

De Illusie van Veiligheid Creëren bij Dwangstoornis met AI en VR: Een Onderzoek naar Tegen-Illusies Geïnspireerd door Ramachandran

1. Introductie: De Illusie van Gevaar bij Dwangstoornis en de Belofte van Tegen-Illusies

Dwangstoornis (OCS) is een angststoornis die gekenmerkt wordt door terugkerende, opdringende gedachten, beelden of impulsen (obsessies) en repetitieve gedragingen of mentale handelingen (compulsies) die de persoon zich gedwongen voelt uit te voeren.¹

Obsessies zijn gedefinieerd als terugkerende en aanhoudende gedachten, drangen of beelden die tijdens de stoornis op enig moment worden ervaren als opdringend en ongewenst, en die bij de meeste individuen duidelijke angst of spanning veroorzaken.⁴

Compulsies zijn repetitieve gedragingen of mentale handelingen waartoe de persoon zich gedreven voelt als reactie op een obsessie of volgens regels die rigide moeten worden toegepast, met als doel angst of spanning te verminderen of een gevreesde situatie te voorkomen.⁴ OCS treft wereldwijd 1% tot 3% van de bevolking en kan het dagelijks leven aanzienlijk beïnvloeden en aanzienlijke psychische nood veroorzaken.²

Een fundamenteel aspect van OCS is de intense subjectieve ervaring van gevaar, zelfs wanneer er geen reëel gevaar dreigt. Deze "illusie van gevaar" is wat het dwangmatige gedrag aanstuurt. Individuele met OCS ervaren vaak een niveau van ingeschat risico dat onevenredig hoog is in verhouding tot de werkelijke waarschijnlijkheid van een negatieve gebeurtenis.⁵ Deze subjectieve ervaring van gevaar, zelfs wanneer irrationeel, is de kern van hun angst en de daaropvolgende compulsies.

Dit roept een cruciale vraag op: Zou het mogelijk zijn om een "tegen-illusie" van veiligheid en normaliteit te creëren om dit waargenomen gevaar tegen te gaan?

Het werk van Vilayanur S. Ramachandran met spiegeltherapie voor fantoompijn biedt een interessant perspectief.⁷ Spiegeltherapie (ST) is een niet-invasieve behandeling die voornamelijk is ontwikkeld door neuroloog Vilayanur S. Ramachandran om fantoompijn bij geamputeerden te verlichten.⁷ Het maakt gebruik van een spiegel om een visuele illusie te creëren, waardoor de hersenen de beweging van een ontbrekend ledemaat kunnen waarnemen door de beweging van het intacte tegenovergestelde te reflecteren.⁷ Wanneer de patiënt zijn niet-aangedane ledemaat beweegt, misleidt de spiegel de hersenen door te denken dat het geamputeerde ledemaat ook beweegt, waardoor motorische neuronen worden geactiveerd en de neuroplasticiteit van de hersenen wordt bevorderd.⁷

Ramachandran's succes bij het behandelen van fantoompijn door een visuele illusie van beweging in een ontbrekend ledemaat te creëren, benadrukt de afhankelijkheid van de hersenen van sensorische input bij het construeren van de realiteitsperceptie. Dit suggereert

dat het manipuleren van sensorische feedback een krachtig therapeutisch hulpmiddel kan zijn om maladaptieve percepties te veranderen. Het feit dat een eenvoudige visuele truc chronische pijn kan verlichten, onderstreept de plasticiteit van de hersenen en hun vermogen om "voor de gek gehouden" te worden op manieren die therapeutisch gunstig kunnen zijn. Kunstmatige Intelligentie (AI) en Virtual Reality (VR) bieden geavanceerde instrumenten voor het creëren van complexe, interactieve en gepersonaliseerde illusies in vergelijking met eenvoudige spiegels. VR biedt immersieve, driedimensionale omgevingen die realistische scenario's op een gecontroleerde manier kunnen simuleren.¹² AI kan gepersonaliseerde interventies bieden, behandelingen aanpassen op basis van gebruikersreacties en mogelijk therapeutische processen begeleiden binnen VR-omgevingen.²¹ Waar spiegeltherapie berust op een relatief eenvoudige visuele truc, maken AI- en VR-technologieën de creatie van veel geavanceerdere en dynamische sensorische ervaringen mogelijk. VR kan individuen onderdompelen in realistische virtuele werelden die zijn afgestemd op hun specifieke angsten en zorgen, terwijl AI deze ervaringen in realtime kan personaliseren op basis van de reacties van de gebruiker, waardoor mogelijk krachtigere en effectievere "tegen-illusies" van veiligheid en normaliteit ontstaan.

2. Deconstructie van Ramachandran's Spiegeltherapie: Principes en Toepassing

Spiegeltherapie werd in de vroege jaren negentig van de vorige eeuw door Vilayanur S. Ramachandran uitgevonden vanwege zijn interesse in fantoompijn, een fenomeen waarbij geamputeerden de aanwezigheid van het ontbrekende ledemaat blijven voelen, vaak gepaard gaand met pijn.⁷ Ramachandran redeneerde dat fantoompijn zou kunnen worden veroorzaakt door een mismatch tussen het visuele systeem (dat ziet dat het ledemaat ontbreekt) en het somatosensorische systeem (dat het ledemaat nog steeds voelt).⁹

Ramachandran stelde de "aangeleerde verlamming"-hypothese voor, die suggereert dat wanneer een patiënt vóór de amputatie probeert een verlamd ledemaat te bewegen, hij feedback ontvangt dat het ledemaat niet beweegt. Deze feedback wordt in de hersenen ingeprent, waardoor het fantoomledemaat ook als verlamd en mogelijk pijnlijk wordt ervaren. Spiegeltherapie is bedoeld om deze aangeleerde verlamming te doorbreken door visueel bewijs van beweging in het fantoomledemaat te leveren, waardoor de mismatch wordt verminderd en de pijn wordt verlicht.⁸

Spiegeltherapie activeert de neuroplasticiteit van de hersenen – het vermogen om zich aan te passen en opnieuw te bedraden – via speciale cellen die spiegelneuronen worden genoemd.⁷ Wanneer motorische neuronen in de hersenen vuren, geven ze spieren het signaal om te bewegen. Spiegeltherapie helpt een herbedradingsproces te initiëren om de hersenperceptie van het geamputeerde ledemaat te veranderen.⁷ Spiegelneuronen, die voor het eerst in 1992 werden beschreven, vuren zowel wanneer een individu een handeling uitvoert als wanneer hij een soortgelijke handeling observeert die door een ander wordt uitgevoerd.⁹ Bij spiegeltherapie wordt aangenomen dat deze neuronen bijdragen aan het gevoel dat het fantoomledemaat beweegt door de beweging van het intacte ledemaat te spiegelen.⁷ De effectiviteit van spiegeltherapie is diep geworteld in het opmerkelijke vermogen van de hersenen tot neuroplasticiteit. Door overtuigende visuele feedback te geven die in tegenspraak is met de gevestigde sensorische kaart van de hersenen na amputatie, triggert

spiegeltherapie de herbedrading van neurale paden. Spiegelneuronen spelen een cruciale rol in dit proces door een neurale representatie te creëren van de waargenomen beweging alsof het die van de patiënt zelf is, waardoor de illusie van beweging in het fantoomledemaat wordt vergemakkelijkt en bijgedragen aan pijnbestrijding.

Het principe van het gebruik van visuele feedback om de motorische controle te beïnvloeden en pijn te verminderen, strekt zich uit voorbij fantoompijn, wat suggereert dat op illusies gebaseerde therapieën een bredere toepasbaarheid hebben.⁷ Spiegeltherapie heeft veelbelovende resultaten laten zien bij de revalidatie van slachtoffers van een beroerte en patiënten met aandoeningen zoals artritis en het carpaletunnelsyndroom door de motorische en sensorische netwerken van de hersenen te reorganiseren.⁷ Het wordt ook gebruikt bij motorische stoornissen zoals hemiplegie of cerebrale parese.⁸ Ramachandran en Eric Altschuler breidden de techniek uit om de spiercontrole te verbeteren bij patiënten met een beroerte met verzwakte ledematen.⁸ Recensies hebben de waarde ervan aangegeven bij het verbeteren van het motorisch herstel bij post-beroerte hemiparese en het verbeteren van de functie van de bovenste ledematen.⁸ Het succes van spiegeltherapie bij de behandeling van motorische tekorten na een beroerte en andere aandoeningen benadrukt het fundamentele principe dat de hersenen kunnen worden beïnvloed en opnieuw getraind door zorgvuldig gecontroleerde visuele feedback. Dit suggereert dat vergelijkbare op illusies gebaseerde benaderingen, mogelijk aangepast aan de specifieke cognitieve en perceptuele uitdagingen van OCS, therapeutisch potentieel zouden kunnen hebben.

3. Het Cognitieve Landschap van OCS: Een "Illusie van Gevaar"

De cognitieve kenmerken van OCS omvatten obsessies en compulsies.¹ Obsessies zijn terugkerende en aanhoudende gedachten, beelden of impulsen die niet op de realiteit zijn gebaseerd en gevoelens van angst veroorzaken.¹ Veel voorkomende thema's zijn angst voor besmetting, angst voor schade, behoefte aan symmetrie en ongewenste seksuele of religieuze gedachten.² Compulsies zijn repetitieve gedragingen of mentale handelingen die individuen zich gedreven voelen uit te voeren als reactie op obsessies om angst te verminderen of een gevreesde uitkomst te voorkomen.¹ Voorbeelden hiervan zijn overmatig handen wassen, controleren, tellen, ordenen en geruststelling zoeken.²

Catastrofaal denken omvat het springen naar worstcasescenario's zonder bewijs, waardoor alledaagse zorgen worden versterkt tot overweldigende angsten.⁶ OCS overtuigt individuen vaak dat het worstcasescenario niet alleen mogelijk is, maar waarschijnlijk.⁵² Twijfel is een kenmerk van OCS, dat een eindeloze lus van onzekerheid voedt over de vraag of handelingen correct zijn voltooid of dat er schade kan optreden.⁵ OCS hunkert naar zekerheid, wat leidt tot een nooit eindigende zoektocht naar geruststelling door middel van compulsies.⁵³ Individen met OCS hebben vaak een opgeblazen gevoel van verantwoordelijkheid, waarbij ze geloven dat ze verantwoordelijk zijn voor het voorkomen van schade aan zichzelf of anderen.⁴ Ze kunnen ook de waarschijnlijkheid van negatieve gebeurtenissen overschatten.⁴ De cognitieve vertekeningen die inherent zijn aan OCS creëren een krachtige "illusie van gevaar".

Opdringende gedachten, die zelfs bij personen zonder OCS voorkomen, worden verkeerd geïnterpreteerd als significante bedreigingen, wat leidt tot intense angst. Deze angst drijft

vervolgens dwangmatig gedrag aan dat gericht is op het neutraliseren van het waargenomen gevaar. Catastrofaal denken, twijfel en een overschatting van de verantwoordelijkheid dragen allemaal bij aan deze vertekende perceptie van de realiteit, waardoor de angst zeer reëel en dwingend aanvoelt.

Een aanzienlijk percentage van de personen met OCS meldt dat hun obsessies gepaard gaan met perceptuele kenmerken, zoals visuele, tactiele of somatische sensaties, waardoor de gedachten reëler en authentieker aanvoelen.⁵⁵ Dit wordt geassocieerd met een lager inzicht in de irrationaliteit van de obsessies.⁵⁵ OCS-patiënten kunnen een verminderd gevoel van controle vertonen bij illusie van controletaken.⁵⁷ Ze hebben mogelijk ook meer informatie nodig voordat ze een keuze maken tijdens perceptuele discriminatietaken.⁵⁸ Meta-analyses suggereren dat mensen met OCS de neiging hebben hun geheugen en perceptie te wantrouwen, vaak een lager vertrouwen in hun cognitieve vaardigheden rapporterend in vergelijking met controlegroepen, zelfs wanneer de prestaties vergelijkbaar zijn.⁵⁹ Wanneer obsessieve gedachten worden ervaren met sensorische kwaliteiten, krijgen ze een verhoogd gevoel van realiteit, waardoor het nog moeilijker wordt voor individuen om ze als irrationeel te herkennen. Dit, in combinatie met een algemeen gebrek aan vertrouwen in hun eigen cognitieve processen, met name geheugen en perceptie, kan de cyclus van twijfel en dwangmatig controleren voeden. Als individuen hun eigen herinnering aan het vergrendelen van de deur bijvoorbeeld niet vertrouwen, wordt de drang om herhaaldelijk te controleren overweldigend.

4. Virtual Reality als Therapeutisch Hulpmiddel voor OCS: Huidige Toepassingen en Potentieel voor Veiligheidssignalering

Virtual Reality Exposure Therapie (VRET) wordt momenteel gebruikt bij de behandeling van OCS.¹² VRET maakt gebruik van immersieve, computergegenereerde omgevingen om realistische triggers voor OCS te simuleren, waardoor patiënten in een veilige en gecontroleerde omgeving via een headset met deze triggers kunnen interageren.¹² VRET biedt verschillende voordelen ten opzichte van traditionele in-vivo exposuretherapie, waaronder de mogelijkheid om blootstellingsscenario's aan te passen en te controleren, blootstellingen zo vaak als nodig te herhalen en een gevoel van veiligheid te bieden dat de aanvankelijke weerstand tegen therapie kan verminderen.¹⁶ Het kan ook worden gebruikt voor situaties die moeilijk of onmogelijk na te bootsen zijn in een therapiekamer.⁶³ Onderzoek heeft aangetoond dat VRET net zo effectief, of zelfs effectiever, kan zijn dan traditionele persoonlijke ERP bij het verminderen van OCS-symptomen.¹⁶ Studies hebben significante verminderingen in obsessie- en compulsiescores aangetoond na VRET.⁶⁴ Door virtuele omgevingen te creëren die de situaties nabootsen die obsessies en compulsies uitlokken, stelt VRET individuen in staat hun angsten op een gecontroleerde en geleidelijke manier te confronteren. Dit proces, dat centraal staat in Exposure en Response Preventie (ERP), helpt de associatie tussen de gevreesde stimulus en de drang om compulsies uit te voeren te doorbreken, waardoor uiteindelijk angst wordt verminderd en de "illusie van gevaar" wordt uitgedaagd. De veiligheid en controle die VR biedt, kunnen ERP toegankelijker en minder overweldigend maken voor individuen met ernstige OCS.

VR-omgevingen zouden kunnen worden ontworpen om ontspanning en een gevoel van

veiligheid te bevorderen, waardoor de verhoogde angstniveaus bij personen met OCS mogelijk worden tegengegaan.⁷⁶ Immersieve VR-meditatie heeft aangetoond angstsymptomen te verlichten.⁷⁶ VR-scenario's zouden normale, alledaagse situaties kunnen weergeven zonder de aanwezigheid van dreigingssignalen, waardoor de perceptie van deze situaties door het individu wordt genormaliseerd.¹² Dit zou simulaties van sociale interacties, routinetaken of gewoonweg rustige en kalmerende omgevingen kunnen omvatten. De immersieve mogelijkheden van VR zouden kunnen worden gebruikt om "veilige zones" of simulaties van normaliteit te creëren, waardoor mogelijk een contrasterende ervaring wordt geboden met de angstaanjagende realiteit van OCS. Als OCS een doordringende "illusie van gevaar" creëert, dan zou VR kunnen worden gebruikt om een even overtuigende "illusie van veiligheid" en normaliteit te construeren. Door individuen onder te dompelen in virtuele omgevingen die specifiek zijn ontworpen om kalmte, veiligheid en de afwezigheid van dreiging op te roepen, zouden we mogelijk een directe tegengestelde ervaring kunnen bieden aan hun gewoonlijke angstige reacties. Herhaalde blootstelling aan deze virtuele "veilige zones" zou mogelijk kunnen helpen hun dreigingsperceptie te herkalibreren en een groter gevoel van normaliteit in hun dagelijks leven te bevorderen.

5. Kunstmatige Intelligentie in OCS-Behandeling: Personalisatie en Adaptieve Interventies

AI-algoritmen worden ontwikkeld om patiëntgegevens te analyseren en mogelijk OCS sneller en nauwkeuriger te diagnosticeren, in sommige gevallen zelfs beter presterend dan menselijke professionals met behulp van vignetten.⁸¹ Machine learning (ML) en AI worden gebruikt om te voorspellen welke individuen met OCS het beste zullen reageren op behandelingen zoals Cognitieve Gedragstherapie (CGT) op basis van hersenscans (fMRI) en klinische gegevens.⁸³ Dit kan helpen behandelplannen te personaliseren. AI speelt een rol bij de ontdekking van geneesmiddelen door potentiële eiwittargets en moleculaire medicijnen voor OCS te identificeren, waardoor de ontwikkeling van nieuwe farmacologische behandelingen wordt versneld.²¹ AI kan verschillende factoren analyseren om gepersonaliseerde behandelbenaderingen voor OCS-patiënten voor te stellen.²³ Draagbare AI-feedbacktools worden ontwikkeld om fysiologische signalen te monitoren en OCS-gerelateerde gebeurtenissen te detecteren, waardoor realtime inzichten worden geboden voor patiënten en therapeuten.²² Het vermogen van AI om complexe datasets te verwerken en te analyseren, inclusief klinische informatie, neuroimaginggegevens en fysiologische reacties, maakt een zeer gepersonaliseerde benadering van OCS-behandeling mogelijk. Dit omvat niet alleen het voorspellen van behandelresultaten en het helpen bij de diagnose, maar ook het potentieel om de parameters van VR-gebaseerde "tegen-illusies" af te stemmen op de specifieke obsessies, compulsies en angsttriggers van een individu, waardoor de therapeutische impact wordt gemaximaliseerd.

AI-aangedreven chatbots worden ontwikkeld en getest voor het leveren van therapeutische interventies voor angst en depressie, met veelbelovende resultaten bij het verminderen van symptomen en het verbeteren van de gebruikersbetrokkenheid.²⁴ Deze chatbots maken vaak gebruik van CGT-technieken en kunnen continue ondersteuning bieden. AI-modellen worden gebruikt om herstelresultaten te voorspellen voor gegeneraliseerde angststoornis op basis

van een reeks psychologische, sociaal-demografische, gezondheids- en levensstijlfactoren, wat zou kunnen helpen bij het personaliseren van behandelstrategieën.²⁶ Aangezien OCS is geclassificeerd als een angststoornis, bieden de vorderingen in het gebruik van AI om andere vormen van angst, zoals gegeneraliseerde angststoornis en sociale angst, te behandelen, waardevolle inzichten voor de toepassing ervan bij OCS. De ontwikkeling van AI-aangedreven chatbots die therapeutische interventies kunnen leveren en het gebruik van AI om de behandeling te personaliseren op basis van individuele kenmerken, suggereren dat vergelijkbare benaderingen zouden kunnen worden aangepast om de specifieke obsessies en compulsies aan te pakken die OCS definiëren.

6. AI en VR Inzetten om een "Tegen-Illusie" van Veiligheid en Normaliteit te Creëren bij OCS

AI zou de specifieke obsessies en triggers van een individu (geïdentificeerd door therapie, vragenlijsten of gegevens van draagbare sensoren) kunnen analyseren om dynamisch VR-omgevingen te genereren die aanvankelijk de veiligheid benadrukken en geleidelijk elementen met betrekking tot hun angsten op een niet-bedreigende manier introduceren. Voor iemand met smetvrees zou een initiële VR-omgeving bijvoorbeeld een onberispelijk schone en kalmerende ruimte kunnen zijn die de AI geleidelijk aanpast om een potentieel triggerend object op te nemen, terwijl de gebruiker voortdurend wordt gerustgesteld en zijn angstniveaus worden gemonitord. In plaats van de angsten direct te confronteren, zou het aanvankelijk creëren van een virtuele ruimte die wordt geassocieerd met veiligheid binnen een gevreesde context kunnen helpen een gevoel van controle op te bouwen en de anticipatoire angst te verminderen, waardoor de daaropvolgende blootstelling beter te verdragen is. AI zou gebruikers kunnen begeleiden door VR-scenario's die alledaagse activiteiten en sociale interacties weergeven die doorgaans bronnen van angst zijn voor personen met OCS, maar in deze virtuele scenario's treden geen negatieve gevolgen op. De AI zou positieve bekrachtiging kunnen bieden voor niet-dwangmatige reacties en de gebruiker helpen vertrouwen op te bouwen in zijn vermogen om deze situaties te navigeren zonder toevlucht te nemen tot rituelen. Herhaalde blootstelling aan virtuele normaliteit, begeleid door AI, zou kunnen helpen de perceptie van typische situaties door het individu te herkalibreren en hun ingesleten angstreacties uit te dagen.

AI zou continu de fysiologische reacties (bijv. hartslag, huidgeleiding) en zelfgerapporteerde angstniveaus van de gebruiker binnen VR-omgevingen kunnen monitoren. Als de angst begint toe te nemen, zou de AI de virtuele omgeving dynamisch kunnen aanpassen om de intensiteit van de triggerende stimuli te verminderen of kalmerende signalen te geven, zoals visuele of auditieve herinneringen aan veiligheid en controle. Dit creëert een "virtueel vangnet" waarbij de gebruiker zich gesteund voelt en niet overweldigd raakt. De dynamische en adaptieve aard van AI maakt de creatie van een werkelijk gepersonaliseerde en veilige therapeutische ervaring binnen VR mogelijk.

VR zou scenario's kunnen nabootsen die de principes van spiegeltherapie volgen, maar zijn afgestemd op de specifieke angsten van OCS. Bij smetvrees zou een gebruiker bijvoorbeeld een virtuele reflectie van zichzelf kunnen zien die een "besmet" object aanraakt zonder negatieve gevolgen te ervaren of de drang te voelen om zijn handen te wassen. De AI zou hen door deze visuele ervaring kunnen begeleiden, de afwezigheid van gevaar versterkend en een

visuele "correctie" van hun waargenomen dreiging bevorderend. Op vergelijkbare wijze zou een gebruiker met controlecompulsies een reflectie van zichzelf kunnen zien die vol vertrouwen een taak uitvoert (zoals het vergrendelen van een deur) en vervolgens andere activiteiten onderneemt zonder negatieve gevolgen, visueel aantonend de veiligheid en betrouwbaarheid van hun handelingen. Net zoals spiegeltherapie visuele feedback gebruikt om de mismatch bij fantoompijn op te lossen, zou een op VR gebaseerde aanpassing een krachtig visueel tegengesteld verhaal kunnen bieden aan de "illusie van gevaar" bij OCS. Ramachandran's onderzoek naar fantoomledematen en andere neurologische aandoeningen toont de inherente plasticiteit van de hersenen aan en hun gevoeligheid voor illusies die worden gecreëerd door sensorische manipulatie.⁹² Zijn werk benadrukt het potentieel om deze principes te gebruiken om leed te verlichten en maladaptieve percepties te veranderen. Het succes van spiegeltherapie bij fantoompijn biedt een conceptueel kader voor het gebruik van illusies om de maladaptieve percepties bij OCS aan te pakken.

7. De Rol van Sensorische Feedback en Potentieel voor AI/VR-Gedreven Modulatie

Sensorische feedback, met name visuele feedback, speelt een dominante rol in hoe de hersenen het lichaam en de omgeving waarnemen.¹¹ Spiegeltherapie maakt effectief gebruik van deze dominantie door visuele feedback te geven die in strijd is met andere sensorische signalen in het geval van fantoompijn.⁸ VR kan rijke en multimodale sensorische feedback bieden, waaronder visuele, auditieve en zelfs tactiele sensaties, waardoor een meer immersieve en potentieel impactvolle therapeutische ervaring ontstaat.¹² Door zorgvuldig multisensorische feedback in VR te controleren en te moduleren, geleid door AI, zouden we mogelijk een krachtig gevoel van veiligheid kunnen creëren dat de "illusie van gevaar" bij OCS overstemt.

AI-algoritmen zouden de unieke fysiologische en subjectieve reacties van een individu op verschillende sensorische stimuli binnen VR-omgevingen kunnen leren. Deze gegevens zouden vervolgens kunnen worden gebruikt om het type, de intensiteit en de timing van veiligheidssignalen te personaliseren om hun effectiviteit bij het verminderen van angst en het bevorderen van een gevoel van kalmte te maximaliseren. Het feit dat personen met OCS mogelijk een verhoogde sensorische gevoeligheid hebben¹⁰², betekent dat AI kan worden gebruikt om de sensorische feedback binnen VR-omgevingen fijn af te stemmen. Door te leren welke soorten sensorische signalen (visueel, auditief, tactiel) het meest effectief zijn bij het bevorderen van een gevoel van veiligheid en het verminderen van angst voor een bepaald individu, kan AI de therapeutische ervaring personaliseren, waardoor deze impactvoller en comfortabeler wordt.

Hoewel de verstrekte fragmenten de term "virtueel vangnet" in de context van VR voor angst niet direct definiëren, kan worden afgeleid dat VR een veilige en gecontroleerde omgeving biedt waar individuen hun angsten geleidelijk kunnen confronteren zonder gevolgen in de echte wereld.¹² De wetenschap dat ze de headset kunnen afzetten en terugkeren naar de realiteit biedt een gevoel van veiligheid. Voor individuen met OCS is de angst om de controle te verliezen vaak een belangrijke factor die bijdraagt aan hun angst. VR biedt een uniek voordeel door een volledig gecontroleerde omgeving te bieden waar ze in hun eigen tempo hun angsten kunnen aangaan, wetende dat ze de macht hebben om de simulatie te

beëindigen wanneer ze zich overweldigd voelen. Dit gevoel van controle en de inherente veiligheid van de virtuele wereld kunnen fungeren als een "virtueel vangnet", waardoor ze worden aangemoedigd om blootstellingen aan te gaan die ze in het echte leven anders zouden vermijden.

8. Computationale Psychiatrie: De Ontwikkeling van Tegen-Illusoire Interventies Informeren

Computationale psychiatrie is een veld dat computationale modellen gebruikt om de mechanismen te begrijpen die ten grondslag liggen aan psychische stoornissen zoals OCS.¹⁰⁴ Het doel van computationale psychiatrie is om psychische aandoeningen nauwkeuriger te begrijpen door gedrag en de neurale correlaten ervan kwantitatief te analyseren en computationale modellen te ontwikkelen om modelvoorspellingen te vergelijken met observaties.¹⁰⁵ Door computationale modellen te ontwikkelen die de cognitieve en neurale processen simuleren die ten grondslag liggen aan OCS, kunnen onderzoekers in de computationale psychiatrie de specifieke mechanismen identificeren die bijdragen aan de "illusie van gevaar". Dit diepere begrip van de computationale grondslagen van de stoornis kan vervolgens de ontwikkeling van gerichtere en effectievere "tegen-illusoire" interventies met behulp van AI en VR informeren. Modellen die bijvoorbeeld tekorten in het voorspellen van de gevolgen van acties benadrukken¹⁰⁶, zouden VR-scenario's kunnen suggereren die gericht zijn op het aantonen van de veiligheid van het niet uitvoeren van compulsies.

AI-algoritmen zouden kunnen worden getraind op gegevens die zijn afgeleid van computationale modellen van OCS om te voorspellen hoe individuele patiënten zouden kunnen reageren op verschillende soorten virtuele omgevingen, veiligheidssignalen en therapeutische uitdagingen.¹⁰⁵ Dit zou de AI in staat stellen de VR-ervaring dynamisch aan te passen op een manier die het meest waarschijnlijk een gevoel van veiligheid bevordert en angst vermindert voor elke gebruiker. De combinatie van het theoretische begrip van OCS vanuit de computationale psychiatrie met de praktische mogelijkheden van AI en VR biedt een immens potentieel voor het creëren van zeer gepersonaliseerde en effectieve therapeutische interventies. Computationale modellen kunnen de AI voorzien van een kader voor het begrijpen van de specifieke cognitieve en gedragspatronen van het individu, waardoor de AI de VR-ervaring kan afstemmen op een manier die rechtstreeks de kernmechanismen aanpakt die hun "illusie van gevaar" aandrijven en de ontwikkeling van een "tegen-illusie" van veiligheid en normaliteit bevordert.

9. Uitdagingen, Ethische Overwegingen en Toekomstige Richtingen

Het waarborgen dat de VR-omgevingen voldoende immersief en realistisch zijn om echte emotionele reacties uit te lokken en tegelijkertijd effectief veiligheid en normaliteit over te brengen, zal een aanzienlijke technische uitdaging zijn.¹⁸ OCS presenteert zich met een breed scala aan obsessies en compulsies, wat de ontwikkeling vereist van sterk gepersonaliseerde VR-scenario's en AI-algoritmen die zich kunnen aanpassen aan deze heterogeniteit.¹² Rigoureuze klinische onderzoeken zijn essentieel om de werkzaamheid en veiligheid van deze nieuwe interventies te valideren in vergelijking met bestaande evidence-based behandelingen zoals ERP en medicatie.⁶¹ Er zijn zorgen over de mogelijkheid dat individuen overmatig afhankelijk worden van virtuele omgevingen voor het beheersen van hun OCS of onbedoelde

negatieve psychologische effecten ervaren.⁶⁰

Het beschermen van de privacy en veiligheid van gevoelige patiëntgegevens die worden verzameld door AI- en VR-systemen is van het grootste belang.²³ De rol van menselijke therapeuten bij het begeleiden en overzien van op AI en VR gebaseerde therapie moet zorgvuldig worden overwogen om passende ondersteuning en interventie te waarborgen wanneer dat nodig is.³⁶ De technologie moet de cruciale rol van menselijke empathie en klinisch oordeel versterken, niet vervangen. Het waarborgen dat deze geavanceerde technologieën toegankelijk en betaalbaar zijn voor alle individuen die er baat bij kunnen hebben, is een belangrijke ethische overweging om te voorkomen dat bestaande gezondheidsverschillen worden verergerd.

Toekomstig onderzoek moet zich richten op de ontwikkeling van geavanceerdere AI-algoritmen die VR-therapie nauwkeurig kunnen personaliseren voor de diverse presentaties van OCS. Longitudinale studies zijn nodig om de werkzaamheid en duurzaamheid op lange termijn van op AI en VR gebaseerde "tegen-illusie"-therapieën voor OCS te beoordelen. Neuroimagingstudies kunnen helpen de neurale mechanismen te ontrafelen die ten grondslag liggen aan de effectiviteit van deze interventies, waardoor verdere inzichten worden verkregen in hoe ze de hersenactiviteit en -connectiviteit veranderen. Onderzoek moet het potentieel onderzoeken van het combineren van AI en VR met andere therapeutische modaliteiten, zoals traditionele ERP, medicatie of neurofeedback.¹¹³

10. Conclusie: Naar AI- en VR-Geactiveerde Tegen-Illusies voor OCS

AI en VR bieden een veelbelovend potentieel voor het creëren van "tegen-illusies" van veiligheid en normaliteit voor personen met OCS, geïnspireerd door Ramachandran's spiegeltherapie. Voortdurend onderzoek en ontwikkeling zijn noodzakelijk om de uitdagingen en ethische overwegingen aan te pakken. De toekomst van technologiegedreven interventies voor OCS ziet er voorzichtig optimistisch uit, met het potentieel om het leven van individuen die door deze uitdagende stoornis worden getroffen aanzienlijk te verbeteren door nieuwe en gepersonaliseerde benaderingen te bieden om de slopende "illusie van gevaar" tegen te gaan.

Tabel 1: Vergelijking van Traditionele Exposure Therapie en VRET

Kenmerk	Traditionele ERP	Virtual Reality Therapie voor OCS
Trigger Simulatie	Alleen in de echte wereld	Gecontroleerde, gesimuleerde scenario's
Patiëntenweerstand	Vaak hoog	Lager door waargenomen veiligheid
Personalisatie	Beperkt	Zeer flexibel
Betrokkenheid en Motivatie	Varieert	Potentieel hoger
Toegankelijkheid	Kan beperkt zijn door real-world beperkingen	Verbeterde toegankelijkheid
Herhaalbaarheid	Kan uitdagend zijn	Zeer herhaalbaar

Tabel 2: Potentiële AI- en VR-Combinaties voor Tegen-Illusies bij OCS

Benadering	Beschrijving	Potentieel Voordeel
Gepersonaliseerde Veilige Omgevingen	Door AI gegenereerde VR-omgevingen afgestemd op specifieke triggers, aanvankelijk gericht op veiligheid	Bouwt een gevoel van controle op en vermindert initiële angst in gevreesde contexten.
AI-Geleide Normaliteitstraining	AI begeleidt gebruikers door VR-scenario's van het dagelijks leven zonder dreiging	Herkalibreert de perceptie van normale situaties en versterkt niet-dwangmatige reacties.
Adaptieve Veiligheidssignalen	AI monitort gebruikersreacties in VR en biedt dynamische veiligheidssignalen	Fungeert als een "virtueel vangnet" en voorkomt overweldigende angst tijdens blootstelling.
VR Spiegeltherapie voor OCS	VR creëert spiegeltherapiescenario's aangepast aan OCS-angsten (bijv. besmetting)	Toont visueel veiligheid aan en spreekt ingesleten angstreacties tegen.

Geciteerd werk

1. Obsessive Compulsive Disorder | Reference Library | Psychology - Tutor2u, geopend op mei 7, 2025, <https://www.tutor2u.net/psychology/reference/obsessive-compulsive-disorder>
2. Obsessive-compulsive disorder (OCD) - Symptoms and causes - Mayo Clinic, geopend op mei 7, 2025, <https://www.mayoclinic.org/diseases-conditions/obsessive-compulsive-disorder/symptoms-causes/syc-20354432>
3. OCD (Obsessive-Compulsive Disorder): Symptoms & Treatment - Cleveland Clinic, geopend op mei 7, 2025, <https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/9490-ocd-obsessive-compulsive-disorder>
4. Obsessive-Compulsive Disorder - StatPearls - NCBI Bookshelf, geopend op mei 7, 2025, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK553162/>
5. Understanding OCD, geopend op mei 7, 2025, <https://www.ocduk.org/ocd/understanding-ocd/>
6. OCD and Perceived Catastrophe | Psychology Today, geopend op mei 7, 2025, <https://www.psychologytoday.com/us/blog/social-instincts/202109/ocd-and-perceived-catastrophe>
7. Mirror therapy (MT) | EBSCO Research Starters, geopend op mei 7, 2025, <https://www.ebsco.com/research-starters/health-and-medicine/mirror-therapy-mt>

8. Mirror therapy - Wikipedia, geopend op mei 7, 2025,
https://en.wikipedia.org/wiki/Mirror_therapy
9. V. S. Ramachandran - Wikipedia, geopend op mei 7, 2025,
https://en.wikipedia.org/wiki/V._S._Ramachandran
10. V.S. Ramachandran | Invention Of Mirror Therapy, geopend op mei 7, 2025,
<https://mirrortherapy.com/v-s-ramachandran-invention-of-mirror-therapy/>
11. Mirror Therapy - Physiopedia, geopend op mei 7, 2025,
https://www.physio-pedia.com/Mirror_Therapy?tag=makemoney0821-20
12. A Virtual Reality Game as a Tool for Psychotherapy With OCD Patients - ResearchGate, geopend op mei 7, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/364578476_A_Virtual_Reality_Game_as_a_Tool_for_Psychotherapy_With_OCD_Patients
13. Virtual Reality for Obsessive-Compulsive Disorder: Past and the Future - PMC, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2796058/>
14. pmc.ncbi.nlm.nih.gov, geopend op mei 7, 2025,
[https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2796058/#:~:text=Virtual%20reality%20\(VR\)%20is%20one,which%20the%20user%20can%20interact.](https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2796058/#:~:text=Virtual%20reality%20(VR)%20is%20one,which%20the%20user%20can%20interact.)
15. VR Therapy for Mental Health | Virtual Reality Treatment | The Grove Comprehensive Psychiatry and Wellness, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.thegrovepsychiatry.com/vr-exposure-therapy.html>
16. Virtual reality exposure therapy in OCD - MoodSmith.com, geopend op mei 7, 2025,
<https://moodsmith.com/intrusive-thoughts-ocd/virtual-reality-exposure-therapy-in-ocd/>
17. A Virtual Reality Game to Assess OCD Symptoms - PMC, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC7862340/>
18. The Effect of Virtual Reality on Emotional Response and Symptoms Provocation in Patients With OCD: A Systematic Review and Meta-Analysis - PubMed Central, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8846333/>
19. A Virtual Reality Game to Assess Obsessive-Compulsive Disorder - ResearchGate, geopend op mei 7, 2025,
https://www.researchgate.net/publication/320996764_A_Virtual_Reality_Game_to_Assess_Obsessive-Compulsive_Disorder
20. A Virtual Reality Game to Assess OCD Symptoms - Frontiers, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsyt.2020.550165/pdf>
21. An OCD Breakthrough: New Treatments for the Condition - BrainsWay, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.brainsway.com/knowledge-center/breakthroughs-in-ocd-treatment/>
22. Enhancing Therapy for OCD in Children with Wearable AI Technology, geopend op mei 7, 2025,
<https://tinyeye.com/blog/enhancing-therapy-for-ocd-in-children-with-wearable-ai-technology.php>
23. New research is using AI to make OCD treatment better - NOCD, geopend op

mei 7, 2025,

<https://www.treatmyocd.com/blog/new-research-is-using-ai-to-make-ocd-treatment-better>

24. Gen AI chatbot effectively treats depression, anxiety, eating disorders: study, geopend op mei 7, 2025, <https://www.fiercehealthcare.com/ai-and-machine-learning/gen-ai-chatbot-effectively-treats-depression-anxiety-eating-disorders-study>
25. AI Therapy Chatbot Delivers Results in Depression and Anxiety Treatment, geopend op mei 7, 2025, <https://www.technologynetworks.com/informatics/news/ai-therapy-chatbot-delivers-results-in-depression-and-anxiety-treatment-397785>
26. AI may help clinicians personalize treatment for generalized anxiety disorder - Penn State, geopend op mei 7, 2025, <https://www.psu.edu/news/research/story/ai-may-help-clinicians-personalize-treatment-generalized-anxiety-disorder>
27. Youper: Artificial Intelligence for Mental Health, geopend op mei 7, 2025, <https://www.youper.ai/>
28. Harnessing AI in Anxiety Management: A Chatbot-Based Intervention for Personalized Mental Health Support - MDPI, geopend op mei 7, 2025, <https://www.mdpi.com/2078-2489/15/12/768>
29. The Role of Artificial Intelligence in Identifying Depression and Anxiety: A Comprehensive Literature Review - PMC - PubMed Central, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11025697/>
30. Wearable Artificial Intelligence for Anxiety and Depression: Scoping Review - PMC, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9896355/>
31. Acceptability and Effectiveness of Artificial Intelligence Therapy for Anxiety and Depression (Youper): Longitudinal Observational Study - Journal of Medical Internet Research, geopend op mei 7, 2025, <https://www.jmir.org/2021/6/e26771/>
32. A review on the efficacy of artificial intelligence for managing anxiety disorders - Frontiers, geopend op mei 7, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/artificial-intelligence/articles/10.3389/frai.2024.1435895/full>
33. The Rise of AI in Mental Health: Top 5 Apps, geopend op mei 7, 2025, <https://thedawnrehab.com/blog/the-rise-of-ai-in-mental-health-top-5-apps-transforming-mental-health-care/>
34. Enhancing Emotional Regulation Skills with AI in VR - Hyperspace, geopend op mei 7, 2025, <https://hyperspace.mv/enhancing-emotional-regulation-skills-with-ai-in-vr/>
35. Study: Mental Health Gets a Boost From Artificial Intelligence - Cedars-Sinai, geopend op mei 7, 2025, <https://www.cedars-sinai.org/newsroom/study-mental-health-gets-a-boost-from-artificial-intelligence/>
36. (PDF) Autonomous VR Exposure Therapy for Anxiety Disorders Using Conversational AI-Ethical and Technical Implications and Preliminary Results - ResearchGate, geopend op mei 7, 2025,

https://www.researchgate.net/publication/380005636_Autonomous_VR_Exposure_Therapy_for_Anxiety_Disorders_Using_Conversational_AI-Ethical_and_Technical_Implications_and_Preliminary_Results

37. Mirror Therapy for Phantom Limb Pain - The Korean Journal of Pain, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.epain.org/journal/view.html?doi=10.3344/kjp.2012.25.4.272>
38. Illusions, delusions and the brain. A Ramachandran lecture on body image and mind body interactions. - YouTube, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.youtube.com/watch?v=kcR8-Sq8dZk>
39. Vilayanur Ramachandran: The neurons that shaped civilization | TED Talk, geopend op mei 7, 2025,
https://www.ted.com/talks/vilayanur_ramachandran_the_neurons_that_shaped_civilization
40. Prof V.S Ramachandran 'The tell-tale brain' at Mind & Its Potential 2012 - YouTube, geopend op mei 7, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=Gbg40kWin3g>
41. Optimising the mirror illusion during mirror therapy: evidence from unimpaired individuals - medRxiv, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2024.11.16.24317419v1.full.pdf>
42. Mirror Therapy - Physiopedia, geopend op mei 7, 2025,
https://www.physio-pedia.com/Mirror_Therapy?source=post_page-----
43. Exploring the cognitive impact of OCD - The London Neurocognitive Clinic, geopend op mei 7, 2025,
<https://thelondonneurocognitiveclinic.co.uk/exploring-the-cognitive-impact-of-ocd/>
44. Cognitive and emotional impairments in obsessive-compulsive disorder: Evidence from functional brain alterations | Porto Biomedical Journal - Elsevier, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.elsevier.es/en-revista-porto-biomedical-journal-445-articulo-cognitive-emotional-impairments-in-obsessive-compulsive-disorder-evidence-from-S2444866416300319>
45. The Intrusive Thoughts Behind Harm OCD - Northeast Health Services, geopend op mei 7, 2025,
<https://nehstransformationsnetwork.com/insights/the-intrusive-thoughts-behind-harm-ocd/>
46. Intrusive Thoughts in OCD: Everything You Need To Know, geopend op mei 7, 2025, <https://kimberleyquinlan-lmft.com/intrusive-thoughts-ocd/>
47. Are Intrusive Thoughts Normal? 6 Ways to Handle Them - Positive Psychology, geopend op mei 7, 2025, <https://positivepsychology.com/intrusive-thoughts/>
48. Everything You Need To Know About OCD - McLean Hospital, geopend op mei 7, 2025, <https://www.mcleanhospital.org/essential/ocd>
49. A Big Bang Theory of OCD: Why the First Few Moments Make All The Difference in The World, geopend op mei 7, 2025,
<https://iocdf.org/expert-opinions/a-big-bang-theory-of-ocd-why-the-first-few-moments-make-all-the-difference-in-the-world/>

50. OCD Is Not a Personality Quirk: Understanding the Impact of Intrusive Thoughts, geopend op mei 7, 2025, <https://www.ocdanxietycenters.com/ocd/ocd-is-not-a-personality-quirk-understanding-the-impact-of-intrusive-thoughts/>
51. Types of OCD, geopend op mei 7, 2025, <https://www.ocduk.org/ocd/types/>
52. Catastrophic thinking in OCD: Why it happens and how to stop - NOCD, geopend op mei 7, 2025, <https://www.treatmyocd.com/blog/catastrophic-thinking-in-ocd>
53. The 6 Ways OCD Keeps You Stuck (with Patrick McGrath) | Ep. 402, geopend op mei 7, 2025, <https://kimberleyquinlan-lmft.com/the-6-ways-ocd-keeps-you-stuck-with-patrick-mcgrath-ep-402/>
54. How OCD Uses Doubt to Keep You Stuck (And Why Certainty Is the Wrong Goal), geopend op mei 7, 2025, <https://www.ocdanxietycenters.com/ocd/how-ocd-uses-doubt-to-keep-you-stuck-and-why-certainty-is-the-wrong-goal/>
55. Perceptual Properties of Obsessive Thoughts are Associated With Low Insight in Obsessive-Compulsive Disorder | Request PDF - ResearchGate, geopend op mei 7, 2025, https://www.researchgate.net/publication/263205594_Perceptual_Properties_of_Obsessive_Thoughts_are_Associated_With_Low_Insight_in_Obsessive-Compulsive_Disorder
56. Perceptual properties of obsessive thoughts are associated with low insight in obsessive-compulsive disorder - PubMed, geopend op mei 7, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24933417/>
57. Obsessive-compulsive disorder patients have a reduced sense of control on the illusion of control task - PMC, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3952480/>
58. OCD Influences Evidence Accumulation During Decision Making in Males but Not Females During Perceptual and Value-Driven Choice - Frontiers, geopend op mei 7, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsyt.2021.687680/full>
59. Are people with obsessive-compulsive disorder under-confident in their memory and perception? A review and meta-analysis | Psychological Medicine, geopend op mei 7, 2025, <https://www.cambridge.org/core/journals/psychological-medicine/article/are-people-with-obsessivecompulsive-disorder-underconfident-in-their-memory-and-perception-a-review-and-metaanalysis/BFE38EAD3CDBDEB5FC03E60AD613B24D>
60. Virtual Reality Therapy For OCD: Exploring Options - BrainsWay, geopend op mei 7, 2025, <https://www.brainsway.com/knowledge-center/virtual-reality-therapy-for-ocd/>
61. The Effect of Virtual Reality on Emotional Response and Symptoms Provocation in Patients With OCD: A Systematic Review and Meta-Analysis - Frontiers, geopend op mei 7, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsyt.2021.733584>

[/full](#)

62. The Effectiveness of Virtual Reality Exposure–Based Cognitive Behavioral Therapy for Severe Anxiety Disorders, Obsessive–Compulsive Disorder, and Posttraumatic Stress Disorder: Meta-analysis - Journal of Medical Internet Research, geopend op mei 7, 2025, <https://www.jmir.org/2022/2/e26736/>
63. Chicago Behavior Center Utilizes Innovative Virtual Reality to Treat Obsessive–Compulsive Disorder and Anxiety Disorders | Compass Health Center, geopend op mei 7, 2025, <https://compasshealthcenter.net/blog/chicago-behavior-center-utilizes-innovative-virtual-reality-to-treat-obsessive-compulsive-disorder-and-anxiety-disorders/>
64. Virtual reality exposure and response prevention in the treatment of obsessive-compulsive disorder in patients with contamination subtype in comparison with in vivo exposure therapy: a randomized clinical controlled trial - PubMed, geopend op mei 7, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36443695/>
65. Can Virtual Reality Exposures be used to treat OCD? - NOCD, geopend op mei 7, 2025, <https://www.treatmyocd.com/what-is-ocd/info/ocd-stats-and-science/can-virtual-reality-exposures-be-used-to-treat-ocd>
66. Virtual reality meets OCD with tech-enhanced exposure therapy - Medical Device Network, geopend op mei 7, 2025, <https://www.medicaldevice-network.com/features/vr-therapy-for-ocd/>
67. Virtual Reality Therapy for OCD: A Clear and Simple Guide - Cognihab, geopend op mei 7, 2025, <https://www.cognihab.com/blog/virtual-reality-therapy-for-ocd/>
68. A Virtual Reality Game to Assess OCD Symptoms - Frontiers, geopend op mei 7, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsyt.2020.550165/full>
69. Virtual Reality Exposure Therapy in Patients with Obsessive–Compulsive Disorder: A randomized controlled trial — National Institute of Mental Health - NUDZ, geopend op mei 7, 2025, <https://www.nudz.cz/en/research/center-for-virtual-reality-research-in-mental-health-and-neuroscience/grants-and-projects/olfactory-perception-and-reactivity-in-individuals-with-anxious-and-obsessive-compulsive-behavioural-traits-1>
70. Virtual reality therapy helps people with OCD - Spectrum News, geopend op mei 7, 2025, <https://spectrumlocalnews.com/nc/charlotte/news/2023/05/09/virtual-reality-for-ocd->
71. How Virtual Reality is Transforming Exposure Response Prevention (ERP) Therapy, geopend op mei 7, 2025, <https://vividpsychologygroup.com/how-virtual-reality-is-transforming-exposure-response-prevention-erp-therapy/>
72. Virtual Reality Exposure Therapy for Treating Fear of Contamination Disorders: A Systematic Review of Healthy and Clinical Populations - MDPI, geopend op mei 7, 2025, <https://www.mdpi.com/2076-3425/14/5/510>
73. Testing Virtual Reality to Improve Treatments for Kids with Anxiety or OCD,

- geopend op mei 7, 2025,
<https://www.hopkinsmedicine.org/news/articles/2019/01/testing-virtual-reality-to-improve-treatments-for-kids-with-anxiety-or-ocd>
74. Immersive Virtual Reality Exposures in Youth with and without Obsessive Compulsive Disorder - jhu coach, geopend op mei 7, 2025,
<https://jhucoach.org/ocd-vr/>
75. geopend op januari 1, 1970,
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6399411/>
76. Virtual Reality Meditation Can Alleviate Depression And Anxiety Symptoms, geopend op mei 7, 2025,
<https://stories.tamu.edu/news/2025/01/28/virtual-reality-meditation-can-alleviate-depression-and-anxiety-symptoms/>
77. Virtual Reality Therapy for Stress and Anxiety Treatment - XR Health, geopend op mei 7, 2025, <https://www.xr.health/us/services/mental-health/stress/>
78. Coping with Anxiety Through Virtual Reality - Penn Medicine, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.pennmedicine.org/news/news-blog/2023/july/coping-with-anxiety-through-virtual-reality>
79. Brain Activation During Virtual Reality Symptom Provocation in Obsessive-Compulsive Disorder: Proof-of-Concept Study, geopend op mei 7, 2025, <https://xr.jmir.org/2024/1/e47468>
80. Sarah Markham: Can virtual reality help patients with OCD? - The BMJ, geopend op mei 7, 2025, <https://blogs.bmj.com/bmj/2019/10/23/sarah-markham/>
81. Could AI Help Doctors Diagnose OCD Faster? | Department of Medicine News, geopend op mei 7, 2025,
<https://medicine.stanford.edu/news/current-news/standard-news/AI-ocd-diagnosis.html>
82. How Can AI Help Speed Up OCD Diagnosis? - FMAI Hub, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.fmai-hub.com/how-can-ai-help-speed-up-ocd-diagnosis/>
83. Brain scan and artificial intelligence could help predict whether OCD will improve with treatment | UCLA Health, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.uclahealth.org/news/release/brain-scan-and-artificial-intelligence-could-help-predict-whether-ocd-will-improve-with-treatment>
84. New machine learning tool that predicts the evolution of OCD patients - IDIBELL, geopend op mei 7, 2025,
<https://idibell.cat/en/2024/02/new-machine-learning-tool-that-predicts-the-evolution-of-ocd-patients/>
85. Development and validation of a machine learning model to predict cognitive behavioral therapy outcome in obsessive-compulsive disorder using clinical and neuroimaging data | medRxiv, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2025.02.14.25322265v1.full-text>
86. Development and validation of a machine learning model to predict cognitive behavioral therapy outcome in obsessive-compulsive disorder using clinical and neuroimaging data | medRxiv, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.medrxiv.org/content/10.1101/2025.02.14.25322265v1>

87. Machine learning, fMRI offer insight into OCD patients' response to therapy, geopend op mei 7, 2025, <https://radiologybusiness.com/topics/medical-imaging/magnetic-resonance-imaging-mri/machine-learning-fmri-offer-insight-ocd>
88. Exscientia's First AI-Designed Drug Enters Phase I to Treat OCD - Labiotech.eu, geopend op mei 7, 2025, <https://www.labiotech.eu/trends-news/exscientia-ocd-ai-sumitomo/>
89. Precision Psychiatry for Obsessive-Compulsive Disorder: Clinical Applications of Deep Learning Architectures - MDPI, geopend op mei 7, 2025, <https://www.mdpi.com/2077-0383/14/7/2442>
90. A Wearable Artificial Intelligence Feedback Tool (Wrist Angel) for Treatment and Research of Obsessive Compulsive Disorder: Protocol for a Nonrandomized Pilot Study - PubMed Central, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10407771/>
91. A Wearable Artificial Intelligence Feedback Tool (Wrist Angel) for Treatment and Research of Obsessive Compulsive Disorder: Protocol for a Nonrandomized Pilot Study, geopend op mei 7, 2025, <https://www.researchprotocols.org/2023/1/e45123/>
92. 'It's All Done With Mirrors': V.S. Ramachandran and the Material Culture of Phantom Limb Research - PubMed Central, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4904333/>
93. Phantom Limbs and Neural Plasticity, geopend op mei 7, 2025, <http://www.rctn.org/bruno/psc129/handouts/ramachandran.pdf>
94. Synaesthesia in phantom limbs induced with mirrors - PubMed, geopend op mei 7, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8637922/>
95. 15.2 Case Study Trailblazer: Vilayanur S. Ramachandran - Writing Guide with Handbook | OpenStax, geopend op mei 7, 2025, <https://openstax.org/books/writing-guide/pages/15-2-case-study-trailblazer-vilayanur-s-ramachandran>
96. Digital Mirror Therapy, geopend op mei 7, 2025, <https://dmt.mirrorar.io/>
97. Mirror Image Therapy Shows Promise Relating to Phantom Limb Pain | Illinois State Bar Association, geopend op mei 7, 2025, <https://www.isba.org/sections/mentalhealth/newsletter/2022/08/mirrorimagetherapyshowspromiserelatingtophantomlimb>
98. Psychophysical investigations into Ramachandran's mirror visual feedback for phantom limb pain: video-based variants for unilateral and bilateral amputees, and temporal dynamics of paresthesias | Request PDF - ResearchGate, geopend op mei 7, 2025, https://www.researchgate.net/publication/312966166_Psychophysical_investigations_into_Ramachandran's_mirror_visual_feedback_for_phantom_limb_pain_video-based_variants_for_unilateral_and_bilateral_amputees_and_temporal_dynamics_of_paresthesias
99. The use of visual feedback, in particular mirror visual feedback, in restoring brain function - Oxford Academic, geopend op mei 7, 2025, <https://academic.oup.com/brain/article/132/7/1693/328686>

100. Agency over Phantom Limb Enhanced by Short-Term Mirror Therapy - Frontiers, geopend op mei 7, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2017.00483/full>
101. 'It's All Done With Mirrors': V.S. Ramachandran and the Material Culture of Phantom Limb Research - PubMed, geopend op mei 7, 2025, <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27292324/>
102. How Sensory Processing Impacts OCD | Anxiety and Depression Association of America, ADAA, geopend op mei 7, 2025, <https://adaa.org/learn-from-us/from-the-experts/blog-posts/professional/how-sensory-processing-impacts-ocd>
103. Original Research The Effectiveness of Virtual Reality (VR) Exposure Therapy on Anxiety and Avoidance Symptoms in Male Teenagers, Suffering from Cleaning Disorder, geopend op mei 7, 2025, <https://intjmi.com/article-1-849-en.pdf>
104. How computational psychiatry can advance the understanding and treatment of obsessive-compulsive disorder - PMC, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10503894/>
105. Computational Predictions for OCD Pathophysiology and Treatment: A Review - PMC, geopend op mei 7, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8517225/>
106. Searching for an anchor in an unpredictable world: A computational model of obsessive compulsive disorder - UCL Discovery, geopend op mei 7, 2025, https://discovery.ucl.ac.uk/10092528/3/Adams_Searching%20for%20an%20anchor%20in%20an%20unpredictable%20world.%20A%20computational%20model%20of%20obsessive%20compulsive%20disorder_AAM.pdf
107. Beliefs, compulsive behavior and reduced confidence in control - PLOS, geopend op mei 7, 2025, <https://journals.plos.org/ploscompbiol/article?id=10.1371/journal.pcbi.1012207>
108. Impairment of arbitration between model-based and model-free reinforcement learning in obsessive-compulsive disorder - Frontiers, geopend op mei 7, 2025, <https://www.frontiersin.org/journals/psychiatry/articles/10.3389/fpsyt.2023.1162800/full>
109. Making a case for a computational psychiatry of juvenile obsessive-compulsive disorder, geopend op mei 7, 2025, <https://devcompsy.org/2020/11/12/making-a-case-for-a-computational-psychiatry-of-juvenile-obsessive-compulsive-disorder/>
110. Andra Geana – A Computational Model of OCD Compulsivity as a Deficit of Integrating Across Levels of Uncertainty – TCPW, geopend op mei 7, 2025, <https://www.quentinhuys.com/tcpw/events/andra-geana/>
111. Can Artificial Intelligence Add Value to Therapy? - Psychology Today, geopend op mei 7, 2025, <https://www.psychologytoday.com/us/blog/live-life-creatively/202502/can-artificial-intelligence-add-value-to-therapy>
112. Autonomous VR Exposure Therapy for Anxiety Disorders Using Conversational

- AI—Ethical and Technical Implications and Preliminary Results - Scientific Research Publishing, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=132587>
113. Neurofeedback for Obsessive Compulsive Disorder (OCD) - Neuropotential Clinics, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.neuropotentialclinics.com/obsessive-compulsive-disorder>
114. Neurofeedback for OCD: How it Works Effectiveness & How to Try It - Choosing Therapy, geopend op mei 7, 2025,
<https://www.choosingtherapy.com/neurofeedback-for-ocd/>
115. Neurofeedback and Cognitive Rehabilitation for OCD - Rehab Modalities, geopend op mei 7, 2025,
<https://rehabmodalities.com/neurofeedback-and-cognitive-rehabilitation-for-ocd/>
116. Does Neurofeedback Therapy Help With OCD? | Drake Institute, geopend op mei 7, 2025, <https://www.drakeinstitute.com/neurofeedback-therapy-for-ocd>
117. Neurofeedback for OCD - Therapy in Bellaire, TX, geopend op mei 7, 2025,
<https://drmarcialindsey.com/neurofeedback-for-ocd/>
118. 6 Reasons to Seek Neurofeedback to Treat OCD, geopend op mei 7, 2025,
<https://carltonneurofeedbackcenter.com/6-reasons-to-seek-neurofeedback-to-treat-ocd/>
119. OCD and Neurofeedback, geopend op mei 7, 2025,
<https://neurofeedbackcenterdallas.com/ocd-and-neurofeedback/>