

A virtuális valóság technológiai és egészségügyi fejlődése 2000-ig.

Technological and health developments in virtual reality until 2000.

Dr. Erdős Sándor, PhD hallgató

S.E. II. Sz. Gyermekgyógyászati Klinika,

erdos.sandor@oncovr.hu

Initially submitted Sept 13, 2021; accepted for publication Sept.28, 2021

Abstract

Virtual reality is a 360-degree artificial environment, which creates the sense of real presence in spatial terms. Several medical fields utilize its mentioned property. The aim of this study to show the history of virtual reality from 1960 to 2000 and its first ten years in the healthcare. Struggling technological development was lead by talented computer scientists as Ivan Sutherland and Thomas Furness. Education and psychiatry were the first two fields of virtual reality in medicine. Scientists discovered the negative aspects of virtual reality already at the beginning as a cybersickness syndrome. Both technological and medical development was slow however it contributed gradually to our contemporary and highly developed technology.

kulcsszavak

virtuális valóság, egészségügy, történelem, fejlődés

keywords

virtual reality, healthcare, history, development

Bevezetés

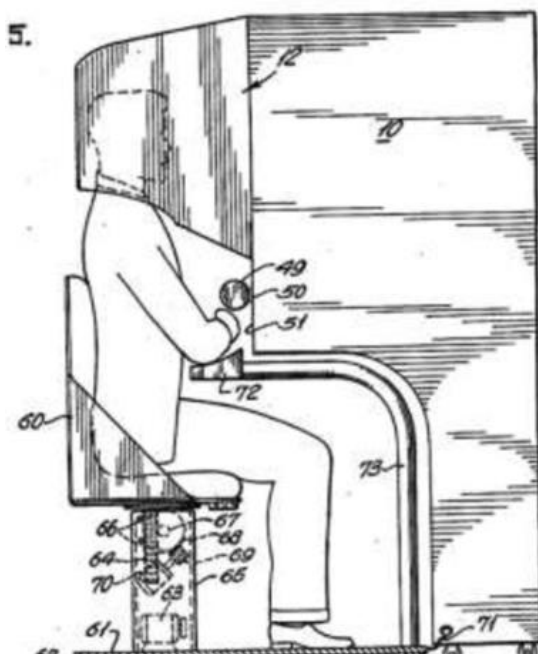
A virtuális valóság (virtual reality-VR) a modern technológiai vívmánya. 2016-ban volt lehetőségem először kipróbálni, amikor egy eszközzel a fejemen jártam be a Grand Canyont madártávlatból. Már akkor hihetetlen dolognak tűnt számomra, hogy egy VR szemüveg segítségével egyszerre lehetek a nappalimban és az arizonai államban. Az élmény során teljesen megszűnt a külvilág, nem számítottak a jelen gondjai, annyira magával ragadó és valóság-hű volt a virtuális élmény. 2016-ban már bárki a saját szobájában átélhette ezt az élményt, azonban a virtuális valóság több mint fél évszázados történelme rengeteg izgalommal és nehézséggel volt tarkított. Különösen érdekes a 2000-es évekig tartó fejlődése, amikor a mérnökök és informatikusok fejében még csak ötletek voltak azok a fejlesztések, amelyek mára valósággá váltak. Ebben a cikkben az 1960 és 2000 közötti időszakot szeretném bemutatni történelmi és egészségügyi felhasználás oldaláról. A kiválasztott időtartam érdekessége, hogy ez a kezdeti időszak megannyi innovációval és zsákutcával volt tarkított, amikor a mai állapotához még korántsem hasonló eszközökkel dolgoztak a mérnökök.

A virtuális valóság esszenciája

Mielőtt részletesen ismertetném a virtuális valóság fejlődésének alakulását, szeretném bemutatni, hogy hogyan működik és milyen tulajdonságait hasznosítja az egészségügy. A virtuális valóság egy számítógép által létrehozott mestereséges 3D környezetet, amivel a felhasználó képes kapcsolatot teremteni, valamint olyan érzése van mintha valóságos lenne. Ez az immerzió képes megteremteni a jelenlét érzést, amit az orvostudományban felhasználnak. Az egyik aktívan használt terület a fóbiák terápiája. A virtuális valóság által létrehozott jelenlét érzésének segítségével a terapeuták képesek egy olyan virtuális környezetbe

kalauzolni a pacienst, amitől a valós világban szorongása alakulna ki. Ezt a kontrollált környezetet érzékenyítésre, a rossz érzések leküzdésére lehetőség nyílik a különböző fóbiák kezelésére.

E módszert kiegészítve a VR egy multiszenzoros élményt ad, mivel képes egyszerre több érzékszervre hatni a képi és hangi világon keresztül. Az élményt erősíti a világgal való interakció lehetősége, amelyre a felhasználó kontrollerek (egyfajta távirányító) segítségével képes. A virtuális élményt átélve a felhasználó nem vesz tudomást a valós környezetéről, amit az orvostudomány általános jólét javítására használ fel, például az onkológiában és a palliatív ellátásban. A virtuális valóság megjelenítéséért egy fejre rögzíthető szemüveg (HMD) felel, amelybe beépített hangszórók szolgálnak arra, hogy egy hangvilágot hozzon létre (audio-vizuális élmény egyidejűsége). Ezek az eszközök nem csak a virtuális térben való interakciót, hanem az helyváltoztatást is lehetővé teszik, ezzel segítve az immerziót, vagyis a virtuális létbe való belemerülést. Az eszközt a mozgás érzékelése miatt rehabilitációs célokra is alkalmazzák. A térlátás létrehozása érdekében a szemüvegben két kijelző található, ami ellentétes szemre, ellentétes képet vetít. Ezt a tulajdonságát a szemészet a tompalátás kezelésében használja ki. (Strickland 2007) Összeségében a virtuális valóság képes egy intenzív, emlékezetes élményt adni a felhasználó számára, ezért az egészségügyi edukációs alkalmazása is jelentős. A VR technológia azonban veszélyt is rejt magában. A nem megfelelő használatával az egyensúlyzavar (kinetózis) egy formáját lehet előidézni, amit cybersicknessnek (tengeri-, légitbetegségnek) neveznek. Ez rosszul lét, émelygés és a szédülés tüneteivel jár.

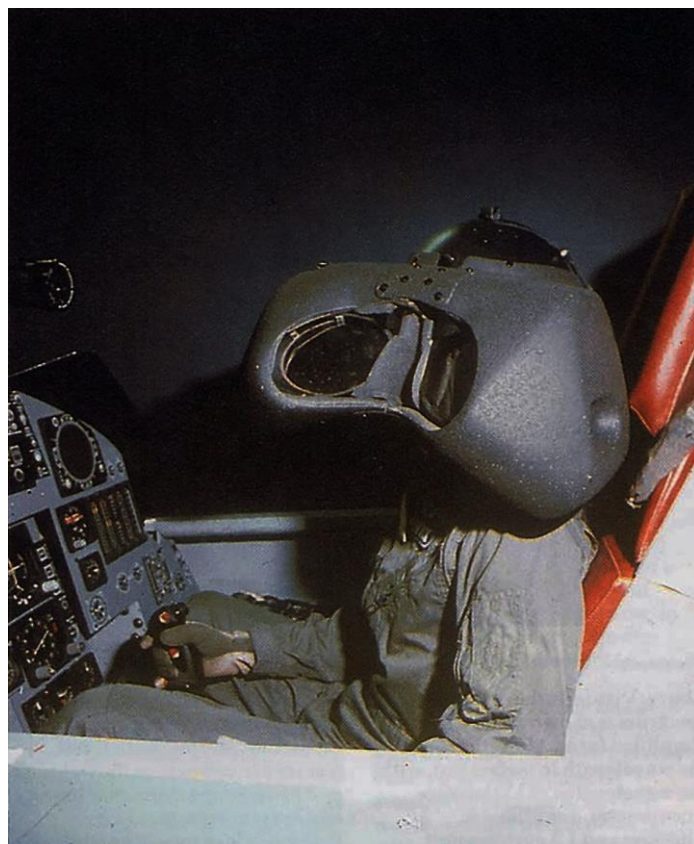


1 ábra Sensorama

A VR technológiai fejlődése 1960-2000 között

A virtuális valóság közvetlen elődjének tekinthetők azok a körképek, amelyek a 19. században váltak népszerűvé a művészek és megrendelőik között. Magyarországon Feszty Árpád 1894-ben állította ki A

magyarok bejövetele című körképét. A 360 fokos festmény körbe nézve létrehozta a jelenlét érzését, mintha tényleg a honfoglalás idejét élnék át. Azonban a körképek csak a felhasználó látását befolyásolják más érzékszervünkre nincsenek befolyással. Az első technológiai eszköz, ami a virtuális valósághoz köthető 1960-ban alkotta meg Morton Leonard Heilig (1926-1997) amerikai filmproducer, rendező, filmművész, író, feltaláló. Az első multiszenzoros szimulátora a Sensorama nevet kapta. Ez az eszköz nyomokban sem hasonlít a jelenleg használt VR szemüvegekre, azonban már ebben az időben is képes volt egy színes film lejátszására térhangzással. Ekkora még a virtuális valóság, mint fogalom nem létezett. Erre egészen 1965-ig kellett várni, amikor Ivan Sutherland világszerte ismert amerikai informatikus először használta a fogalmat a The Ultimate Display mesterséges világ koncepció kapcsán. Ez az elképzelés egyszerre ötvözte az interaktív grafikát, hangokat, illatokat és ízeket. Sutherland nevéhez köthető az „Ígéretek Földje”, ami egy olyan elgondolás a virtuális valóságról, ami a mai napig nem valósult meg. Sutherland szerint „*a (virtuális) világ legyen olyan valóságos mintha kinéznénk az ablakon, valóságos hangok, érzés és reagáljon realiztikusan a felhasználó mozdulataira.*” Sutherland nem csak koncepciókban gondolkozott, hanem létrehozta az első fejre rögzíthető szemüveget, ami a fej mozgásának követésére is képes volt. Ezt The Sword of Damocles-nek nevezte el, ami annyira nehéz volt, hogy az emberi nyak nem volt képes elbírní, ezért a plafonra rögzítették. Az 1975-ben Myron Krueger által létrehozott VIDEOPLACE egy olyan megoldás, aminél a környezet képes reagálni a felhasználó mozdulataira, azonban ezt úgy, hogy nem használ sem fejre rögzíthető szemüveget, sem kontrollert. A connecticuti találmány projektorokat és speciális hardvert használt ennek a megvalósításához, ami ma is megtalálható a helyi egyetemi történelmi múzeumba. (Sturman and Zeltzer 1994)



2. ábra Thomas Furness

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

dr. Erdős Sándor

1982-ben Thomas Furness az amerikai légierő Armstrong egészségügyi kutatási laboratórium munkatársa a VCASS nevezetű eszközzel járult hozzá a virtuális valóság történelméhez. Ez egy olyan fejre rögzíthető szemüveg volt, ami képes volt a harci repülő pilóta számára gyakorlási teret nyújtani. 1984-ben a NASA által fejlesztett VIVED készülék egy monokróm, fejre rögzíthető készülék. Ez az első olyan eszköz, ami már megjelenésében nagyon hasonlít a mai világban használt eszközökre, azonban technikailag jelentősen fejletlen volt. Az említett eszközt az asztronauták képzésében használták. (1-es kép) 1988-ban a világon elsőként a VPL vállalat tette lehetővé bárki számára, hogy VR szemüveget vásároljon. Az EyePhone HMD fejlesztése Jaron Lanier nevéhez köthető az a futurisztikusnak tűnő eszköz 250.000 dollárért. Data Glove szintén a VPL vállalatnál fejlesztették egy szenzorokkal felszerelt kesztyűt, ami a kéz mozgását fordította le és egyfajta bemeneti eszközként lehetett használni a számítógépekhez, mint manapság a billentyűzetet. 1989-ben a BOOM a két monitort tartalmazó doboz, amely felkeltette az érdeklődést. Ez a doboz egy mechanikus karhoz kapcsolódott, amivel érzékelte a mozgást a virtuális térben.



3. ábra NASA

1990-ben mutatta be Jonathan Waldern a Virtuality VR árkád eszközt, amit először a Computer Graphich 90. kiállításán Londonban mutattak be. Ez az eszköz volt az első, ami tömeggyártásba került 1991-ben. A virtuális valóságban rejelő potenciált viszonylag gyorsan felfedezte magának a szórakoztatóipar.

<http://www.kaleidoscopehistory.hu>

dr. Erdős Sándor

Azonban az első komolyabb vállalat csak 1991-ben rukkolt elő a saját prototípusával. A vállalat a világszerte ismert Sega volt, azonban az általuk fejlesztett eszköz az óriási várakozások után sohasem került forgalomba. Ez a nem megfelelő fejlesztésnek volt köszönhető, az eszköz cyber sickness szindrómát okozott a felhasználóknak. A vállalat 1994-ben próbálta jóvá tenni tetteit és kiadta a Sega VR-1 nevű eszközzel. Ez szerencsére nem okozott kellemetlenségeket a vásárlók számára és rengeteg inspirációt adott a fejlesztőknek, amiket ma is felhasználhatnak. A konkurens Japán gyártó, a Nintendo is szeretett volna erre a piacra belépni az általuk fejlesztett Virtual boy-jal, ami 3D monokróm videókat játszott le. Ez bár a kiadásig eljutott, azonban óriási bukás volt pénzügyileg, így egy év után befejezték a gyártását 1995-ben. A kor szellemét jól példázza a 2000-ben megjelenő, mai napig kultikus film, a szimulált világban játszódó Mátrix. Ezek után a virtuális valóság fejlődése nagyon lelassult a 2010-es évekig, amikor Palmer Luckey az Oculus vezetője kidolgozta a Rift prototípusát a DK1-et. Ez az eszköz akkora lökést adott a virtuális valóság technológia számára, ami mai napig is tart.



4. ábra Sega VR

Virtuális valóság hajnala az egészségügyben

A VR egészségügyi felhasználásának első 10 évét a PubMed adatbázisa alapján térképeztem fel. A keresés során a „virtual reality” keresőkifejezést használtam, majd szűrtem az angolul megjelenő cikkekre. A kapott publikációkból azokat tartottam meg, amelyek már címében is tartalmazta a keresőszót, illetve amelyek nem tartalmaztak absztraktot azok nem kerültek bele a vizsgálati statisztikába. Végezetül csak a teljes szöveggel elérhető cikkeket vettem számításba. Ennek az az oka, hogy a kezdeti időszakában a virtuális valóságnak több jelentése volt. Sok esetben azt látni, hogy minden számítógépes programhoz kapcsolódó kutatásban használják a virtuális valóság megnevezést, továbbá a fikció szinonimájaként is szolgált. Emiatt szükségem volt a teljes cikk tartalmára, hogy minden esetben megbizonyosodhassak, hogy valóban a megfelelő értelemben használják a fogalmat. elég egyéni szempontok, ez csupán egy szűkített, pilot mintavétel, vagy metaadat.

Azt már korábban láthattuk, hogy az amerikai légierő és a NASA is aktív használója volt a technológiának az 1980-as években. A virtuális valóság egészségügyi felhasználására 1991-ig kellett várni. Ebben az évben egy rövid cikk jelent, új technológiát említve, aminek köszönhetően a sebészek képesek lesznek, úgy gyakorolni, hogy nem használnak élő szövetet. Ez az új technológiai a virtuális valóság és a korábban már említett szenzoros kesztyű, a Data Glove volt. (Bains S. 1991) További cikkek jelentek meg 1991-1992 között a VR edukációs felhasználásával kapcsolatban. Ezek alapján kijelenthető, hogy a technológia adta szimulációs környezetet legelőször az egészségügyi gyakorlati oktatásban hasznosították. Jelentős előnye, hogy a gyakorlás során nincs szükség a betegre.

1993-ban jelent meg az első publikáció, ami már átfogóan vizsgálta a virtuális valóság egészségügyi felhasználását és annak jövőjét. (Kaltenborn and Rienhoff 1993) Ebben az évben egy új orvostudományi terület a pszichiátria is bekapcsolódott egy megjelent cikk alapján, amiben a potenciális felhasználási lehetőségeket vizsgálják. (Camara 1993) Az oktatásra való felhasználása nem merül ki csupán a gyakorlat elsajátításában. Az elméleti tárgyak (például az anatómia) tanításában is hasznosnak találták már ebben az időben is. Azonban már itt is megjelent a technológia korlátai, mint pl. az alacsony felbontás és a nem valósághű megjelenítés. Fő pozitívumnak találták, hogy a felhasználó képes lehet „repülni” a hasban található szervrendszer között. Érdekesség, hogy az előnyök között kiemelték, hogy az eszköz segítségével csökkenthető az élő állatokon való gyakorlás száma, illetve hasznosságát az AIDS-ben szenvedő betegek operatív ellátásában való felkészülésben. Ez azért jelentős, mert az HIV-fertőzés vér útján is terjed, ezért egy esetleges rossz, nem begyakorolt mozdulat egy nem kívánt fertőzést okozhat. (Satava 1993)

1993-ban jelent meg az első olyan publikációk, amelyek a cybersickness szindrómához köthetőek. A cyber sickness szindróma a virtuális élmény során jelentkező mellékhatás, ami többek között hányinger, rosszullét és izzadással jár. Ebben a vizsgálatban 20 felnőttél 10 perces VR élményt vizsgáltak. A szemüveg levétele után jelentős szem fáradtságot (szemszárazság, égő- és idegentest érzés) figyeltek meg, ami a cybersickness egyik jellegzetes tünete. A kutatás ezért aggályosnak találta a szórakoztatóiparban való alkalmazását. (Mon-Williams, Wann et al. 1993)

1994-ben továbbra is az oktatás volt a legkiterjedtbb vizsgált területe a VR használatának. A laparoszkópos és a fül-orr-gégészeti műtéteknél is felfigyeltek a technológiai alkalmazásának lehetőségére. (Carney, Baldwin et al. 1994, Coleman, Nduka et al. 1994) Ebben az évben már több tapasztalattal rendelkeztek a kutatók a cybersickness alapos megismeréséhez is. Az említett kutatásban a 20 perces élmény alatt, valamint az azt követő 10 percen belül az alanyok 61 százaléka jelentett rossz közérzetet. Ezenfelül olyan tünetek is megfigyelhetők voltak, mint a szédülés, fejfájás, szem megerőltetése, hányinger és a fejfájás. A kutatásban vizsgáltak a tünetek kiváltó okainak eredetét is. (Regan and Price 1994)

1995-ben jelent meg az első cikk a rehabilitációval kapcsolatban. (Kuhlen and Dohle 1995) Az apraxia vagyis a begyakorolt, motoros mozgások elvégzésének képtelensége és a motoros diszfunkciók fejlesztésével kapcsolatban hozták összefüggésben. Továbbá megjelent a paralízis, valamint a beszédfejlesztésben való alkalmazása. Előtérbe került a kezelés mellett a diagnózis alkotásban betöltött szerepe is, az eszközön lévő szenzorok segítségével pontosan tudták vizsgálni a páciens mozgástartományának a beszűkülését. Az VR oktatásban való alkalmazás során új orvosi terület is

felhasználta, mint pl. az arthroszkópia vizsgálatának és műtéti eljárásának gyakorlásában. (Müller, Ziegler et al. 1995)

A pszichiátriában a fóbiák kezelésében találták úttörőnek használatát. Elsőként az achrophobiás betegek vizsgálták a VR technológia hasznosságát. Az eredmények bár kis elemszámmal készültek, de nagy potenciált mutattak a virtuális valóság felhasználásában. (Rothbaum, Hodges et al. 1995) A következő évben a neurorehabilitáció területén vizsgálták a VR felhasználhatóságát. Itt az eddig említetteken túl megjelent a Parkinson kórhoz kapcsolódó akinézia, vagyis a spontán mozgások hiányának enyhítése, valamint a gerincvelő sérülés utáni rehabilitáció lehetősége is. Ebben újra előkerül a már az említett cybersickness szindróma. (Andreae 1996)

A fóbiák sorában a repüléstől való félelem következett. Az esettanulmányban szignifikáns szorongás csökkenést figyeltek meg a VR beavatkozás után. (Rothbaum, Hodges et al. 1996) A pszichiátria területén eddig még fel nem fedezett területe az autizmus kezelése. Itt egy esettanulmány azt találtam, hogy a gyerekek szívesen használják a technológiát, nem ijedtek meg az újdonságtól és a fejre rögzíthető szemüvegtől. A vizsgálat szerint a virtuális környezetet a betegség megértésében is használhatják. (Strickland 2007)

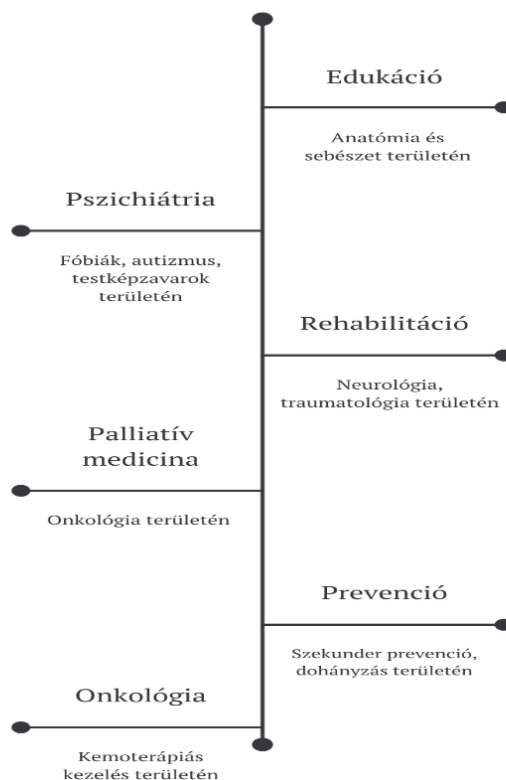
1997-ben írtak le először olyan egyedi fejlesztést, ami a VR segítségével szeretne olyan étkezéshez köthető pszichiátriai betegségeket javítani, mint a bulimia vagy az anorexia. (Riva, Bolzoni et al. 1997) Ebben az évben az első etikai irányelvekkel kapcsolatban is jelent meg publikáció. (Lewis and Griffin 1997) A szerző elismeri a virtuális valóságban rejlő lehetőségeket, azonban felhívja a figyelmet a technológiában rejlő veszélyeket is. Ennek megoldására egységes protokollok létrehozását sürgeti.

Új orvostudományi területként 1997. évben csatlakozott a palliatív medicina, ahol egyfajta mentális támogatásként alkalmazták. (Oyama 1997) 97-ben és 98-ban folytatódott a fóbiákban való felhasználás további feltérképezése. Az arachnofóbia és a claustrofóbia területén találták hasznosnak a VR-t. (Carlin, Hoffman et al. 1997, Botella, Baños et al. 1998).

1999-ben már terápiaként emlegetik a pszihitária területén, tovább egy esettanulmány keretében a vietnámi háborút megjárt katona poszttraumás stressz kezelésében hasznosítják. (Rothbaum, Hodges et al. 1999, Rothbaum and Hodges 1999) Az esettanulmány szerint 34%-kal csökkent a tapasztalt PTSD. Ekkor jelent meg egy vizsgálat a tinédzserek dohányzás elleni prevenciójával kapcsolatban. (Nemire, Beil et al. 1999) A virtuális valósággal támogatott prevenciók foglalkozások eredményesnek bizonyultak és a jövőben hozzájárulhatnak a tinédzserek egészségének növelésében.

A vizsgálat utolsó évben az égési sérült osztályokon használták a technológiát. (Hoffman, Patterson et al. 2000) Itt az égési sérültek fizioterápiája során jelentkező fájdalom csökkentésében volt szignifikáns hatása, amit vizuális analóg skálával mértek. 2000-ben hasonlóan az égési sérültekhez az onkológián is a VR figyelemelterelő hatását használták ki kemoterápiás kezelés közben. (Schneider and Workman 2000)

A VR egészségügyi felhasználásának terjedése 1991-2000 között



5. ábra

Összefoglalás

A cikk fókuszában a virtuális valóság technológiai és egészségügyben betöltött szerepének fejlődését mutattuk be. A technológiai fejlesztés esetében 1960-2000 közötti időszakot vizsgáltuk, míg az egészségügyi térhódításánál 1991-2000 között. Az említett időszak alatt a technikai fejlődésnél látszik a kiforratlanság. Számos zsákutcán keresztül vezetett az út ahhoz az eszközökhöz, amiket ma használunk. Továbbá megfigyelhető, hogy az ipari felhasználás hamar megjelent a virtuális valóság történetében. Már a kezdetkor a hadipar és az űripár valamilyen formában készített prototípusokat. Később a szórakoztatóipar is alkalmazta a VR fejlesztését és a mai napig ebben a szektorban a legelterjedtebb.

Az egészségügyi felhasználást tekintve egy jól látható sorrend figyelhető meg. Első felhasználási terület az egészségügyi oktatás volt, amit a pszichiátria követett. Ez a két terület rendelkezik a legelterjedtebb felhasználással a mai napig. Később az ortopédiai rehabilitáció, dohányzás elleni prevenció, égési sérültek számára, onkológia és palliatív medicina fedezte fel a VR-t. Már kezdeti években leírták a VR élményhez köthető kisértő tünetegyüttes a cybersickness szindrómának gyakori előfordulását. 2000 után további felhasználás, valamint a meglévő szakterületeken lévő fejlődés és fejlesztés figyelhető meg. Fontos korlátjai vannak a jelen, önkéntesen kiválogatott cikkeknek, hogy csak egy kreált adatbázison alapszik, így

valószínűleg voltak olyan szignifikáns eredmények is a vizsgált időszakban, amelyek nem kerültek be az adatbázisba. Összeségében elmondható, hogy rendkívül lassú és kudarccal teli fejlődés figyelhető meg mind az egészségügyi mind a technológiai oldalon. Azonban ezek a kutatások és felfedezések elengedhetetlenek voltak ahhoz, hogy ma ilyen nagyszerű technológia álljon rendelkezésünkre.

Irodalom

- Bains S. Surgeons slice virtual leg. *New Scientist*. 1991, 131, 1776, 28
- Andreae, M. H. (1996). "Virtual reality in rehabilitation." *BMJ* **312**(7022): 4-5. <https://doi.org/10.1136/bmj.312.7022.4>
- Botella, C., R. M. Baños, C. Perpiñá, H. Villa, M. Alcañiz and A. Rey (1998). "Virtual reality treatment of claustrophobia: a case report." *Behav Res Ther* **36**(2): 239-246. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(97\)10006-7](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(97)10006-7)
- Camara, E. (1993). "Virtual reality: applications in medicine and psychiatry." *Hawaii Med J* **52**(12): 332-333.
- Carlin, A. S., H. G. Hoffman and S. Weghorst (1997). "Virtual reality and tactile augmentation in the treatment of spider phobia: a case report." *Behav Res Ther* **35**(2): 153-158. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(96\)00085-X](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(96)00085-X)
- Carney, A. S., D. Baldwin, N. Patel and D. Sandeman (1994). "Virtual reality surgery in otorhinolaryngology." *Bmj* **309**(6963): 1233. <https://doi.org/10.1136/bmj.309.6963.1233>
- Coleman, J., C. C. Nduka and A. Darzi (1994). "Virtual reality and laparoscopic surgery." *Br J Surg* **81**(12): 1709-1711. <https://doi.org/10.1002/bjs.1800811204>
- Hoffman, H. G., D. R. Patterson and G. J. Carrougher (2000). "Use of virtual reality for adjunctive treatment of adult burn pain during physical therapy: a controlled study." *Clin J Pain* **16**(3): 244-250. <https://doi.org/10.1097/00002508-200009000-00010>
- Kaltenborn, K. F. and O. Rienhoff (1993). "Virtual reality in medicine." *Methods Inf Med* **32**(5): 407-417. <https://doi.org/10.1055/s-0038-1634953>
- Kuhlen, T. and C. Dohle (1995). "Virtual reality for physically disabled people." *Comput Biol Med* **25**(2): 205-211. [https://doi.org/10.1016/0010-4825\(94\)00039-S](https://doi.org/10.1016/0010-4825(94)00039-S)
- Lewis, C. H. and M. J. Griffin (1997). "Human factors consideration in clinical applications of virtual reality." *Stud Health Technol Inform* **44**: 35-56.
- Mon-Williams, M., J. P. Wann and S. Rushton (1993). "Binocular vision in a virtual world: visual deficits following the wearing of a head-mounted display." *Ophthalmic Physiol Opt* **13**(4): 387-391. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.1993.tb00496.x>
- Müller, W. K., R. Ziegler, A. Bauer and E. H. Soldner (1995). "Virtual reality in surgical arthroscopic training." *J Image Guid Surg* **1**(5): 288-294. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1522-712X\(1995\)1:5%3C288::AID-IGS5%3E3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1522-712X(1995)1:5%3C288::AID-IGS5%3E3.0.CO;2-6)
- Nemire, K., J. Beil and R. W. Swan (1999). "Preventing teen smoking with virtual reality." *Cyberpsychol Behav* **2**(1): 35-47. <https://doi.org/10.1089/cpb.1999.2.35>
- Oyama, H. (1997). "Virtual reality for the palliative care of cancer." *Stud Health Technol Inform* **44**: 87-94.
- Regan, E. C. and K. R. Price (1994). "The frequency of occurrence and severity of side-effects of immersion virtual reality." *Aviat Space Environ Med* **65**(6): 527-530.
- Riva, G., M. Bolzoni, F. Carella, C. Galimberti, M. J. Griffin, C. H. Lewis, R. Luongo, P. Mardegan, L. Melis, L. Molinari-Tosatti, C. Poerschmann, A. Rovetta, S. Rushton, C. Selis and J. Wann (1997). "Virtual reality environments for psycho-neuro-physiological assessment and rehabilitation." *Stud Health Technol Inform* **39**: 34-45. <https://doi.org/10.1037/e705192011-009>

- Rothbaum, B. O., L. Hodges, R. Alarcon, D. Ready, F. Shahar, K. Graap, J. Pair, P. Hebert, D. Gotz, B. Wills and D. Baltzell (1999). "Virtual reality exposure therapy for PTSD Vietnam Veterans: a case study." *J Trauma Stress* **12**(2): 263-271. <https://doi.org/10.1023/A:1024772308758>
- Rothbaum, B. O., L. Hodges, B. A. Watson, C. D. Kessler and D. Opdyke (1996). "Virtual reality exposure therapy in the treatment of fear of flying: a case report." *Behav Res Ther* **34**(5-6): 477-481. [https://doi.org/10.1016/0005-7967\(96\)00007-1](https://doi.org/10.1016/0005-7967(96)00007-1)
- Rothbaum, B. O. and L. F. Hodges (1999). "The use of virtual reality exposure in the treatment of anxiety disorders." *Behav Modif* **23**(4): 507-525. <https://doi.org/10.1177/0145445599234001>
- Rothbaum, B. O., L. F. Hodges, R. Kooper, D. Opdyke, J. S. Williford and M. North (1995). "Effectiveness of computer-generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia." *Am J Psychiatry* **152**(4): 626-628. <https://doi.org/10.1176/ajp.152.4.626>
- Satava, R. M. (1993). "Virtual reality surgical simulator. The first steps." *Surg Endosc* **7**(3): 203-205. <https://doi.org/10.1007/BF00594110>
- Schneider, S. M. and M. L. Workman (2000). "Virtual reality as a distraction intervention for older children receiving chemotherapy." *Pediatr Nurs* **26**(6): 593-597.
- Strickland, J. (2007). "How virtual reality works." *How Stuff Works* **29**.
- Sturman, D. J. and D. Zeltzer (1994). "A Survey of Glove-based Input." *IEEE Comput. Graph. Appl.* **14**(1): 30-39. <https://doi.org/10.1109/38.250916>