

V medicíně nachází VR uplatnění v širokém spektru oblastí jak pro lékaře, tak pro pacienty. Tento článek poskytuje přehled o rozvoji a trendech využití VR v neurologii, respektive v oblastech neurochirurgie, neurorehabilitace a neuropsychiatrie s cílem představit současný stav, perspektivy a některé ze slibných a inovativních oblastí aplikace, jež jsou zkoumány zejména v posledních několika letech.

Virtuální a augmentovaná realita

Technologii virtuální reality lze definovat jako souhrn hardwarových a softwarových systémů, které cílí na dosažení komplexní a imerzivní smyslové iluze přítomnosti jedince v jiném prostředí (Biocca et Levy, 1995), a to primárně za účelem poskytnutí ovladatelné a reprodukovatelné sensoricko-motorické a kognitivní aktivity (Fuchs et al., 2006). Důležitý aspekt VR spočívá v tom, že jedinec si uvědomuje pouze velmi omezeně až minimálně, že se nachází v uměle vytvořeném prostředí a vnímá v něm svoji přítomnost, což je v případě výzkumu zásadní pro jeho ekologickou validitu (Thurley, 2022). Pro svoji schopnost působit na jedince do té míry, že se cítí v simulovaném prostředí skutečně přítomen, je VR označována jako imerzivní.

Z pohledu uživatele tak VR umožňuje prožívat přítomnost ve virtuálních světech se všemi jejími aspekty, od volného pohybu, interakce s prostředím a jeho prvky až po interakci sociální, ať už s jinými uživateli, nebo charaktery řízenými umělou inteligencí. Právě sociální interakce je důležitým prvkem VR, jejíž význam a pozitivní vliv na redukci úzkosti a pocitů sociální izolace byl studován v době pandemie covidu-19 v letech 2020/21 (Kenyon et al., 2023).

Na tomto místě je vhodné představit také související technologii augmentované reality (AR), kdy nedochází k celkovému nahrazení reality jako u VR, ale k jejímu rozšíření, augmentaci prostřednictvím umělých sensorických vjemů. AR je tedy založena na superpozici virtuálních objektů (počítačem generovaných obrazů, textu, zvuků atd.) do reálného prostředí (Faust et al., 2012). AR technologie průběžně skenuje okolní prostor za účelem rozpoznání a rozložení fyzických prvků a následně na základě údajů o pohybu uživatele a směru jeho pohledu upravuje po-

zici a perspektivu virtuálních objektů, které tak zůstávají zakotveny v prostoru stejně, jako by byly skutečné.

Typickými zařízeními pro VR a AR jsou náhlavní soupravy – brýle či helmy – poskytující stereoskopické zobrazování prostřednictvím samostatného displeje s dostatečně vysokým rozlišením pro každé oko, prostorový zvuk a případně zařízení pro haptickou odezvu.

Na rozdíl od prosté sensorické stimulace je VR interaktivní, neboť virtuální prostředí reaguje na chování uživatele v reálném čase a představuje tedy uzavřenou smyčku mezi stimulací, percepcí a akcí (Thurley, 2022). Z pohledu neurovědy je významná skutečnost, že fyziologické a psychologické reakce jedince v prostředí virtuální reality jsou velmi podobné těm skutečným (Sokołowska, 2024), což představuje účinnou a vysoce kontrolovatelnou techniku pro výzkum neuronálních korelátů percepce a chování (Thurley, 2022).

Neurochirurgie

Patrně nejvíce prostudovanou a v neurochirurgické praxi využívanou aplikací VR a AR je pre-operativní plánování a intra-operativní navigace (Paro et al., 2022), kdy je z dat získaných jednou nebo více zobrazovacími metodami rekonstruován trojrozměrný obraz požadované oblasti v kontextu skutečného prostoru, umožňující vnímání hloubky i manipulaci prostřednictvím přirozených pohybů rukou. Demonstrativní využití AR umožňující interaktivní studium anatomických poměrů konkrétního pacienta je zobrazeno na obrázcích 1 až 3 níže (obrazová dokumentace použita se souhlasem pacientky).

Další oblastí využití VR jsou simulace zákroků za účelem výuky, nácviku nebo zdokonalení určitých technik nebo postupů v krizových situacích, přičemž existující systémy nabízejí mnohé konkrétní procedury, jako je zavedení ventrikulostomického katétru nebo modely subpiální resekce (Mishra et al., 2022).

Značný potenciál nabízí aplikace VR v tele-proctoringu, kdy je možné školení chirurgů v komplexních zákrocích bez ohledu na jejich geografickou lokaci, což bylo v praxi demonstrováno v řadě případů, kdy chirur-

gům provádějícím operaci v nízkopříjmových zemích asistují skrze VR zahraniční mentoři (Higginbotham, 2021).

Poněkud kontroverzním tématem je využití VR za účelem seznámení pacienta se zákrokem, poučení a následného získání informovaného souhlasu. Ačkoli dle jedné z provedených studií (Perin et al., 2020) pacienti tuto možnost ocenili a jejich objektivní porozumění dané proceduře bylo vyšší než v kontrolní skupině, dodatečné informace a zejména pak informace o možných rizicích, komplikacích a jejich následcích mohou u pacientů zhoršit případné obavy a úzkost. Problematické však může být i vytvoření falešného pocitu bezpečí v případě, kdy se skutečná procedura od použité simulace odchýlí (Mishra et al., 2022).

Využití plného potenciálu VR jako diagnostického nástroje bylo blíže zkoumáno až v poslední dekádě, přičemž dosavadní poznatky naznačují, že diagnostická přesnost a účinnost neurozobrazovacích metod – o něž se do značné míry opírá rozhodování a tvorba diagnózy v cerebrovasikulární a neurointervenční chirurgii – mohou být prostřednictvím VR výrazně navýšeny (Mitha et al., 2013). Jedna z publikovaných prací například při srovnání VR a konvenčních zobrazovacích metod naznačuje, že v diagnostice intrakraniálních aneurysmat, zejména pak malých a těch, která přiléhají ke spodině lebeční, dosahuje VR lepších výsledků (Liu et al., 2018). Právě v užití VR k diagnostickým účelům však v současnosti dochází k enormnímu pokroku v kombinaci s analýzou dat umělou inteligencí (AI), poskytující okamžitou a komplexní analýzu anatomických struktur a jejich lézí (Wu et al., 2024).

Specifickým případem je užití VR během awake kraniotomie, kde umožňuje mapování komplexních kognitivních funkcí (Mofatteh et al., 2022). Publikované práce naznačují účinnost v intra-operativním testování zorného pole (Mazerand et al., 2017), řeči (Delion et al., 2020) a sociální kognice (Bernard et al., 2018). U posledního zmíněného interagoval pacient ve VR s avatarem (vizuální reprezentací osoby ve virtuálním prostředí) neuropsychologa, jehož gesta měl popsat a reprodukovat. Výhodou tohoto přístupu je rychlá, jednoznačná reakce pacienta a sku-