

L'utilisation de la réalité virtuelle dans le traitement des troubles mentaux

Eric Malbos¹, Laurent Boyer², Christophe Lançon¹

1. CHU de Sainte-Marguerite, service de psychiatrie, 13274 Marseille, France
2. Aix-Marseille université, faculté de médecine La Timone, EA 3279 santé publique, maladie chronique et qualité de vie, 13005 Marseille, France

Correspondance :

Eric Malbos, Hôpital universitaire Sainte-Marguerite, département de psychiatrie, 270, boulevard Sainte-Marguerite, 13274 Marseille, France.
eric.malbos@ap-hm.fr

Disponible sur internet le :

■ Key points

Virtual reality in the treatment of mental disorders

Virtual reality is a media allowing users to interact in real time with computerized virtual environments. The application of this immersive technology to cognitive behavioral therapies is increasingly exploited for the treatment of mental disorders.

The present study is a review of literature spanning from 1992 to 2012. It depicts the utility of this new tool for assessment and therapy through the various clinical studies carried out on subjects exhibiting diverse mental disorders.

Most of the studies conducted on tested subjects attest to the significant efficacy of the Virtual Reality Exposure Therapy (VRET) for the treatment of distinct mental disorders.

Comparative studies of VRET with the treatment of reference (the in vivo exposure component of the cognitive behavioral therapy) document an equal efficacy of the two methods and in some cases a superior therapeutic effect in favor of the VRET.

Even though clinical experiments set on a larger scale, extended follow-up and studies about factors influencing presence are needed, virtual reality exposure represents an efficacious, confidential, affordable, flexible, interactive therapeutic method which application will progressively widened in the field of mental health.

■ Points essentiels

La réalité virtuelle est un média qui permet aux utilisateurs d'interagir en temps réel avec des environnements virtuels créés par ordinateur. L'application de cette technologie immersive à la thérapie cognitivo-comportementale est exploitée de manière croissante pour le traitement de troubles mentaux. Cette étude est fondée sur une revue de la littérature de 1992 à 2012 et illustre l'intérêt de ce nouvel outil d'évaluation clinique et thérapeutique à travers différentes études et essais cliniques contrôlés sur des patients souffrant de troubles psychiques variés.

La majorité des études attestent d'une efficacité significative (même à moyen terme) de la thérapie par exposition à la réalité virtuelle (TERV) dans le traitement des différents troubles mentaux sur la plupart des sujets testés.

Les études comparatives de la TERV avec le traitement cognitivo-comportemental de référence (exposition in vivo) révèlent une efficacité équivalente voire supérieure de la TERV.

Même si des essais cliniques à plus grande échelle, un suivi plus prolongé et des études sur les facteurs influant la présence s'avèrent nécessaires, l'exposition par la réalité virtuelle représente un outil thérapeutique d'avenir, efficace, confidentiel, économique, flexible, interactif et dont le champ d'application ne cessera de s'élargir.

« La réalité virtuelle est façonnable comme une œuvre d'art et aussi inépuisable et inoffensive que la matière des rêves ».

Cette citation de Jaron Lanier, mathématicien ayant redéfini le terme de réalité virtuelle, sous-tend que l'aspect créatif de ce média récent peut être utilisé dans de nombreux domaines. Bien que les deux mots « Réalité Virtuelle » paraissent être antinomiques, il s'agit en fait d'un ensemble de matériel technologique permettant aux individus d'interagir efficacement, intuitivement et en temps réel avec un environnement virtuel en utilisant leurs sens naturels et leurs compétences [1]. Il désigne *de facto* un nouveau paradigme dans la relation homme machine, dans lequel l'homme n'est plus un observateur mais devient un participant actif à l'intérieur d'un lieu synthétique à trois dimensions (3D) [2]. La réalité virtuelle repose donc sur ces deux principes : l'interaction en temps réel avec des objets ou des humains virtuels et la présence définie comme la sensation d'exister (l'impression « d'être la ») dans des environnements créés par ordinateur [3]. Cette immersion s'effectue en général par le biais d'un casque de vision stéréoscopique ou visiocasque couplé à un traqueur de position (*figure 1*). D'autres médias comme des grands écrans courbes ou un *Cave Automatic Virtual Environment* (CAVE : une pièce complexe où chaque paroi est un écran géant sur lequel des vidéoprojecteurs diffusent une image) ou des périphériques de saisie peuvent également être impliqués (*figures 2 et 3*). Cette technologie s'est répandue et de nos jours, une association francophone sur la réalité virtuelle (AFRV) s'est mise en place, des centres tels que le centre de réalité virtuelle de la Méditerranée (CRVM) ont été construits et des travaux en français visant à introduire en détails ce concept ont été publiés comme le traité de Philippe Fuchs [4].

Le but du présent article est de présenter une revue de littérature de différentes études cliniques impliquant la thérapie par exposition à la réalité virtuelle dans les troubles mentaux et de discuter des futures applications et de l'avenir de ce média dans ce domaine.

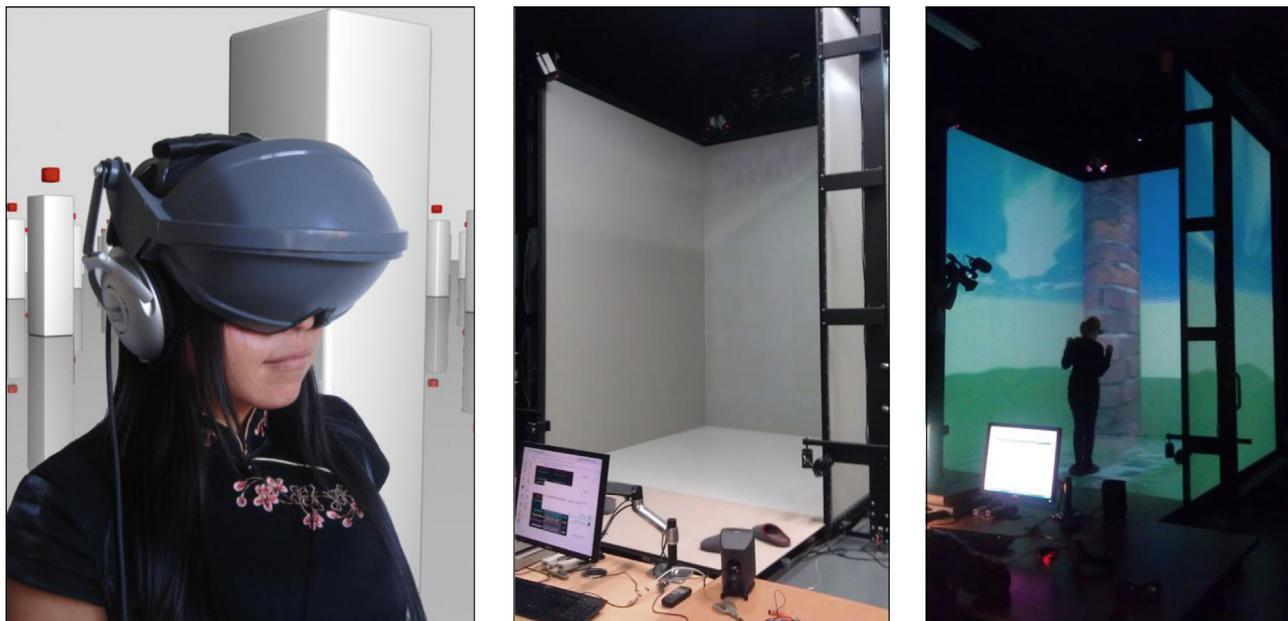
Les fondements de la thérapie par exposition à la réalité virtuelle

Bien que la première plateforme de réalité virtuelle fut mise au point dans les années 1960, grâce au *magnum opus* d'Ivan Sutherland, il fallut attendre les années 1980 pour que les militaires et la Nasa commencent à l'utiliser dans un but d'entraînement pour les pilotes. Ce n'est que bien plus tard, en 1992, que les chercheurs du *Virtual Reality Technology Laboratory* de l'université Clark Atlanta mirent en place les premiers tests d'utilisation de la réalité virtuelle dans un but psychothérapeutique. Il s'agissait de traiter une patiente souffrant d'aviophobie (peur de prendre l'avion) par exposition à des environnements virtuels représentant une cabine d'avion [5]. Au cours de cette première expérience, l'idée *princeps* était

d'utiliser la réalité virtuelle (visiocasque, unité centrale PC, traqueurs de position, etc.) dans le cadre des principes de traitement de la thérapie cognitivo-comportementale (TCC) qui est le traitement de référence des troubles anxieux [6–8]. Dans les TCC, la phase dite d'exposition standard *in vivo* demande au patient d'être exposé progressivement, répétitivement et de manière hiérarchisée aux objets ou lieux (avion, ascenseurs, araignée, etc.) qui provoquent de l'anxiété dans le but d'obtenir un effet d'habituation et de diminution de la peur ainsi que du comportement d'évitement jusqu'au phénomène d'extinction de ce phénomène. Subséquentement, en ce qui concerne la réalité virtuelle, les phases d'exposition *in vivo* aux situations ou objets phobogènes réels, peuvent être remplacées par des situations homologues en image de synthèse (cabine d'avion virtuel, ascenseurs virtuels, araignées en image de synthèse, etc.). Il s'agit donc de substituer la réalité (ici phobogène ou anxiogène) par des stimuli artificiellement créés et contrôlés dans un environnement virtuel. Cette procédure thérapeutique est désignée sous le terme de Thérapie par Exposition à la Réalité Virtuelle (TERV). Elle vise, à travers la confrontation, à l'habituation aux stimuli conditionnels. Par ce processus, elle aboutit à l'extinction de l'angoisse tout comme le traitement classique de TCC [9] mais dans un environnement plus souple et plus contrôlable que la réalité.

Ces expériences de TERV avaient été motivées par le fait que si l'exposition standard des TCC est reconnue comme efficace, une proportion importante de patients est toujours réticente à l'idée de s'exposer à des lieux anxiogènes réels au cours de l'exposition *in vivo*. En effet, 60 à 80 % des patients souffrant de phobies ne sollicitent pas une aide professionnelle et 25 % refusent même de bénéficier de la thérapie par exposition [10]. Par ailleurs, l'exposition *in vivo* standard présente un inconvénient pratique lié au caractère imprévisible inhérent à la réalité : l'impossibilité de construire de manière parfaitement graduelle et hiérarchisée un ensemble de situations anxiogènes durant l'exposition à un environnement réel comme le métro, les ascenseurs, les avions, etc. [11]. Ces situations présentent un nombre varié de situations aléatoires incontrôlables (comportement de la foule, nombres de passagers, perturbation météorologique, incidents mécaniques...) qui peuvent perturber le phénomène d'extinction de la peur. De plus, des facteurs économiques et temporels peuvent limiter ou entraver le processus thérapeutique. Ainsi, l'exposition dans des situations réelles implique que le patient et son thérapeute doivent se rendre ensemble sur les lieux redoutés (aéroport, avion, trains, tunnel, cinéma, être en voiture, etc.). En conséquence, le temps alloué à cette démarche peut générer des dépenses trop importantes pour le patient ou demander trop de temps pour le thérapeute.

Ainsi la TERV apparaît comme possédant de nombreux avantages :



FIGURES 1–3

Matériel de réalité virtuelle : visiocasque avec traqueur (à gauche) utilisés au cours d'un essai clinique et le CAVE du centre de réalité virtuelle de la Méditerranée (milieu et à droite, crédits CRVM)

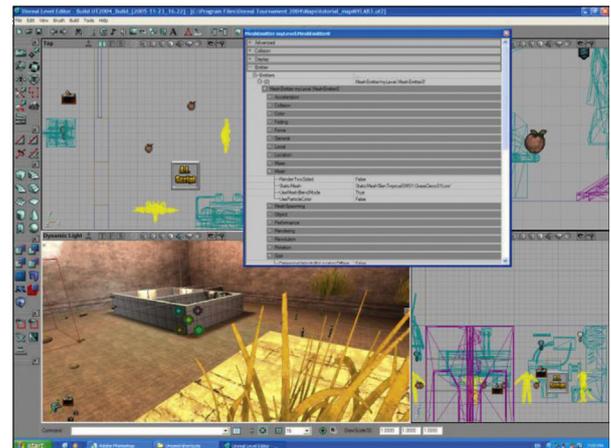
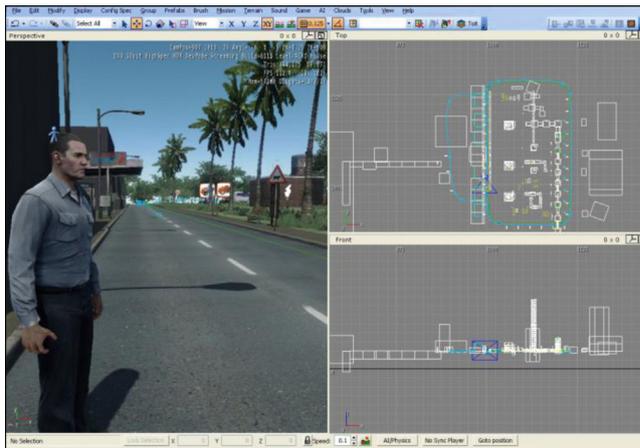
- le traitement se passe entièrement *in camera*, ce qui confère un degré de confidentialité [12] et la possibilité de monitorer le patient (questionnaire, mesure comportementales, rythme cardiaque, conductance cutanée, etc.) [13] ;
- le patient est exposé à des environnements virtuels sous contrôle présentant une grande flexibilité et une grande variété de stimuli avec des situations réglables dans leur nature et leur intensité (nombre de passagers d'un avion, taille de l'ascenseur, durée du trajet, etc.) [14] ;
- les situations virtuelles sont non seulement graduelles mais elles peuvent être répétées *ad infinitum* (prendre le train ou l'ascenseur sans interférer avec des usagers) ;
- la prévention de toute sensibilisation ou tout risque qui pourrait être encouru *in vivo* (chute, attaque de panique dans endroits dangereux ou lors de situations délicates comme la conduite automobile) ;
- le sentiment de confiance utile au progrès du fait de cette confidentialité, cette sécurité, la présence du thérapeute, la sensation d'absence de menace réelle et la relative conscience que l'exposition ne se passe pas dans la réalité [1] ;
- l'aspect motivationnel qui est généré par cette nouvelle technologie et sa capacité de contrôle : plusieurs études ont démontré une préférence de la TERV en comparaison aux TCC classiques [15] ;
- l'économie en termes de temps et de finances car les séances se déroulent au cabinet et évitent des expositions onéreuses à

l'extérieur (en avion par exemple) mais aussi du fait de la diminution des coûts du matériel informatique, des logiciels (figures 4 et 5) et des équipements de réalité virtuelle [16]. Les résultats positifs observés au cours de ces premières expériences ainsi que celles qui vont suivre tout au long des deux décennies suivantes ont permis de démontrer que la TERV était au moins aussi efficace que les TCC classiques dans de nombreuses pathologies : troubles anxieux (phobies, agoraphobie et stress post-traumatique essentiellement) [17] et troubles du comportement alimentaire [18]. Les dernières années ont vu son champ d'application s'élargir aux addictions et aux aspects sociaux et cognitifs du traitement de la schizophrénie. De plus, avec l'évolution des technologies, les réductions de coût de fabrication du matériel électronique et les grands progrès des performances des ordinateurs, la quasi-totalité des équipements de réalité virtuelle est mise sur le marché, devenue alors accessible à de nombreuses universités, laboratoires et instituts.

Thérapies par exposition à la réalité virtuelle dans les troubles mentaux

Troubles anxieux

La TERV a été utilisée au cours de nombreux essais cliniques centrés sur des troubles anxieux variés. Les protocoles cliniques de ces travaux sont similaires dans leur emploi de la réalité virtuelle. Il s'agit de placer de manière prolongée et répétée



FIGURES 4 ET 5

Logiciels de création d'environnement virtuel utilisés au cours d'essais cliniques. Les différents écrans en perspective et en 2D permettent de placer les éléments d'une scène et de créer un script contrôlant un événement

des sujets présentant des troubles anxieux dans les situations virtuelles qu'ils évitent ou redoutent du fait de leur caractère anxiogène. Ces sessions d'exposition à la réalité virtuelle sont en général hebdomadaire et comprennent cinq à 12 séances, ces dernières pouvant durer 30 à 60 minutes. Les mesures de l'effet thérapeutique de cette exposition sont subjectives (questionnaires qui comprennent différents items auxquels le sujet doit répondre avant et après l'exposition) et/ou objectives. Ces dernières sont principalement représentées par des tests physiologiques (rythme et variabilité cardiaque, température corporelle, conductance cutanée, etc.) et plus rarement des tests comportementaux en situation [16,19]. Réalisés ensemble ces tests subjectifs et objectifs permettent, en présence de corrélations significatives, de corroborer davantage les résultats retrouvés.

Aviophobie

Depuis la première expérience de TERV précitée de 1992, ce type de phobie a bénéficié de nombreuses études dont des essais contrôlés avec groupe témoin (pas de traitement) ou avec groupe bénéficiant du traitement d'exposition standard. Cet effort précoce de recherche sur cette phobie en particulier, peut s'expliquer par les enjeux économiques des grandes compagnies aériennes : perte annuelle pour toutes compagnies aériennes américaines confondues évaluée à 1,6 milliard d'euros en 1982 du fait de cette seule phobie [14].

Ainsi les essais contrôlés de TERV pour l'aérophobie comparée au traitement d'exposition standard *in vivo* furent parachevés par Rothbaum et al. en 2000 et 2006 sur respectivement 45 et 73 personnes aviophobes. Les deux groupes de thérapie reçurent quatre sessions de traitement soit en réalité virtuelle, soit

en exposition *in vivo* qui représente ici le traitement de référence. Ces études retrouvèrent une efficacité thérapeutique supérieure de la TERV par rapport au groupe témoin et un effet équivalent comparé à un traitement d'exposition standard [14,20,21]. Ces changements positifs se sont maintenus à six et 12 mois et les patients ont effectué des vols réels par la suite. Ce phénomène corrobore l'idée de transfert des effets thérapeutiques du monde virtuel au monde réel. Enfin, d'autres équipes réalisèrent avec succès d'autres essais avec des variantes comme l'utilisation du bio-feedback (l'utilisation d'informations physiologiques pour obtenir une certaine maîtrise volontaire de ces paramètres) [22] ou l'exposition à des environnements virtuels complémentaires, notamment les situations précédant un vol (faire ses valises et attendre dans l'aéroport virtuel) [12]. Ces lieux virtuels, les modèles d'avions et cabines virtuelles peuvent servir également à d'autres phobies comme l'agoraphobie (figures 6 et 7) [19].

Acrophobie

L'acrophobie faisait partie des premiers projets d'application de la TERV depuis 1993. La première étude expérimentale s'effectua en 1995, fruit de la collaboration des informaticiens et des psychothérapeutes. Dans un premier temps, un essai clinique de TERV eut lieu sur un patient de 19 ans souffrant d'acrophobie. Toutes les échelles de mesure démontrèrent une réduction de la sévérité de l'acrophobie [23]. Ces résultats encouragèrent la même équipe à mettre en place un essai concluant sur 17 personnes acrophobes la même année [2]. Des études plus récentes de TERV ont été effectuées avec comparaison à la thérapie avec exposition *in vivo* sur 10 et 33 acrophobes respectivement [24,25]. Non seulement les auteurs ont



FIGURES 6 ET 7

Élaboration d'un avion et aéroport virtuel pour un essai clinique

observés des résultats équivalents entre ces deux modes thérapeutiques mais de surcroît, ils ont fait appel à des PC de coût réduit disponibles sur le marché. Ce détail soulignait déjà l'éventualité d'utiliser la réalité virtuelle dans la pratique quotidienne d'un clinicien. Les études suivantes se sont intéressées à différentes plateformes de réalité virtuelle en comparant ainsi les conséquences de l'emploi du visiocasque et du CAVE. Les effets thérapeutiques furent similaires pour ces deux supports [26]. Une autre étude sur 26 sujets s'est penchée sur le rôle additionnel des auto-instructions positives (instructions que se répètent le patient pour s'encourager à affronter une situation redoutée) sur la TERV. Ces dernières n'ont pas montré d'efficacité détectable [27].

Arachnophobie

La première étude de cas concernant l'utilisation de la TERV dans le cadre de l'arachnophobie remonte à 1996. Elle s'effectua sur une patiente de 37 ans présentant une arachnophobie sévère. Après 12 séances, les échelles de mesure de l'arachnophobie rapportèrent une réduction suffisante pour que la patiente puisse camper à l'extérieur. La particularité de cette étude était l'utilisation lors de la TERV d'un objet réel ressemblant à une araignée velue permettant ainsi un feedback pseudo-haptique ou tactile [28]. Par la suite, au regard des résultats d'une étude en 2001 auprès de 777 étudiants démontrant une nette préférence (81 à 89 %) pour la TERV plutôt que l'exposition *in vivo* [29], la première étude contrôlée contre un groupe témoin fut organisée en 2002. Elle a concerné 23 arachnophobes [30]. Les résultats des échelles de mesure firent état d'une efficacité thérapeutique, 83 % des sujets du groupe de TERV montrant une amélioration clinique significative contre 0 % dans le groupe témoin.

Phobie sociale

Les premières études cliniques se rapportant à la TERV de la phobie sociale étaient essentiellement centrées sur la peur de

parler en public. Ainsi, l'utilisation d'un environnement virtuel reproduisant un auditoire irréal flexible, contrôlable et peu coûteux, fut proposée en 1998 dans la première étude contrôlée de TERV pour la peur de parler en public ; elle concernait 16 participants [31]. Les résultats des questionnaires attestèrent de l'efficacité clinique de la TERV. Il en fut de même pour une autre expérience plus récente sur dix participants [32] ainsi qu'une étude comparée avec les TCC classique sur 58 sujets [33]. Une autre étude [34] s'est intéressée à l'effet de différentes attitudes d'un auditoire (favorable, neutre et défavorable) sur un échantillon de dix sujets normaux. Les échelles de mesures ont retrouvé une augmentation notable du niveau d'anxiété. Dans le cadre des théories émotionnelles du traitement émotionnel, l'anxiété et l'accès aux structures de peur sont en effet nécessaires au processus d'exposition thérapeutique [35]. Ces résultats permettent ainsi d'inférer sur son utilisation avec des sujets phobiques. Afin de démontrer que la TERV pouvait traiter un panel plus large de phobies sociales, l'équipe de Klingler avait mis en place un essai comparé avec le traitement classique de TCC sur 36 sujets [36]. Ce dernier exploitait des situations virtuelles plus diverses où les sujets interagissaient avec des humains virtuels dans un contexte social (lieux publics, ascenseurs, bar, salle de meeting etc.). Les instruments employés ont relevé une efficacité clinique similaire entre la TERV et le traitement traditionnel d'exposition *in vivo*.

Claustrophobie

La première étude clinique publiée concernant la TERV pour la claustrophobie est celle de l'équipe de Botella et porte sur un seul cas [37]. Il s'agissait d'une femme de 43 ans dont la phobie l'empêchait de bénéficier d'un scanner nécessaire au diagnostic d'une lésion suspecte de la moelle spinale. L'ensemble des mesures confirmèrent une réduction significative des niveaux d'anxiété. Par la suite, afin de démontrer que la TERV était



FIGURES 8–11

Environnements virtuels utilisés pendant une étude clinique centrée sur le traitement de l'agoraphobie

utilisable en routine clinique, nous avons réalisé une étude sur six sujets claustrophobes en utilisant un équipement de réalité virtuelle abordable et une gamme variée d'environnements virtuels réalisés avec un logiciel au coût réduit (un éditeur de niveaux de jeux). L'ensemble des outils de mesure ont prouvé une efficacité clinique significative avec un effet de généralisation dans la réalité (vrai ascenseurs, avion réel. . .) [16].

Peur de la conduite automobile

Concernant la peur de la conduite automobile, deux études ont été rapportées à ce jour sur un seul cas [38] et sur dix cas par l'équipe de Walshe [39]. Dans ces deux études, après la TERV, on a observé une amélioration significative de l'état clinique de ces sujets phobiques.

Agoraphobie avec ou sans trouble panique

Cette phobie complexe implique de nombreux lieux distincts (avion, métro, cinéma, conduite automobile, lieux désertiques. . .). Les premiers essais pilotes de TERV concernant cette pathologie débutèrent en 1993 [40]. Mais ce n'est que trois ans plus tard que la même équipe a réalisé la première étude contrôlée sur l'agoraphobie [41]. Par la suite d'autres protocoles expérimentaux traitant l'agoraphobie ont exploité

l'exposition à la réalité virtuelle en plus de la thérapie cognitive (restructuration cognitive, psychoéducation, auto-instructions etc.) et de la relaxation avec une efficacité clinique constatée [42]. Une étude contrôlée de la TERV avec la TCC classique a retrouvé une efficacité clinique comparable avec, pourtant, un nombre de sessions de TERV inférieur. Une étude ultérieure sur un échantillon plus large de 37 patients corroborèrent ces résultats [43]. Enfin la dernière étude en date, a employé une large gamme d'environnements virtuels (conduite de voiture virtuelle, avion en synthèse, métro virtuel : figures 8–11). En plus de démontrer que la création d'environnements virtuels et l'utilisation de la TERV pouvait se faire de manière abordable pour un thérapeute, nous avons observé une efficacité thérapeutique significative de la TERV sur toutes les échelles de mesure sur 18 agoraphobes (comportementales, physiologiques et subjectives) [19].

Troubles obsessionnels compulsifs

Actuellement, il s'agit d'un trouble qui représente un défi pour la TERV. En effet, le contenu idiosyncrasique des situations anxiogènes qui conduisent aux rituels ou aux compulsions (gestes ou comportement répétitifs comme le lavage ou la

vérification) rend difficile la création d'environnements virtuels pour un ensemble de patients. Les situations demandent *ipso facto* un niveau de personnalisation très élevé. Il y a donc peu d'études cliniques dans ce domaine. Cependant, une étude pilote a démontré que la prévention de la réponse compulsive pouvait être effectuée en réalité virtuelle et que cette dernière induisait un niveau détectable d'anxiété sur 33 participants [44]. Rappelons que cette augmentation de l'anxiété correspond à l'effet thérapeutique recherché lorsque l'on traite en exposition [35]. Ces résultats donnèrent un espoir à ces chercheurs qui créèrent par la suite des environnements virtuels pour un échantillon de 24 sujets souffrant d'obsessions de rangement. Les tests psychométriques retrouvèrent un niveau d'anxiété décroissant au fur et à mesure des sessions de TERV [45]. Ces résultats démontrent ainsi une application possible de la réalité virtuelle pour le traitement des troubles obsessionnels compulsifs.

Stress post-traumatique

L'état de stress post-traumatique étant largement répandu chez les vétérans des différentes guerres, il a motivé la recherche de traitements efficaces dont la TERV car de telles situations sont impossibles à placer dans la réalité d'une TCC classique. Ainsi à partir de 1999, le premier essai de TERV sur un cas fut mis en place [46] suivi d'une étude contrôlée [9] mais il n'y a pas, à ce jour, d'études avec comparaison au traitement d'exposition *in vivo*. Comme elles ne concernaient que des vétérans de la guerre du Vietnam, ces sessions incluaient un environnement virtuel ressemblant au paysage du Vietnam (jungle tropicale, rizières et rivières) où le patient était entièrement libre de se déplacer et d'agir en temps réel. Des détails sonores et visuels étaient adjoints comme des hélicoptères volant ou atterrissant, des explosions de mines, des tirs et éclairs de lumière, du brouillard et des soldats hurlant « move out !! » (Dégagez !). L'autre environnement est représenté par l'intérieur virtuel d'un hélicoptère militaire de l'époque type Huey avec survol des paysages tropicaux qui défilent (jungle, rivières et rizières). L'ensemble des critères démontrèrent une réduction significative de l'anxiété et des réactions d'évitement ainsi que le passage de l'état sévère à l'état modéré sur les échelles, bien que les patients souffrent toujours. Les suivis à trois ($n = 5$) et neuf mois ($n = 8$) retrouvèrent un maintien de l'effet. Une étude a concerné un survivant du 11 septembre, qui fut traité avec succès par la TERV [47]. Cette étude a été suivie par un essai contrôlé avec groupe témoin sur un échantillon plus large de 13 survivants. Elle a également attesté d'un effet thérapeutique significatif par rapport au groupe témoin [48]. Les vétérans de guerre plus récente comme celle de l'Irak ont également bénéficié de la TERV avec une réduction significative de leur anxiété et de leurs symptômes de stress post-traumatique [49]. Plus récemment, un essai clinique comparatif avec les TCC classiques et s'opérant sur dix sujets présentant des

stress post-traumatiques d'origine diverse (abus, accident de la voie publique, agression) a prouvé un effet thérapeutique équivalent de la TERV avec une différence statistique en faveur de cette dernière [50]. Enfin, l'utilisation de la TERV pour le traitement de victimes d'accidents de la route est actuellement discutée [51].

Troubles des conduites alimentaires

Ces derniers sont habituellement traités par des méthodes de TCC. Dans ce contexte, elles se concentrent sur l'image corporelle (technique de renforcement de l'image de soi), sur les techniques cognitives, comportementales (exposition aux objets de tentation pour aboutir à une extinction) et visuomotrices (visualisation mentale ou en image du schéma corporel) en plus de la rééducation nutritionnelle et diététique. Elles ont pour objectif d'identifier et de corriger les présomptions sur l'apparence, de modifier le comportement autodestructeur corporel, de développer des activités qui améliorent l'image de soi et de maintenir tout bénéfice acquis durant le traitement. Les études de TERV s'appliquant aux troubles des conduites alimentaires furent réalisées dès 1997 par l'équipe de Riva à l'Instituto Auxologico Italiano. Dans un premier temps, elles s'effectuaient grâce à des techniques d'Experiential Cognitive Therapy (ECT) qui dérivent des TCC et qui utilisent la réalité virtuelle sur des patients souffrant de syndrome de grignotage compulsif. Une étude a montré un effet thérapeutique significatif sur 57 obèses [52]. Un autre essai s'est effectué sur un sujet présentant une anorexie en 1999 [53,54]. En plus des méthodes cognitives, ces études ont employé des environnements virtuels qui représentent des situations anxiogènes comme une pièce avec une balance virtuelle, des lieux sociaux (restaurants, piscines publiques...) ou même des objets de tentation pour les boulimiques (cuisine, aliments, réfrigérateur...). De manière à orienter la thérapie vers les anomalies de la représentation de l'image corporelle, des études se sont intéressées aux images de corps humains artificiels de taille, de poids, d'âge divers en 2D puis en 3D, et que les sujets choisissent comme corps actuel et comme corps idéal [55]. La comparaison des scores des échelles de mesure avant et après la TERV de ces programmes effectués sur 20 patients attestèrent d'une réduction significative de l'insatisfaction corporelle et, de ce fait, une modification de la représentation du schéma corporel avec une réduction des comportements d'évitement de situations sociales. Des études comparées sur 120 sujets ont également démontré un effet thérapeutique supérieur de la TERV par rapport aux TCC psycho-nutritionnelles [56,57].

Addiction

Le traitement des addictions aux drogues diverses (nicotine, opioïdes, cocaïne et alcool) est centré sur le concept de réactivité aux signaux en rapport avec celle-ci. Ces signaux (tel que le

fait de boire un café à table avec des connaissances) vont déclencher le désir de consommer de la drogue. Ce désir, communément désigné par l'anglicisme « craving », est le résultat d'un changement cognitif et physiologique qui va induire la consommation ou la rechute après arrêt. Les TCC classiques comprennent *de facto* une exposition répétée et sans prise de drogue à ces signaux comme les bars, aller aux restaurants avec des connaissances, les pauses-café avec des collègues sur le lieu de travail, etc., dans le but d'obtenir une réduction de cette réactivité par le phénomène d'extinction. Cependant, lors des sessions traditionnelles avec le thérapeute, cette exposition se déroule de manière peu écologique : ces situations sont montrées sous forme de diapositives, de photos ou de film, le thérapeute se déplaçant rarement avec son patient pour se rendre dans ces lieux. Certaines équipes se sont donc penchées sur la création par ordinateur de ces situations/signaux. Ainsi l'idée *princeps* en réalité virtuelle est de recréer artificiellement et à des fins thérapeutiques des humains virtuels, des barmans de synthèse, des clients irréels qui vont peupler les environnements artificiels représentant les signaux déclenchant le craving. L'une des premières études pilotes a exposé cinq sujets dépendants de l'héroïne à un environnement virtuel constitué d'un bar avec sur le comptoir de la poudre, du lyophilisat et du matériel d'injection. Cette étude a retrouvé pendant l'exposition et par des mesures physiologiques (rythme cardiaque, rythme respiratoire, saturation en oxygène, tension artérielle) une activation très importante du système autonome et les sujets ont exprimé des sensations désagréables et le désir impérieux d'utiliser de la drogue [58]. L'apparition de ce craving, alors que le sujet est dans une situation virtuelle, a démontré l'emploi possible de la réalité virtuelle dans le cadre thérapeutique d'exposition. Des effets similaires (tests psychométriques et physiologiques) ont été détectés sur un échantillon de 47 fumeurs en ce qui concerne l'addiction au tabac [59]. Une autre expérience au cours de laquelle 46 fumeurs pouvaient écraser des cigarettes virtuelles dans un environnement de synthèse a permis d'observer une diminution significative de l'addiction à la nicotine et du taux de rechute et une augmentation du taux d'abstinence (mesurée par le monoxyde de carbone expiré) après un traitement psychosocial [60]. Concernant la consommation compulsive d'alcool, un essai clinique a mis en évidence une apparition de craving et de pensées centrées sur l'alcool lorsque 15 sujets étaient exposés à des environnements virtuels évoquant le contexte de consommation (soirée, bar, cuisine, etc.). La particularité de cette étude est la combinaison de la réalité virtuelle avec l'exposition à des stimuli olfactifs [61]. Dans un contexte plus thérapeutique, une étude de thérapie d'exposition aux signaux liés à l'alcool en réalité virtuelle et s'effectuant sur 8 alcooliques en période d'abstinence a rapporté une diminution du craving lié aux signaux externes (bar, bouteille...) [62]. Si l'ensemble de ces études

suggèrent une utilisation prometteuse de la réalité virtuelle pour le traitement de l'addiction, des études cliniques comparatives restent à effectuer pour démontrer une utilisation plus définitive de ce support.

Schizophrénie

En regard de certaines tendances hallucinatoires retrouvées dans la schizophrénie et une possible confusion concernant les concepts relatifs à la réalité, cette pathologie pourrait apparaître de prime abord comme une contre-indication à la thérapie avec réalité virtuelle. Cependant dès 2004, un essai s'opérant sur 4 schizophrènes a démontré une bonne tolérance lors de l'utilisation du matériel de réalité virtuelle et un haut niveau d'intérêt de ces derniers pour cette technologie immersive [63]. Cette expérience a retrouvé de surcroît une bonne acceptation en réalité virtuelle des tâches cognitivo-sociales suscitées pour la réhabilitation cognitive de patients schizophrènes (orientation temporo-spatiale, associer des informations auditives et visuelles sur un piano virtuel, résoudre des puzzles en 3D, utiliser un téléphone virtuel, etc.). Par la suite, des tâches plus simples (navigation dans un océan artificiel par contrôle corporel, attraper des balles, etc.) furent réalisées en réalité virtuelle pour la réhabilitation cognitive de 12 schizophrènes de plus de 60 ans [64]. Les performances cognitives générales ainsi que les scores en termes de répétition et mémoire furent améliorés par rapport au groupe témoin ($n = 15$). Finalement, une étude clinique employant la réalité virtuelle s'est intéressée à la réhabilitation cognitive des schizophrènes en termes de compétence sociale. Cette étude comparative incluant 91 schizophrènes comprenait un groupe de traitement en réalité virtuelle et un groupe de traitement traditionnel de jeu de rôle [65]. Dans un premier temps et d'après les mesures de motivation, les sujets ont montré un plus grand intérêt pour la réalité virtuelle par rapport au traitement traditionnel. Par la suite, les scores des tests psychométriques ont révélé une amélioration significative des compétences sociales avec, pour le groupe de réalité virtuelle, un effet supérieur dans le domaine conversationnel et l'affirmation de soi, par rapport au groupe de traitement traditionnel.

Conclusion

Media récent, la réalité virtuelle permet d'immerger un utilisateur dans un environnement virtuel créé par ordinateur et dans lequel il existe et interagit. Les environnements virtuels proposés peuvent représenter n'importe quelle situation expérimentale, réaliste ou non. L'application de cette solution technologique à la psychothérapie et en particulier aux principes des thérapies cognitivo-comportementales a permis d'obtenir des effets thérapeutiques probants sous le terme de thérapie par exposition à la réalité virtuelle. En effet, les études cliniques suscitées couvrant des troubles mentaux variés telles que les différentes phobies, les

troubles obsessionnels compulsifs, les troubles des conduites alimentaires, l'état de stress post-traumatique, l'addiction et la schizophrénie démontrent son efficacité clinique expérimentale telle qu'elle est mesurée, selon les travaux, par les questionnaires d'auto-évaluation et les mesures objectives (comportementales ou physiologiques). De plus, certains auteurs ont souligné la motivation et l'attrait que déclenche la TERV chez les patients du fait de l'implication de cette nouvelle technologie immersive qui s'apparente parfois au jeu vidéo ou au cinéma 3D [15,30]. Cette nette préférence est aussi due au grand degré de contrôle que celle-ci procure au patient comme au thérapeute [19]. Cependant, il est à noter que la plupart des essais cliniques ont été mis en place avec des échantillons de sujets relativement réduits (moins de 50 sujets en général) et que certains troubles comme les addictions, les troubles obsessionnels compulsifs et la schizophrénie n'ont pas encore bénéficié d'études expérimentales comparées avec le traitement de référence. Il faut ajouter que ces mêmes études n'ont pas toutes effectué un suivi à long terme ou mesuré le niveau de présence (sensation d'immersion) au cours de leurs protocoles thérapeutiques. Par ailleurs, on peut relever qu'il persiste un manque de consensus dans le matériel utilisé : chaque étude a employé des équipements de marques différentes et des programmes distincts offrant donc des performances variables en termes de graphisme et d'interaction. Mais cela est probablement dû au constant progrès qu'a fait la réalité virtuelle au cours des deux dernières décennies.

En ce qui concerne l'évolution des indications thérapeutiques de la réalité virtuelle, des articles ont évoqué l'utilisation de la réalité virtuelle pour les troubles anxieux généralisés [66] et les problèmes liés aux idées de persécution que l'on retrouve dans la paranoïa [67]. Le futur réside également dans l'ubiquité du media : le patient peut poursuivre sa thérapie en dehors des structures de soins avec l'utilisation d'applications sur téléphone portable, tablette PC, Internet et les réseaux sociaux [68].

Cependant, le véritable défi reste ailleurs : il s'agit de l'utilisation de la réalité virtuelle en dehors des laboratoires et centres hospitalo-universitaires et de sa généralisation auprès des médecins thérapeutes, psychiatres et psychologues en clinique et en cabinet. Un défi qui peut être relevé grâce au progrès constant de la technologie et de l'industrialisation induisant ainsi une réduction significative des coûts du matériel de réalité virtuelle (le dernier visiocasque Sony HMZ coûte 1000 euros et le visiocasque utilisé dans nos précédentes études cliniques a coûté 3000 euros [19]). De plus, concernant les environnements virtuels, certaines structures outre-Atlantique comme l'entreprise Virtually Better ou le VirtualReality MedicalCenter distribuent des environnements virtuels à visée thérapeutique. Des chercheurs européens comme Riva dans le cadre du Interstress Project ont proposé des logiciels gratuits téléchargeables sur Internet et accessibles aux thérapeutes ayant un minimum de connaissances dans l'utilisation d'un ordinateur (NeuroVR 2.0 disponible gratuitement sur Internet : www.neurovr.org). D'autres se sont orientés vers l'emploi d'éditeur de niveau de jeu qui, pour un coût réduit (20 à 60 euros), permettent de créer et de gérer des environnements virtuels plus réalistes, immersifs et avec des effets thérapeutiques démontrés [16,19,39,69].

Pour conclure, la réalité virtuelle offre la possibilité de construire, d'exploiter et de contrôler n'importe quel environnement virtuel à visée thérapeutique : depuis un vol d'avion au-dessus de San Francisco, un voyage dans le désert australien, la conduite sur une autoroute en synthèse de la côte d'azur jusqu'à faire un discours devant un auditoire virtuel désapprouvateur. Ce media flexible, contrôlable, immersif, confidentiel, abordable et ludique a la capacité de briser les limites réelles et imaginaires d'un laboratoire et d'offrir des situations plus écologiques pour les chercheurs, cliniciens et thérapeutes.

Déclaration d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d'intérêts en relation avec cet article.

Références

- [1] Riva G, Wiederhold BK. Introduction to the special issue on virtual reality environments in behavioral sciences. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 2002;6(3):193-7.
- [2] Rothbaum BO, Hodges L. The use of virtual reality exposure in the treatment of anxiety disorders. *Behav Modif* 1999;23(4):507-25.
- [3] Heeter C. Being there: the subjective experience of presence. *Presence Teleoperators Virtual Environ* 1992;1(2):262-71.
- [4] Fuchs P, Moreau G, Berthoz A, Vercher JL. Le traité de la réalité virtuelle. Paris: Presse de l'École des Mines de Paris; 2006.
- [5] North MM, North SM. Virtual environment and psychological disorders. *Electron J Virtual Cult* 1994;2(4):37-42.
- [6] Deacon B, Abramowitz J. Cognitive and behavioral treatments for anxiety disorders: a review of meta-analytic findings. *J Clin Psychol* 2004;60(4):429-41.
- [7] NICE. Anxiety: management of anxiety in adults in primary and community care. National Institute for Health and Clinical excellence; 2007. (Disponible sur www.nice.org.uk/CG022NICEguideline).
- [8] NIMH. Treatment of Anxiety Disorders. National Institute of Mental Health; 2010. (Disponible sur <http://www.nimh.nih.gov/health/publications/anxiety-disorders/treatment-of-anxiety-disorders.shtml>).
- [9] Rothbaum BO, Hodges L, Ready D. Virtual reality exposure therapy for Vietnam veterans with post-traumatic stress disorder. *J Clin Psychiatr* 2001;62(8):617-22.
- [10] Botella C, Banos RM, Villa H, Perpina C, Garcia-Palacios A. Virtual reality in the treatment of claustrophobic fear: a controlled, multiple-baseline design. *Behav Ther* 2000;31(3):583-95.
- [11] Cottiaux J. Les thérapies cognitivo-comportementales. Paris: Masson; 1995 ([in French]).
- [12] Banos RM, Botella C, Perpina C. Virtual reality treatment of flying phobia. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 2002;6(3):206-12.
- [13] Malbos E, Rapee RM, Kavakli M. A behavioral presence test in threatening virtual environments. *Presence Teleoperators Virtual Environ* 2012;21(3):268-80.

- [14] Rothbaum B, Hodges L, Smith S. A controlled study of virtual reality exposure therapy for fear of flying. *J Consult Clin Psychol* 2000;68(6):1020-6.
- [15] Garcia-Palacios A, Botella C, Hoffman H. Comparing acceptance and refusal rates of virtual reality exposure vs. in vivo exposure by patients with specific phobias. *Cyberpsychol Behav* 2007;10(5):722-4.
- [16] Malbos E, Mestre DR, Note ID, Gellato C. Virtual reality and claustrophobia: multiple components therapy involving game editor virtual environments exposure. *Cyberpsychol Behav* 2008;11(6):695-7.
- [17] Powers MB, Emmelkamp PMG. Virtual reality exposure therapy for anxiety disorders: a meta-analysis. *J Anxiety Disord* 2008;22:561-9.
- [18] Riva G, Alcaniz M, Anolli L. The VEPSY UPDATED project: clinical rationale and technical approach. *Cyberpsychol Behav* 2003;6(4):433-9.
- [19] Malbos E, Rapee RM, Kavakli M. A controlled study of agoraphobia and the independent effect of virtual reality exposure therapy. *Aust N Z J Psychiatry* 2013;47(2):160-8.
- [20] Rothbaum BO, Hodges L, Anderson PL. Twelve-month follow-up of virtual reality and standard exposure therapies for the fear of flying. *J Consult Clin Psychol* 2002;70(2):428-32.
- [21] Rothbaum BO, Page A, Zimand E, Hodges L, Lang D *et al.* Virtual reality exposure therapy and standard therapy in the treatment of fear of flying. *Behav Ther* 2006;37:80-90.
- [22] Wiederhold B, Jang DP, Gervitz RG. The treatment of fear of flying: a controlled study of imaginal and virtual reality graded exposure therapy. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 2002;6(3):218-23.
- [23] Rothbaum BO, Hodges L, Kooper R. Effectiveness of computer generated (virtual reality) graded exposure in the treatment of acrophobia. *Am J Psychiatr* 1995;152(4):626-8.
- [24] Emmelkamp P, Bruynzeel M, Drost L. Virtual reality treatment in acrophobia: a comparison with exposure in vivo. *Cyberpsychol Behav* 2001;4(3):183-202.
- [25] Emmelkamp PMG, Krijn M, Hulsbosch AM. Virtual reality treatment versus exposure in vivo: a comparative evaluation in acrophobia. *Behav Res Ther* 2002;40:509-16.
- [26] Krijn M, Emmelkamp PMG, Biemond R. Treatment of acrophobia in virtual reality: the role of immersion and presence. *Behav Res Ther* 2004;42:229-39.
- [27] Krijn M, Emmelkamp PMG, Olafsson RP, Schuemie MJ. Do self-statments enhance the effectiveness of virtual reality exposure therapy? A comparative evaluation in acrophobia. *Cyberpsychol Behav* 2007;10:362-70.
- [28] Carlin A, Hoffman H, Werghorst S. Virtual reality and tactile augmentation in the treatment of spider phobia: a case report. *Behav Res Ther* 1997;35(2):153-8.
- [29] Garcia-Palacios A, Hoffman H, See H. Redefining therapeutic success with virtual reality exposure therapy. *Cyberpsychol Behav* 2001;4(3):341-8.
- [30] Garcia-Palacios A, Hoffman H, Carlin A. Virtual reality in the treatment of Spider Phobia: a controlled study. *Behav Res Ther* 2002;40:983-93.
- [31] North MM, North SM, Coble JR. Virtual reality therapy: an effective treatment for the fear of public speaking. *Stud Health Technol Inform* 1998;58:112-9.
- [32] Anderson PL, Zimand E, Hodges LF, Rothbaum BO. Cognitive behavioral therapy for public speaking anxiety using virtual reality for exposure. *Depress Anxiety* 2005;22:156-8.
- [33] Safir MP, Wallach HS, Bar-Zvi M. Virtual reality cognitive behavior therapy for public speaking anxiety: one-year follow-up. *Behav Modif* 2012;36:235-46.
- [34] Pertaub DP, Slater M, Barker C. An experiment on public speaking anxiety in response to three different types of virtual audience. *Cyberpsychol Behav* 2001;4(3):341-8.
- [35] Foa EB, Kozak MJ. Emotional processing of fear: exposure to corrective information. *Psychol Bull* 1986;99(1):20-35.
- [36] Klinger E, Bouchard S, Légeron P. Virtual reality therapy versus cognitive behavior therapy for social phobia: a preliminary control study. *Cyberpsychol Behav* 2005;8(1):76-88.
- [37] Botella C, Banos RM, Perpina C. Virtual reality treatment of claustrophobia: a case report. *Behav Res Ther* 1998;36:239-46.
- [38] Wald J, Taylor S. Efficacy of virtual reality exposure therapy to treat driving phobia: a case report. *J Behav Ther Exp Ther* 2000;31:249-57.
- [39] Walshe DG, Lewis EJ, Kim SI. Exploring the use of computer games and virtual reality in exposure therapy for fear of driving following a motor vehicle accident. *Cyberpsychol Behav* 2003;6(3):329-34.
- [40] North MM, North SM, Coble JR. Virtual reality therapy: an effective treatment for psychological disorders. *Stud Health Technol Inform* 1997;44:59-70.
- [41] North MM, North SM, Coble JR. Effectiveness of virtual environments desensitization in the treatment of agoraphobia. *Presence Teleoperators Virtual Environ* 1996;5(3):346-52.
- [42] Vincelli F, Anolli L, Bouchard S. Experiential cognitive therapy in the treatment of panic disorders with agoraphobia: a controlled study. *Cyberpsychol Behav* 2003;6(3):321-8.
- [43] Botella C, Garcia-Palacios A, Villa H. Virtual reality exposure in the treatment of panic disorder and agoraphobia: a controlled study. *Clin Psychol Psychother* 2007;14:164-75.
- [44] Kim K, Kim CH, Kim SY, Roh D, Kim SI. Virtual reality for obsessive-compulsive disorders: past and future. *Psychiatr Invest* 2009;6:115-21.
- [45] Kim K, Roh D, Kim SI, Kim CH. Provoked arrangement symptoms in obsessive-compulsive disorder using a virtual environment: a preliminary report. *Comput Biol Med* 2011;42:422-7.
- [46] Rothbaum BO, Hodges L, Alarcon R. Virtual reality exposure therapy for PTSD Vietnam veterans: a case study. *J Trauma Stress* 1999;12(2):263-71.
- [47] Difede J, Hoffman H. Virtual reality exposure therapy for world trade center post-traumatic stress disorder: a case report. *Cyberpsychol Behav* 2002;5(6):529-35.
- [48] Difede J, Cukor J, Jayasinghe N, nimportequoi N. Virtual reality exposure therapy for the treatment of post-traumatic stress disorder following September 11 2001. *J Clin Psychiatry* 2007;68:1639-47.
- [49] Rizzo A, Pair J, McNERney PJ, Eastlund E, Manson B *et al.* Development of a VR therapy application for Iraq war military personnel with PTSD. *Stud Health Technol Inform* 2005;111:407-13.
- [50] Banos RM, Guillen V, Quero S, Garcia-Palacios A, Alcaniz M *et al.* A virtual reality system for the treatment of stress-related disorders: a preliminary analysis of efficacy compared to a standard cognitive behavioral program. *Hum Comput Stud* 2011;69:602-13.
- [51] Wiederhold BK, Wiederhold MD. Virtual reality treatment of post-traumatic stress disorder due to motor vehicle accident. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2010;13:21-7.
- [52] Riva G, Bachetta M, Baruffi M. Virtual reality environment for body image modification: a multidimensional therapy for the treatment of body image in obesity and related pathology. *Cyberpsychol Behav* 2000;3(3):421-31.
- [53] Riva G, Bachetta M, Baruffi M. Experiential cognitive therapy in anorexia nervosa. *Eat Weight Disord* 1998;3:141-50.
- [54] Riva G, Bachetta M, Baruffi M. Virtual reality based experiential cognitive treatment of anorexia nervosa. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 1999;30:221-30.
- [55] Riva G, Bachetta M, Baruffi M. Virtual reality based multidimensional therapy for the treatment of body image disturbances in binge eating disorders: a preliminary controlled study. *IEEE Trans Inf Technol Biomed* 2002;6(3):224-34.
- [56] Riva G, Molinari E. Virtual reality in the treatment of eating disorders and obesity. *Cybertherapy Rehabil* 2009;2(2):16-9.
- [57] Riva G, Bachetta M, Conti GC, Molinari SE. The use of VR in the treatment of eating disorders. *Stud Health Technol Inform* 2004;99:121-63.
- [58] Kuntze M, Stoemer R, Mager R, Roessler A, Mueller-Spahn F *et al.* Immersive virtual

- environments in cue exposure. *Cyberpsychol Behav* 2001;4:497-501.
- [59] Garcia-Rodriguez O, Pericot-Valverde I, Gutierrez J, Ferrer-Garcia M, Secades-Villa R. Validation of smoking-related virtual environments for cue exposure therapy. *Addict Behav* 2012;37:703-8.
- [60] Girard B, Turcotte V, Bouchard S, Girard B. Crushing virtual cigarettes reduces tobacco addiction and treatment discontinuation. *Cyberpsychol Behav* 2009;12:477-83.
- [61] Ryan J, Kreiner D, Chapman MD, Stark-Wroblewski K. Virtual reality cues for binge drinking in college students. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2010;13(2):159-62.
- [62] Lee JH, Kwon H, Choi J, Yang BH. Cue exposure therapy to decrease alcohol craving in virtual environment. *Cyberpsychol Behav* 2007;10(5):617-23.
- [63] da Costa RME, de Carvalho LA. The acceptance of virtual reality devices for cognitive rehabilitation: a report of positive results with schizophrenia. *Comput Methods Programs Biomed* 2004;73:173-82.
- [64] Chan CLF, Ngai EKY, Leung PKH, Wong S. Effect of the adapted virtual reality cognitive training program among Chinese older adults with chronic schizophrenia: a pilot study. *Int J Geriatr Psychiatry* 2010;25(6):643-9.
- [65] Park KM, Ku J, Choi SH, Jang HJ, Park JY *et al*. A virtual reality application in role-plays of social skills training for schizophrenia: a randomized, controlled trial. *Psychiatry Res* 2011;189:166-72.
- [66] Repetto C, Gaggioli A, Pallavicini F, Cipresso P, Raspelli S *et al*. Virtual reality and mobile phones in the treatment of generalized anxiety disorders: a phase-2 clinical trial. *Personal Ubiquitous Comput* 2013;17(2):253-60.
- [67] Veiling W, Brinkman WP, Dorresijn E, Gaag MVD. Virtual reality in psychosis: experiments with social risk environments. *Schizophr Res* 2012;136(S1):20-30.
- [68] Botella C, Riva G, Gaggioli A, Wiederhold BK, Alcaniz M *et al*. The present and future of positive technologies. *Cyberpsychol Behav Soc Netw* 2012;15(2):78-84.
- [69] Bouchard S, Cote S, St-Jacques J. Effectiveness of virtual reality exposure in the treatment of arachnophobia using 3D games. *Technol Health Care* 2006;14(1):19-27.