

A virtuális valóság az egészségügyi oktatásban: központosított képesség az egészségügyi oktatásban

Virtual Reality in Healthcare Education: Centralized Capability in Medical Training

Kecskés Attila¹

¹NATO Katona-egészségügyi Kiválósági Központ

✉ kecskesa5573@gmail.com

Háttér: A virtuális valóság (Virtual Reality, VR) széles körben terjed az egészségügyi oktatásban, miközben a rendszerszintű integráció és a skálázhatóság kérdései még mindig tisztázatlanok. Nemzetközi és hazai kutatási eredmények és azok narratív áttekintései alapján megállapítható a technikai és gazdasági hatékonyság, ugyanakkor rámutatnak a tervezési minőségben rejlő veszélyekre, valamint a percepciók anomáliák mint a „kiberbetegség” (cybersickness) kockázataira és az oktatói szerepek újradefiniálásának szükségességére.

Cél: Egy országosan menedzselte, központosított VR oktatási központ (VR hub) egészségügyi képzésbe történő bevezetésének bemutatása. A cikk a modell szakirodalmi megalapozását, gazdasági szervezeti érveit, valamint egy hazai pilot (OMSZ – kríziskezelés) tapasztalatait és tanulságait ismerteti.

Módszerek: A kutatás három egymásra épülő módszertani pilléren nyugszik. Elsőként szakirodalmi szintézis készült a 2018 és 2025 közötti releváns nemzetközi és hazai források alapján, különös tekintettel a VR-alapú tanulás hatásaira, megvalósítási modelljeire, valamint a lehetséges mellékhatásokra. Ezt követően egy országos virtuális valóság központ kialakítására irányuló koncepcionális rendszerterv készült, amely lefedi az architektúra tervezését, a minőségbiztosítási keretrendszert, a tudásmenedzsment-rendszerekkel (learning management system, LMS) való integráció lehetőségeit, valamint a logisztikai működés alapelveit. A módszertani terv harmadik elemeként az Országos Mentőszolgálatnál egy pilot projekt valósult meg, amely kvázi kísérleti keretek között vizsgálta a kríziskezelési VR-képzés hatékonyságát. A képzést párhuzamosan, jelenléti és VR-alapú formában hajtják végre, elő- és utótesztekkel, időméréssel és résztvevői elégedettségi skálákkal mérve az eredményeket.

Eredmények: A nemzetközi és hazai kutatási tapasztalatok alapján a VR különösen komplex, kockázatos és ritkán gyakorolható helyzetekben mutat közepes vagy nagy tanulási előnyt, ha az interakció aktív és a didaktikai célokhoz illeszkedik. Dr. Kádár Balázssal közösen végzett kísérleti oktatás keretein belül végzett méréseink a következő eredményeket adták; a VR-csoportban ~30%-os időnyereség, ≥4/5 átlagos elégedettség és 93%-ban pozitív irányú tanulási kimenet volt mérhető. A fajlagos költség szimuláció szerint középtávon >20%-os

csökkenés érhető el centralizált modellben. A kiberbetegség előfordulása alacsony (<5%), és főként átmeneti tünetekkel járt.

Következtetés: A virtuális valóság alapú oktatási központ értékalapú logikával ötvözi a protokollizált, visszamérhető minőséget és a csökkenő fajlagos költséget. Jelenlegi körülmények között bevezetéséhez szükséges a „hub and spoke” logisztikai modell, tananyag-standardizálás és az oktatói „VR-facilitátor” képzés, valamint az akkreditációs és finanszírozási keretek kialakítása. A pilot eredmények alátámasztják a modell hazai relevanciáját, de megfogalmazzák a további multicentrikus vizsgálatok és ROI-követés igényét.

Kulcsszavak: virtuális valóság, VR, egészségügyi oktatás, szimuláció, központosított modell, megtestesülő megismerés, kríziskezelés, kiberbetegség

Background: Virtual reality (VR) is becoming increasingly widespread in healthcare education, yet questions of systemic integration and scalability remain unresolved. Based on international and domestic research findings, as well as their narrative reviews, the technical and economic efficiency of VR-based education can be established. At the same time, these studies highlight critical risks associated with poor instructional design, perceptual anomalies such as "cybersickness", and the need to redefine educator roles within VR learning environments.

Objective: To present the introduction of a nationally managed, centralised VR educational centre (VR hub) into healthcare training. The article outlines the theoretical foundations of the proposed model, its organisational and economic rationale, and the findings from a domestic pilot project (OMSZ – crisis management).

Methods: The research is based on three interlinked methodological pillars. First, a literature-based synthesis was conducted using relevant international and national sources published between 2018 and 2025, with a focus on the effects of VR-based learning, implementation models, and potential side effects. Second, a conceptual system design was created for a national virtual reality hub, covering architectural planning, a quality assurance framework, integration with learning management systems (LMS), and principles of logistical operation. Third, a pilot project was carried out at the National

Ambulance Service (OMSZ) under quasi-experimental conditions to examine the effectiveness of VR-based crisis management training. The programme was delivered simultaneously in traditional and VR formats, and outcomes were measured through pre- and post-tests, time analysis, and participant satisfaction scales.

Results: International and domestic findings confirm that VR demonstrates moderate to significant learning advantages in complex, high-risk and rarely practised scenarios – provided that interaction is active and aligned with clear didactic objectives. Within the experimental education conducted jointly with Dr Balázs Kádár, our measurements showed an average time reduction of approximately 30% in the VR group, an average satisfaction score of $\geq 4/5$, and positive learning outcomes in 93% of participants. According to cost simulations, a centralised model could achieve over a 20% reduction in unit costs in the medium term. The incidence of cybersickness remained low ($<5\%$) and was mainly characterised by transient symptoms.

Conclusion: A VR-based educational centre combines protocolised and measurable quality with lower unit costs, following a value-based logic. Under current conditions, successful implementation requires a hub-and-spoke logistics model, standardised learning materials, VR-facilitator training, and the establishment of accreditation and financing frameworks. The pilot results support the relevance of the model in the Hungarian context but also highlight the need for further multicentric studies and ROI monitoring.

Keywords: virtual reality, VR medical education, simulation, centralised model, embodied cognition, crisis management, cybersickness

BEVEZETÉS

Az egészségügyi képzés erőforrásigénye jelentős, és gyakran ad okot vitákra és okoz nehézségeket a standardizáció hiánya és a hozzáférés egyenlőtlensége, különösen a gyakorlati készségek oktatása terén [5]. A VR olyan három-dimenziós, interaktív környezetet kínál, amelyben a hallgatók kockázatmentesen, korlátlanul gyakorolhatják a ritka, kritikus helyzeteket, valós idejű visszajelzéssel és mérhető kimenetekkel, és a változásmentes ismételhetség száma végtelen.

A VR-alapú szimuláció nem az oktató kiváltására, hanem a gyakorlási lehetőségek demokratizálására és a készségek elsajátítási folyamatának gyorsítására szolgál [6]. Tehát nem az oktató helyett dolgozik, hanem mint egy új oktatástechnikai eszköz, segíti az oktatók munkáját. Miközben számos országban „szigetzerű” VR-projektek indultak, kevés olyan architektúrális megoldás létezik, amely nemcsak központosított eszközparkot, hanem központi tananyagkatalogust, minőségirányítást és országos skálázhatóságot is biztosít [7].

Ez a cikk egy ilyen országos szintű VR-központ egészségügyi oktatásban való alkalmazásának koncepcionális és

empirikus alátámasztását tűzte ki célul, beleértve a szakirodalmi bizonyítékok, gazdasági elemzések és hazai pilot eredmények bemutatását.

Fogalmi keret és technológiai háttér

A virtuális valóság egy technikai eszközök által létrehozott, nagyfokú elmélyülést (immerziót) biztosító, multiszenzoros, multifaktorális, interaktív környezetként értelmezendő [1]. Az élmény minőségét a képfelbontás, a képfrissítési sebesség, a látómező, a késleltetés, a kéz- és testkövetés, a tapintáson alapuló érzékelés (haptikus visszacsatolás), valamint a szoftveres interakciós design határozza meg [2].

Eszközök és platformok

Az oktatás számára optimális megoldás a „stand-alone” típusú headset, amely kézmozgás-követést (hand-tracking), kontrollert és hosszú üzemidőt biztosít. Szükség esetén PC-támogatás is alkalmazható nagy számításigényű grafikai tartalmakhoz. A felhasználói élmény javítására vagy speciális igény kielégítésére elérhetőek haptikus kesztyűk, mellények és VR-padok, ezek az immerzió mértékének növelését is elősegítik azáltal, hogy fizikai visszacsatolásként érzeteket generálnak, például a betegvizsgálat folyamán, a pulzus tapintásánál a controller változó jellegű, pulzáló rezgést képes átadni a felhasználó felé, ezzel átadva azon fizikális információt, ami segít megítélni a pulzus mértékét, erősségét, jellegét.

Kiemelt fontosságú a platform- vagy eszközfüggetlen (WebXR) tananyagfejlesztés, ami biztosítja, hogy gyártóktól és eszközöktől függetlenül alkalmazhatóak legyenek [3]. A katalógusalapú központok és a felhőalapú (over the air, OTA) frissítések biztosítják az egységes, „gold standard” verzió fenntartását. A fentiekkel garantálható egy stabilan hozzáférhető, gazdasági szervezetektől és kiszolgáltól független, hiteles és naprakész oktatási képesség.

Pedagógiai kognitív támasz: embodied cognition és CAMIL

Az „embodied cognition”, azaz a „megtestesülő megismerés” elmélete szerint a tudás elsajátítása cselekvésen és szenzomotoros interakción keresztül történik [8]. A VR ennek ideális közege: a jelenlét (presence) és a cselekvési képesség érzete (agency) fokozza a motivációt, az önszabályozást, és megkönnyíti a mély tanulási folyamatok elérését [1]. Mivel a 360°-os terek a valóság érzetét keltik bennünk, ezzel elérhetővé teszik az epizodikus memóriánk használatát, azaz minden VR-ban történt esemény emlékként tárolódik. Tehát ha képesek vagyunk bármilyen tananyagot vizualizálni, akkor elültethetjük emlékként a tanulóknak. Ez új kihívások és új szakmák megjelenését is indukálja. Szükség lesz olyan szakemberekre, akik képesek lesznek – például a WHO szerinti egészség fogalmát – valamilyen emlékképpé konvertálni.

Az immerzív tanulás kognitív érzelmi modellje (Cognitive Affective Model of Immersive Learning, CAMIL) szerint a technológiai jellemzők – ha illeszkednek a didaktikai célokhoz – mérhető tanulási előnyökké alakíthatók [9].

SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

A VR-alapú oktatás hatékonyságát számos narratív és szisztematikus áttekintés, valamint metaanalízis vizsgálta. Az eredmények konzekvensen azt mutatják, hogy a VR-alapú oktatás jelentősen növeli a tudásszintet és a készségátvitelt a hagyományos képernyőalapú vagy passzív 360°-os videókkal szemben [1,2].

Kyaw és társai 2018-as, 31 tanulmányt összegző metaanalízise igazolta, hogy a VR-alapú egészségügyi képzés nemcsak a tudásszerzés és készségátvitel terén eredményesebb, hanem középtávon költséghatékonyabb is, mivel rövidebb képzési idővel, kisebb infrastrukturális igénnyel és nagyobb tanulói önállósággal valósítható meg. Ezen előnyök legjobban egy központosított, VR-alapú oktatási infrastruktúrában érvényesülhetnek, mely rugalmasan bővíthető és többszintű módon kiszolgálható, miközben az alaparchitektúra egységes marad [10].

A legerősebb hatások a procedurális tudás fejlesztésében, az aktív interakcióban, a szomatoszensoros bevonásban és a rövid, célzott tanulási beavatkozások esetében mutatkoznak [3]. Ugyanakkor a VR nem minden esetben helyettesíti a fizikai szimulációt – például a taktilis palpáció vagy valós eszközkezelés terén –, hanem kiegészítő szerepet tölt be [5].

Gyakorlati tapasztalatok

A felsőoktatásban az úgynevezett fordított osztályterem („flipped classroom”) modellek – amikor az elmélet digitálisan, a gyakorlat virtuálisan, kontrollált környezetben zajlik – az oktatóknak több időt biztosítanak az ismeretátadás helyett a kompetenciafejlesztésre és az azonnali visszajelzésre. A dedikált VARTeL (VR/AR Technology Enhanced Learning) terek használata jelentős, akár ~25%-os posztteszt-eredmény javulást mutatott a természettudomány, technológia, mérnöki tudományok és matematika (Science, Technology, Engineering and Mathematics – STEM) tárgyak esetében, magas megbízhatósági mutatókkal és pozitív hallgatói visszajelzésekkel [6]. A szakmai és szakiskolai képzés (Vocational Education and Training, VET) során a VR olyan kontrollált tanulási tereket biztosít, ahol a hibamentes gyakorlás és az automatizált visszajelzés új pedagógiai dinamikát alakít ki az oktató és a tanuló között [7].

Hazai kontextus

Magyarországon az egészségügyi szimulációs oktatás fejlődése töretlen, azonban a VR-integráció jelenleg főként eseti projektekre korlátozódik [4]. A standardizáció, az akkreditáció és a módszertani adaptáció hiánya gátolja a széles körű bevezetést. Több projekt fut párhuzamosan, egymástól függetlenül, nem kompatibilis eszközalapokon és eltérő szoftveres környezetben, sokszor az eredmény is duplikált. Ezek miatt a felhasznált erőforrásokhoz képest csekély eredmény mutatható fel a nemzetközi példákhoz viszonyítva, különösen az Optima Academy és a Miami Herbert Business School VR-alapú képzési modelljeihez képest, ahol standardizált

mérőszámok (pl. posztteszt-teljesítmény, hibaarány, kompetenciaátvitel) alapján 20–30%-os tanulásjavulást dokumentáltak [3,6,7]. A hazai projektek esetében jelenleg nem áll rendelkezésre egységes mérési rendszer és publikált eredmény, így az összevethetőség korlátozott.

Negatív hatások és kockázatok

A VR-használattal összefüggő mellékhatások közül a perceptuális anomálián alapuló és azáltal kiváltott vegetatív reflex, úgynevezett „cybersickness” szapora szívdobogást, émelygést, hányást, szédülést, verejtékezést okozhat. Előfordulása alacsony vagy közepes, és technikai, valamint didaktikai optimalizációval mérsékelhető [11]. A mentális egészség terén a VR-platformok egyszerre hordoznak terápiás lehetőségeket és addikciós kockázatokat [12], ezért a prevenciós és felhasználási protokollok kulcsfontosságúak.

ÖSSZEGZÉS

A virtuális valóság (VR) akkor válik valóban hatékony tanulási eszközzé, ha bizonyos alapvető feltételek teljesülnek. Először is, elengedhetetlen, hogy a tanulási cél világosan meg legyen határozva, a tanulóknak pontosan tudniuk kell, hogy mit várnak el tőlük és mire kell összpontosítaniuk. A második kulcselem az aktív interakció és az azonnali visszajelzés, azaz a VR-környezet akkor működik jól, ha a résztvevők nem passzív nézői, hanem aktív szereplői az élménynek, és rögtön választ kapnak a cselekvéseikre. Fontos továbbá, hogy a tanulási egységek rövidek és fókuszáltak legyenek. A túl hosszú vagy túl általános VR-tananyag könnyen túlterhelheti a felhasználót, míg a célzott, rövid szakaszok támogatják a hatékony megértést és memorizálást. Emellett a VR-tartalom minősége sem elhanyagolandó, csak lektorált, szakmailag ellenőrzött tananyag használható biztonsággal oktatási célokra. Végül a tanár vagy oktató szerepe sem tűnik el a technológia mellett, sőt, facilitátorként kulcsfontosságú szerepe van abban, hogy segítse a tanulót eligazodni a digitális környezetben és kihozni belőle a legtöbbet. A technológia tehát csak eszköz, az eredményességhez tudatos pedagógiai tervezés és hozzáértő kíséret is kell [1,6].

ORSZÁGOS VR-HUB: RENDSZERTERV ÉS MŰKÖDÉSI MODELL

Miért jó központosítani?

A decentralizált, intézményi „szigetszerű” VR-megoldások gyakran drágák (eszköz és szakmai csapat duplikációja miatt), heterogének (eltérő minőségi szintek), nehezen frissíthetők és skálázhatók. A VR-hub előnyei:

- egységes tananyagkatalógus és licenccmenedzsment;
- felhőalapú OTA-frissítések révén egyetlen, szabványos verzió;
- központi minőségbiztosítás és peer review ciklus;
- országos LMS-integráció (pl. Neptun, Moodle) automatikus kreditrögzítéssel és teljesítményanalitikával;

- egy központ és az általa kiszolgált perifériákon lévő végrehajtó egységek, azaz „tengely és küllők” elrendezését (hub and spoke) logisztika, RFID-eszközökvetéssel és optimalizált (milk run) kiszállítással, ami csökkenti a fajlagos költséget és a CO₂-lábnyomot.

A központosított VR veszélyei

A központosítás egységes minőséget, költséghatékonyságot és skálázhatóságot kínál, de magas kezdeti beruházást és technológiai függőséget eredményez. Egyetlen hiba vagy felhőleállás az egész rendszert megbéníthatja, miközben a túlzottan központosított döntéshozatal lassíthatja a helyi igényekre való reagálást. Ez csökkentheti az oktatók autonómiáját és az innovációs mozgásteret.

Architektúra és komponensek

Egy skálázható, hosszú távon fenntartható VR-alapú egészségügyi oktatási rendszerhez több réteg összehangolt működésére van szükség. Az alábbiakban bemutatjuk a rendszer fő építőelemeit, azok funkcionális szerepével együtt.

Tartalmi réteg: A rendszer alapját akkreditált, modulárisan bővíthető VR-tananyagok képezik, amelyek lefedik a sürgősségi ellátás (Alapszintű újraélesztés – Basic Life Support, BLS; Emelt szintű újraélesztés – Advanced Life Support, ALS), triázs, kommunikációs készségek (kríziskommunikáció), valamint az ápolási és infektológiai protokollok kulcsterületeit.

Platformréteg: A technológiai infrastruktúra WebXR-kompatibilis motoron alapul, támogatja az LMS-ekhez való oktatási anyag interoperabilitását (Learning Tools Interoperability, LTI) alapú kapcsolódást, és biztosítja a zökkenőmentes, központi-egyszeri (Single Sign On, SSO) belépést a felhasználók számára.

Minőségirányítás: A tananyagok szakmai színvonalát és naprakészségét éves peer-review biztosítja, amit verziókövetés, változásnapló és oktatói kézikönyv egészít ki. A rendszerbe integrált tanulási adatelemző felület (Learning Analytics Dashboard, LAD) támogatja az oktatási döntéshozatalt és a visszacsatolást.

Üzemeltetés: A napi működéshez elengedhetetlen az eszközflotta átfogó kezelése, ideértve az akkumulátorciklusok nyomon követését, a fertőtlenítést, a firmware-frissítéseket, valamint az RFID-alapú készletkövetést és a hatékony incidenskezelési protokollokat.

Adatvédelem és etika: A személyes adatok használatát a lehető legkisebb mértékűre szorítják, a teljesítményadatok pszeudonimizált módon kerülnek rögzítésre, az adatvédelmi tisztviselő jóváhagyása és a kutatásaitikai elvek érvényesítése mellett.

Szerepek és kompetenciák

A rendszer működtetése jól definiált szakmai szerepeken és célzott kompetenciákon alapul. Ezek biztosítják, hogy a VR-eszközök ne csak technikailag, hanem pedagógiai szempontból is hatékonyan legyenek beágyazva az oktatásba.

VR-facilitátor oktató: Rövid, célzott továbbképzéssel készül fel a felhasználók támogatására. A képzés kiterjed a VR-didaktikára, a biztonságtechnikára és az alapvető technikai ismeretekre.

Tartalomfejlesztő csapat: A tananyagokat interdiszciplináris csapat állítja össze, amely klinikai szakértőből, pedagógiai szakemberből, instruktív designerből és fejlesztőből áll.

Rendszergazda / logisztikai koordinátor: Az eszközpark hardveres és szoftveres felügyeletét, a frissítések kezelését, valamint a kiszállítást és karbantartást végzi. Jelenleg a „hub and spoke” logisztikai modell „milk-run” típusú kiszállítással optimális megoldást kínál, ám ez néhány éven belül elavulhat, mivel a VR-headsetek gyorsan növekvő penetrációja azt vetíti előre, hogy a jövőben a legtöbb felhasználó saját eszközzel fog rendelkezni.

GAZDASÁGI ELEMZÉS: ROI ÉS CBA KERET

Egy országos VR oktatási központ, a value-based oktatás logikáját követi, ahol a minőség mérhető javulása mellett a fajlagos költség csökkenése elérhető cél, azaz a Porter–Teisberg költség-minőség paradoxon feloldható. A megtérülés értékelésére a Cost–Benefit Analysis (CBA) és egy 3–5 éves ROI-modell alkalmazása javasolt [3,7]. A Porter–Teisberg-féle költség-minőség paradoxon azt állítja, hogy a minőség javítása szükségszerűen magasabb költséggel jár. A VR-hub ennek ellentmond, mert a centralizált tananyagfejlesztés, a digitális skálázhatóság és az utazással vagy infrastruktúrával kapcsolatos költségek eliminálása miatt a képzési kimenetek (teljesítmény, hibaarány, elégedettség) javulnak, miközben a fajlagos oktatási költség csökken.

Ez az értékalapú oktatás logikájával összhangban csak költség-haszon elemzés (Cost–Benefit Analysis, CBA) és többéves ROI-modell alkalmazásával igazolható, mivel a VR-rendszer beruházás-centrikus (CAPEX) jellegű, és megtérülése időben elnyújtott. A modell ezért nem projektalapon, hanem infrastruktúráként kezelendő.

Költségek (CAPEX / OPEX)

A VR-alapú egészségügyi oktatás bevezetésének és fenntartásának pénzügyi tervezése megköveteli a kezdeti nagyberuházási (Capital Expenditures, CAPEX) és működési vagy operatív (Operational Expenditures, OPEX) költségek pontos elkülönítését és meghatározását. A fenntartható és méretezhető rendszer kiépítéséhez nem csupán a kezdeti infrastruktúra beszerzése, hanem a folyamatos működtetés és fejlesztés költségvonzatai is számottevőek. Az alábbi felsorolás ezeket a költségtípusokat rendszerezi.

Ez a strukturált megközelítés lehetővé teszi a döntéshozók számára a pénzügyi tervezés és erőforrás-allokáció megalapozott előkészítését.

- **CAPEX:** VR-eszköz flotta (tartalék egységekkel), haptikus perifériák, töltő- és szállítóládák, kezdeti tartalomfejlesztés, platformlicenc és beállítási költségek.

- **OPEX:** eszközkarbantartás, biztosítás, fertőtlenítés, tárhely és sávszélesség, éves minőségbiztosítás, verziófrissítések, oktatói díjak, logisztika.

Hasznok

Ezen új modell bevezetése nemcsak technológiai újítást jelent, hanem több dimenzióban is mérhető haszonnal jár. Ezek a hasznok túlmutatnak az oktatás digitalizációján. Rendszerszintű hatékonyságnövelést, költségcsökkentést, hozzáférés-bővítést és minőségi javulást eredményezhetnek. Az alábbi pontok ezek strukturált bemutatását szolgálják:

Költségmegtakarítás: utazás és szállás kiváltása hallgatói és oktatói oldalon.

Infrastruktúra-hatékonyság: épületüzemeltetés megtakarítása, skill lab terembérték és fogyóanyag-megtakarítás, a technikai, demonstrációs és a szükséges kiszolgálóeszközök és anyagok csökkenése.

Időnyereség: rövidebb, fókuszált tanulási egységek, párhuzamos képzések lehetősége, utazási idő nincs. Az epizodikus memória elérésének lehetősége miatt a leggyorsabb, legmélyebb bevésődést okozó, legtartósabb oktatási módszer.

Minőségnyereség: kevesebb hibaköltség, jobb vizsgaeredmények, hatékonyabb betegellátás.

Hozzáférés-bővülés/szegregációcsökkentés: regionális és anyagi esélyegyenlőség, nagyobb hallgatói kohorszok elérése. Az utazási és szállásköltségek megszüntetésével jelentős hallgatói tehercsökkentés, valamint a VR-eszközön kívül nincs oktatási, gyakorlási, demonstrációs eszköz- vagy anyagigény.

Humánerőforrás-gazdálkodás: Egy oktató bárhol és akár egy időben több helyen is képes oktatni azonos témában. A dolgozók munkaidő-kihasználtsága megsokszorozható.

Már bizonyítást nyert, hogy a centralizációból fakadó méretgazdaságosság és a közös tananyagkatalógus több mint 20%-os fajlagos költségcsökkenést eredményezhet a decentralizált („szigetszerű”) megoldásokhoz képest [5].

HAZAI PILOT

VR-alapú kríziskezelési oktatás az Országos Mentőszolgálat és a NATO Katona-egészségügyi Kiválósági Központjának közös projektje [4]. Dr. Kádár Balázs és jómagam – mint a Semmelweis Egyetem Közszerkeleti Karának Egészségügyi Menedzser szakos hallgatói – közös projektmunkaként valósítottunk meg hazánkban elsőként egy olyan összehasonlító méréseket lehetővé tevő kísérleti oktatást, amely eredményeit és tapasztalatait az alábbiakban foglalom össze.

Cél és design

SMART cél: egy meglévő OMSZ-kríziskezelési kurzus VR-környezetbe integrálása 6 hónapon belül, hatékonyság-mérés tanulási és költség-idő mutatókkal. A projekt elsődle-

ges célja az OMSZ kríziskezelési kurzusának teljes körű VR-adaptációja volt úgy, hogy a képzés klinikai tartalma változatlan maradjon, miközben a tanulási folyamat interaktívabbá, visszamérhetővé és párhuzamosíthatóvá válik. A cél kifejezetten kettős volt: egyrészt pedagógiai-módszertani bizonyítékot szolgáltatni arra, hogy a VR legalább nem rosszabb, de lehetőség szerint jobb kimenetet ad a jelenléti képzéshez képest; másrészt gazdasági-működésirányítási szinten igazolni, hogy központosított üzemeltetéssel a fajlagos oktatási költség csökkenthető.

A projekt ennek érdekében előre rögzített elsődleges és másodlagos végpontokkal dolgozott. Elsődleges végpontként a posztteszt-teljesítményt és a gyakorlati blokkok végrehajtási idejét célozta meg, nem-inferioritási, törekvés szintjén szuperioritási elvárással. Másodlagos végpontként az elégedettségi mutatókat ($\geq 4/5$ célérték), a VR-tolerálhatóságot (cyber sickness $< 5\%$), valamint egy modellalapú költségszámítás kimeneteit (középtávon $> 20\%$ fajlagos költségcsökkenés) jelölte meg. A célhoz hozzátartozott az oktatói szerep újradefiniálása is: a kurzus során a tréner feladata a VR-facilitátori moderáció, azonnali visszajelzés és a debriefing vezetése volt, nem pedig a frontális ismeretátadás.

Operatív értelemben a cél magában foglalta:

- a tananyag térképezését és VR-forgatókönyvvé konvertálását;
- a technikai infrastruktúra beállítását (Meta Quest 2/3, licencelt VR-tér, stabil hálózat);
- az oktatók rövid, célzott felkészítését a VR-facilitátori szerepre;
- a mérési rendszer kialakítását (elő/utóteszt, időmérés, incidensnapló, elégedettségi skálák);
- és egy olyan üzemeltetési protokoll kidolgozását, amely alkalmas a későbbi hub-and-spoke skálázásra.

A cél a vállalt korlátok között valósult meg: hat hónapos időkeret, meglévő eszközparkra támaszkodó megvalósítás, adatvédelmi megfelelés (pszeudonimizált teljesítményadatok), valamint szolgálati terheléshez igazított ütemezés. A siker kritériuma a VR-csoport nem-inferioritásának igazolása a tanulási kimenetekben, a résztvevői elfogadás magas szintje, a kiberbetegség alacsony előfordulása és a központosított modell gazdasági előnyét jelző pozitív ROI-prognózis. A végső cél tehát egy validált, skálázható, minőségbiztosított VR-oktatási komponens létrehozása volt, amely az OMSZ továbbképzési rendszerébe szervesen illeszthető és országos VR-hub modellben replikálható.

- Kutatási terv: kvázi-kísérlet két párhuzamos csoporttal (hagyományos jelenléti vs. VR).
- Résztvevők: 11 kivonuló/mentésirányító hallgató, 4 klinikai szakpszichológus oktató.
- Beavatkozás: azonos tananyag, azonos oktatók, VR-ben multiuser előadótér, avatárok, interaktív helyzetgyakorlatok és debriefing.
- Mérés: elő- és utóteszt (tudás/attitűd, strukturált és félig strukturált kérdőívek), időmérés, elégedettségi skálák, technikai incidensnapló.

- Eszkőpark: Meta Quest 3/2 headsetek, nagy teljesítményű laptop host, licencelt VR-tér, dedikált technikai támogatás, tartalék akkumulátorok.

EREDMÉNYEK

- Tanulási kimenet: a résztvevők 93%-ánál pozitív előrelépés; a VR-csoportban magasabb arányú javulás.
- Időnyereség: ~30%-kal rövidebb gyakorlati blokk végrehajtás azonos tanulási célok mellett.
- Elégedettség: $\geq 4/5$ átlagos értékelés élmény, interakció és hasznosság terén (hallgatók és oktatók).
- Tolerálhatóság: $< 5\%$ -os VR-sickness előfordulás, enyhe és átmeneti tünetekkel.
- Megvalósíthatóság: VR-facilitátori szerep rövid képzéssel adaptálható; technikai tudás átadható.

Tanulságok

- A VR-alapú oktatás egyik legfontosabb tanuláserősítő eleme a strukturált debriefing. Lényege, hogy a szimulációs gyakorlatot követően a résztvevők és az oktató/facilitátor közösen, előre meghatározott kérdéssor és módszertan mentén értékelik a tapasztaltakat. A cél nem csupán a hibák azonosítása, hanem a döntési folyamatok, a kommunikáció, az érzelmi reakciók és a csapatmunka tudatosítása is.
- A Kádár–Kecskés pilot során ez a módszer nemcsak a kognitív, hanem az affektív tanulási dimenziót is megerősítette, és mérhetően javította a résztvevők önreflexióját és helyzetfelismerő képességét. A strukturált debriefing és az azonnali visszajelzés kulcsfontosságú a hatásmaximalizáláshoz[1]. Ezzel megegyező következtetésre jutottunk.
- A krízishelyzetek szerepjátékos moduljai VR-ben jól skálázhatók, a standard forgatókönyvek megbízhatósága növelhető.
- A többfelhasználós jelenlét növeli a bevonódást, de moderátori kompetenciákat igényel.
- Az instrukciós design optimalizálása (rövid blokkok, döntési pontok) mérhetően javítja a kimeneteket.

Korlátok: kis mintaszám, egy helyszín, modellalapú gazdasági becslések, amelyek további validációt igényelnek[4].

A FENNTARTHATÓ VR-OKTATÁSI MODELL KIALAKÍTÁSÁNAK KERETEI ÉS FELTÉTELEI

A pilotprogram során szerzett tapasztalatok alapján megfogalmazott megvalósítási ajánlások célja egy országos léptékű, fenntartható VR-alapú oktatási rendszer kialakítása. A javasolt modell középpontjában egy országos VR oktatási központ áll, amely centralizált módon biztosítaná a digitális tananyagok egységes szerkezetét, a működéshez szükséges technológiai infrastruktúrát, valamint a minőségbiztosítási és akkreditációs folyamatok szakmai kereteit.

A VR-hub funkcióinak egyik alappillére egy digitális tananyagkatalógus lenne, amely kizárólag akkreditált, szakma-

ilag ellenőrzött (peer review) oktatási modulokat tartalmaz. Ezen tananyagok hozzáférhetőségét és verziókövetését országosan koordinált szerverhálózat, karbantartási rendszer, valamint egy dedikált szakértői stáb garantálná. Ez a struktúra a VR-eszközök és -szoftverek stabil működéséhez, valamint az oktatási tartalmak konzisztens minőségéhez egyaránt elengedhetetlen.

A tananyagok hitelessége és naprakészsége érdekében alapvető fontosságú egy átlátható akkreditációs keretrendszer kialakítása. Ez rögzítené a VR-tananyagok fejlesztési, validálási és frissítési lépéseit, amelyeket éves rendszerességgel szakértői értékelés (peer review) és verziómenedzsment egészítené ki. A rendszer átláthatósága érdekében a kapcsolódó dokumentációk nyilvánosan hozzáférhetők lennének a szakmai közösség számára, elősegítve az együttműködésen alapuló fejlesztést.

A rendszer működésének egyik kritikus sikertényezője a VR-facilitátorok képzése. Ezek a szakemberek nem csupán a technológia üzemeltetéséért, hanem a tanulási folyamat pedagógiai irányításáért is felelősek lennének. Ennek megfelelően rövid, célzott mikroképzések bevezetése indokolt, amelyek lefedik a VR-didaktika, a biztonságos eszközhasználat és a reflexióvezérelt debriefing alapjait. Az intézményi szintű minőség fenntartására és terjesztésére egy „mesteroktatói” hálózat létrehozása javasolt, amely regionális szinten támogatná a facilitátorokat, valamint koordinálná a jó gyakorlatok terjedését.

Az infrastruktúra finanszírozása célzott beruházási (CAPEX) programokon keresztül valósulhatna meg, amelyek központilag segítenék a VR-eszközök beszerzését és azok működtetését. Ennek kiegészítéseként egy központi logisztikai rendszerre is szükség lenne, amely a „hub and spoke” modell logikája mentén szervezné az eszközpark mobilitását, karbantartását és frissítését. A hozzáférés esélyegyenlőségének biztosítása érdekében egy szociális alapú támogatási mechanizmus bevezetése is indokolt, amely lehetővé tenné az alacsonyabb erőforrásokkal rendelkező intézmények bevonását is.

A tanulásmenedzsment-rendszerekbe (LMS) való integráció szintén kulcsfontosságú. A VR-hub kompatibilis lehetne a már működő rendszerekkel – például Neptun vagy Moodle –, így automatizálva a tanulmányi előrehaladás nyilvántartását, valamint az oktatói visszajelzések rögzítését. A rendszer fejlett tanulásanalitikára is képes lenne, amely pszeudonimizált formában gyűjtené és elemezné a tanulói teljesítményadatokat, összhangban a hatályos adatvédelmi előírásokkal.

A modell tudományos megalapozása és gyakorlati validálása érdekében elengedhetetlen egy több helyszínen, több egészségügyi szakterületen megvalósuló pilot-ökoszisztéma létrehozása. A kísérleti programok során egységes mérőszámokat kellene alkalmazni – például végrehajtási idő, hibaarány, önhatékonyság, elégedettségi mutatók –, amelyek lehetővé tennék a különböző kontextusokban elért eredmények összehasonlíthatóságát és tudományos érvényességét.

Összességében elmondható, hogy a bemutatott megvalósítási javaslatok egy olyan rendszerszintű, érték alapú

VR-oktatási modellt körvonalaznak, amely nemcsak technológiai innovációként értelmezhető, hanem az egészségügyi felsőoktatás átfogó modernizációjának egyik lehetséges alappillére is képezheti.

ÖSSZEFOGLALÁS

A VR-hub modell összhangban áll a nemzetközi trendekkel, amelyek a standardizált minőség és a skálázhatóság felé mozdítják az egészségügyi képzéseket [2,6]. Széles körű szakirodalmi áttekintés után kijelenthető, hogy a legnagyobb hozzáadott érték az eljárás- és készségalapú képzésekben, a kockázatos vagy ritka klinikai helyzetek gyakorlásában és a kommunikációs és krízishelyzetek szerepjátékos moduljaiban érhető el.

A magyar egészségügyi oktatási rendszer sajátosságai – fragmentált infrastruktúra, hiányos és leterhelt humán erőforrás, regionális különbségek – kifejezetten VR-kompatibilisek (amennyiben eltekintünk a humán erőforrás előregettsége indukálta digitális képzetlenségtől). Ez azt jelenti, hogy az országos szintű, központosított, VR-alapú egészségügyi oktatás bevezetése jelentős, látványos eredmények elérését tenné elérhetővé, azaz egyszerre javítaná a hozzáférést, a minőséget, és csökkentené a fajlagos költségeket [5]. A VR-alapú oktatás bevezetése ugyanakkor nem azonnali költségcsökkenést jelent. A kezdeti tartalomfejlesztés (szoftverfejlesztés, licenc, informatikai infrastruk-

túra) jelentős CAPEX-kategóriába tartozik. A fajlagos költségcsökkenés és a méretgazdaságosság ezért csak akkor érvényesül, ha a VR-tartalmak több képzési ciklusban, széles intézményi körben, ismételten kerülnek felhasználásra (ROI-ciklus 3–5 év). A modell tehát nem rövid távú költségcsökkentést, hanem hosszú távú, értékalapú megtérülést céloz, ennek megfelelően a fenntarthatóság feltétele a közös tartalomkatalógus, a licencmegosztás és a skálázható központosított modell.

Bizonyos fizikai visszajelzést igénylő, taktilis készségek (pl. palpáció, manuális eszközhasználat) továbbra is igénylik a fizikai szimulációs környezetet. A VR ezekben pre-training vagy kiegészítő szerepet tölthet be [11].

KÖVETKEZTETÉSEK

Az országos szintű VR-hub modell a hazai egészségügyi oktatás számára valós, értékalapú modernizációs lehetőséget kínál. A szisztematikus áttekintések és metaanalízisek igazolják a VR hatékonyságát a megfelelően megtervezett tanulási környezetekben. Empirikus bizonyítékként kell értékelni az első hazai pilot eredményeit, amelyek jelentős időmegtakarítást, magas elégedettséget és pozitív tanulási kimeneteket mutatnak. A modell validálható, annak rendszer-szintű integrációja és többcentrumos kísérletek révén. Javasolt a kísérleti alkalmazás kiterjesztése országos szintre, ROI- és CBA-monitoringgal kiegészítve.

IRODALMI HIVATKOZÁSOK

- [1] Lin X, Li R, Chen Z, Xiong J. Design strategies for VR science and education games from an embodied cognition perspective: a literature-based meta-analysis. *Front Psychol.* 2023;14:1292110. doi:10.3389/fpsyg.2023.1292110
- [2] Mistry D, Brock CA, Lindsey T. The Present and Future of Virtual Reality in Medical Education: A Narrative Review. *Cureus.* Dec 2023;15(12):e51124. doi:10.7759/cureus.51124
- [3] Kraus K, Berger M, Keller T, Brucker-Kley E: VR-Based Workplace Training and Spaces of Learning: A Social Space Study of VR Training for Apprentice Electricians. *International Journal for Research in Vocational Education and Training.* 02/08 2025;12. doi:10.13152/IJRVET.12.2.1
- [4] Kádár B, Kecskés A. VR képességfejlesztés / A virtuális valóság (VR), mint képesség bevezetése a szervezeten belüli oktatások alternatív megoldásaként. *SE-EMK Projektmunka* 2024.
- [5] Bogár PZ, Tóth L, Rendeki S, et al. Az egészségügyi szimulációs oktatás jelene és jövője Magyarországon. *Hungarian Medical Journal / Orvosi Hetilap.* 2020; 161(26):1078-1087. doi:10.1556/650.2020.31761
- [6] Wong J, Azam AB, Cao Q, et al. Evaluations of Virtual and Augmented Reality Technology-Enhanced Learning for Higher Education. *Electronics.* 04/18 2024;13:1549. doi:10.3390/electronics13081549
- [7] Bilovus L, Vasylyuk O. Use of Immersive Multifunctional Hub in the Educational Process for the Study of Humanities. *Ukrainian Journal on Library and Information Science.* 12/23 2024;152-160. doi:10.31866/2616-7654.14.2024.318333
- [8] Castro-Alonso, J.C., Ayres, P., Zhang, S. et al. Research Avenues Supporting Embodied Cognition in Learning and Instruction. *Educ Psychol Rev.* 01/19 2024;36. doi:10.1007/s10648-024-09847-4
- [9] Makransky G, Petersen G. The Cognitive Affective Model of Immersive Learning (CAMIL): A Theoretical Research-Based Model of Learning in Immersive Virtual Reality. *Educational Psychology Review.* 09/01 2021;33. doi:10.1007/s10648-020-09586-2
- [10] Kyaw BM, Saxena N, Posadzki P, et al. Virtual Reality for Health Professions Education: Systematic Review and Meta-Analysis by the Digital Health Education Collaboration, *J Med Internet Res* 2019;21(1):e12959. doi: 10.2196/12959
- [11] Kovács G. Possible Negative Physical and Psychological Effects of VR-Based Training/Preparation in the Defence Sector II.; A védelmi szférában alkalmazható VR-alapú képzés/felkészítés lehetséges negatív fizikai és pszicho-

lógiai hatásai II. Military Engineer; Vol 18 No 4 (2023): Military Engineering; 31-51; Hadmérnök; Évf. 18. szám 4 (2023): Hadmérnök. 2024;
doi:10.32567/hm.2023.4.3

[12] Usmani SS, Sharath M, Mehendale M: Future of mental health in the metaverse. Gen Psychiatr. 2022;35(4): e100825.
doi:10.1136/gpsych-2022-100825

A SZERZŐ BEMUTATÁSA



Kecskés Attila főhadnagy a NATO Katona-egészségügyi Kiválósági Központ (NATO KEKK) Kiképzési Osztályának egészségügyi tisztje. Több éves hazai és nemzetközi tapasztalattal rendelkezik multidiszciplináris intenzív terápiás osztályon, valamint a Honvédkórház Központi Sürgősségi Betegellátó Osztályának ambulanciáján, ahol hosszú időn keresztül műszakvezetőként tevékenykedett. Három afganisztáni misszióban szolgált a német tábori kórház intenzív osztályán, multinacionális környezetben, összesen több mint két év időtartamban. A NATO KEKK-en belül felelős a

katona-egészségügyi képzések tervezéséért, szervezéséért, virtuális valóság képesség kialakításáért, valamint az ehhez kapcsolódó fejlesztési, oktatási és kutatási feladatok koordinálásáért. Emergency Management of Battlefield Injuries Course (EMBI) kurzusigazgatója. Ápoló BSc és Egészségügyi Menedzser MSc diplomával rendelkezik, óraadóként oktat a Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Kar Társadalomtudományi Tanszékén, a Humanitárius Egészségmenedzsment tárgy keretében. Szakmai érdeklődésének középpontjában a mesterséges intelligencia és a virtuális valóság katonai orvoslásban és egészségügyi képzésben történő alkalmazása áll, különös tekintettel az innovatív oktatástechnológiai megoldások integrációjára.

katona-egészségügyi képzések tervezéséért, szervezéséért, virtuális valóság képesség kialakításáért, valamint az ehhez kapcsolódó fejlesztési, oktatási és kutatási feladatok koordinálásáért. Emergency Management of Battlefield Injuries Course (EMBI) kurzusigazgatója. Ápoló BSc és Egészségügyi Menedzser MSc diplomával rendelkezik, óraadóként oktat a Semmelweis Egyetem Egészségtudományi Kar Társadalomtudományi Tanszékén, a Humanitárius Egészségmenedzsment tárgy keretében. Szakmai érdeklődésének középpontjában a mesterséges intelligencia és a virtuális valóság katonai orvoslásban és egészségügyi képzésben történő alkalmazása áll, különös tekintettel az innovatív oktatástechnológiai megoldások integrációjára.