematic Review and Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials.

Phys Ther, 2020.

71. Pradhan, S., The use of commercially available games for a combined physical and cognitive challenge during exercise for individuals with Parkinson's disease - a case series report. *Physiother Theory Pract*, 2019. **35**(4): p. 355-362.
72. Liao, Y.Y., et al., Virtual Reality-Based Training to Improve Obstacle-Crossing Performance and Dynamic Balance in Patients With Parkinson's Disease. *Neurorehabil Neural Repair*, 2015. **29**(7): p. 658-67.
73. de Melo Cerqueira, T.M., et al., Cognitive and motor effects of Kinect-based games training in people with and without Parkinson disease: A preliminary study. *Physiother Res Int*, 2020. **25**(1): p. e1807.
74. Ontaneda, D., et al., Progressive multiple sclerosis: prospects for disease therapy, repair, and restoration of function. *Lancet*, 2017. **389**(10076): p. 1357-1366.
75. Tavazzi, E., et al., Effects of motor rehabilitation on mobility and brain plasticity in multiple sclerosis: a structural and functional MRI study. *J Neurol*, 2018. **265**(6): p. 1393-1401.
76. Yeh, S.W., et al., Efficacy of robot-assisted gait training in multiple sclerosis: A systematic review and meta-analysis. *Mult Scler Relat Disord*, 2020. **41**: p. 102034.
77. Moreno-Verdu, M., et al., [Efficacy of virtual reality on balance and gait in multiple sclerosis. Systematic review of randomized controlled trials]. *Rev Neurol*, 2019. **68**(9): p. 357-368.
78. Maggio, M.G., et al., Virtual reality in multiple sclerosis rehabilitation: A review on cognitive and motor outcomes. *J Clin Neurosci*, 2019. **65**: p. 106-111.
79. Khalil, H., et al., The development and pilot evaluation of virtual reality balance scenarios in people with multiple sclerosis (MS): A feasibility study. *NeuroRehabilitation*, 2018. **43**(4): p. 473-482.
80. Russo, M., et al., The role of robotic gait training coupled with virtual reality in boosting the rehabilitative outcomes in patients with multiple sclerosis. *Int J Rehabil Res*, 2018. **41**(2): p. 166-172.
81. (CDC), C.f.D.C.a.P. Traumatic Brain Injury In the United States: Epidemiology and Rehabilitation REPORT TO CONGRESS. 2008; Available from: https://www.cdc.gov/traumaticbraininjury/pdf/TBI_Report_to_Congress_Epi_and_Rehab-a.pdf.
82. Zanier, E.R., et al., Virtual Reality for Traumatic Brain Injury. *Front Neurol*, 2018. **9**: p. 345.
83. Manivannan, S., et al., The Effectiveness of Virtual Reality Interventions for Improvement of Neurocognitive Performance After Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *J Head Trauma Rehabil*, 2019. **34**(2): p. E52-E65.
84. Alashram, A.R., et al., Cognitive rehabilitation post traumatic brain injury: A systematic review for emerging use of virtual reality technology. *J Clin Neurosci*, 2019. **66**: p. 209-219.
85. Maggio, M.G., et al., Effects of robotic neurorehabilitation through lokomat plus virtual reality on cognitive function in patients with traumatic brain injury: A retrospective case-control study. *Int J Neurosci*, 2020. **130**(2): p. 117-123.
86. Shen, J., et al., Virtual Reality for Pediatric Traumatic Brain Injury Rehabilitation: A Systematic Review. *Am J Lifestyle Med*, 2020. **14**(1): p. 6-15.
87. Organization, W.H. Ageing and health. 2018; Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ageing-and-health>.
88. Karahan, A.Y., et al., Effects of Exergames on Balance, Functional Mobility, and Quality of Life of Geriatrics Versus Home Exercise Programme: Randomized Controlled Study. *Cent Eur J Public Health*, 2015. **23 Suppl**: p. S14-8.
89. Whyatt, C., et al., A Wii Bit of Fun: A Novel Platform to Deliver Effective Balance Training to Older Adults. *Games Health J*, 2015. **4**(6): p. 423-33.
90. Bateni, H., Changes in balance in older adults based on use of physical therapy vs the Wii Fit gaming system: a preliminary study. *Physiotherapy*, 2012. **98**(3): p. 211-6.
91. Padala, K.P., P.R. Padala, and W.J. Burke, Wii-Fit as an adjunct for mild cognitive impairment: clinical perspectives. *J Am Geriatr Soc*, 2011. **59**(5): p. 932-3.
92. Hsu, J.K., et al., A "Wii" bit of fun: the effects of adding Nintendo Wii(R) Bowling to a standard exercise regimen for residents of long-term care with upper extremity dysfunction. *Physiother Theory Pract*, 2011. **27**(3): p. 185-93.
93. Jung, D.I., D.S. Ko, and M.A. Jeong, Kinematic effect of Nintendo Wii(TM) sports program exercise on obstacle gait in elderly women with falling risk. *J Phys Ther Sci*, 2015. **27**(5): p. 1397-400.
94. Nicholson, V.P., et al., Six weeks of unsupervised Nintendo Wii Fit gaming is effective at improving balance in independent older adults. *J Aging Phys Act*, 2015. **23**(1): p. 153-8.
95. Agmon, M., et al., A pilot study of Wii Fit exergames to improve balance in older adults. *J Geriatr Phys Ther*, 2011. **34**(4): p. 161-7.
96. Chao, Y.Y., et al., Physical and psychosocial effects of Wii Fit exergames use in assisted living residents: a pilot study. *Clin Nurs Res*, 2015. **24**(6): p. 589-603.
97. Cho, G.H., G. Hwangbo, and H.S. Shin, The Effects of Virtual Reality-based Balance Training on Balance of the Elderly. *J Phys Ther Sci*, 2014. **26**(4): p. 615-7.
98. Lamoth, C.J., S.R. Caljouw, and K. Postema, Active video gaming to improve balance in the elderly. *Stud Health Technol Inform*, 2011. **167**: p. 159-64.
99. Keogh, J.W., et al., Physical and psychosocial function in residential aged-care elders: effect of Nintendo Wii Sports games. *J Aging Phys Act*, 2014. **22**(2): p. 235-44.
100. Jorgensen, M.G., et al., Efficacy of Nintendo Wii training on mechanical leg muscle function and postural balance in community-dwelling older adults: a randomized controlled trial. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*, 2013. **68**(7): p. 845-52.
101. Knepley, K.D., et al., Impact of Telerehabilitation for Stroke-Related Deficits. *Telemed J E Health*, 2020.
102. Remy, C., et al., Telecommunication and rehabilitation for patients with multiple sclerosis. Access and willingness to use: a cross-sectional study. *Eur J Phys Rehabil Med*, 2020.
103. Laver, K.E., et al., Telerehabilitation services for stroke. *Cochrane Database Syst Rev*, 2020. **1**: p. CD010255.

104. Agostini, M., et al., Telerehabilitation and recovery of motor function: a systematic review and meta-analysis. *J Telemed Telecare*, 2015. **21**(4): p. 202-13.
105. Appleby, E., et al., Effectiveness of telerehabilitation in the management of adults with stroke: A systematic review. *PLoS One*, 2019. **14**(11): p. e0225150.
106. Lei, C., et al., Effects of virtual reality rehabilitation training on gait and balance in patients with Parkinson's disease: A systematic review. *PLoS One*, 2019. **14**(11): p. e0224819