مروری بر کارآمدی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی (VR) و ابزارهای هوشمند در درمان اختلال استرس پس از تروما (PTSD) ناشی از جنگ و بحران‌های نظامی

احمدرضا بهروزی [۱]، سارا نیرو [۲]

۱- کارشناسی روانشناسی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

رایانامه: AhmadReza.Behroozi.Official@gmail.com

۲-کارشناسی ارشد روانشناسی بالینی، واحد شیراز، دانشگاه آزاد اسلامی، شیراز، ایران.

رایانامه: niroosara9@gmail.com

چکیده

اختلال استرس پس از سانحه (PTSD) یکی از پیامدهای مهم روان‌شناختی جنگ و بحران‌های نظامی است که می‌تواند عملکرد فردی، خانوادگی و اجتماعی افراد آسیب‌دیده را به‌طور قابل‌توجهی مختل کند. با وجود اثربخشی درمان‌های مبتنی بر شواهد، محدودیت‌هایی مانند دسترسی، هزینه، ترک درمان و دشواری اجرای مواجهه در برخی بیماران، توجه به فناوری‌های نوین سلامت روان را افزایش داده است. پژوهش حاضر با هدف مرور و جمع‌بندی شواهد موجود درباره کارآمدی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی (VR) و ابزارهای هوشمند در درمان PTSD ناشی از جنگ و بحران‌های نظامی انجام شد. این پژوهش از نظر هدف کاربردی و از نظر روش، یک مرور نظام‌مند بود که بر اساس اصول PRISMA انجام شد. مطالعات منتشرشده در بازه زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۶ در پایگاه‌هایPubMed ، ScienceDirect، Web of Science، Scopus، Google Scholar، SID، نورمگز، ISC و سیویلیکا جست‌وجو شدند. از میان ۸۰۰ رکورد شناسایی‌شده، پس از حذف موارد تکراری، بررسی عنوان و چکیده و اعمال معیارهای ورود و خروج، ۱۰ مطالعه واجد شرایط وارد بررسی نهایی شدند. مطالعات منتخب عمدتاً بر سربازان فعال، نیروهای نظامی سابق و کهنه‌سربازان مبتلا به PTSD مرتبط با جنگ تمرکز داشتند و مداخلاتی شامل درمان مواجهه با واقعیت مجازی، 3MDR، ترکیب VR با تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای، بازخورد زیستی مبتنی بر تغییرپذیری ضربان قلب، درمان شناختی ـ رفتاری اینترنتی و درمان مواجهه طولانی‌مدت تحت وب را بررسی کردند. نتایج نشان داد که ۸ مطالعه کاهش معنادار یا بالینی علائم PTSD را در حداقل یکی از پیامدهای اصلی گزارش کردند، در حالی که ۲ مطالعه کاهش معنادار نمره کلی PTSD را در مقایسه اصلی نشان ندادند. همچنین، در مطالعات مقایسه‌ای، VRدر اغلب موارد مؤثر بود، اما برتری قطعی و پایدار آن نسبت به درمان‌های مواجهه‌ای متعارف مشاهده نشد. بر اساس یافته‌ها، VRو برخی ابزارهای هوشمند ظرفیت قابل‌توجهی برای تسهیل، شخصی‌سازی و افزایش دسترسی به درمان PTSD مرتبط با جنگ دارند؛ با این حال، شواهد فعلی بیشتر از کاربرد این فناوری‌ها به‌عنوان ابزار مکمل یا بستری برای ارائه درمان‌های مبتنی بر شواهد حمایت می‌کند و برای تعیین جایگاه دقیق آن‌ها، انجام پژوهش‌های بزرگ‌تر، چندمرکزی و با دوره پیگیری طولانی‌تر ضروری است.

کلمات کلیدی: واقعیت مجازی، اختلال استرس پس از سانحه، جنگ و بحران‌های نظامی، درمان مواجهه‌ای با واقعیت مجازی، ابزارهای هوشمند.

۱. مقدمه

اختلال استرس پس از سانحه (Post-Traumatic Stress Disorder: PTSD) یکی از مهم‌ترین اختلالات مرتبط با تجربه رویدادهای تروماتیک است که می‌تواند به دنبال مواجهه مستقیم یا غیرمستقیم با مرگ، آسیب جدی، خشونت یا سایر رویدادهای تهدیدکننده ایجاد شود. این اختلال در طبقه اختلالات مرتبط با تروما و عوامل استرس‌زا قرار می‌گیرد و زمانی مطرح می‌شود که مجموعه‌ای از علائم پس از تجربه سانحه، به‌صورت پایدار ادامه یافته و موجب ناراحتی قابل‌توجه یا اختلال در عملکرد فردی، اجتماعی یا شغلی شود [۱]. بر اساس معیارهای تشخیصی، تظاهرات اصلی PTSD در چهار خوشه عمده شامل بازتجربه یا نفوذ خاطرات مرتبط با سانحه، اجتناب از افکار و محرک‌های مرتبط با آن، تغییرات منفی در شناخت و خلق، و تغییرات برانگیختگی و واکنش‌پذیری خلاصه می‌شود [۱،۲]. بازتجربه می‌تواند به شکل خاطرات مزاحم، کابوس‌ها و فلش‌بک‌ها ظاهر شود؛ اجتناب شامل تلاش برای دوری از افکار، احساسات، افراد، مکان‌ها یا موقعیت‌های یادآور سانحه است؛ تغییرات شناختی و هیجانی می‌تواند با باورهای منفی، احساس گناه یا شرم، کاهش علاقه، احساس بیگانگی و کاهش تجربه هیجانات مثبت همراه باشد؛ و در نهایت، برانگیختگی و واکنش‌پذیری افزایش‌یافته می‌تواند به شکل تحریک‌پذیری، گوش‌به‌زنگی، پاسخ از جاپریدن اغراق‌آمیز، مشکلات تمرکز و اختلال خواب بروز کند [۱،۲]. اهمیت بالینی PTSD تنها به وجود علائم روان‌شناختی محدود نمی‌شود، بلکه این اختلال با اختلال در عملکرد اجتماعی، کیفیت زندگی و استفاده بیشتر از خدمات سلامت نیز ارتباط دارد [۳،۴]. مرورهای جدید شیوع PTSD را در جمعیت‌های مختلف بسیار متغیر گزارش کرده‌اند که بخشی از این تفاوت به نوع جمعیت، شدت و نوع تروما و روش‌های تشخیص و اندازه‌گیری مربوط است[۴].

در میان انواع تجارب تروماتیک، جنگ و بحران‌های نظامی از مهم‌ترین زمینه‌های ایجاد PTSD به شمار می‌روند؛ زیرا افراد حاضر در این شرایط ممکن است به‌طور مکرر و طولانی‌مدت با تهدید مرگ، جراحت، از دست دادن نزدیکان، خشونت، تخریب محیط زندگی، آوارگی و مشاهده صحنه‌های دلخراش مواجه شوند. این خطر نه‌تنها سربازان و نیروهای نظامی را دربرمی‌گیرد، بلکه جانبازان، پناهجویان و غیرنظامیان ساکن مناطق درگیر جنگ را نیز شامل می‌شود. شواهد حاصل از یک فراتحلیل جدید در مناطق تحت تأثیر درگیری‌های مسلحانه نشان داد که شیوع علائم PTSD در میان غیرنظامیان درگیر جنگ حدود ۲۳/۷ درصد بوده است [۵]. همچنین، مرورهای نظام‌مند در جمعیت‌های نظامی نشان داده‌اند که میزان PTSD در نیروهای نظامی و کهنه‌سربازان می‌تواند قابل‌توجه باشد و بسته به ویژگی‌های نمونه، نوع مواجهه رزمی و روش ارزیابی تفاوت زیادی داشته باشد [۶]. در مورد جنگ ایران و عراق نیز یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل، شیوع تجمعی PTSD را در میان رزمندگان، جانبازان و آزادگان حدود ۲۷/۸ درصد گزارش کرده است [۷]. پیامدهای این اختلال نیز فراتر از سطح فردی است؛ PTSD می‌تواند با کاهش کیفیت زندگی، اختلال در عملکرد اجتماعی و شغلی، مشکلات روابط بین‌فردی و افزایش بار اقتصادی و درمانی همراه باشد [۳،۴،۸]. ازاین‌رو، شناسایی روش‌های مؤثر، قابل‌دسترسی و قابل‌قبول برای درمان PTSD مرتبط با جنگ، از اهمیت بالینی و اجتماعی ویژه‌ای برخوردار است.

در حال حاضر، درمان‌های روان‌شناختی مبتنی بر شواهد، از جمله درمان شناختی ـ رفتاری(CBT) ، درمان‌های مواجهه‌ای مانند مواجهه طولانی‌مدت(PE) ، درمان پردازش شناختی (CPT) و حساسیت‌زدایی و پردازش مجدد با حرکات چشم (EMDR)، از مهم‌ترین رویکردهای درمانی PTSD محسوب می‌شوند [۹]. شواهد حاصل از مطالعات جدید همچنان اثربخشی CBT و درمان‌های متمرکز بر تروما را در کاهش علائم PTSD تأیید می‌کنند [۱۰] و راهنماهای بالینی جدید نیز استفاده از درمان‌های روان‌درمانی ساختاریافته، از جمله مواجهه طولانی‌مدت، درمان پردازش شناختی و EMDR را توصیه کرده‌اند [۹]. با وجود این، اثربخشی یک درمان در شرایط پژوهشی لزوماً به معنای دسترسی و استفاده گسترده از آن در شرایط واقعی نیست. اجرای این درمان‌ها می‌تواند با موانعی همچون محدودیت دسترسی به متخصصان آموزش‌دیده، فاصله جغرافیایی، هزینه، زمان موردنیاز، منابع انسانی محدود، دشواری حفظ مشارکت درمانی و ترک درمان مواجه شود

[۱۱،۱۲]. این مسئله در جمعیت‌های آسیب‌دیده از جنگ اهمیت بیشتری پیدا می‌کند؛ زیرا گسترش جغرافیایی جمعیت‌های آسیب‌دیده، کمبود متخصصان سلامت روان و شرایط ناپایدار اجتماعی می‌تواند دسترسی به درمان‌های حضوری را دشوارتر کند. بنابراین، مسئله اصلی صرفاً یافتن درمان‌های مؤثر نیست، بلکه توسعه شیوه‌هایی است که بتوانند شواهد درمانی موجود را با دسترسی بیشتر و انعطاف‌پذیری بالاتر در اختیار افراد مبتلا قرار دهند.

همزمان با این چالش‌ها، پیشرفت فناوری‌های دیجیتال زمینه ظهور رویکردهای نوینی را در سلامت روان فراهم کرده است. واقعیت مجازی(Virtual Reality: VR) ، اپلیکیشن‌های تلفن همراه، پلتفرم‌های سلامت دیجیتال، ابزارهای پوشیدنی، بازخورد زیستی(Biofeedback) ، نوروفیدبک و فناوری‌های مبتنی بر هوش مصنوعی از جمله فناوری‌هایی هستند که در سال‌های اخیر در حوزه PTSD مورد توجه قرار گرفته‌اند [۱۲،۱۳]. واقعیت مجازی با ایجاد محیط‌های شبیه‌سازی‌شده و کنترل‌پذیر می‌تواند امکان اجرای مواجهه درمانی تدریجی و شخصی‌سازی‌شده را فراهم کند. شواهد حاصل از مطالعات و فراتحلیل‌ها نشان داده‌اند که مداخلات مبتنی بر VR می‌توانند در کاهش علائم PTSD مؤثر باشند، اگرچه میزان برتری آن‌ها نسبت به درمان‌های فعال و متعارف هنوز به‌طور قطعی مشخص نشده است [۱۴،۱۵]. در یک فراتحلیل جدیدتر، درمان مواجهه درجه‌بندی‌شده مبتنی بر واقعیت مجازی اثر قابل‌توجهی بر کاهش علائم PTSD در مقایسه با شرایط کنترل نشان داده است، هرچند ناهمگونی مطالعات و سهم بالای نمونه‌های نظامی ضرورت تفسیر محتاطانه نتایج را نشان می‌دهد [۱۴]. همچنین، مرور نظام‌مند کارآزمایی‌های تصادفی‌شده درباره درمان‌های مواجهه‌ای مبتنی بر سلامت دیجیتال نشان داده است که این مداخلات می‌توانند از نظر اثربخشی با درمان‌های حضوری قابل‌مقایسه باشند و در کاهش محدودیت‌هایی مانند فاصله، زمان، هزینه و نیاز به نیروی انسانی بالقوه مفید باشند؛ هرچند مشکلات فناورانه و کاهش ارتباط انسانی همچنان می‌توانند بر ماندگاری بیماران در درمان اثر بگذارند. [۱۲].

علاوه بر VR ، ابزارهای هوشمند دیگری نیز در حال توسعه و ارزیابی هستند. اپلیکیشن‌های تلفن همراه می‌توانند امکان ارائه آموزش، پایش علائم، تمرین‌های خودیاری و برخی اجزای درمان را خارج از محیط درمانی فراهم کنند [۱۳]. ابزارهای پوشیدنی نیز با امکان ثبت شاخص‌های فیزیولوژیک مانند ضربان قلب و تغییرپذیری ضربان قلب، ظرفیت پایش مستمر وضعیت برانگیختگی و ارائه بازخورد زیستی را ایجاد کرده‌اند. برای نمونه، یک فراتحلیل در سال ۲۰۲۴ در میان افراد نظامی مبتلا به PTSD نشان داد که بازخورد زیستی مبتنی بر تغییرپذیری ضربان قلب می‌تواند با کاهش علائم PTSD همراه باشد و میزان ترک درمان در مطالعات بررسی‌شده پایین بوده است [۱۶]. از سوی دیگر، هوش مصنوعی و یادگیری ماشین به‌طور فزاینده‌ای برای شناسایی الگوهای مرتبط با PTSD ، پیش‌بینی خطر، کمک به تشخیص، شخصی‌سازی مداخلات و پشتیبانی از فرایند درمان مورد بررسی قرار گرفته‌اند [۱۷،۱۸]. با این حال، این فناوری‌ها هنوز با چالش‌هایی همچون تعمیم‌پذیری مدل‌ها، کیفیت داده‌ها، حریم خصوصی، سوگیری الگوریتمی، ملاحظات اخلاقی و ضرورت نظارت بالینی مواجه‌اند [۱۷،۱۸]. بنابراین، فناوری‌های هوشمند را نمی‌توان جایگزین قطعی درمانگر دانست؛ بلکه در شرایط کنونی، بیشتر به‌عنوان ابزارهای مکمل یا روش‌هایی برای افزایش دسترسی، شخصی‌سازی و انعطاف‌پذیری درمان مورد توجه قرار می‌گیرند. رشد سریع پژوهش‌ها در این حوزه، ضرورت ارزیابی و جمع‌بندی شواهد موجود را افزایش داده است. در سال‌های اخیر، تعداد مطالعات مربوط به کاربرد فناوری‌های دیجیتال، VRو هوش مصنوعی در PTSD افزایش چشمگیری داشته است؛ برای مثال، یک مرور نظام‌مند و فراتحلیل درباره کاربرد یادگیری ماشین در PTSD نشان داد که بخش عمده مطالعات این حوزه در سال‌های اخیر منتشر شده‌اند [۱۷]. همچنین، مطالعات و مرورهای جدید درباره درمان‌های دیجیتال و VR نشان می‌دهند که شواهد مربوط به این فناوری‌ها در حال گسترش است، اما از نظر نوع فناوری، جمعیت مورد مطالعه، شدت تروما، نوع مداخله و شاخص‌های پیامد، ناهمگونی قابل‌توجهی وجود دارد [۱۲،۱۵]. ازاین‌رو، اگرچه مرورهای متعددی اثربخشی یک فناوری یا یک نوع مداخله دیجیتال را بررسی کرده‌اند، شواهد مربوط به کاربرد همزمان طیف فناوری‌های نوین درPTSD ،

به‌ویژه در زمینه تروماهای ناشی از جنگ و بحران‌های نظامی، همچنان پراکنده است. چنین شرایطی ضرورت یک بررسی منسجم از شواهد موجود درباره کارآمدی VR و سایر ابزارهای هوشمند را برجسته می‌کند؛ به‌خصوص برای مشخص کردن میزان اثربخشی، مزایا، محدودیت‌ها و ظرفیت استفاده از این فناوری‌ها در جمعیت‌هایی که با تروماهای مرتبط با جنگ مواجه شده‌اند.

بر این اساس، هدف مقاله حاضر، مرور و بررسی شواهد پژوهشی موجود درباره کارآمدی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی (VR)و ابزارهای هوشمند، از جمله اپلیکیشن‌های دیجیتال، فناوری‌های پوشیدنی، بازخورد زیستی و رویکردهای مبتنی بر هوش مصنوعی، در کاهش علائم و بهبود پیامدهای مرتبط با اختلال استرس پس از سانحه (PTSD) ناشی از جنگ و بحران‌های نظامی است. در این راستا، ضمن بررسی میزان اثربخشی این فناوری‌ها، نقاط قوت، محدودیت‌ها، چالش‌های اجرایی و ظرفیت آن‌ها برای تکمیل درمان‌های متعارف PTSD مورد توجه قرار خواهد گرفت.

۲. روش پژوهش

پژوهش حاضر از نظر هدف، کاربردی و از نظر روش، یک مرور نظام‌مند با هدف شناسایی، ارزیابی و جمع‌بندی شواهد موجود درباره اثربخشی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی (Virtual Reality; VR) و سایر فناوری‌های دیجیتال و هوشمند در درمان اختلال استرس پس از سانحه (Post-Traumatic Stress Disorder; PTSD) مرتبط با جنگ، درگیری‌های نظامی و تروماهای ناشی از خدمت نظامی بود. فرایند شناسایی، غربالگری، ارزیابی واجد شرایط بودن و انتخاب مطالعات بر اساس اصول گزارش‌دهی مرورهای نظام‌مند و چارچوب PRISMA انجام شد.

۲-۱. راهبرد جست‌وجو

جست‌وجوی نظام‌مند در پایگاه‌های اطلاعاتی بین‌المللی شامل PubMed، ScienceDirect، Web of Science، Scopus و Google Scholar و پایگاه‌های اطلاعاتی داخلی شامل SID، نورمگز، ISC و سیویلیکا انجام شد. جست‌وجو مطالعات منتشرشده در فاصله زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۶ را دربرگرفت.

راهبرد جست‌وجو بر اساس ترکیبی از کلیدواژه‌های مرتبط با سه محور اصلی پژوهش، شامل PTSD و تروما، جنگ و زمینه‌های نظامی، و فناوری‌های نوین درمانی طراحی شد. کلیدواژه‌های انگلیسی شامل " Post-Traumatic Stress Disorder"، PTSD، "War Trauma"، "Combat Trauma"، "Military Trauma"، "Virtual Reality"، "Virtual Reality Exposure Therapy"، VRET، "Digital Mental Health"، "Digital Health"، "Internet-Based Therapy"، "Mobile Health"، "Smart Technology"" و "Artificial Intelligence" بود. در پایگاه‌های فارسی نیز از ترکیب کلیدواژه‌هایی شامل اختلال استرس پس از سانحه، PTSD، تروما جنگ، آسیب روانی جنگ، تروما نظامی، بحران نظامی، واقعیت مجازی، درمان واقعیت مجازی، درمان مواجهه با واقعیت مجازی، سلامت روان دیجیتال، مداخلات دیجیتال، فناوری‌های هوشمند و هوش مصنوعی استفاده شد. برای افزایش حساسیت جست‌وجو، کلیدواژه‌ها با استفاده از عملگرهای منطقی AND و OR ترکیب شدند.

در جست‌وجوی اولیه، در مجموع ۸۰۰ رکورد شناسایی شد. پس از انتقال نتایج به فرایند مدیریت و غربالگری منابع، ۱۲۳ رکورد تکراری حذف شد و ۶۷۷ رکورد برای بررسی عنوان و چکیده باقی ماند. در مرحله غربالگری عنوان و چکیده، ۲۸۵ رکورد به دلیل عدم ارتباط با موضوع پژوهش، ارتباط نداشتن با PTSD، نبود ارتباط با جنگ یا زمینه‌های نظامی، یا عدم استفاده از فناوری‌های موردنظر حذف شدند. در نتیجه، متن کامل ۳۹۲ مقاله برای ارزیابی واجد شرایط بودن بررسی شد. از میان این مطالعات، ۳۸۲ مقاله به دلایلی از جمله عدم انطباق با جمعیت موردنظر، نبود ارتباط مستقیم تروما با جنگ یا خدمت نظامی، استفاده نکردن از فناوری موردنظر به‌عنوان مداخله درمانی، نبود پیامد معتبر مربوط به PTSD، طراحی

نامتناسب مطالعه یا ناکافی بودن اطلاعات مربوط به نتایج درمانی کنار گذاشته شدند. در نهایت، ۱۰ مطالعه پژوهشی اصیل واجد معیارهای ورود تشخیص داده شد و وارد مرور نظام‌مند نهایی شدند. این ۱۰ مطالعه شامل پژوهش‌های Reger، McLay، Beidel، Difede، Schuman، van 't Wout-Frank، van Gelderen، Bisson، Niemeyer و McLean بودند.

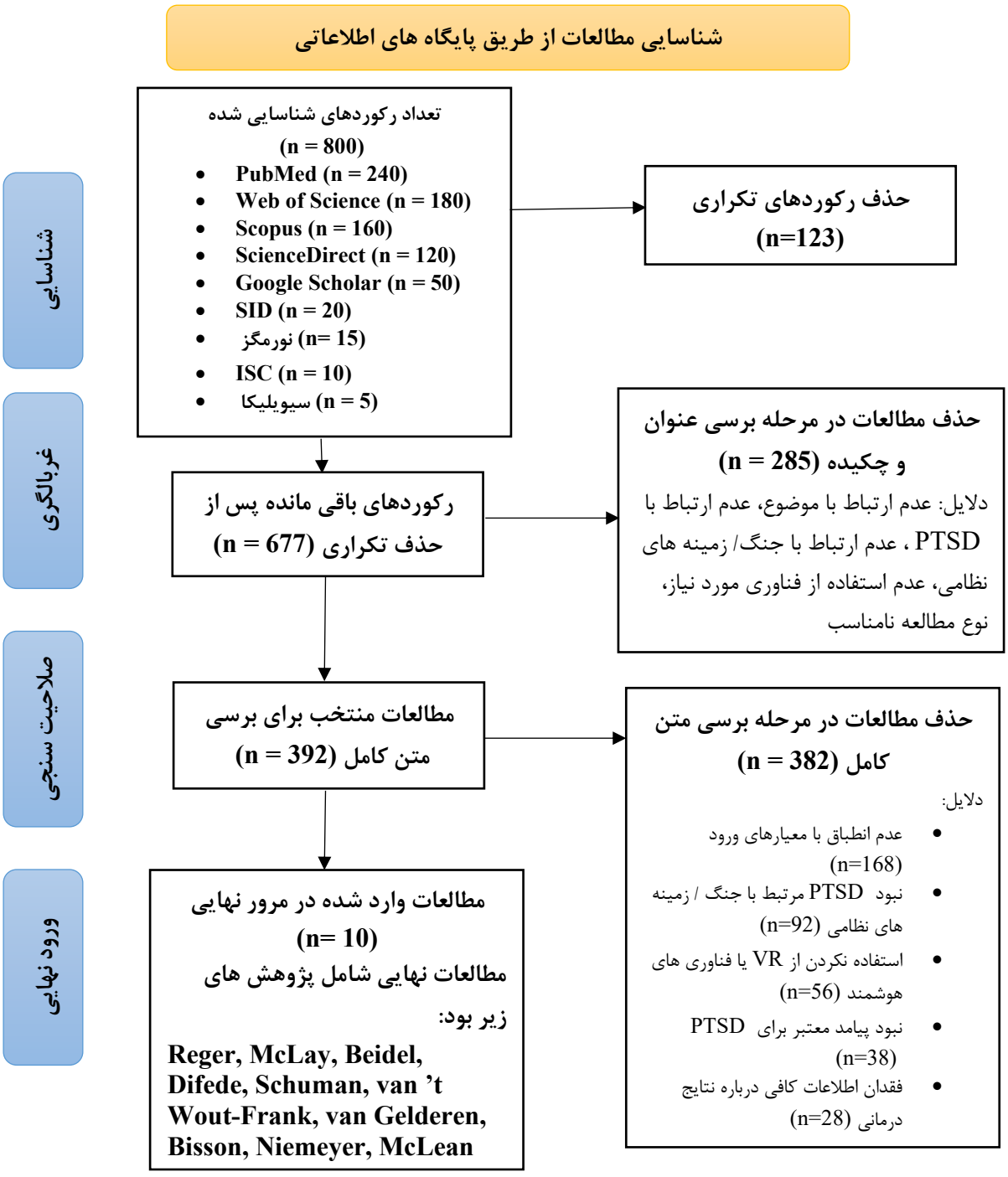
معیارهای ورود و خروج

معیارهای ورود شامل این موارد بود: (۱) مطالعات پژوهشی اصیل و دارای داده‌های تجربی؛ (۲) انتشار به زبان فارسی یا انگلیسی؛ (۳) انتشار در فاصله زمانی ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۶؛ (۴) بررسی افراد بزرگسال دارای PTSD یا علائم بالینی قابل توجه PTSD؛ (۵) ارتباط تروما با جنگ، استقرار نظامی، خدمت نظامی، تجربه رزمی یا سایر تروماهای مرتبط با زمینه‌های نظامی؛ (۶) استفاده از واقعیت مجازی، درمان مواجهه مبتنی بر واقعیت مجازی، 3MDR، مداخلات دیجیتال، درمان اینترنتی، بازخورد زیستی مبتنی بر فناوری یا ترکیب فناوری‌های نوین با درمان به‌عنوان مداخله مورد بررسی؛ و (۷) گزارش حداقل یک پیامد مرتبط با شدت یا تغییر علائم PTSD با استفاده از ابزار معتبر. معیارهای خروج شامل مطالعات مروری، مرورهای نظام‌مند، فراتحلیل‌ها، پروتکل‌های پژوهشی فاقد نتایج، نامه به سردبیر، گزارش‌های موردی، مطالعات فاقد داده تجربی، مطالعات مربوط به کودکان و نوجوانان، مطالعات مربوط به PTSD غیرمرتبط با جنگ یا زمینه‌های نظامی، مطالعاتی که فناوری موردنظر را به‌عنوان مداخله درمانی به کار نبرده بودند و مطالعاتی بود که اطلاعات کافی برای ارزیابی پیامدهای درمانی ارائه نمی‌کردند.

۳-۲. استخراج داده‌ها

پس از انتخاب مطالعات واجد شرایط، اطلاعات هر مطالعه به‌صورت نظام‌مند استخراج شد. داده‌های استخراج‌شده شامل نام نویسنده یا نویسندگان، سال انتشار، کشور محل انجام پژوهش، طراحی مطالعه، حجم نمونه، ویژگی‌های شرکت‌کنندگان، نوع PTSD یا تروما، نوع مداخله، گروه یا شرایط مقایسه، تعداد و مدت جلسات، ابزارهای سنجش PTSD، زمان‌های ارزیابی و مهم‌ترین نتایج درمانی بود. ویژگی‌های مطالعات واردشده شامل حجم نمونه‌ای بین ۳۵ تا ۱۹۲ نفر و عمدتاً نمونه‌هایی از سربازان فعال، نیروهای نظامی سابق و کهنه‌سربازان دارای PTSD مرتبط با خدمت نظامی یا استقرار در مناطق جنگی بود.فرایند شناسایی، غربالگری، ارزیابی واجد شرایط بودن و انتخاب نهایی مطالعات در شکل ۱ به‌صورت شماتیک ارائه شده است.

شکل ۱. نمودار جریان شناسایی، غربالگری و انتخاب مطالعات بر اساس چارچوب PRISMA



۲-۴. ارزیابی کیفیت روش‌شناختی و خطر سوگیری

مطالعات منتخب عمدتاً دارای طراحی کارآزمایی تصادفی‌شده و کنترل‌شده بودند. ارزیابی خطر سوگیری برای بخش‌های تصادفی‌شده مطالعات با استفاده از ابزار RoB 2 انجام شد. این ارزیابی پنج حوزه اصلی شامل فرایند تصادفی‌سازی، انحراف از مداخله اختصاص‌یافته، داده‌های پیامد ناقص، اندازه‌گیری پیامد و انتخاب و گزارش نتایج را دربرگرفت. برای هر حوزه، خطر سوگیری به‌صورت «پایین»، «برخی نگرانی‌ها» یا «بالا» ارزیابی شد و در نهایت یک قضاوت کلی درباره خطر سوگیری هر مطالعه صورت گرفت.

بر اساس اطلاعات روش‌شناختی گزارش‌شده در مطالعات، Reger و همکاران، Beidel و همکاران، Difede و همکاران و van 't Wout-Frank و همکاران در مجموع خطر سوگیری پایینی داشتند؛ زیرا از تصادفی‌سازی مناسب، گروه‌های مقایسه مشخص و ارزیابی‌های استاندارد پیامد استفاده کرده بودند. مطالعه Difede علاوه بر تصادفی‌سازی، از ارزیابان مستقل و کورشده نسبت به شرایط درمان و دارو استفاده کرده بود و مطالعه van 't Wout-Frank نیز یک کارآزمایی تصادفی دوسوکور بود.

در مطالعات McLay، Schuman، van Gelderen، Bisson و McLean برخی نگرانی‌ها در زمینه خطر سوگیری وجود داشت. مهم‌ترین دلایل شامل حجم نمونه نسبتاً محدود، عدم امکان کورسازی کامل شرکت‌کنندگان یا درمانگران در مداخلات روان‌شناختی، نرخ ریزش نمونه، ماهیت اکتشافی برخی مطالعات و محدودیت در مقایسه‌های کنترل بود. برای مثال، در مطالعه McLay ارزیابان کور بودند اما درمانگران کور نبودند و میزان ریزش در گروه VRET بیشتر گزارش شد. مطالعه Bisson نیز یک کارآزمایی اکتشافی، تک‌کور و با نمونه کوچک بود. مطالعه van Gelderen نیز یک کارآزمایی تصادفی با نمونه ۴۳ نفر و ریزش نسبتاً پایین بود.

مطالعه Niemeyer و همکاران به دلیل حجم نمونه پایین، ریزش قابل توجه شرکت‌کنندگان و محدودیت‌های مربوط به تحلیل داده‌ها در گروه‌های درمانی، در سطح خطر سوگیری بالا ارزیابی شد. در این مطالعه، از ۴۱ فرد تصادفی‌شده، ۳۷ نفر وارد مداخله شدند و نرخ ریزش در میان افرادی که درمان را آغاز کردند ۳۲٫۳ درصد بود؛ همچنین ارزیابان نسبت به تخصیص گروهی کور نبودند.

در مجموع، ارزیابی خطر سوگیری نشان داد که شواهد موجود از نظر کیفیت روش‌شناختی متوسط تا مطلوب هستند، اما وجود مطالعات با حجم نمونه محدود، ریزش نمونه، امکان سوگیری ناشی از عدم کورسازی در مداخلات روان‌شناختی و برخی مطالعات اکتشافی، لزوم احتیاط در تفسیر نتایج را نشان می‌دهد. نتایج ارزیابی کیفیت و خطر سوگیری مطالعات در جدول ۲ ارائه شد.

۲-۵. روش ترکیب و تحلیل یافته‌ها

با توجه به ناهمگونی مطالعات از نظر نوع فناوری، نوع مداخله، ویژگی‌های نمونه، شرایط مقایسه، ابزارهای سنجش و زمان‌بندی ارزیابی پیامدها، ترکیب یافته‌ها به‌صورت توصیفی و مقایسه‌ای انجام شد و فراتحلیل آماری صورت نگرفت. مطالعات بر اساس نوع مداخله در گروه‌های اصلی شامل مداخلات مواجهه مبتنی بر واقعیت مجازی، درمان‌های 3MDR، ترکیب VR با تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای، بازخورد زیستی تغییرپذیری ضربان قلب، درمان شناختی ـ رفتاری مبتنی بر اینترنت و مواجهه طولانی‌مدت مبتنی بر وب دسته‌بندی شدند.

در مرحله سنتز، نتایج مطالعات از نظر کاهش علائم PTSD، برتری مداخله نسبت به شرایط کنترل یا درمان متعارف، اندازه و پایداری اثر، نتایج پیگیری و میزان بهبود بالینی مورد مقایسه قرار گرفتند. از میان ۱۰ مطالعه نهایی، ۸ مطالعه کاهش معنادار یا از نظر بالینی معنادار علائم PTSD را در حداقل یکی از پیامدهای اصلی گزارش کردند، در حالی که دو مطالعه، یعنی Schuman و Niemeyer، کاهش معناداری در شدت کلی PTSD در مقایسه اصلی خود نشان ندادند.

با توجه به ناهمگونی قابل توجه مطالعات و نبود امکان ترکیب معتبر اندازه‌های اثر، نتیجه‌گیری نهایی بر اساس سنتز روایی شواهد، مقایسه بین مطالعات و در نظر گرفتن خطر سوگیری روش‌شناختی انجام شد.

۳. یافته‌ها

۱-۳. ویژگی‌های کلی مطالعات

در مطالعه حاضر، پس از اجرای مراحل جست‌وجو، غربالگری و اعمال معیارهای ورود و خروج، ۱۰ مطالعه پژوهشی اصیل وارد بررسی نهایی شدند. مطالعات منتخب در فاصله سال‌های ۲۰۱۶ تا ۲۰۲۴ منتشر شده‌اند و از نظر محل انجام پژوهش شامل ایالات متحده آمریکا، بریتانیا، هلند و آلمان بودند. شرکت‌کنندگان عمدتاً شامل سربازان فعال، نیروهای نظامی سابق و کهنه‌سربازان دارای PTSD مرتبط با خدمت نظامی، استقرار در مناطق جنگی یا تجربه تروماهای رزمی بودند. حجم نمونه مطالعات از ۳۵ تا ۱۹۲ نفر متغیر بود. از نظر نوع فناوری، بخش عمده مطالعات به مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی و درمان مواجهه با واقعیت مجازی اختصاص داشت و در تعدادی از مطالعات نیز مداخلات دیجیتال شامل درمان مبتنی بر اینترنت، بازخورد زیستی تغییرپذیری ضربان قلب و ترکیب واقعیت مجازی با تحریک مستقیم فراجمجمه‌ای جریان مستقیم مورد بررسی قرار گرفت [۲۸-۱۹]. ویژگی‌های کلی مطالعات واردشده و یافته‌های اصلی آن‌ها، شامل مشخصات نمونه، نوع مداخله، گروه مقایسه و پیامدهای مورد بررسی، در جدول ۱ خلاصه شده است. ارزیابی خطر سوگیری مطالعات واردشده نشان داد که کیفیت روش‌شناختی مطالعات از سطح پایین تا متوسط متغیر بود. در مجموع، بیشتر مطالعات در فرایند تصادفی‌سازی و اندازه‌گیری پیامدها خطر سوگیری پایینی داشتند؛ بااین‌حال، در برخی مطالعات به دلیل عدم امکان کورسازی کامل شرکت‌کنندگان و درمانگران، ریزش نمونه و محدودیت حجم نمونه، نگرانی‌هایی درباره خطر سوگیری وجود داشت. جزئیات ارزیابی خطر سوگیری در حوزه‌های مختلف ابزار RoB 2 در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۱- ویژگی و یافته‌های مطالعات واردشده به مرور

ردیف	نویسنده	سال	کشور	نمونه	مداخله	مدت/جلسات	مهم ترین یافته
۱	Reger et al.	۲۰۱۶	آمریکا	۱۶۲ سرباز فعال	PE در برابر VRE و فهرست انتظار	۱۰ جلسه	هر دو روش مؤثر؛ برتری VREنسبت به PE مشاهده نشد؛ PE در پیگیری ۳ و ۶ ماهه کاهش بیشتری داشت.
۲	McLay et al.	۲۰۱۷	آمریکا	۸۵ شرکت کننده در مقایسه اصلی	VRETدر برابر مواجهه کنترل‌شده	۹ هفته	هر دو درمان علائم PTSD را کاهش دادند؛ تفاوت معنادار بین گروه‌ها وجود نداشت.

۳	Beidel et al.	۲۰۱۹	آمریکا	۹۲ سرباز/ک هنه سرباز	VRET و Trauma Management Therapy	برنامه فشرده حدود ۳ هفته	کاهش معنادار علائم PTSD؛ حفظ نتایج تا ۶ ماه.
۴	Difede et al.	۲۰۲۲	آمریکا	۱۹۲ نیروی نظامی	VREدر برابرPE ، همراه DCSیا دارونما	۹ هفته	هر دو روش بهبود معنادار ایجاد کردند؛ تفاوت کلی VREو PE معنادار نبود.
۵	Schuman et al.	۲۰۲۳	آمریکا	۳۵ کهنه سرباز	HRV Biofeedback با اپلیکیشن و حسگر	۳ جلسه	تغییر نمره کلی PTSD معنادار نبود؛ بهبود افسردگی و SDNN مشاهده شد.
۶	van 't Wout-Frank et al.	۲۰۲۴	آمریکا	۵۴ فرد دارای PTSD و تروما مرتبط با جنگ	VR + tDCS فعال در برابر VR + sham	حداکثر ۶ جلسه	کاهش بیشتر PTSD در گروه tDCS فعال؛ تفاوت در یک‌ماه معنادار بود.
۷	van Gelderen et al.	۲۰۲۰	هلند	۴۳ کهنه سرباز	3MDR	پروتکل 3MDR	کاهش معنادار PTSD نسبت به کنترل؛ اندازه اثر بزرگ؛ ۴۵٪ بهبود بالینی.
۸	Bisson et al.	۲۰۲۰	بریتانیا	۴۲ کهنه سرباز مرد	3MDR	مقایسه فوری و تأخیری؛ ارزیابی تا ۲۶ هفته	کاهش معنادار علائم در هفته ۱۲؛ بهبود تا هفته ۲۶ حفظ شد.
۹	Niemeyer et al.	۲۰۲۰	آلمان	۳۷ عضو فعال/سابق ارتش	iCBT مبتنی بر اینترنت	۵ هفته، ۱۰ تکلیف	کاهش PTSD کوچک و غیرمعنادار؛ بهبود معنادار اضطراب.

۱۰	McLean et al.	۲۰۲۱	آمریکا	۴۰ نفر در RCT و ۳۴ نفر در مطالعه باز	Web-PE	۱۰ جلسه	در RCT کاهش PTSD مشاهده شد اما تفاوت با PCT معنادار نبود؛ مطالعه باز نیز کاهش معنادار PTSD را نشان داد.

جدول ۲- ارزیابی خطر سوگیری مطالعات واردشده بر اساس ابزار RoB 2

مطالعه	فرایند تصادفی سازی	انحراف از مداخله	داده های پیامد ناقص	اندازه گیری پیامد	انتخاب نتیجه گزارش شده	خطر سوگیری کلی
Reger et al (2016).	پایین	برخی نگرانی‌ها	برخی نگرانی‌ها	پایین	پایین	برخی نگرانی‌ها
McLay et al (2017).	پایین	برخی نگرانی‌ها	برخی نگرانی‌ها	پایین	پایین	برخی نگرانی‌ها
Beidel et al (2019).	پایین	برخی نگرانی‌ها	پایین	پایین	پایین	برخی نگرانی‌ها
Schuman et al (2023).	پایین	برخی نگرانی‌ها	پایین	برخی نگرانی‌ها	برخی نگرانی‌ها	برخی نگرانی‌ها
van 't Wout-Frank et al (2024).	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین
van Gelderen et al (2020).	پایین	برخی نگرانی‌ها	پایین	پایین	پایین	برخی نگرانی‌ها
Bisson et al (2020).	پایین	برخی نگرانی‌ها	برخی نگرانی‌ها	پایین	پایین	برخی نگرانی‌ها
Niemeyer et al (2020).	پایین	برخی نگرانی‌ها	پایین	پایین	پایین	برخی نگرانی‌ها
Difede et al (2022).	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین	پایین

McLean et al (2021).	پایین	برخی نگرانی‌ها	بالا	پایین	پایین	برخی نگرانی‌ها

۲-۳. یافته‌های مربوط به مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی

در مطالعه Reger و همکاران، ۱۶۲ سرباز فعال ارتش آمریکا مبتلا به PTSD مرتبط با استقرار در عراق و افغانستان به سه گروه درمان مواجهه طولانی‌مدت، مواجهه با واقعیت مجازی و فهرست انتظار تقسیم شدند. هر دو مداخله فعال طی ۱۰ جلسه موجب کاهش معنادار علائم PTSD در مقایسه با فهرست انتظار شدند. در پایان درمان، تفاوت معناداری میان دو روش مواجهه مشاهده نشد؛ با این حال، در پیگیری‌های ۳ و ۶ ماهه، کاهش علائم در گروه مواجهه طولانی‌مدت بیشتر از گروه مواجهه با واقعیت مجازی گزارش شد. میزان ترک درمان نیز بین دو گروه مشابه بود [۱۹].

در مطالعه McLay و همکاران، اثربخشی درمان مواجهه با واقعیت مجازی با یک روش مواجهه کنترل‌شده در نیروهای نظامی دارای PTSD مرتبط با جنگ مقایسه شد. شرکت‌کنندگان طی ۹ هفته تحت درمان قرار گرفتند و علائم PTSD با مقیاس CAPS در یک هفته و سه ماه پس از پایان درمان ارزیابی شد. علائم PTSD در هر دو گروه کاهش یافت، اما تفاوت معناداری میان دو روش مشاهده نشد. در ارزیابی پس از درمان، ۳۱ درصد از شرکت‌کنندگان گروه VRET و ۳۷ درصد از گروه مواجهه کنترل‌شده بیش از ۳۰ درصد بهبود در نمره CAPS نشان دادند. در پیگیری سه‌ماهه نیز این میزان به‌ترتیب ۳۰ و ۳۶ درصد بود. میزان ترک درمان در گروه VRET بیشتر گزارش شد [۲۰].

Beidel و همکاران در یک کارآزمایی تصادفی‌شده بر روی ۹۲ سرباز و کهنه‌سرباز مبتلا به PTSD مرتبط با جنگ‌های عراق و افغانستان، درمان مواجهه با واقعیت مجازی را در قالب برنامه Trauma Management Therapy بررسی کردند. مداخله شامل مواجهه با محرک‌های مرتبط با تروما در محیط واقعیت مجازی و مؤلفه‌های گروهی برای مشکلات مرتبط با PTSD بود. هر دو گروه دریافت‌کننده مداخلات مبتنی بر VRET کاهش معنادار علائم PTSD را در مقیاس‌های CAPS و PCL-M نشان دادند و نتایج درمان در پیگیری ۳ و ۶ ماهه حفظ شد. علاوه بر علائمPTSD ، کاهش علائم افسردگی و خشم نیز گزارش شد و در گروه دریافت‌کننده مؤلفه گروهی، کاهش انزوای اجتماعی نیز مشاهده شد[۲۱].

در مطالعه Difede و همکاران، ۱۹۲ فرد نظامی مبتلا به PTSD مرتبط با جنگ در یک کارآزمایی تصادفی‌شده چندمرکزی مورد بررسی قرار گرفتند. شرکت‌کنندگان طی ۹ هفته درمان مواجهه با واقعیت مجازی یا مواجهه تخیلی دریافت کردند و هر یک از دو روش با D-cycloserine یا دارونما ترکیب شد. هر دو روش مواجهه موجب بهبود قابل‌توجه علائم PTSD شدند و تفاوت کلی معناداری میان VRE و PE مشاهده نشد. اثر D-cycloserine در کل نمونه معنادار نبود. تحلیل‌های تکمیلی نشان دادند که وجود افسردگی همزمان با نوع درمان ارتباط داشت؛ به‌طوری‌که در افراد دارای افسردگی همراه، VREو در افراد بدون افسردگی، PE کاهش بیشتری در علائم ایجاد کرد [۲۲].

در مطالعه van 't Wout-Frank و همکاران، ۵۴ فرد دارای PTSD با سابقه تروما در مناطق جنگی در یک کارآزمایی تصادفی‌شده مورد بررسی قرار گرفتند. همه شرکت‌کنندگان درمان مبتنی بر واقعیت مجازی دریافت کردند و به‌صورت تصادفی به دریافت تحریک فعال tDCS یا تحریک ساختگی تقسیم شدند. مداخلات طی حداکثر ۶ جلسه و در مدت ۱۰ روز کاری اجرا شدند. کاهش علائم PTSD در گروه tDCS فعال بیشتر بود و در یک‌ماه پس از درمان، تفاوت میان دو گروه از نظر کاهش نمره PCL-5 معنادار بود. در پیگیری سه‌ماهه، کاهش علائم ادامه داشت، اما تفاوت بین گروه‌ها از نظر آماری معنادار نبود. همچنین، tDCS فعال موجب تسریع سازگاری فیزیولوژیک با محرک‌های واقعیت مجازی شد [۲۴].

دو مطالعه از مطالعات منتخب به بررسی درمان 3MDR پرداختند؛ روشی که واقعیت مجازی را با حرکت روی تردمیل، محرک‌های چندحسی و مواجهه با تصاویر شخصی مرتبط با تروما ترکیب می‌کند. در مطالعه van Gelderen و همکاران، ۴۳ کهنه‌سرباز مبتلا به PTSD مقاوم به درمان در دو گروه 3MDR و کنترل قرار گرفتند. کاهش شدت علائم PTSD در پایان درمان در گروه 3MDR به‌طور معناداری بیشتر از گروه کنترل بود و اندازه اثر بزرگ گزارش شد؛ همچنین ۴۵ درصد از افراد گروه 3MDR بهبود بالینی نشان دادند و میزان ترک درمان ۷ درصد بود [۲۵].

در مطالعه Bisson و همکاران، ۴۲ کهنه‌سرباز مرد بریتانیایی مبتلا به PTSD مقاوم به درمان وارد مطالعه شدند. در مقایسه بین گروه دریافت فوری 3MDR و گروه دریافت با تأخیر، در هفته ۱۲ تفاوت معناداری به نفع 3MDR در نمره CAPS-5 مشاهده شد. اندازه اثر برآوردشده ۰/۶۵ بود و بهبودهای ایجادشده تا پیگیری ۲۶ هفته‌ای حفظ شدند. همچنین ۸۳ درصد از شرکت‌کنندگان در هفته ۱۲ و ۸۶ درصد در هفته ۲۶ در ارزیابی‌ها باقی ماندند [۲۶].

۳-۳. یافته‌های مربوط به ابزارهای هوشمند و مداخلات دیجیتال

در مطالعه Schuman و همکاران، یک مداخله کوتاه‌مدت بازخورد زیستی تغییرپذیری ضربان قلب با استفاده از اپلیکیشن تلفن همراه و حسگر مرتبط با آن در ۳۵ کهنه‌سرباز مبتلا به PTSD نظامی بررسی شد. شرکت‌کنندگان در گروه مداخله سه جلسه آموزش بالینی دریافت کردند و تمرین‌های خانگی را با استفاده از اپلیکیشن و حسگر انجام دادند. در پایان مداخله، کاهش معناداری در نمره کلی PTSD مشاهده نشد؛ با این حال، بهبود علائم نفوذی یا خوشه B در حد مرزی گزارش شد. در مقابل، کاهش معنادار علائم افسردگی و افزایش شاخص SDNN مشاهده شد. بیش از ۸۳ درصد شرکت‌کنندگان مطالعه را کامل کردند، اما میزان پایبندی به تمرین‌های خانگی پایین بود [۲۳].

Niemeyer و همکاران اثربخشی یک برنامه درمان شناختی - رفتاری مبتنی بر اینترنت را در میان اعضای مرد فعال و سابق نیروهای مسلح آلمان با علائم PTSD مرتبط با استقرار نظامی بررسی کردند. مداخله طی ۵ هفته و شامل ۱۰ تکلیف نوشتاری بود که دو بار در هفته ارائه می‌شد و بازخورد درمانگر به‌صورت نوشتاری و غیرهمزمان ارائه می‌گردید. در مجموع ۳۷ نفر وارد تحلیل شدند. نتایج نشان داد که تغییر در شدت PTSD بر اساس CAPS کوچک و از نظر آماری غیرمعنادار بود. در مقابل، کاهش کوچکی اما معنادار در علائم اضطراب از پیش‌آزمون تا پیگیری مشاهده شد. نرخ ترک درمان ۳۲/۳ درصد گزارش شد [۲۷].

در مطالعه McLean و همکاران، یک نسخه تحت وب از درمان مواجهه طولانی‌مدت (Web-PE) در دو بخش مورد بررسی قرار گرفت. در کارآزمایی تصادفی‌شده، ۴۰ نیروی نظامی و کهنه‌سرباز با PTSD به Web-PE یا درمان متمرکز بر زمان حال اختصاص یافتند. هر دو گروه کاهش معنادار در علائم PTSD خودگزارش‌دهی و ارزیابی‌شده توسط مصاحبه‌گر نشان دادند، اما تفاوت معناداری بین دو روش مشاهده نشد. اندازه اثر Web-PE در کارآزمایی تصادفی‌شده ۰/۵۸ بود. در مطالعه باز با ۳۴ شرکت‌کننده، Web-PE نیز با کاهش معنادار علائم PTSD همراه بود و اندازه اثر درون‌گروهی ۱/۷۹ گزارش شد. ۴۷/۱ درصد شرکت‌کنندگان مطالعه باز تمام ۱۰ جلسه درمان را تکمیل کردند و میانگین جلسات تکمیل‌شده ۶/۴ جلسه بود [۲۸].

۴-۳. مقایسه نتایج مطالعات

در مجموع، ۸ مطالعه از ۱۰ مطالعه نهایی کاهش معنادار یا بالینی علائم PTSD را در حداقل یکی از مقایسه‌های اصلی خود گزارش کردند [۱۹-۲۲،۲۴-۲۶،۲۸] . با این حال، در بسیاری از مطالعات، وجود اثر درمانی لزوماً به معنای برتری فناوری نسبت به درمان مواجهه‌ای متعارف نبود. در مطالعه Reger و همکاران، VREو PE هر دو مؤثر بودند، اما PE در پیگیری‌های ۳ و ۶ ماهه کاهش بیشتری در علائم ایجاد کرد [۱۹]. در مطالعه McLay و همکاران نیز هر دو روش مواجهه موجب بهبود PTSD شدند، بدون آنکه برتری معناداری برای VRET مشاهده شود [۲۰] . همچنین در مطالعه

Difede و همکاران، VRE و PE هر دو بهبود بالینی مشابهی ایجاد کردند و تفاوت کلی معناداری میان دو روش مشاهده نشد [۲۲] .

در مقابل، دو مطالعه از مطالعات ابزارهای هوشمند، کاهش معناداری در نمره کلی PTSD در مقایسه اصلی گزارش نکردند. در مطالعه Schuman و همکاران، اثر مداخله بازخورد زیستی بیشتر در علائم افسردگی و شاخص‌های فیزیولوژیک مشاهده شد و تغییر نمره کلی PTSD معنادار نبود [۲۳] . در مطالعه Niemeyer و همکاران نیز مداخله اینترنتی کاهش معناداری در شدت PTSD ایجاد نکرد [۲۷] . این در حالی است که مداخلات 3MDR و ترکیب tDCS با VR کاهش معنادارتری در برخی شاخص‌های PTSD نسبت به شرایط کنترل نشان دادند [۲۴-۲۶].

۵-۳. جمع‌بندی کلی یافته‌ها

از میان ۱۰ مطالعه واردشده، ۷ مطالعه به‌طور مستقیم مداخلات مبتنی بر VR را به‌عنوان جزء اصلی درمان بررسی کردند [۱۹-۲۲،۲۴-۲۶]، در حالی که ۳ مطالعه بر فناوری‌های دیجیتال یا هوشمند شامل بازخورد زیستی مبتنی بر اپلیکیشن، CBT اینترنتی و Web-PE تمرکز داشتند [۲۳،۲۷-۲۸] . در یک مطالعه نیز VR با tDCS ترکیب شد [6] . در مجموع، ۸ مطالعه کاهش معنادار یا بالینی علائم PTSD را در حداقل یکی از پیامدهای اصلی گزارش کردند، در حالی که ۲ مطالعه کاهش معنادار نمره کلی PTSD را در تحلیل اصلی نشان ندادند [۲۳،۲۷]. نتایج همچنین نشان داد که اثربخشی VR در چندین مطالعه تأیید شده است، اما در مطالعات مقایسه‌ای، برتری VR نسبت به درمان مواجهه‌ای متعارف به‌طور یکنواخت مشاهده نشد[۱۹،۲۰،۲۲]. در میان مداخلات نوین، 3MDR و ترکیب VR با tDCS کاهش معنادار علائم PTSD را در مقایسه با شرایط کنترل نشان دادند [۲۴-۲۶].

٤. بحث

۴-۱. خلاصه مهم‌ترین یافته‌ها

هدف مطالعه حاضر، مرور شواهد پژوهشی درباره کارآمدی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی (VR) و ابزارهای هوشمند در درمان PTSD مرتبط با جنگ و بحران‌های نظامی بود. بررسی ۱۰ مطالعه منتخب نشان داد که مداخلات مبتنی بر VRدر مجموع با کاهش علائم PTSD همراه بوده‌اند؛ با این حال، در مطالعاتی که VR با درمان‌های مواجهه‌ای متعارف مقایسه شد، برتری پایدار و قطعی VR نسبت به روش‌های استاندارد مشاهده نشد [۱۹،۲۰،۲۲]. برای نمونه، در مطالعات Reger و همکاران، McLay و همکاران و Difede و همکاران، هر دو رویکرد مواجهه مبتنی بر VR و مواجهه متعارف موجب کاهش علائم PTSD شدند، اما تفاوت بین روش‌ها در بسیاری از مقایسه‌ها معنادار نبود [۱۹،۲۰،۲۲]. در مقابل، مداخله 3MDRکه VR را با حرکت، محرک‌های شخصی‌سازی‌شده و پردازش فعال خاطرات تروماتیک ترکیب می‌کند، در دو مطالعه بر کاهش علائم PTSD در کهنه‌سربازان، به‌ویژه افراد دارای PTSD مقاوم به درمان، اثرات مطلوبی نشان داد [۲۵،۲۶]. همچنین ترکیب VR با tDCS در مطالعه van ’t Wout-Frank و همکاران به کاهش بیشتر علائم PTSD در مقایسه با شرایط تحریک ساختگی منجر شد [۲۴]. در حوزه ابزارهای هوشمند نیز نتایج یکدست نبود؛ مداخله بازخورد زیستی مبتنی بر تغییرپذیری ضربان قلب و برخی مداخلات دیجیتال با بهبود برخی شاخص‌های مرتبط همراه بودند، اما در همه مطالعات کاهش معنادار نمره کلی PTSD مشاهده نشد [۲۳،۲۷،۲۸]. این الگو نشان می‌دهد که فناوری به‌تنهایی تعیین‌کننده نتیجه درمان نیست، بلکه نوع فناوری، نحوه ادغام آن با درمان، میزان مشارکت درمانگر و ویژگی‌های جمعیت هدف در پیامد نهایی نقش دارند.

۴-۲. تبیین علت اثربخشی واقعیت مجازی

یکی از مهم‌ترین توضیحات درباره اثربخشیVR ، توانایی این فناوری در ایجاد یک محیط کنترل‌شده، تعاملی و نسبتاً فراگیر برای اجرای مواجهه است. در درمان مواجهه، بیمار باید با خاطرات، افکار و محرک‌های مرتبط با تروما روبه‌رو شود و از الگوی اجتناب فاصله بگیرد. VR این امکان را فراهم می‌کند که محرک‌های مرتبط با تروما با قابلیت کنترل شدت، ترتیب و مدت مواجهه ارائه شوند؛ بنابراین درمانگر می‌تواند شرایط مواجهه را متناسب با وضعیت فرد تنظیم کند. مرورهای پیشین نیز تأکید کرده‌اند که واقعیت مجازی می‌تواند با افزایش درگیری هیجانی و ایجاد محیطی ایمن و قابل‌کنترل، اجرای مواجهه را تسهیل کند[۲۹].

یکی دیگر از عوامل مهم، افزایش «حضور» یا احساس بودن در محیط مجازی است. هرچه بیمار در محیط درمانی احساس حضور بیشتری داشته باشد، احتمال درگیری فعال با محرک‌های تروماتیک و پردازش هیجانی آن‌ها بیشتر می‌شود [۲۹،۳۰]. این موضوع در 3MDR اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا فناوری VR صرفاً برای بازسازی صحنه جنگ به کار نمی‌رود، بلکه با تصاویر، موسیقی و سایر محرک‌های شخصی‌سازی‌شده همراه می‌شود و بیمار همزمان در حال حرکت به سمت محرک‌های مرتبط با تروما است [۲۵،۲۶]. از دیدگاه نظری، این ساختار می‌تواند با کاهش اجتناب و افزایش مواجهه فعال، فرصت بیشتری برای پردازش مجدد خاطرات تروماتیک فراهم کند. در منابع مرتبط با 3MDR نیز بر نقش حضور، توجه، مواجهه تدریجی، حرکت و دوگانه‌توجهی در تسهیل یادگیری جدید و بازپردازش خاطرات تأکید شده است؛ البته خود پژوهشگران تصریح کرده‌اند که مکانیسم دقیق اثربخشی این مداخله هنوز به‌طور تجربی از یکدیگر تفکیک نشده است [۲۶،۳۰] .

از سوی دیگر، VR می‌تواند مشکلات مربوط به بازسازی ذهنی صحنه‌های تروما را کاهش دهد. در مواجهه تخیلی، بیمار باید صحنه حادثه را در ذهن خود بازسازی کند، در حالی که در VR بخشی از محرک‌های حسی از طریق محیط دیجیتال ارائه می‌شود. این ویژگی ممکن است اجرای مواجهه را برای برخی بیماران آسان‌تر کند، هرچند نتایج مطالعات مقایسه‌ای نشان می‌دهد که این مزیت به‌طور خودکار به برتری درمانی منجر نمی‌شود [۱۹،۲۰،۲۲]. بنابراین، مهم‌ترین ارزش VR احتمالاً در تسهیل و شخصی‌سازی اجرای مواجهه است، نه جایگزین کردن اصول درمان مواجهه‌ای.

۴-۳. تبیین نقش ابزارهای هوشمند

نتایج مربوط به ابزارهای هوشمند نشان داد که این فناوری‌ها می‌توانند از مسیرهایی متفاوت از VR بر فرایند درمان اثر بگذارند. اپلیکیشن‌ها و سامانه‌های دیجیتال قابلیت ارائه تمرین‌ها، پایش علائم، ثبت داده‌ها و ادامه فعالیت‌های درمانی خارج از جلسه حضوری را دارند. این ویژگی از نظر دسترسی اهمیت دارد، زیرا درمان‌های دیجیتال می‌توانند برخی محدودیت‌های مرتبط با فاصله جغرافیایی، زمان و منابع انسانی را کاهش دهند [۱۳]. مرور نظام‌مند Yoshikawa و همکاران نیز نشان داده است که درمان‌های مواجهه‌ای مبتنی بر سلامت دیجیتال می‌توانند از نظر کارآمدی با درمان‌های حضوری قابل‌مقایسه باشند، هرچند مشکلات فنی و کاهش ارتباط انسانی ممکن است با افزایش ترک درمان همراه شوند[۱۲].

در مطالعه Schuman و همکاران، بازخورد زیستی مبتنی بر HRV با استفاده از فناوری قابل‌حمل و اپلیکیشن، کاهش معناداری در نمره کلی PTSD ایجاد نکرد، اما برخی شاخص‌های فیزیولوژیک و علائم افسردگی بهبود یافتند [۲۳]. این یافته نشان می‌دهد که فناوری‌های هوشمند ممکن است الزاماً از طریق کاهش مستقیم همه علائم PTSD عمل نکنند، بلکه با هدف قرار دادن برانگیختگی فیزیولوژیک، تنظیم هیجان یا مهارت‌های خودتنظیمی، بخشی از فرایند درمان را تقویت کنند. فراتحلیل جدید HRV-Biofeedback در جمعیت‌های نظامی نیز شواهدی از بهبود علائم PTSD را گزارش کرده است، اگرچه تعداد مطالعات واجد شرایط محدود بوده و برای نتیجه‌گیری قطعی به پژوهش‌های بیشتری نیاز است[۱۶].

در مقابل، مطالعه Niemeyer و همکاران درباره مداخله اینترنتی نشان داد که تغییر کلی شدت PTSD محدود و غیرمعنادار بود، در حالی که برخی علائم اضطراب کاهش یافتند [۲۷]. بنابراین، نتایج ابزارهای دیجیتال را نمی‌توان به‌صورت یک گروه

کاملاً همگن تفسیر کرد. تفاوت در میزان راهنمایی درمانگر، شدت علائم، ساختار مداخله، مدت درمان و میزان پایبندی شرکت‌کنندگان می‌تواند در پیامدها نقش داشته باشد. شواهد مرورهای جدید نیز نشان می‌دهد که اثربخشی مداخلات دیجیتال PTSD به ویژگی‌های مداخله و میزان حمایت درمانگر وابسته است[۳۱].

۴-۴. مقایسه مطالعات با یکدیگر

مقایسه مطالعات منتخب سه الگوی اصلی را نشان می‌دهد. الگوی نخست مربوط به مطالعاتی است که در آن‌ها VR یا VRET در برابر مواجهه متعارف قرار گرفت. در این گروه، هر دو روش معمولاً مؤثر بودند، اما VR برتری ثابت و معناداری نسبت به درمان استاندارد نشان نداد [۱۹،۲۰،۲۲]. بنابراین، یافته‌های این دسته بیشتر از این دیدگاه حمایت می‌کنند که VRمی‌تواند راهی متفاوت برای ارائه یک اصل درمانی مؤثر، یعنی مواجهه متمرکز بر تروما، باشد.

الگوی دوم مربوط به 3MDR است که در آن VR با حرکت، موسیقی، تصاویر شخصی و مواجهه فعال ترکیب شده است. برخلاف برخی مطالعات VRET استاندارد، دو مطالعه 3MDR کاهش معنادار علائم PTSD و در یکی از آن‌ها اندازه اثر بزرگ را نشان دادند [۲۵،۲۶]. یکی از ویژگی‌های مهم این مطالعات آن بود که نمونه‌ها عمدتاً کهنه‌سربازانی با PTSD مقاوم به درمان بودند؛ بنابراین نتایج نشان می‌دهد که این فناوری دست‌کم در گروه‌هایی که پاسخ محدودی به درمان‌های قبلی داشته‌اند، ظرفیت بالینی قابل‌توجهی دارد[۲۵،۲۶].

الگوی سوم به ابزارهای هوشمند غیر VRمربوط می‌شود. در این مطالعات، نتایج نسبت به VR ناهمگون‌تر بود؛ برخی مداخلات در علائم PTSD یا متغیرهای همراه اثر مثبت نشان دادند، اما برخی دیگر در پیامد اصلی PTSD به اثر معنادار نرسیدند [۲۳،۲۷،۲۸]. این تفاوت می‌تواند ناشی از آن باشد که ابزارهای دیجیتال با اهداف متنوعی مانند افزایش دسترسی، خودپایش، تنظیم فیزیولوژیک یا ارائه درمان از راه دور طراحی شده‌اند و الزاماً همه آن‌ها مستقیماً فرایند مواجهه و پردازش خاطره تروما را هدف قرار نمی‌دهند.

۴-۵. نقاط قوت و مزایای این مداخلات

یکی از مزایای مهم فناوری‌های مورد بررسی، افزایش انعطاف‌پذیری درمان است. VR امکان طراحی محیط‌های درمانی کنترل‌شده و شخصی‌سازی‌شده را فراهم می‌کند و می‌تواند برای برخی بیماران بازسازی محرک‌های تروما را نسبت به مواجهه صرفاً تخیلی ساده‌تر سازد [۲۹]. در 3MDR ، شخصی‌سازی تصاویر و موسیقی و ترکیب آن با حرکت، امکان ایجاد تجربه‌ای فعال‌تر از مواجهه را فراهم می‌کند [۲۵،۲۶].

مزیت دیگر، ظرفیت فناوری‌های دیجیتال برای افزایش دسترسی به خدمات است. درمان‌های مبتنی بر اینترنت و اپلیکیشن می‌توانند بخشی از درمان را از محیط کلینیک خارج کنند و برای افرادی که دسترسی محدودی به متخصص دارند، گزینه‌ای مکمل ایجاد کنند [۲۷،۲۸،۱۲]. این مزیت برای جمعیت‌های نظامی و کهنه‌سربازان که ممکن است در مناطق جغرافیایی پراکنده زندگی کنند یا با محدودیت رفت‌وآمد مواجه باشند، اهمیت بیشتری دارد.

همچنین ابزارهای پوشیدنی و سامانه‌های ثبت داده می‌توانند اطلاعات فیزیولوژیک را در اختیار درمانگر قرار دهند و امکان پایش دقیق‌تر وضعیت فرد را فراهم کنند [۲۳،۱۶]. از این منظر، فناوری‌های هوشمند ظرفیت ایجاد درمان‌های داده‌محور و شخصی‌سازی‌شده را دارند. البته این ظرفیت هنوز به توسعه و ارزیابی بیشتر نیاز دارد و نباید با اثربخشی اثبات‌شده بالینی یکسان تلقی شود.

۴-۶. محدودیت‌های پژوهش‌های موجود

با وجود نتایج امیدوارکننده، شواهد موجود با چند محدودیت مهم همراه هستند. نخست، تعداد مطالعات دارای نمونه‌های نظامی یا کهنه‌سربازان همچنان محدود است و بسیاری از مطالعات حجم نمونه نسبتاً کوچکی دارند [۱۹-۲۸]. این مسئله قدرت آماری و قابلیت تعمیم نتایج را کاهش می‌دهد.

دوم، ناهمگونی بالایی میان مداخلات وجود دارد. فناوری VR در مطالعات مختلف به شکل‌های متفاوتی استفاده شده است؛ از VRET نسبتاً استاندارد تا 3MDR و ترکیب VR با tDCS. بنابراین، نمی‌توان همه این مداخلات را تحت عنوان واحد «درمان «VR قرار داد و یک اندازه اثر واحد برای آن‌ها در نظر گرفت [۱۹-۲۶].

سوم، در برخی مطالعات دوره پیگیری کوتاه بوده است و اطلاعات درباره پایداری اثر درمان در بلندمدت محدود است [۲۰،۲۳،۲۴]. چهارم، در مطالعات دیجیتال، میزان پایبندی بیماران، ترک درمان و میزان مشارکت فعال متفاوت بوده است. مرور نظام‌مند درمان‌های مواجهه‌ای دیجیتال نیز نرخ نسبتاً بالای ترک در برخی مطالعات را گزارش کرده و مشکلات فنی و کاهش ارتباط انسانی را از عوامل احتمالی مطرح کرده است[۱۲].

محدودیت دیگر، دشواری تفکیک اثر خود فناوری از اثر درمان روان‌شناختی است. هنگامی که VR در چارچوب یک درمان مواجهه‌ای استاندارد به کار می‌رود، مشخص نیست چه مقدار از بهبود ناشی از اصول درمانی مواجهه و چه مقدار مربوط به ویژگی‌های VR است [۱۹،۲۰،۲۲]. این مسئله درباره 3MDR حتی پیچیده‌تر است، زیرا این روش چند مؤلفه فعال شامل VR، حرکت، موسیقی، تصاویر شخصی و تعامل درمانگر را همزمان به کار می‌گیرد و پژوهشگران نیز بر دشواری شناسایی سهم مستقل هر جزء تأکید کرده‌اند[۲۶،۳۰].

در نهایت، بسیاری از مطالعات موجود بر جمعیت‌های نظامی و کهنه‌سربازان متمرکز هستند. اگرچه این موضوع با هدف پژوهش حاضر همخوان است، تعمیم مستقیم نتایج به غیرنظامیان جنگ‌زده، پناهندگان و سایر جمعیت‌های متأثر از جنگ باید با احتیاط انجام شود.

۴-۷. پیشنهاد برای پژوهش‌های آینده

پژوهش‌های آینده باید با نمونه‌های بزرگ‌تر، طراحی‌های چندمرکزی و دوره‌های پیگیری طولانی‌تر انجام شوند تا پایداری اثرات درمان مشخص شود. همچنین انجام کارآزمایی‌های تصادفی‌شده‌ای که VR را مستقیماً با درمان‌های استاندارد مانند PE، CPT و EMDR مقایسه کنند، می‌تواند مشخص کند که آیا VR صرفاً روشی برای تسهیل اجرای درمان است یا در برخی شرایط مزیت اضافی ایجاد می‌کند. راهنمای بالینی VA/DoD همچنان درمان‌های متمرکز بر تروما از جمله CPT ، EMDR و PE را درمان‌های روان‌شناختی اصلی PTSD می‌داند؛ بنابراین مطالعات فناوری‌محور بهتر است این درمان‌ها را به‌عنوان مقایسه‌کننده فعال در نظر بگیرند[۹].

همچنین پیشنهاد می‌شود مطالعات آینده به‌طور مشخص اجزای مداخلات پیچیده مانند 3MDR را از یکدیگر تفکیک کنند تا سهمVR ، حرکت، موسیقی، تصاویر شخصی و دوگانه‌توجهی در اثر درمان مشخص شود [۲۶]. در حوزه ابزارهای هوشمند نیز پژوهش‌ها باید علاوه بر نمرهPTSD ، پایبندی به درمان، کیفیت زندگی، عملکرد اجتماعی، علائم همراه، تجربه کاربر و ارتباط درمانی را اندازه‌گیری کنند[۱۲،۳۱].

در پژوهش‌های آینده همچنین لازم است نقش هوش مصنوعی، ابزارهای پوشیدنی و پایش لحظه‌ای علائم بیشتر بررسی شود. ایجاد سامانه‌هایی که بتوانند بر اساس وضعیت هیجانی و فیزیولوژیک فرد، شدت یا محتوای مداخله را به شکل پویا تنظیم کنند، یکی از زمینه‌های بالقوه برای پژوهش‌های آینده است؛ با این حال، پیش از استفاده گسترده بالینی، اعتبارسنجی مدل‌ها، امنیت داده‌ها، حریم خصوصی و ملاحظات اخلاقی باید به‌طور جدی بررسی شوند.

۴-۸. جمع‌بندی پایانی بحث

در مجموع، یافته‌های مرور حاضر نشان می‌دهد که مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی و برخی ابزارهای هوشمند ظرفیت قابل‌توجهی برای کاهش علائم PTSD مرتبط با جنگ و خدمت نظامی دارند. شواهد موجود بیشترین حمایت را از استفاده از VR به‌عنوان بستری برای اجرای مواجهه و شخصی‌سازی تجربه درمان نشان می‌دهند، در حالی که شواهد مربوط به ابزارهای دیجیتال و هوشمند غیر VR ناهمگون‌تر است [۱۹-۲۸]. در عین حال، نتایج مطالعات مقایسه‌ای نشان می‌دهد

که VR در حال حاضر نباید به‌عنوان جایگزین قطعی درمان‌های متمرکز بر تروما در نظر گرفته شود؛ بلکه می‌تواند به‌عنوان روشی مکمل برای افزایش انعطاف‌پذیری، شخصی‌سازی و دسترسی به درمان مورد استفاده قرار گیرد[۱۹،۲۰،۲۲،۹].
بر این اساس، ارزش اصلی فناوری‌های نوین در درمان PTSD احتمالاً در ترکیب آن‌ها با اصول درمان‌های روان‌شناختی مبتنی بر شواهد قرار دارد. توسعه پژوهش‌های دقیق‌تر، با نمونه‌های بزرگ‌تر، پیگیری طولانی‌مدت و مقایسه مستقیم فناوری‌ها با درمان‌های استاندارد می‌تواند جایگاه واقعی VR و ابزارهای هوشمند را در درمان PTSD ناشی از جنگ و بحران‌های نظامی مشخص‌تر کند.

۵. نتیجه‌گیری

مقاله حاضر با هدف مرور و بررسی شواهد پژوهشی موجود درباره کارآمدی مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی (VR) و ابزارهای هوشمند در درمان اختلال استرس پس از سانحه (PTSD) ناشی از جنگ و بحران‌های نظامی انجام شد. بررسی ۱۰ مطالعه منتخب نشان داد که مداخلات مبتنی بر واقعیت مجازی، به‌ویژه درمان‌های مواجهه‌ای و روش‌های ترکیبی مانند 3MDR، در کاهش علائم PTSD در سربازان و کهنه‌سربازان مؤثر بوده‌اند. با این حال، در مطالعات مقایسه‌ای، VR در اغلب موارد برتری قطعی و پایدار نسبت به درمان‌های مواجهه‌ای متعارف نشان نداد. همچنین، یافته‌های مربوط به ابزارهای هوشمند و مداخلات دیجیتال ناهمگون بود و برخی مطالعات بهبود علائم PTSD یا متغیرهای مرتبط را گزارش کردند، در حالی که در برخی دیگر کاهش معناداری در شدت کلی PTSD مشاهده نشد[۱۹-۲۸].
در مجموع، پیام اصلی این مطالعه آن است که فناوری‌های نوین، به‌ویژه VR ، ظرفیت قابل‌توجهی برای تسهیل، شخصی‌سازی و گسترش دسترسی به درمان PTSD مرتبط با جنگ دارند، اما شواهد فعلی بیشتر از استفاده از این فناوری‌ها به‌عنوان ابزار مکمل یا بستری برای اجرای درمان‌های مبتنی بر شواهد حمایت می‌کنند و هنوز نمی‌توان آن‌ها را جایگزین قطعی درمان‌های استاندارد دانست. با توجه به رشد سریع فناوری‌های سلامت روان، انجام کارآزمایی‌های بزرگ‌تر، چندمرکزی و با پیگیری طولانی‌مدت برای تعیین اثربخشی پایدار، مقایسه مستقیم با درمان‌های استاندارد و مشخص کردن جایگاه دقیق هر فناوری در درمان PTSD پیشنهاد می‌شود.

۶. مراجع

1.American Psychiatric Association. (2022), “Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders, Fifth Edition, Text Revision (DSM-5-TR),” American Psychiatric Association Publishing, Washington, DC.
2.Melani, M.S., Paiva, J.M., Mendlowicz, M.V., Vilete, L.M.P., Luz, M.P., Ventura, P.R., Passos, R.B.F. and Berger, W. (2024), “Are There Differences Among Evidence-Based Psychotherapies for Treating Different DSM-5 PTSD Symptom Clusters? A Systematic Review and Meta-analysis of Controlled Clinical Trials,” Journal of Nervous and Mental Disease, 212 (6), pp. 332–343.
3.Tien, T.H., Ngan, T.T., Thu, M.X., Sharma, M., Crealey, G. and O’Neill, C. (2026), “Economic and Health-Related Quality of Life Impacts of Posttraumatic Stress Disorder: A Systematic Review,” Health Economics Review, 16, 93.
4.Schincariol, A., Orrù, G., Otgaar, H., Sartori, G. and Scarpazza, C. (2024), “Posttraumatic Stress Disorder (PTSD) Prevalence: An Umbrella Review,” Psychological Medicine, 54 (15), pp. 4021–4034.

5.Ahmed, S.H., Zakai, A., Zahid, M., Jawad, M.Y., Fu, R. and Chaiton, M. (2024), "Prevalence of Post-Traumatic Stress Disorder and Depressive Symptoms Among Civilians Residing in Armed Conflict-Affected Regions: A Systematic Review and Meta-analysis," General Psychiatry, 37 (3), e101438.
6.Grinsill, R., Kolandaisamy, M., Kerr, K., Varker, T. and Khoo, A. (2024), "Prevalence of Complex Post-Traumatic Stress Disorder in Serving Military and Veteran Populations: A Systematic Review," Trauma, Violence, & Abuse, 25 (4), pp. 3377–3387.
7.Shahmiri Barzoki, H., Ebrahimi, M., Khoshdel, A., Noorbala, A.A., Rahnejat, A.M., Avarzamani, L., Shahed Hagh Ghadam, H. and Avakh, F. (2023), "Studying the Prevalence of PTSD in Veterans, Combatants and Freed Soldiers of Iran-Iraq War: A Systematic and Meta-analysis Review," Psychology, Health & Medicine, 28 (3), pp. 812–818.
8.Scoglio, A.A.J., Reilly, E.D., Girouard, C., Quigley, K.S., Carnes, S. and Kelly, M.M. (2022), "Social Functioning in Individuals With Post-Traumatic Stress Disorder: A Systematic Review," Trauma, Violence, & Abuse, 23 (2).
9.U.S. Department of Veterans Affairs and U.S. Department of Defense. (2023), "The Management of Posttraumatic Stress Disorder and Acute Stress Disorder: VA/DoD Clinical Practice Guideline," U.S. Department of Veterans Affairs and U.S. Department of Defense, Washington, DC.
10.Öst, L.G., Enebrink, P., Finnes, A., Ghaderi, A., Havnen, A., Kvale, G., Salomonsson, S. and Wergeland, G.J. (2023), "Cognitive Behavior Therapy for Adult Post-Traumatic Stress Disorder in Routine Clinical Care: A Systematic Review and Meta-analysis," Behaviour Research and Therapy, 166, 104323.
11.Ackland, P.E., Koffel, E.A., Goldsmith, E.S., Ullman, K., Miller, W.A., Landsteiner, A., Stroebel, B., Hill, J., Wilt, T.J. and Duan-Porter, W. (2023), "Implementation of Evidence-Based Psychotherapies for Posttraumatic Stress Disorder: A Systematic Review," Administration and Policy in Mental Health and Mental Health Services Research, 50 (5), pp. 792–812.
12.Yoshikawa, M., Narita, Z. and Kim, Y. (2024), "Digital Health-Based Exposure Therapies for Patients with Posttraumatic Stress Disorder: A Systematic Review of Randomized Controlled Trials," Journal of Traumatic Stress, 37 (6), pp. 814–824.
13.Steubl, L.S., Klein, J.P. and Baumeister, H. (2025), "Digital Health Applications for the Treatment of Posttraumatic Stress Disorder: Current State, Opportunities and Challenges," Der Nervenarzt, 96 (5), pp. 458–463.
14.Heo, S. and Park, J.H. (2022), "Effects of Virtual Reality-Based Graded Exposure Therapy on PTSD Symptoms: A Systematic Review and Meta-analysis," International Journal of Environmental Research and Public Health, 19 (23), 15911.
15.Goldsmith, E.S., Zerzan, N., Greer, N., Kalinowski, C., Landsteiner, A., Nelson, J., Sayer, N., Sowerby, C., Spoont, M., Thompson, L., Ullman, K. and Duan-Porter, W. (2025), "Virtual Reality for Treating Mental Health Disorders and Prevention of Suicide: A Systematic Review," U.S. Department of Veterans Affairs, Evidence Synthesis Program, Washington, DC.
16. Kenemor e, J., Benham, G., Charak, R. and Hernandez Rodriguez, J. (2024), "Heart Rate Variability Biofeedback as a Treatment for Military PTSD: A Meta-analysis," Military Medicine, 189 (9–10), pp. e1903–e1909.

17.Wang, J., Ouyang, H., Jiao, R., Cheng, S., Zhang, H., Shang, Z., Jia, Y., Yan, W., Wu, L. et al. (2024), "The Application of Machine Learning Techniques in Posttraumatic Stress Disorder: A Systematic Review and Meta-analysis," npj Digital Medicine, 7, 121.
18.Held, P., Stade, E.C., Dondanville, K. and Wiltsey Stirman, S. (2025), "Generative Artificial Intelligence in Posttraumatic Stress Disorder Treatment: Exploring Five Different Use Cases," Journal of Traumatic Stress, 38 (5), pp. 813–820.
19.Reger, G.M., Koenen-Woods, P., Zetocha, K., Smolenski, D.J., Holloway, K.M., Rothbaum, B.O., Difede, J., Rizzo, A.A., Edwards-Stewart, A., Skopp, N.A., Mishkind, M., Reger, M.A. and Gahm, G.A. (2016), "Randomized Controlled Trial of Prolonged Exposure Using Imaginal Exposure vs. Virtual Reality Exposure in Active Duty Soldiers with Deployment-Related Posttraumatic Stress Disorder (PTSD)," Journal of Consulting and Clinical Psychology, 84 (11), pp. 946–959.
20.McLay, R.N., Baird, A., Webb-Murphy, J., Deal, W., Tran, L., Anson, H., Klam, W. and Johnston, S. (2017), "A Randomized, Head-to-Head Study of Virtual Reality Exposure Therapy for Posttraumatic Stress Disorder," Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking, 20 (4), pp. 218–224.
21.Beidel, D.C., Frueh, B.C., Neer, S.M., Bowers, C.A., Trachik, B., Uhde, T.W. and Grubaugh, A. (2019), "Trauma Management Therapy with Virtual-Reality Augmented Exposure Therapy for Combat-Related PTSD: A Randomized Controlled Trial," Journal of Anxiety Disorders, 61, pp. 64–74.
22.Difede, J., Rothbaum, B.O., Rizzo, A.A., Wyka, K., Spielman, L., Reist, C., Roy, M.J., Jovanovic, T., Norrholm, S.D., Cukor, J., Olden, M., Glatt, C.E. and Lee, F.S. (2022), "Enhancing Exposure Therapy for Posttraumatic Stress Disorder (PTSD): A Randomized Clinical Trial of Virtual Reality and Imaginal Exposure with a Cognitive Enhancer," Translational Psychiatry, 12, 299.
23.Schuman, D.L., Lawrence, K.A., Boggero, I., Naegele, P., Ginsberg, J.P., Casto, A. and Moser, D.K. (2023), "A Pilot Study of a Three-Session Heart Rate Variability Biofeedback Intervention for Veterans with Posttraumatic Stress Disorder," Applied Psychophysiology and Biofeedback, 48 (1), pp. 51–65.
24.van 't Wout-Frank, M., Arulpragasam, A.R., Faucher, C., Aiken, E., Shea, M.T., Jones, R.N., Greenberg, B.D. and Philip, N.S. (2024), "Virtual Reality and Transcranial Direct Current Stimulation for Posttraumatic Stress Disorder: A Randomized Clinical Trial," JAMA Psychiatry, 81 (5), pp. 437–446.
25.van Gelderen, M.J., Nijdam, M.J., Haagen, J.F.G. and Vermetten, E. (2020), "Interactive Motion-Assisted Exposure Therapy for Veterans with Treatment-Resistant Posttraumatic Stress Disorder: A Randomized Controlled Trial," Psychotherapy and Psychosomatics, 89 (4), pp. 215–227.
26.Bisson, J.I., van Deursen, R., Hannigan, B., Kitchiner, N., Barawi, K., Jones, K., Pickles, T., Skipper, J., Young, C., Abbott, L.R., van Gelderen, M., Nijdam, M.J. and Vermetten, E. (2020), "Randomized Controlled Trial of Multi-Modular Motion-Assisted Memory Desensitization and Reconsolidation (3MDR) for Male Military Veterans with Treatment-Resistant Post-Traumatic Stress Disorder," Acta Psychiatrica Scandinavica, 142 (2), pp. 141–151.
27.Niemeyer, H., Knaevelsrud, C., Schumacher, S., Engel, S., Kuester, A., Burchert, S., Muschalla, B., Weiss, D., Spies, J., Rau, H. and Willmund, G.D. (2020), "Evaluation of an

Internet-Based Intervention for Service Members of the German Armed Forces with Deployment-Related Posttraumatic Stress Symptoms," BMC Psychiatry, 20, 205.
28.McLean, C.P., Foa, E.B., Dondanville, K.A., Haddock, C.K., Miller, M.L., Rauch, S.A.M., Yarvis, J.S., Wright, E.C., Hall-Clark, B.N., Fina, B.A., Litz, B.T., Mintz, J., Young-McCaughan, S. and Peterson, A.L. (2021), "The Effects of Web-Prolonged Exposure Among Military Personnel and Veterans with Posttraumatic Stress Disorder," Psychological Trauma: Theory, Research, Practice, and Policy, 13 (6), pp. 621–631.
29.Cieślik, B., Mazurek, J., Rutkowski, S., Kiper, P., Turolla, A. and Szczepańska-Gieracha, J. (2019), "Virtual Reality in Psychiatric and Psychotherapeutic Treatment of Patients with Stress- and Anxiety Disorders: A Systematic Review," Journal of Clinical Medicine, 8 (10), 1642.
30.Vermetten, E., van der Kolk, B.A., Nijdam, M.J., van der Meer, C. and van den Heuvel, M. (2025), "Brief Manual for Multi-Modal Motion-Assisted Memory Desensitization and Reconsolidation Therapy for the Treatment of Post-traumatic Stress Disorder," Psychiatry and Clinical Psychopharmacology, 35 (Suppl. 1), pp. S122–S134.
31.Tng, G.Y.Q., Koh, J., Soh, X.C., Majeed, N.M.M. and Hartanto, A. (2024), "Efficacy of Digital Mental Health Interventions for PTSD Symptoms: A Systematic Review of Meta-analyses," Journal of Affective Disorders, 357, pp. 23–36.

A Review of the Effectiveness of Virtual Reality (VR)-Based Interventions and Smart Tools in the Treatment of Post-Traumatic Stress Disorder (PTSD) Resulting from War and Military Crises

AhmadReza Behroozi[1],* – Sara Niroo[2]

[1] B.Sc. in Psychology, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. Email: AhmadReza.Behroozi.Official@gmail.com

[2] M.Sc. in Clinical Psychology, Shiraz Branch, Islamic Azad University, Shiraz, Iran. Email: niroosara9@gmail.com

Abstract

Post-traumatic stress disorder (PTSD) is one of the major psychological consequences of war and military crises and may substantially impair individual, family, and social functioning. Although evidence-based psychotherapies are effective, barriers such as limited access to specialized care, treatment costs, dropout, and difficulties in implementing trauma-focused exposure have increased interest in digital mental health technologies. The present systematic review aimed to examine and synthesize the available evidence on the effectiveness of virtual reality (VR)-based interventions and smart technologies for the treatment of PTSD related to war and military crises. Relevant studies published between 2016 and 2026 were searched in PubMed, ScienceDirect, Web of Science, Scopus, Google Scholar, SID, Noormags, ISC, and Civilica. Studies were identified, screened, and selected according to PRISMA principles based on predefined eligibility criteria. From 800 records identified through the initial search, duplicates and irrelevant studies were removed, and full texts were assessed according to the inclusion and exclusion criteria. Ultimately, 10 original studies involving military personnel and veterans with war- or deployment-related PTSD were included in the final review. The interventions included virtual reality exposure therapy, multimodal motion-assisted memory desensitization and reconsolidation (3MDR), VR combined with transcranial direct current stimulation, heart rate variability biofeedback using digital devices, internet-based cognitive behavioral therapy, and web-based prolonged exposure. Overall, 8 of the 10 studies reported significant or clinically meaningful improvements in PTSD symptoms in at least one primary outcome, whereas 2 studies did not demonstrate a significant reduction in overall PTSD severity in the primary comparison. VR-based interventions were generally associated with reductions in PTSD symptoms; however, comparative studies did not consistently demonstrate superiority of VR over conventional trauma-focused exposure therapies. The findings suggest that VR and selected smart technologies have considerable potential to facilitate, personalize, and expand access to PTSD treatment among war- and military-trauma populations. Nevertheless, current evidence supports these technologies primarily as complementary approaches or alternative platforms for delivering evidence-based interventions rather than as definitive replacements for established trauma-focused psychotherapies. Larger multicenter randomized controlled trials with longer follow-up periods are warranted to clarify their long-term effectiveness and clinical applicability.

Keywords: *Post-traumatic stress disorder,War trauma, Military trauma, Virtual reality, Virtual reality exposure therapy, Digital mental health, Smart technologies, Digital health, Veterans, Trauma-focused therapy, Military personnel*