

Neurorehabilitació de la memòria en pacients amb ictus: l'ús de la Realitat Virtual

Alsius Coll, A., Calderer Campdelacreu, P. i Fernández Ayats, C.

Volem agrair a tots els professors que hem tingut per haver fomentat el desenvolupament de la nostra curiositat davant d'una afectació tan freqüent a la societat. També volem agrair a aquells que ens han format com a professionals i com a persones, fent una feina que mai no es podrà valorar prou. També a les nostres famílies, que ens han dedicat tot el seu temps, tot el seu esforç i tots els seus recursos per educar-nos i formar-nos el millor possible.

Resum

L'ictus és una de les patologies cerebrals adquirides més predominant i la que causa major mortalitat entre la població adulta. Entre les conseqüències es troben seqüeles a nivell motor, cognitiu i psicològic, sent la disfunció mnèsica de les més predominants. La severitat dels dèficits depenen de la localització, l'etiologia i l'extensió de la lesió. Depenent de la gravetat d'aquests dèficits la persona afectada pot oblidar-se de realitzar les seves tasques diàries i, en el cas més greu, fins i tot pot perdre la consciència del seu entorn immediat.

L'objectiu principal d'aquest estudi és avaluar el coneixement actual sobre l'ús de la Realitat Virtual (RV) en la rehabilitació de la memòria en pacients que han patit un ictus. Estudis publicats en dades de bases científiques com PubMed, PsycInfo i d'altres bancs de coneixement van ser seleccionats amb la intenció de dur a terme un anàlisi funcional.

Després de l'estudi s'argumenta que l'ús de la RV en la rehabilitació de la disfunció de la memòria en pacients post-ictus, representa una millora substancial del procés de rehabilitació. De la mateixa manera, la RV promou una major motivació en els pacients, generant adherència terapèutica. Dominis mnèsics com la memòria espacial, prospectiva, visual, reconeixement i episòdica són les que tenen millor rendiment després del procés rehabilitador.

Paraules clau: *Ictus, Rehabilitació, Dèficit mnèsic, Realitat Virtual*

Abstract

Stroke is one of the most predominant and most deadly brain pathologies amongst the adult population. Amidst the consequences of suffering a stroke there are motor, cognitive and psychological sequelae, although memory impairment is the most common outcome. The severity of deficits depend on the location, the etiology and the size of the injury. People affected by brain damage may easily forget to perform daily living tasks or, in the worst case scenario, lose consciousness of their immediate self environment.

The main aim of this review was to evaluate the current knowledge in the use of Virtual Reality (RV) in the memory rehabilitation of people who suffered a stroke.

Studies were selected from PubMed, PsycInfo and other scientific databases in order to fulfill a functional analysis.

The results showed that including RV in post-stroke memory rehabilitation programs not only results in a substantial improvement of their whole recovery process, but can be used to assess other cognitive issues that patients might present.

Furthermore, RV has proven itself to be a useful tool in order to promote a higher motivation amongst stroke patients by guaranteeing therapy engagement. Mnesic domains such as spatial, prospective, visual, recognition and episodic memory show a better improvement and superior performance after the rehabilitation process.

Keywords: *Stroke, Rehabilitation, Memory Impairment, Virtual Reality*

ÍNDEX

1. Introducció	4
2. Metodologia	7
3. El paper de la Realitat Virtual en la Rehabilitació de la memòria	7
4. Anàlisi funcional	13
Propostes de millora i línies futures en la rehabilitació neuropsicològica i la realitat virtual	18
Limitacions	18
Proposta de tractament a través de RV a partir de les dades recollides i de l'anàlisi funcional	19
5. Conclusions	20
6. Referències	22

TAULA DE CONTINGUT

Taula 1.

Resum de la informació dels estudis analitzats sobre l'ús de la RV en la rehabilitació de pacients amb ictus	17
--	----

1. Introducció

Els supervivents del dany cerebral adquirit sovint presenten alteracions cognitives que repercuteixen directament en les seves activitats de la vida diària afectant, en conseqüència, a la seva qualitat de vida, fent que requereixin assistència constant per part de terceres persones. (Barker-Collo et al., 2009).

Quan una persona presenta dèficits cognitius pot trobar-se amb dificultats per planificar aspectes del seu dia a dia, prendre decisions o resoldre problemes, entre d'altres limitacions (Spreij et al. 2014; Faria et al., 2016). És per això que la rehabilitació cognitiva és fonamental perquè les persones amb dany cerebral puguin desenvolupar les seves activitats diàries de forma autònoma (Yip i Man, 2009).

L'ictus és una de les patologies cerebrals adquirides més predominant i la que causa major mortalitat entre la població adulta (Faria et al., 2014; Maggio et al. 2019). Distingim entre ictus hemorràgic, si es produeix una ruptura i conseqüent vessament dels vasos sanguinis del cervell, i ictus isquèmic si s'hi produeix una obstrucció (Castor i El Massioui, 2018).

Els efectes de l'ictus tenen una àmplia variabilitat entre les persones que el pateixen (Castor i El Massioui, 2018). Entre les diverses conseqüències, es poden donar seqüeles en l'àmbit motor, cognitiu i psicològic. De la mateixa manera, la participació en activitats socials, l'autoconcepte i les autocures poden veure's afectades. (Yip i Man, 2009; Maggio et al., 2019).

La memòria podria ser definida com la capacitat dels individus d'assimilar, emmagatzemar i recuperar la informació apresada (Muñoz Marrón i González Rodríguez, 2009; Wilson, 2011). L'assimilació implica codificar la informació, és a dir, transformar la informació sensorial en diversos codis per tal de poder-la emmagatzemar (Muñoz Marrón i González Rodríguez, 2009).

Les mateixes autores també es refereixen a l'emmagatzematge o fase de consolidació, com aquell estadi en què la informació és elaborada amb la finalitat de "crear un registre temporal o permanent de la informació", i la fase de recuperació com aquella en què s'accedeix a la informació emmagatzemada per tal d'evocar-la (Muñoz Marrón i González Rodríguez, 2009).

La disfunció mnèsica és de les més predominants després de patir dany cerebral (Rose et al., 1999) i la severitat dels dèficits depenen de la localització, la severitat i l'extensió de la lesió (Fernández et al., 2017).

La realitat virtual (RV) es pot definir com una o més representacions en format de tres dimensions en un món virtual que permeten a l'individu experimentar unes sensacions a partir d'una interacció amb l'entorn informàtic (Lombard i Ditton, 1997). Una de les característiques més essencials de la RV és la immersió que proporciona a través d'imatges i el seu camp de visió, sons, latència de seguiment, entre d'altres (O'Regan i Noè, 2001).

Per altra banda, realitzar tractaments neuropsicològics amb tècniques de RV fa que els usuaris trobin més atractiva la intervenció alhora fa que sigui una experiència aïllada lliure d'altres possibles distractors que impedeixin o dificultin els resultats a esperar (Jeffrey et al., 1997). També ajuda al fet que els pacients facin puguin treballar la memòria de manera remota, proveir un aprenentatge actiu durant una activitat motivant, la capacitat de controlar el grau de dificultat de la tasca augmentant gradualment el seu nivell, així com la possibilitat d'adaptar-la a objectius

específics individuals (Slyk, S., Zarzycki, M. Z., Kocwa-Karnas, A. i Domitrz, I., 2019).

Per entendre globalment com funciona la RV, s'han de conèixer els graus d'immersió a la RV, donat que en funció el grau d'immersió determinarà certs avantatges i inconvenients en el procés rehabilitador. A continuació s'exposen les diferències entre els 3 graus: immersiva, semi immersiva i no immersiva.

Segons Marotta, F., Addati, G. A., i Montes de Oca, J. A. (2020), es poden descriure els 3 graus d'immersió de la següent manera. La RV immersiva és aquell sistema en què l'usuari se sent dins del món virtual que està explorant. Utilitza diferents dispositius denominats accessoris, com poden ser guants, vestits especials, visors o auriculars que permeten a l'usuari visualitzar, moure's i interaccionar amb l'entorn virtual. Precisament aquests elements són els que permeten que l'individu se senti immers. Els sistemes de RV immersiva son ideals per a aplicacions d'entrenament o capacitació.

La RV semiimmersiva és el punt intermedi d'immersió a la RV. Es tracta d'un sistema a través del qual l'usuari interactua amb l'entorn virtual mitjançant l'ús de diverses pantalles en forma de galleda (per exemple, tres pantalles formen les parets i una el pis), que envolten a l'observador, l'usuari usa lents i un dispositiu de seguiment de moviments del cap i que fa que d'aquesta manera en moure's l'usuari les projeccions perspectives són calculades pel motor de RV i es despleguen en projectors que estan connectats a la computadora. Es tracta d'un sistema utilitzat principalment per a visualitzacions on es requereix que l'usuari es mantingui en contacte amb elements del món real mentre al mateix torn, interactua amb elements virtuals.

Finalment, la RV no immersiva, és aquell tipus de sistema en el qual l'usuari fa servir el monitor com a finestra cap al món virtual i la interacció es fa per mitjà d'un teclat, un micròfon, un ratolí o un joystick entre altres. Aquest sistema és idoni per a visualitzacions científiques, o com a mitjà d'entreteniment. Aquest enfocament no immersiu és més econòmic, fàcil d'aplicar i acceptat més ràpidament pels usuaris.

Les aplicacions d'atenció sanitària basades en la tecnologia de la informació i la informàtica (TIC) dissenyades específicament per a possibles demències senils o demències causades a partir d'un dany cerebral adquirit poden contribuir considerablement a pal·liar aquest problema que creix actualment (R. García-Betances et al., 2014).

Avui, a partir d'estudis sobre l'efectivitat de tractaments psiquiàtrics i neurorehabilitadors sobre funcions mentals com la memòria, sigui de tipus de treball o memòria verbal, en la retirada de les teràpies, s'ha observat que els efectes correctius són duradors almenys 6 mesos després de la seva aplicació (Medalia i Cho, 2009). Aquest fet posa en evidència la gran importància de treballar aquest tipus de funció cognitiva.

Per tal de contribuir en la discussió actual sobre l'ús de la RV en la rehabilitació de la disfunció mnèsica en pacients que han patit un ictus, el present article té l'objectiu de revisar la literatura existent sobre aquesta matèria, resumint-ne les perspectives i el coneixement actual. Així doncs, es parlarà del paper de la RV en la rehabilitació de la memòria, de les limitacions que presenta aquest procediment i de quines estratègies i reptes es plantegen per l'ús de la tecnologia immersiva i la RV en un futur.

2. Metodologia

La informació s'ha obtingut a partir de la utilització de cercadors i bases de dades de publicacions científiques en línia, principalment Psycinfo i PubMed. Es tracta de bases de dades publicades per l'American Psychological Association (APA) on el contingut publicat és científic, veraç i prèviament revisat per la comunitat d'experts.

Per tal d'acotar la cerca i fer-la més específica, s'ha realitzat una selecció de termes, fet que ha permès donar sentit a la tria definitiva dels articles escollits posteriorment. Els termes principals emprats inclouen memory AND traumatic brain injury AND stroke AND Virtual Reality (VR) AND rehabilitation AND cognitive AND therapy.

Per tal de poder fer una cerca més àmplia i amb l'objectiu de contrastar el màxim d'informació possible, s'ha convingut utilitzar els mateixos termes en diferents idiomes, utilitzant l'anglès com a primera opció i l'espanyol com a alternativa.

Un dels criteris d'exclusió de la informació obtinguda ha estat l'antiguitat. Així, s'ha procurat seleccionar, aquells articles on la data de publicació no superi els vint anys.

Així i tot, se n'ha fet alguna excepció per la rellevància del contingut publicat i prèvia contrastació de la informació presentada.

A partir de la cerca realitzada s'ha creat una revisió i una posterior anàlisi funcional de les publicacions, per tal de poder contrastar la informació de manera objectiva, significativa i específica.

3. El paper de la Realitat Virtual en la Rehabilitació de la memòria

El dany cerebral adquirit, sigui quina sigui la seva etiologia, així com l'aparició de malalties neurodegeneratives com la malaltia d'Alzheimer o la malaltia de Parkinson, entre altres trastorns neurològics, poden desenvolupar un deteriorament de la memòria dels individus que el pateixen. Depenent de la gravetat d'aquests dèficits la persona afectada pot oblidar-se de executar les seves tasques diàries o, en el cas més greu, fins i tot pot perdre la consciència del seu entorn immediat. Així doncs, la vida diària de la persona que pateix un dany cerebral adquirit se sol veure greument afectada en tots els processos de memòria.

És per això que una adequada teràpia farmacològica i l'inici d'un pla rehabilitador esdevenen necessaris per a frenar o alentir el procés neurodegeneratiu. (Prigatano, G.P., Glisky, E.L. i Klonoff, P.S. 1996).

Segons Glisky, E.L. (1995) la rehabilitació de la memòria es pot classificar a grans trets a través dels seus objectius; en primera instància es pot enfocar a partir de la reparació de processos de memòria danyats, i seguidament a l'alleujament dels dèficits funcionals associats a la disminució de la capacitat mnèsica. Aquests propòsits es poden aconseguir mitjançant l'ús de mètodes de rehabilitació adequats que insisteixen en la repetició i la pràctica, l'aprenentatge d'estratègies i l'adquisició de coneixements específics del domini (Pliskin, N.H., Cunningham, J.M., Wall, J.R. i Cassisi, J.E. 1996).

Unes de les possibles alteracions en l'àmbit cognitiu que pot patir una persona poden ser patologies congènites, trastorns mentals, traumatismes cranioencefàlics, ictus, entre d'altres (Al-Qazzaz et al., 2014), on amb l'entrenament cognitiu posat en

punt de vista de la memòria, representa un seguit de processos, procediments i intervencions cognitives repetides al llarg del temps dirigides a la millora de les funcions cognitives basades en els principis de la neuroplasticitat (Medalia i Choi, 2009).

Els resultats d'estudis com el de Brooks et al. (2002) mostren que els pacients amb ictus presenten problemes tant pel que fa al contingut del record com a la recuperació d'aquest. No obstant això, quan els pacients presenten una major motivació, se senten psicològicament més capaços de superar les possibles limitacions associades a la disfunció mnèsica i la RV és un mitjà que facilita aquest assoliment de motivació.

Segons Glisky, E.L. (1992) els avenços tecnològics ocorreguts en les últimes dècades, sobretot en el camp de la informàtica, han donat lloc a l'aparició d'ordinadors d'alta velocitat i al disseny d'efectes gràfics realistes que s'han mostrat beneficiosos en el desenvolupament de programes de tractament cognitiu. L'autor planteja que la intervenció assistida per ordinador així com altres formes de rehabilitació cognitiva (RC) són beneficioses per a aquelles persones amb trastorns de la memòria que requereixin entrenament cognitiu.

En una recent revisió de literatura, Maggio et al. (2019) conclouen que l'ús d'ambients virtuals pot ser una eina prometedora per la millora de les funcions cognitives de pacients que han patit ictus. Entre les troballes destacades en els estudis revisats pels autors, destaquen que la rehabilitació mitjançant RV ofereix l'entrenament amb activitats atractives i motivadores pels pacients, condicions que garanteixen l'adherència del pacient amb el procés rehabilitador. Altres autors mencionats en la revisió, com Tunik et al. (2013) evidencien que la manipulació del feedback visual del mateix moviment del pacient mitjançant elements de RV, poden potenciar l'activitat cerebral i activar circuits relacionats amb l'aprenentatge d'accions, que al seu torn, poden arribar a restaurar determinades funcions després de patir un ictus.

La premissa del feedback visual, així com del paper de les neurones mirall i la implicació d'àrees motrius i propioceptives del cervell, en la millora de les disfuncions cognitives, està recolzada per altres autors estudiats en aquesta revisió literària, com Lewis and Rosie (2012), Bagce et al. (2012), Saleh et al., (2014), Russo et al., (2017) i de Luca et al. (2018).

En una línia similar conflueixen autors com Cano de la Cuerda et al. (2018) quan parlen de tres aspectes pivotals que interactuen i es relacionen amb l'aprenentatge en un entorn virtual.

Per una banda, es parla del feedback sensorial, que planteja una relació entre la capacitat de reconeixement i el seguiment visual i els dèficits d'execució en l'acte motor. Per tant, gran part de la funcionalitat del pacient resideix en el processament i la integració de la informació captada visualment. El feedback es consideraria fonamental en l'aprenentatge i l'execució de programes motors en persones amb patologia de tipus neurològic.

En segon lloc, la immersió en entorns virtuals comporta l'activació de diversos canals sensorials que tenen l'objectiu de generar a la pacient sensació de presència, incrementant així l'agudeses i la capacitat de discriminació visual, millorant-ne el processament.

Finalment, l'execució de programes motors no només dependria del feedback visual, sinó també dels sistemes vestibular i propioceptiu, ja que per una correcta interacció amb l'entorn, la persona ha de prendre referències, orientar-se i moure's en respecte a una determinada posició, tant pròpia com dels elements del seu entorn. A més, la planificació i control de l'execució dels moviments en l'entorn virtual requereix l'activació del sistema visuomotor, que integra la informació visual i propioceptiva observada.

La visualització de l'acte motor en l'entorn visual sembla influir en el procés d'aprenentatge motor valent-se, per una banda, de la repetició de tasques funcionals dirigides a uns objectius concrets en un entorn controlat (posant en marxa també processos atencional fonamentals), la facilitació de la visualització a través de gestos interpretats pel mateix avatar i, finalment, la imitació amb retroalimentació incrementaria l'activitat cortical vinculada al processament i la programació motora (sistema de neurones mirall).

Així doncs, sembla que hi ha cert consens en l'assumpció que la realització d'intervencions en entorns virtuals controlats ajuden al fet que els pacients adquireixin una actitud més positiva i una major motivació cap al procés de rehabilitació cognitiva (Hill et al., 2017; Maggio et al., 2019).

Attre et al. (1996), suggereixen que l'avantatge de fer servir la RV està a permetre que l'avaluació es realitzi en un context d'interacció amb un entorn quotidià, sense fer sacrificis en el control analític. A més a més, permet dur a terme avaluacions precises de manera amb la qual funcionen la memòria i altres processos cognitius. Així doncs, la RV pot ser un medi ideal per avaluar la memòria espacial, prospectiva o episòdica.

El test d'avaluació del rendiment cognitiu amb realitat virtual (VRCPAT) integra un entorn virtual específicament dissenyat per mesurar la memòria. Es tracta d'una mesura d'aprenentatge i memorització que s'utilitza en entorns de realitat virtual d'una ciutat per avaluar el record de determinats punts repartits per aquesta. (Díaz Orueta et al., 2014)

També cal esmentar tres aspectes que aporta la RV a la millora de la memòria. El primer és el fet de permetre's veure a un mateix interactuant amb l'entorn, de manera similar a la vida real (feedback visual); el segon, el fet de garantir un entorn segur en què es poden evitar situacions imprevistes, que puguin interferir negativament i per últim, la RV permet a la persona acomplir la tasca proposada sense esforç físic i amb escassa influència davant d'un possible dèficit motriu.

Actualment gran part dels tractaments cognitius mitjançant sistemes informatitzats centrats en la rehabilitació de la memòria es basen a partir de l'entrenament cognitiu assistit per ordinador, en anglès, Computerized Cognitive Therapy (CCT). Aquesta tècnica aplica estímuls precisos i repetitius sobre tasques elementals en un domini cognitiu específic (Harvey, Philip D. et al., 2018). A partir de la metaanàlisi duta a terme l'efecte que mostra la CCT sobre el domini memorístic és de petit a moderat

(Grynszpan et al., 2011; Hill et al., 2017; Motter et al., 2016). No obstant això, quan es precisa el tipus de perfil patològic causant del dèficit mnèsic, els pacients postictus mostren, no solament una millora pel que fa a funció cognitiva de memòria i la resta de funcions cognitives, sinó també en les funcions de les extremitats superiors tals com l'equilibri (Maggio et al., 2019).

S'ha pogut evidenciar en diversos estudis evolutius en el temps com el realitzat per Faria et al. (2016), que a partir de tasques d'activitats de la vida diària (AVD) mitjançant programes específics, pacients amb ictus adquireixen una millora cognitiva significativa respecte a grups que no reben AVD virtual sinó convencional (Faria et al., 2016; 2020).

Seguint amb la línia d'estudis que mostren resultats positius d'aplicació de RV en pacients amb dany cerebral adquirit, Cho i Lee (2019) van abordar un disseny d'entrenament diferent. Van utilitzar en un grup de pacients amb ictus agut, sistemes de pantalles muntades al cap, en anglès, Head Mounted Display (HMD) i rastrejadors manuals per poder entrenar al mateix temps l'activitat física i el domini memorístic cognitiu davant d'un entorn virtual, i van comparar el seu rendiment amb un grup control que no comptava amb aquests sistemes informatitzats. Els resultats van concloure que l'efecte rehabilitador va ser majorment i notablement més significatiu en el grup que comptava amb entorn virtual respecte el grup control. L'atenció auditiva, la memòria visual i la memòria de reconeixement van ser les àrees específiques en què la rehabilitació va ser més destacada (Cho i Lee, 2019).

També cal comparar l'efecte d'una intervenció de Cho i Lee (2019), que combinava l'entrenament immersiu de la realitat virtual utilitzant l'HMD i l'entrenament neurocognitiu amb computadora sobre la funció cognitiva i el rendiment diari en pacient amb vessament cerebral agut. Els resultats mostren que la intervenció combinada recupera positivament la funció cognitiva i el rendiment de la vida diària en pacients amb vessament cerebral agut. És a dir, que la intervenció de formació immersiva en realitat virtual basada en HMD podria ser una estratègia elegible per millorar la funció cognitiva i el rendiment diari en pacients amb vessament cerebral agut. Tot i aquesta afirmació, en els dos grups es detecten millores en les àrees cognitives d'atenció i memòria.

Segons Buckwalter (1997) els entorns de RV tot i que impliquen entorns controlats, són més vàlids ecològicament, ja que els pacients reben una retroalimentació dinàmica de forma immediata i no hi ha conseqüències físiques dels errors comesos en la rehabilitació; aquests són alguns dels beneficis que suposa rebre tractament cognitiu de contingut memorístic en entorns de RV. Rizzo i Buchwalter (1997) també posen èmfasi en el fet que quan es pateix una lesió cerebral, sigui de l'etiologia que sigui, els pacients veuen reduïda la seva funcionalitat a la vida diària. Així doncs, no només és possible oferir un entrenament cognitiu dins d'un enfocament de caràcter restaurador sinó també oferir una contribució per superar les limitacions de les activitats de la vida diària. Aquest fet s'aconsegueix a partir d'entorns RV on reproduïxen situacions quotidianes dotant dels exercicis de major validesa ecològica i promovent la generalització dels avenços adquirits en les sessions de neurorehabilitació de la memòria.

Investigacions sobre aquestes intervencions cognitives basades en RV amb pacients amb disfuncions mentals adquirides, els seus resultats suggereixen que aquesta tecnologia millora la qualitat de l'atenció a la salut mental alhora que en permet fer una reducció de costos fent-la encara més viable i accessible (Lange, B., Requejo, P., Flynn, S. et al., 2010).

Un dels aspectes importants de l'aplicació de procediments neurorehabilitadors durant l'hospitalització del pacient permet un entrenament més intensiu. Aquest fet és de gran importància per l'eficàcia del tractament (Gamito, P., Oliveira, J., Pacheco, J., et al. 2011). Seguint amb aquest aspecte, pel que fa a la neuroplasticitat la qual suposa una reorganització dels circuits neuronals s'aconsegueix a partir de la repetició sistemàtica de l'entrenament (Langhorne, P., Coupar, F., Pollock, A., 2009). Autors com Kleim i Jones (2008) també fan referència a una repetició sistematitzada per tal que es produeixi la transferència de funcions cognitives deteriorades a regions cerebrals intactes, l'entrenament d'aquestes funcions cognitives ha de ser desafiant, repetitiu, motivador i intensiu.

En altres estudis com el de Gamito et al. (2015) es va voler comprovar si la realitat virtual aplicada a la neurorehabilitació oferia beneficis en l'àmbit cognitiu i de salut així com si aplicar aquest tipus d'intervencions redueix els costos dels entrenaments cognitius. Els mateixos autors fan referència a la rehabilitació en línia la qual permet la formació a casa dels pacients que viuen lluny de la clínica de rehabilitació o, per als pacients que encara han d'anar al centre rehabilitador amb finalitats d'entrenament. En un conjunt de RV, l'entrenament es percep més com un joc i menys com una tasca i es pot considerar més atractiu i estimulador que els mètodes convencionals

Amb l'objectiu d'estudiar els beneficis de l'ús de la RV en la millora dels dèficits mnèsics, així com de la resta de funcions cognitives i de la salut mental en pacients amb ictus, Zhang et al., (2021) van dur a terme una metaanàlisi basat en 23 assaigs controlats aleatoris (ACA). Dels 23 assaigs inclosos, 10 comprenien la funció cognitiva global, 5 la funció executiva, 5 de caràcter memorístic, 2 de fluïdesa verbal, 2 de capacitat visoespacial, 6 de funció atencional, 5 de l'humor i 7 de la qualitat de vida diària. Tot i que les eines utilitzades per a l'avaluació dels resultats variaven entre els assaigs, totes les escales presentaven un origen vàlid.

L'estudi llavors, comprenia un total de 894 persones majors de divuit anys i amb un diagnòstic d'ictus. Tots els participants havien rebut intervenció neurocognitiva basada en la RV. Aquesta RV havia de consistir en una pantalla o dispositiu muntat al cap HMD simulant entorns virtuals. Els participants del grup control es podien sotmetre a cures habituals o altres intervencions però sense comptar amb RV. Així doncs, en comparació dels grups experimentals vers els grups control, la memòria, funcions executives i la funció visoespacial presentaven una millora estadísticament significativa entre pacients després de la intervenció de la RV. No obstant no es van poder observar diferències estadísticament significatives pel que feia funció cognitiva global, l'àrea atencional, fluïdesa verbal, depressió o qualitat de vida.

Es va concloure llavors que les teràpies basades en la RV s'havien vist eficaces, no només en la millora dels dominis cognitius com les funcions executives, la memòria i

l'habilitat visuoespacial, sinó que també s'havien erigit en una potent eina de diagnòstic i de rehabilitació motora en pacients amb dèficits cognitius.

L'ús de la RV en l'avaluació de la funció mnèsica

Una eina a tenir en compte és el test d'avaluació del rendiment cognitiu amb realitat virtual (VRCPAT) el qual integra un entorn virtual específicament dissenyat per al mesurament de la memòria. Es tracta d'una mesura d'aprenentatge i memorització que utilitza l'entorn virtual d'una ciutat per avaluar el record de determinar dos punts repartits per aquesta. Apareixen persones de totes les edats i gèneres, un mercat, cotxes aparcats, animals, edificis, senyalització als carrers i altres objectes. En els 15 minuts que dura la prova hi ha una primera fase de memorització d'ítems de forma verbal i fora de context, per posteriorment submergir-se a l'escenari virtual de la ciutat. En aquest context, l'usuari es desplaça d'una zona objectiva a la següent. A cada zona, s'han de reconèixer dos dels ítems memoritzats. El nombre de respostes i el temps d'estada a cada zona de la ciutat virtual són limitats i fixos, independentment del rendiment del subjecte. A la fase final, se li demana que recordi la llista d'estímul els originals i en quines zones van ser trobats. Les mesures de rendiment que proporciona aquest test són: nombre d'encerts i fallades, temps requerit per completar amb èxit cada zona objectiu i temps total de realització. (Díaz Orueta et al., 2016)

Per altra banda, l'estudi de Brooks et al. (2002) que s'ha anat esmentant al llarg del present treball, posa en relleu la manca d'instruments que serveixin per avaluar els dèficits en la memòria prospectiva que pateixen els pacients amb ictus i duen a terme un experiment juntament amb un grup control per veure si la RV postula com una eina efectiva en la valoració de la funció de la memòria. La finalitat del treball era comparar el rendiment de persones que van patir ictus amb un grup control en tasques de memòria prospectiva basades en el tipus d'activitat, el temps i l'esdeveniment. Valent-se d'un entorn virtual semiimmersiu, els autors van presentar als participants un entorn virtual format per una cabana de 4 habitacions. Se'ls va demanar que categoritzessin i etiquetessin els objectes i elements del bungalow amb la idea de transportar-los en diverses estances d'una casa més gran (de 7 habitacions). Prèviament a l'estudi, es va demanar als participants que deixessin un objecte personal a l'examinador, amb l'objectiu que ho reclamessin en acabar l'experimentació. A més, també se'ls va demanar que reconeguessin una sèrie d'elements d'entre 12 fotografies d'objectes d'ús comú. Paral·lelament, l'examinador els donava diverses instruccions per recordar. En finalitzar l'experiència en l'entorn virtual es va passar un qüestionari sobre memòria prospectiva.

Els resultats de l'estudi van mostrar com la RV és, vertaderament, una eina molt útil en l'avaluació de la memòria prospectiva dels supervivents d'un ictus. Així, es va concloure que, principalment, els pacients de l'estudi mostraven dificultats tant amb el contingut com en la recuperació de la informació o els elements a recordar.

No obstant això, fan esment de la importància de la motivació del pacient com a element clau en la millora de la capacitat de recordar i superar els dèficits.

Altres autors com Attree et al. (1996) també van destacar l'efectivitat de la RV com a eina per valorar els dèficits en funcions cognitives, com la memòria, en pacients amb dany cerebral. Concretament, van dur a terme un estudi en el qual es presentava un

entorn virtual a 30 participants, consistent en 4 habitacions interconnectades. Un grup de participants explorava l'entorn mitjançant un joystick, mentre que un altre grup es limitava a observar com la persona es movia per l'escenari. Els participants desconeixien que havien estat emparellats (participant actiu vs participant passiu) i havien de dur a terme una tasca de localització d'estímul a l'entorn creat. Els resultats van mostrar que els participants que havien adoptat el rol actiu en la interacció virtual obtenien millors resultats quant al rendiment en tasques de memòria espacial, que els participants passius. Per la seva banda, els participants passius van veure's lleugerament beneficiats per un millor rendiment en tasques de reconeixement d'objectes.

Els investigadors conclouen que la RV aplicada al camp de l'avaluació dels dèficits cognitius vinculats a una lesió cerebral, és una eina de valoració que aporta i combina la validesa ecològica amb el rigor experimental.

4. Anàlisi funcional

L'anàlisi funcional d'aquest treball té com a objectiu mostrar l'estratègia d'intervenció en la rehabilitació dels dèficits mnèsics que mostri el benefici més gran possible pels pacients que han patit ictus. Es tracta d'una investigació de les funcions estudiades que ens ha permès fer una comparació bibliogràfica per valorar com s'aplica, quines limitacions i com serà el futur en relació amb la rehabilitació neuropsicològica de la memòria en pacients amb ictus mitjançant la RV.

En primer lloc, tenint en compte la bibliografia revisada, es pot arribar a establir un consens entre tots els estudis i les revisions bibliogràfiques treballades, donat que s'assoleix un punt intermedi en les respectives conclusions. Així doncs, generalment s'argumenta que l'ús de la RV en la rehabilitació de la disfunció de la memòria en pacients que han patit ictus, representa una millora substancial del procés de rehabilitació, tot i l'existència de limitacions d'aplicació que es concretaran més endavant. Entre els autors que més emfasitzen aquesta relació destaquen Cho i Lee (2019), Faria (2016, 2018 i 2020), Lange, Requejo i Flynn (2010), Rizzo (1997), Buckwalter i els seus respectius col·laboradors (1997).

Altrament, s'ha trobat relació entre autors com Hill et al. i Maggio (2017). Ambdós autors fan esment a la importància de la motivació de les persones participants en el procés rehabilitador mitjançant entorns virtuals. Segons els autors, el component virtual de les intervencions amb RV, promou una major motivació en els pacients que altres tipus d'intervencions, generant adherència en el procés terapèutic. Així mateix, molts dels participants dels diversos estudis percevien el tractament "com si fos un joc" i menys com una mera tasca, provocant que el tractament sigui més atractiu i estimulants i així doncs la tendència a abandonar la rehabilitació, és molt menor. De la mateixa manera autors com Gamito (2015), fan referència a la possibilitat de poder aplicar aquest tipus de rehabilitació de manera no presencial fet que en primera instància facilita el fet de poder seguir el tractament un cop donada l'alta hospitalària i la reducció de despeses i sobrecàrrega hospitalària. Lange, B., Requejo, P. i Flynn, S. (2010), també concorden en el fet que la tecnologia aplicada a la RV millora no tan sols la qualitat de l'atenció a la salut individual sinó que la fa més accessible a escala col·lectiva.

Per tal que un tractament neurorehabilitador sigui eficaç la sistematització de les sessions, així com l'alta freqüència de l'assistència és molt important. Diversos autors com Kleim, J. (2008), Jones, T. (2008) i Gamito, P. (2015) convergeixen en aquest plantejament. Efectivament, és durant les primeres sessions en què la figura del professional és completament essencial, ja que ha d'assegurar-se que el subjecte ha entès les instruccions de la tasca en concret. Tanmateix, un cop apresada la instrucció, a l'hora de dur a terme els exercicis rehabilitadors, la funció del professional queda diluïda, en tant que pren el control del procés rehabilitador el mateix pacient de forma autònoma. D'aquesta manera, quan una persona es troba hospitalitzada l'aplicació de tractaments rehabilitadors que comptin amb sistemes de RV permet un entrenament més intensiu. Tot i això, fora de sessió, el pacient pot continuar avançant en el pla terapèutic augmentant la intensitat i freqüència de les tasques plantejades, afavorint el principi de la neuroplasticitat per la qual la repetició sistemàtica de l'entrenament afavoreix l'aprenentatge de respostes positives o situacions satisfactòries

Per altra banda, autors com Faria et al. (2018) i Rizzo i Buckwalter (1997) destaquen la importància treballar la neurorehabilitació de funcions cognitives com la memòria a partir de l'entrenament amb RV i la pràctica de les AVD. Els resultats en ambdós treballs posen de manifest que, no tan sols és més favorable l'entrenament en RV respecte a la rehabilitació convencional, sinó que la combinació de l'entrenament de les AVD i les activitats executades en un entorn virtual resulta encara més eficaç que mitjançant la realització d'activitats amb RV per si mateixes.

Cal destacar que en un procés neurorehabilitador no solament se centra l'atenció a millorar la memòria com a domini específic, sinó s'entén com a rehabilitació en l'àmbit cognitiu en general. Tanmateix, la memòria és una de les funcions cognitives que més afectació té en la vida dels pacients i una de les que, quan es parla de rehabilitació i s'aplica tractament amb RV, pateix millores substancials. Autors com Attre et al., (1996) coincideixen en expressar que la rehabilitació de la memòria espacial, prospectiva i episòdica són les que tenen millor rendiment després del procés rehabilitador. Cho i Lee (2019), per altra banda, argumenten que els resultats són més bons pel que fa a la memòria visual i la memòria de reconeixement. Són Harvey et al. (2018) els qui posen de manifest que a través de la CCT es poden arribar a rehabilitar dominis específics de la memòria.

Finalment, un altre aspecte àmpliament replicat en la bibliografia revisada que insisteix en els beneficis de l'ús de la RV com a complement de la rehabilitació convencional és l'aplicació del concepte de feedback visual i l'aprenentatge a través de l'atenció. Aquesta és una hipòtesi que, com s'ha esmentat abans, comparteixen autors com Cano de la Cuerda et al. (2018) en un article on es parla de la RV i els videojocs, i també se'n fa menció a la revisió literària analitzada per Maggio et al. (2019).

Vegeu a continuació, resumits, els treballs en els quals s'ha estudiat l'ús de la RV i els seus beneficis.

Taula 1.

Resum de la informació dels estudis analitzats sobre l'ús de la RV en la rehabilitació de pacients amb ictus

Estudi	Mida de la mostra	Durada del tractament	Freqüència de les sessions	Durada de les sessions	Tipus de RV utilitzada	Funcions treballades	Resultats
<i>Attree et al. (1996)</i>	30 persones	-	-	-	Sistema tridimensional a través de monitors	Avaluació dels dèficits cognitius a través de RV	Participants en grup actiu tenien un record superior de la disposició espacial de l'entorn virtual, mentre que els participants passius tenien una memòria d'objectes superior.
<i>Brooks et al. (2002)</i>	32 pacients amb ictus 22 pacients grup control	-	-	-	RV semi-immersiva	Memòria prospectiva	Eina útil en l'avaluació de la memòria prospectiva en pacients amb ictus.
<i>Cho i Lee (2019)</i>	42 pacients amb ictus en estadi de fase aguda. 21 en grup experimental i 21 en grup control	4 setmanes	5 vegades a la setmana	30 minuts al dia	Head Mount Display amb teràpia cognitiva computeritzada	Memòria com a domini general; memòria visual i la memòria de reconeixement	Es millora l'atenció i la memòria en la funció cognitiva i l'activitat de la vida diària en els dos grups.

<i>Faria, Andrade, Soares i Badia (2016)</i>	18 pacients amb ictus	1 mes	-	-	Sistemes de rehabilitació cognitiva basats en VR, especialment amb les simulacions d'AVD)	Funció cognitiva global	Millores significatives en el funcionament cognitiu global, l'atenció, la memòria, les habilitats visuoespacials, les funcions executives, l'emoció i la recuperació general al grup de RV.
<i>Faria, Pinho, Bermúdez i Badia (2020)</i>	36 pacients amb ictus	12 sessions	-	-	Entrenament cognitiu adaptatiu mitjançant simulacions de RV de AVD	Funcionament cognitiu general, atenció, memòria, funcions executives i dominis específics del llenguatge.	Millores generalitzades a les avaluacions específiques de memòria verbal, velocitat de processament i dèficits cognitius autopercebuts.
<i>Gamito et al. (2015)</i>	1 pacient amb dèficits de memòria i atenció a causa d'un TCE	10 sessions	-	-	Plataforma de RV per telerehabilitació cognitiva amb pacients amb TCE.	Funcionament cognitiu de la memòria i l'atenció	L'estudi va revelar un augment significatiu de la memòria de treball i dels nivells d'atenció, cosa que suggereix una millora de la funció cognitiva del pacient.
<i>Grynszpan et al. (2011); Hill et al. (2017); Motter et al. (2016)</i>	16 assaig controlats	-	-	-	Teràpia cognitiva assistida per ordinador	Funcionament / disfuncionament cognitiu	Millores estadísticament significatives en la memòria verbal i la memòria de treball.

<i>Maggio et al. (2019)</i>	Mostra de persones afectades d'ictus resultant d'estudis entre el 2010 i 2017.	-	-	-	-	Dominis cognitius generals	Millores substancials en diversos dominis cognitius; entre ells la memòria després d'entrenament amb RV
<i>Zhang et al. (2021)</i>	894 persones majors de 18 anys i amb un diagnòstic d'ictus.	Metaanàlisi basat en 23 assaigs controlats aleatoris (ACA)	-	-	RV immersiva en una pantalla o dispositiu muntat al cap HMD simulant entorns virtuals.	Funcions mnèsiques en general	Les teràpies basades en la RV s'havien vist eficaces, no només en la millora dels dominis cognitius com les funcions executives, la memòria i l'habilitat visuoespacial, sinó com una potent eina de diagnòstic i de rehabilitació motora en pacients amb dèficits cognitius.

Propostes de millora i línies futures en la rehabilitació neuropsicològica i la realitat virtual

Resultats d'estudis com el de Faria et al., (2016), els quals van realitzar un estudi longitudinal d'un mes van revelar que la rehabilitació cognitiva a través d'un sistema de RV ecològicament vàlid pot tenir un impacte més gran que els mètodes convencionals. Contrastant que si continuem millorant els sistemes que treballen la rehabilitació neuropsicològica a través de la RV, els resultats que obtindrem cada vegada seran millors comparant-ho amb un entrenament cognitiu complet convencional de paper i llapis.

Són necessaris futurs estudis metodològicament més robustos i que compten amb amplis temps de seguiment a fi d'examinar l'impacte real de la realitat virtual i poder generalitzar la seva aplicació en els diferents àmbits de maneig de la deterioració cognitiva, contribuint així a millorar la salut i la qualitat de vida de les persones majors i el seu entorn (Cibeira, 2020).

Altrament, amb una mostra més gran seria possible avaluar i entendre completament l'impacte de la formació de la memòria i l'atenció als pacients de DCA sobre un entorn en línia, com la realitat virtual. A més, la difusió de plataformes de jocs, com Wii, Xbox, Playstation, entre d'altres poden contribuir a un entorn de formació millorat i més fàcil d'utilitzar, no s'ha d'oblidar que per a les generacions futures, el PC i els seus perifèrics ja no seran un element estrany.

La investigació futura hauria de tenir com a objectiu estudiar les maneres en com el coneixement del procediment obtingut durant la interacció VR es pot adaptar per compensar les moltes discapacitats que resulten de diferents formes de deteriorament de la memòria.

Limitacions

En primer lloc, s'ha observat que la població a la qual va dirigida la teràpia mitjançant la RV sol estar representada per adults majors de cinquanta anys, 187,4 casos per cada 100.000 habitants (Meza et al., 2019). Es tracta d'un gruix de persones que tenen menys present l'ús de tecnologia en el seu dia a dia i que, per tant, poden mostrar dificultats per treballar en plataformes poc convencionals com els dispositius que es proposen en aquest article. En l'actualitat, el tipus d'entrenament i rehabilitació cognitiva sol estar limitat a tasques de paper i llapis, tot i que cal posar de manifest el creixement exponencial en la creació d'aplicacions i programes informàtics que ofereixen un tractament personalitzat de les funcions deficitàries basades en una valoració neuropsicològica dels pacients.

No és estrany pensar, doncs, que en les futures generacions de pacients, l'aplicació de teràpies basades en l'ús de diferents tecnologies serà facilitada per un ús constant d'elements tecnològics des d'edats primerenques.

Una altra de les limitacions que s'ha detectat a l'hora de valorar la funcionalitat de la RV en la rehabilitació neuropsicològica és l'heterogeneïtat entre estudis, fet que dificulta l'establiment de conclusions específiques respecte a l'estandardització de protocols d'aplicació clínica. Així doncs, la utilització de diferents bases de dades complementàries per tal d'ampliar l'enfocament amb el qual s'ha comptat a l'hora de dur a terme el present treball, ha resultat crucial.

Finalment, s'ha observat que la majoria d'estudis exposen com a inconvenient el fet que la mostra no és gran (l'escassetat de la mostra) i com a conseqüència, en moltes ocasions, no es poden generalitzar les hipòtesis formulades ni efectuar unes conclusions significatives. En aquest sentit, en algunes de les publicacions, com la metaanàlisi proposada per Zhang et al., (2021) es posa de manifest la manca de consens entre els diferents autors, doncs, alguns estudis no troben beneficis significatius en la millora dels dèficits neuropsicològics en pacients amb ictus mitjançant l'ús de plataformes de RV. Això pot ser explicat pel fet que no s'acaben de concretar o especificar les activitats a realitzar pels pacients en el procés de rehabilitació. Per aquest motiu, es fa evident la necessitat de dur a terme estudis que tinguin en compte la variabilitat dels dèficits, l'especificitat de l'activitat rehabilitadora i les particularitats de cada individu.

Proposta de tractament a través de RV a partir de les dades recollides i de l'anàlisi funcional

Després de revisar la bibliografia actual sobre els diferents tractaments i estudis pel que fa a l'ús de la RV, proposem una nova línia terapèutica per tal de rehabilitar el domini de la memòria en pacients que han patit un ictus.

S'ha pogut veure que el tractament neurorehabilitador a través d'entorns RV ajuden a "l'engagement" dels pacients essent una tècnica més motivadora i atractiva.

Per tal d'establir una eina terapèutica neurorehabilitadora mitjançant RV hauríem de tenir molt en compte el feedback que rep el pacient, ja que és fonamental per l'aprenentatge i l'execució de programes motors, destacant l'origen de la patologia sobretot quan és de tipus neurològic.

Aquest feedback seria convenient que no fos solament visual sinó propioceptiu i un estimulant també del sistema vestibular. Es requeriria aleshores un sistema de joysticks, auriculars i pantalles.

S'ha evidenciat que tractaments que compten amb la CCT mostren resultats molt prometedors perquè integren estímuls precisos i repetitius de tasques elementals en un domini específic. Tot i això, aquesta millora no solament queda repercutida memorísticament en el cas que es treballi un dèficit mnèsic postictus sinó que presenta millores quant a la funció cognitiva global. Aquesta CCT podria estar establerta en un dispositiu HMD i el tractament seria interessant que estigués basat en AVD; d'aquesta manera faciliten a posterior el retorn del pacient en un entorn quotidià de nou.

Aquest tractament hauria de ser intensiu i sobretot donar èmfasi en la fase aguda o d'hospitalització. Per altra banda, hauria de ser repetitiu perquè la reorganització dels circuits neuronals basats en els principis de la neuroplasticitat es fonamenten a partir de la repetició de l'entrenament. Sempre tenint en compte que sigui prou

desafiament, motivador i intensiu per tal que la persona no perdi "l'engagement". La durada de les sessions pot arribar a variar en funció de l'afectació que tingui la persona en l'àmbit cognitiu ja que s'ha d'anar tenint en compte el nivell atencional que presenta i s'ha d'adaptar la durada de l'activitat segons vagi evolucionant.

5. Conclusions

Per donar tancament al treball, volem assenyalar que l'estudi i la cerca bibliogràfica que s'ha fet en aquest article, així com la informació extreta, ha estat rigorosament seleccionada en base uns criteris establerts en la metodologia esmentada anteriorment. D'aquesta manera hem pogut donar certa validesa, contrastabilitat i veracitat de les dades obtingudes i això, posteriorment, ens ha permès crear una anàlisi funcional de les publicacions, i contrastar la informació de manera objectiva, significativa i específica.

Ens hem pogut fer ressò del gran impacte que té l'ictus en la nostra societat, sent aquesta la patologia que té associada més limitacions i que resulta de les més predominants i la que causa major mortalitat entre la població adulta (Faria et al., 2014; Maggio et al. 2019). Les conseqüències que afronten els supervivents de l'ictus afecten a totes les esferes de la vida diària de la persona. Els dèficits sorgits en alguna àrea cognitiva poden tenir greus repercussions en la rutina d'aquells qui ho pateixen. Un dèficit directe que es desprèn de l'ictus és la disfunció mnèsica, una de les més predominants (Rose et al., 1999). Tot i això, la severitat del dèficit estarà determinada per diverses variables així com la localització, l'extensió, l'edat de la persona afectada, nivell educatiu, entre d'altres.

L'aparició de les tecnologies emergents han esdevingut crucials donat que han permès dissenyar programes rehabilitadors específics per àrees cerebrals alterades. Es tracta d'eines que ens han permès aprofundir i introduir aquest sector tecnològic en el camp de la medicina i la rehabilitació neuropsicològica.

A través de l'anàlisi funcional realitzada, s'ha posat en evidència que l'ús de la RV és útil com a eina terapèutica per la disfunció de la memòria en pacients que han patit un ictus. Ens en fem ressò a partir de resultats estadísticament favorables respecte a grups que s'han beneficiat de tractament neurorehabilitador mitjançant sistemes de RV envers grups control que han rebut tractaments convencionals. A més, s'ha vist que tractaments neurorehabilitadors que compten amb sistemes de RV no solament milloren la memòria com a domini, sinó que permeten a l'individu millorar altres àrees o funcions cognitives de forma generalitzada. Igualment, s'ha fet palès que, al ser la memòria una de les funcions cognitives que pateix major afectació en la vida de les persones, la rehabilitació mitjançant RV, resulta en una evolució molt favorable de l'individu i en millora del pronòstic i el pla terapèutic.

Els estudis analitzats posen de manifest per a realitzar tractaments neurorehabilitadors mitjançant la introducció de components tecnològics que es relacionin amb activitats de la vida diària dels individus afectats, atorga validesa ecològica al tractament. De la mateixa manera, quan en un tractament rehabilitador de la memòria s'hi afegeix elements pràctics en àrees i AVD, l'efectivitat d'aquest també es veu incrementada.

La motivació i "l'engagement" de les persones que reben teràpia amb RV és major que en grups que reben tractament sense aquest component. Així doncs, es pot dir

que la RV promou una major motivació generant una adherència més alta en el procés terapèutic.

Pel que fa al cost d'un pla rehabilitador, s'ha demostrat que l'aplicació del tractament amb RV disminueix el cost a llarg termini fet que més gent pot veure's beneficiada de la intervenció millorant-ne posteriorment l'accés col·lectiu. Aquest fet és degut a que hi ha la possibilitat de poder continuar el pla de tractament de forma no presencial un cop donada l'alta hospitalària.

La projecció més evident d'aquest treball, en línies futures, seria poder estudiar si la neurorehabilitació com a tractament juntament amb RV és aplicable, en funció de resultats obtinguts en estudis, a altres nivells cognitius. Seria interessant assolir el coneixement de si la RV entesa com a intervenció neurorehabilitadora, és aplicable a altra població independentment de l'etiologia de la lesió cerebral que hagi tingut afectació en el camp cognitiu.

6. Referències

Al-Qazzaz, N. K., Ali, S. H., Ahmad, S. A., Islam, S., & Mohamad, K. (2014). Cognitive impairment and memory dysfunction after a stroke diagnosis: a post-stroke memory assessment. *Neuropsychiatric Disease and Treatment*, 10, 1677- 1691.

Attree EA, Brooks BM, Rose FD, Andrews TK, Leadbetter AG, Clifford BR (1996). Memory processes and virtual environments: I can't remember what was there, but I can remember how I got there. Implications for people with disabilities. *Proc 1st Euro Conf Disability, Virtual Reality & Assoc Tech, Maidenhead, UK*, 11-21.

Bagce HF, Saleh S, Adamovich SV, Tunik E. (2012). Visuomotor gain distortion alters online motor performance and enhances primary motor cortex excitability in patients with stroke. *Neuromodulation*. 15, 361-366.

Barker-Collo SL, Feigin VL, Lawes CM, Parag V, Senior H, Rodgers A., (2009). Reducing attention deficits after stroke using attention process training: a randomized controlled trial. *Stroke*, 40.

Brooks, B. M., Rose, F. D., Potter, J., Attree, E. A., Jayawardena, S., & Morling, A. (2002). Assessing stroke patients' ability to remember to perform actions in the future using virtual reality. *ICDVRAT*.

Bruna, O., Roig, T., Puyuelo, M., Junqué, C. i Ruano, Á. (2011). Rehabilitación neuropsicológica. Intervención y práctica clínica. Elsevier Masson. *ISBN*, 978.

Cano de la Cuerda, R. (2018). Nuevas tecnologías en Neurorehabilitación. Aplicaciones diagnósticas y terapéuticas. Panamericana. *Realidad Virtual y videojuegos*, 1.

Cibeira N, Lorenzo-López L, Maseda A, López-López R, Moreno-Peral P, Millán-Calenti JC. (2020). Realidad virtual como herramienta de prevención, diagnóstico y tratamiento del deterioro cognitivo en personas mayores: revisión sistemática . *Rev Neurol*, 205-212.

Cho, D.-R., & Lee, S.-H. (2019). Effects of virtual reality immersive training with computerized cognitive training on cognitive function and activities of daily living performance in patients with acute stage stroke: A preliminary randomized controlled trial. *Medicine*, 98(11).

De Luca R, Russo M, Naro A, et al. (2018). Effects of virtual reality-based training with BTs-Nirvana on functional recovery in stroke patients: preliminary considerations. *Int J Neurosci*, 128.

Díaz-Orueta, U., Climent, G., Cardas-Ibáñez, J., Alonso, L., Olmo-Osa, J., Tirapu-Ustároz, J. (2016). Evaluación de la memoria mediante realidad virtual: presente y futuro. *Revista de Neurología*, 62(2), 75-84.

Díaz Orueta U, Lizarazu B, Climent G, Banterla F. (2014). Virtual reality for neuropsychological assessment. In Ma M, Jain L, White A, Anderson P, eds. *Virtual and augmented reality in healthcare 1*. London: SpringerVerlag. 233-255.

Faria, A. L., Andrade, A., Soares, L., & i Badia, S. B. (2016). Benefits of virtual reality based cognitive rehabilitation through simulated activities of daily living: a randomized controlled trial with stroke patients. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 13(1), 96.

Faria, A.L., Cameirao, M.S., Couras, J.F., Aguiar, J.R.O., Costa, G. M., & Bermúdez i Badia, S. (2018). Combined Cognitive-Motor Rehabilitation in Virtual Reality Improves Motor Outcomes in Chronic Stroke - A Pilot Study. *Frontiers in Psychology*, 9, 854.

Faria, A. L., Pinho, M. S., & Bermúdez i Badia, S. (2020). A comparison of two personalization and adaptive cognitive rehabilitation approaches: a randomized controlled trial with chronic stroke patients. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 17(1), 78.

Gamito P, Oliveira J, Pacheco J, et al. (2015). Traumatic brain injury memory training: a virtual reality online solution. *Int J Disabil Hum Dev.*, 309 - 15.

García-Betances, R. I., Jiménez-Mixco, V., Arredondo, M. T., & Cabrera-Umpiérrez, M. F. (2015). Using Virtual Reality for Cognitive Training of the Elderly. *American Journal of Alzheimer's Disease & Other Dementias*, 30(1), 49-54.

Glisky, E.L. (1992). Acquisition and transfer of declarative and procedural knowledge by memory-impaired patients: a computer data-entry task. *Neuropsychologia*, Vol. 30, 899–910.

Glisky, E.L. (1995). Computers in memory rehabilitation, in Baddeley. *Handbook of Memory Disorders*, 1-10.

Grynszpan, O., Perbal, S., Pelissolo, A., Fossati, P., Jouvent, R., Dubal, S., & Perez-Diaz, F. (2011). Efficacy and specificity of computer-assisted cognitive remediation in schizophrenia: a meta-analytical study. *Psychological Medicine*, 41(01), 163-173.

Harvey, Philip D., et al. (2018). Controversies in computerized cognitive training. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 907-915.

Hill, N. T. M., Mowszowski, L., Naismith, S. L., Chadwick, V. L., Valenzuela, M., & Lampit, A. (2017). Computerized Cognitive Training in Older Adults With Mild Cognitive Impairment or Dementia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The American Journal of Psychiatry*, 174(4), 329-340.

Hara H., (2018). Memory Rehabilitation for Amnesic with Acquired Brain Injury. *Brain Nerve*, 829-840.

Jeffrey S. Pierce, Randy Pausch, Christopher B. Sturgill & Kevin D. Christiansen (1997). *Designing A Successful HMD-Based Experience*, 222.

Kleim J, Jones T. (2008). Principis de plasticitat neuronal dependent de l'experiència: implicacions per a la rehabilitació després del dany cerebral. *Speech Lang Hear Res*, 39.

Lange B, Requejo P, Flynn S, et al. (2010). The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability. *Phys Med Rehabil Clin*, 21:339–56.

Langhorne P, Coupar F, Pollock A. (2009). Motor recovery after stroke: a systematic review. *Lancet Neurol*, 8:741 - 54.

Lewis GN, Rosie JA. (2012). Virtual reality games for movement rehabilitation in neurological conditions: how do we meet the needs and expectations of the users?. *Disabil Rehabil.*, 1880-1886.

Lombard, M., & Ditton, T. (1997). At the Heart of It All: The Concept of Presence. *Journal of Computer-Mediated Communication: JCMC*, 3(2).
<https://academic.oup.com/jcmc/article/3/2/JCMC321/4080403>

Maggio, M. G., Latella, D., Maresca, G., Sciarrone, F., Manuli, A., Naro, A., De Luca, R., & Calabro, R. S. (2019). Virtual Reality and Cognitive Rehabilitation in People With Stroke: An Overview. *The Journal of Neuroscience Nursing: Journal of the American Association of Neuroscience Nurses*, 51(2), 101-105.

Marotta, F., Addati, G. A., & Montes de Oca, J. A. (2020). *Simulaciones con realidad inmersiva, semi inmersiva y no inmersiva* (No. 740). *Serie Documentos de Trabajo*, 10-15.

Mathews, M., Mitrovic, A., Ohlsson, S., Holland, J., & McKinley, A. (2016). A virtual reality environment for rehabilitation of prospective memory in stroke patients. *Procedia Computer Science*, 96, 7-15.

Medalia, A., & Choi, J. (2009). Cognitive Remediation in Schizophrenia. *Neuropsychology Review*, 19(3), 353-364.

Meza, H. T., Roy, J. A., Lázaro, C. P., Cardiel, M. B., González, O. A., Juste, C. T., & Moreno, J. M. (2019). Epidemiología y características del ictus isquémico en el adulto joven en Aragón. *Neurología*. 114-156.

Muñoz Marrón (coord.) et al. (2009). Estimulación cognitiva y rehabilitación neuropsicológica. *Editorial UOC*.

O'Regan, J. K., & Noe, A. (2001). A sensorimotor account of vision and visual consciousness. *The Behavioral and Brain Sciences*, 24(5), 939-973.

Rizzo A, Buckwalter JG (1997). Virtual reality and cognitive assessment and rehabilitation: the state of the art. *Stud Health Technol Inform*, 44:123–45.

Pliskin, N.H., Cunningham, J.M., Wall, J.R. and Cassisi, J.E. (1996). Cognitive rehabilitation for Cerebrovascular accidents and Alzheimer's disease. *Cognitive Rehabilitation for Neuropsychiatric Disorders, American Psychiatric Press, Inc.*, 193–222.

Prigatano, G.P., Glisky, E.L. and Klonoff, P.S. (1996). Cognitive rehabilitation after traumatic brain injury. *Cognitive Rehabilitation for Neuropsychiatric Disorders, American Psychiatric Press, Inc.*, 223–242.

Russo M, De Luca R, Naro A, et al. (2017). Does body shadow improve the efficacy of virtual reality-based training with BTS NIRVANA?: a pilot study. *Medicine (Baltimore)*, 96.

Saleh S, Adamovich SV, Tunik E. (2014). Mirrored feedback in chronic stroke: recruitment and effective connectivity of ipsilesional sensorimotor networks. *Neurorehabil Neural Repair*, 344-354.

Slyk S, Zarzycki MZ, Kocwa-Karnas A, Domitrz I. (2019) Virtual reality in the diagnostics and therapy of neurological diseases. *Expert Rev Med Devices*, 16: 1035-40.

Tunik E, Saleh S, Adamovich SV. (2013). Visuomotor discordance during visually-guided hand movement in virtual reality modulates sensorimotor cortical activity in healthy and hemiparetic subjects. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil*, 198-207.

World Health Organization, (2022)

http://www.who.int/gho/mortality_burden_disease/en/ (citar bé pàgina web)

Zhang, Q., Fu, Y., Lu, Y., Zhang, Y., Huang, Q., Yang, Y., Zhang, K., & Li, M. (2021). Impact of Virtual Reality-Based Therapies on Cognition and Mental Health of Stroke Patients: Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of medical Internet research*, 11. <https://doi.org/10.2196/31007>