



HAL
open science

Utilisation de la réalité virtuelle dans les troubles des conduites alimentaires

Pauline Nivière, David da Fonseca, Christine Deruelle, Flora Bat-Pitault

► **To cite this version:**

Pauline Nivière, David da Fonseca, Christine Deruelle, Flora Bat-Pitault. Utilisation de la réalité virtuelle dans les troubles des conduites alimentaires. *L'Encéphale*, 2021, 47 (3), pp.263-269. 10.1016/j.encep.2020.11.003 . hal-03867285

HAL Id: hal-03867285

<https://hal.science/hal-03867285v1>

Submitted on 23 Nov 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Utilisation de la réalité virtuelle dans les troubles des conduites alimentaires

Use of Virtual Reality in Eating Disorders

**Pauline Niviere^{1*}, David Da Fonseca^{1,2}, Christine Deruelle¹,
Flora Bat-Pitault^{1,2}**

¹ Institut de Neurosciences de la Timone, CNRS, Aix-Marseille Université, Marseille, France

² Service de Pédiopsychiatrie, Hôpital Salvator, Assistance Publique Hôpitaux de Marseille, Aix-Marseille Université, Marseille, France

***Auteur correspondant :** Pauline Niviere

Institut de Neurosciences de la Timone, Faculté de Médecine, 27 boulevard Jean Moulin, 13005, Marseille, France

e-mail : pauline.niviere@etu.univ-amu.fr

Résumé

La réalité virtuelle permet de modéliser un environnement avec lequel un individu pourra interagir, ce qui présente de nombreux avantages en psychiatrie. Elle permet en effet d'utiliser un environnement contrôlé et sécurisé, et d'améliorer l'engagement du sujet dans les soins. Son utilisation dans les troubles des conduites alimentaires est croissante depuis plusieurs années, et les études menées jusqu'à présent mettent en avant des résultats prometteurs dans leur compréhension, évaluation et prise en charge thérapeutique. Tout d'abord, la réalité virtuelle permet d'affiner la compréhension du trouble de l'image corporelle dans l'anorexie, ou de l'anxiété et du *craving* dans la boulimie et les accès hyperphagiques. Elle semble également pouvoir être un outil d'évaluation du trouble de l'image corporelle similaire aux méthodes classiques, et au niveau thérapeutique, elle semble être efficace en association ou en complément d'une thérapie comportementale et cognitive. De plus, la réalité virtuelle permet de développer des techniques thérapeutiques innovantes, notamment celle de l'illusion corporelle utilisée dans l'objectif de réduire le trouble de l'image corporelle de l'anorexie, ou encore la thérapie d'exposition à des indices de consommation alimentaire par réalité virtuelle utilisée chez les patients atteints de boulimie et d'accès hyperphagiques. Bien que les résultats préliminaires soient encourageants, des études supplémentaires sont nécessaires afin de les valider, et des essais cliniques plus larges et contrôlés doivent être menés afin de confirmer l'impact positif de l'utilisation de la réalité virtuelle et des différents protocoles qui la mettent en œuvre dans la prise en charge thérapeutique des troubles des conduites alimentaires.

Mots-clés : Réalité virtuelle, anorexie mentale, boulimie, accès hyperphagiques, thérapie d'exposition

Abstract

Virtual reality is a new technology that can be used to model an environment with which an individual can interact using all five senses. It is notably used in psychiatry for anxiety disorders and addictions, and its use in eating disorders has been growing in recent years. Indeed, virtual reality offers interesting advantages, such as its ability to personalize any environment, which is also more secure and controllable. Recent studies show promising results in the understanding, evaluation, and therapeutic management of eating disorders. The use of avatars in anorexia nervosa allows for a correct assessment of the perceptual (body image distortion) and cognitive-affective (body dissatisfaction) components of the body image disorder in a similar way to conventional methods, but also for a better understanding of them. Moreover, avatars allow the development of innovative therapeutic protocols and are thus used in the context of exposure therapy. The new body swapping protocol, based on a multisensory illusion, offers particularly promising results in the reduction of body image disorder. For bulimia nervosa and binge eating disorder, virtual reality has made it possible to better characterize the triggering mechanisms of binge eating episodes through studies that have observed different responses to food-related environments and stimuli. At the therapeutic level, virtual reality cue exposure therapy has the most empirical support. Its aim is to reduce or eliminate the anxiety and craving felt by a patient in response to exposure to food or other food-related cues by preventing the patient from consuming food, and results show clear reductions in anxiety, craving and binge eating episodes. While all these results seem to indicate a bright future for virtual reality in eating disorders, further studies are needed to validate the positive impact of its use, but also its limitations. Notably, cyber sickness could alter the smooth running of virtual reality therapy sessions by causing nausea and disorientation. Moreover, it is important to verify that a therapeutic protocol does not lose its effectiveness when it is transposed into virtual reality. However, virtual reality seems to be a therapeutic tool that is better accepted by patients, and even

better by adolescents, which is very interesting for eating disorders since adolescents are the most affected. Virtual reality could therefore help motivate patients to pursue treatment and reduce the dropout rate while offering good therapeutic results. Thus, studies conducted in recent years have shown that virtual reality is a promising tool in the understanding, assessment and treatment of eating disorders, and future research should confirm this, particularly in the adolescent population.

Keywords: Virtual reality, anorexia nervosa, bulimia nervosa, binge eating disorder, exposure therapy.

Introduction

Les troubles des conduites alimentaires (TCA) et notamment, l'anorexie mentale, la boulimie nerveuse et l'hyperphagie boulimique, sont caractérisés selon le DSM-5, par des perturbations durables du comportement alimentaire et pour certains, une tendance à surestimer le poids et la forme corporelle, [1]. Ces troubles sont marqués par un risque de mortalité élevé [2], des complications médicales sévères et des comorbidités psychiatriques fréquentes [3,4]. Les recommandations indiquent la nécessité de prises en charge précoces, multidisciplinaires et coordonnées, et proposent d'utiliser, dans la boulimie et l'hyperphagie boulimique, la thérapie comportementale et cognitive (TCC).

La réalité virtuelle (RV) est une technologie qui permet de modéliser un environnement réel ou imaginaire avec lequel un individu pourra interagir. Si elle est principalement utilisée à but ludique, dans les jeux vidéos notamment, la psychiatrie l'exploite également dans le cadre de thérapies pour diverses pathologies, telles que les troubles anxieux [5,6] et les troubles addictifs [7,8]. Dans ce domaine, la réalité virtuelle permet de simuler une situation précise et adaptée au patient, parfois plus facilement que dans la vie réelle, et offre également un cadre plus sécurisé et contrôlable. Plusieurs types d'interfaces de réalité virtuelle sont utilisés, notamment le visiocasque, et permettent de favoriser l'immersion et renforcer le sentiment de présence dans l'environnement virtuel afin que le sujet puisse s'engager psychologiquement dans l'expérience qui lui est proposée [9].

Ces vingt dernières années, la réalité virtuelle a connu une utilisation croissante dans la compréhension, l'évaluation et le traitement des TCA. Les premières études remontent au début des années 2000, par l'équipe italienne de Riva [10–13], qui a pu montrer une efficacité thérapeutique préliminaire de l'utilisation d'environnements virtuels dans ces troubles. Les recherches se sont multipliées par la suite, comme le montre la revue systématique réalisée par Clus et al. en 2017 [14] et les nombreux travaux publiés depuis.

L'objectif de cette revue est d'actualiser, en langue française, les connaissances concernant l'utilisation de la réalité virtuelle dans le domaine des TCA.

Anorexie mentale

Les études utilisant la réalité virtuelle dans l'anorexie mentale se sont intéressées à un des symptômes clés de cette pathologie qu'est le trouble de l'image du corps, en termes de compréhension, d'évaluation et de prise en charge. Classiquement, on distingue dans le trouble de l'image du corps, une composante de distorsion perceptive, le trouble de la perception corporelle, et une composante cognitivo-affective, l'insatisfaction corporelle. Le trouble de la perception corporelle est caractérisé par la tendance du patient à surestimer son poids et ses formes corporelles, tandis que l'insatisfaction corporelle peut se définir comme l'ensemble des idées et des affects négatifs du patient envers son propre corps [15,16]. Le trouble de l'image du corps est montré dans la littérature internationale, associé à la dépression et l'anxiété [17], au maintien de l'anorexie mentale ainsi qu'à un risque plus élevé de rechutes [18,19]. C'est pourquoi l'amélioration de sa compréhension, de son évaluation et de son traitement représente un enjeu crucial dans la prise en charge de l'anorexie mentale.

Ces dernières années, la réalité virtuelle a pu proposer des méthodes innovantes dans ce domaine du trouble de l'image du corps, et ce principalement grâce à l'utilisation d'avatars. Les avatars, qui peuvent être plus ou moins personnalisés pour les patients, permettent de représenter de manière réaliste des corps d'indices de masse corporelle (IMC) différents.

Grâce à cet outil virtuel, un certain nombre d'études permettent tout d'abord d'améliorer notre compréhension du trouble de l'image du corps et de ses deux composantes. Des études antérieures avaient déjà montré que des participantes avec anorexie étaient plus insatisfaites de leur corps et avaient un plus grand désir d'avoir un corps plus fin par rapport à des participantes contrôles [20,21]. Cette insatisfaction pourrait être liée ou maintenue par une perception dysfonctionnelle du corps, caractérisée par la surestimation du poids et des formes corporelles qui est classiquement retrouvée chez les participantes avec anorexie [22,23].

Ainsi, l'étude de Mölbert et al. [24] réalisée chez 24 femmes adultes anorexiques et 24 participantes contrôles, a permis d'évaluer les contributions respectives des composantes perceptive et cognitivo-affective au trouble de l'image corporelle. Dans une première expérience, des avatars biométriques personnalisés étaient utilisés pour manipuler le poids de manière réaliste. Les résultats obtenus sont surprenants puisque les participantes, avec anorexie comme contrôles, sous-estimaient la taille de leur corps. Dans une deuxième expérience pour laquelle les avatars avaient cette fois-ci une texture standard, les rendant alors impersonnels, l'estimation était plus correcte. Il a donc été suggéré par les auteurs que la mauvaise estimation de ses propres formes corporelles serait liée à sa propre

identité. En plus de cela, les résultats ont révélé une tendance dans les deux groupes à accepter plus facilement un corps plus fort quand l'avatar était impersonnel, bien que les participantes avec anorexie préféraient et désiraient toujours un corps en sous-poids sévère. Ainsi, l'étude a conclu que les participantes souffrant d'anorexie mentale ne percevaient pas leur corps de manière différente par rapport aux participantes contrôles, mais plutôt qu'elles évaluaient et jugeaient différemment l'acceptation d'un poids normal. Ce serait donc pour cet auteur, la composante cognitivo-affective plutôt que la composante perceptive qui serait perturbée dans le trouble de l'image du corps de l'anorexie mentale.

Ces conclusions sont confirmées par une étude de Provenzano et al. [25] réalisée chez 20 femmes adultes anorexiques et 20 participantes contrôles. Grâce à la création d'avatars personnalisés, les auteurs ont pu mettre en évidence une insatisfaction corporelle plus importante chez les participantes avec anorexie, qui désiraient un corps plus mince que les participantes contrôles, et aucune surestimation de la forme corporelle quel que soit le groupe. Par la suite, des avatars d'IMC augmenté ou diminué ont été utilisés, et une mesure de la réponse émotionnelle a permis de montrer que les participantes souffrant d'anorexie ressentaient plus d'émotions négatives après avoir été exposées à l'avatar d'IMC augmenté, à l'inverse des participantes contrôles qui étaient plus négatives après exposition à l'avatar d'IMC diminué. De plus, les avatars d'IMC diminués étaient considérés comme plus beaux par les participantes avec anorexie mentale. Les auteurs s'accordent donc avec les conclusions de Mölbert et al., et suggèrent que le trouble de l'image corporelle dans l'anorexie est caractérisé par une altération de la composante cognitivo-affective plutôt que de la composante perceptive.

Si les résultats concernant l'insatisfaction corporelle sont consistants avec les données antérieures, ceux concernant la distorsion perceptive peuvent surprendre puisque les études de Mölbert et al. et Provenzano et al. vont à l'encontre de l'hypothèse répandue selon laquelle les patients atteints d'anorexie mentale surestiment leurs formes corporelles [22,23]. La différence de résultats obtenus pourrait s'expliquer par la variété des méthodes utilisées pour l'évaluation des symptômes ainsi que par la notion de représentation du corps. Premièrement, les méthodes peuvent être divisées en deux catégories : les méthodes dites métriques, pour lesquelles les participants doivent estimer leur taille en faisant des estimations spatiales, et les méthodes dites descriptives, par exemple quand les participants doivent estimer la taille de leur corps en sélectionnant des avatars. Deuxièmement, le modèle proposé par Longo [26] indique que la représentation du corps est une construction complexe et que plusieurs dimensions de celle-ci pourraient coexister sur deux axes différents, l'un allant de perceptif à cognitivo-affectif, et l'autre d'implicite à explicite. En ce sens, les deux types de méthodes pourraient cibler des dimensions différentes de la représentation du corps. Les mesures

métriques exploiteraient les informations implicites comme explicites du corps, tandis que les mesures descriptives reposeraient uniquement sur les informations explicites, rendant alors ces méthodes moins à même de révéler des surestimations corporelles. Enfin l'utilisation de la biométrie [24] pourrait améliorer la qualité de l'évaluation perceptive.

La réalité virtuelle a également été utilisée pour évaluer le trouble de l'image du corps chez les patients. Cet outil pourrait être au moins aussi efficace que les méthodes plus classiques sur papier [27], par vidéo ou photographie [28–30], par échelles de silhouettes dessinées [31], ou encore par questionnaires standardisés [32–34]. Précédemment, Riva et al. [12] avait développé un logiciel qui proposait à des participants différentes silhouettes 3D allant du sous-poids à l'obésité. Les participants devaient choisir parmi ces silhouettes laquelle correspondait à leur propre silhouette et laquelle correspondait à la silhouette qu'il désirait le plus, ce qui permettait d'évaluer le trouble de perception et l'insatisfaction corporelle. Ainsi plus récemment, chez 31 adolescentes souffrant d'anorexie mentale, Fisher et al. [35] a comparé l'évaluation du trouble de l'image du corps à travers ces deux composantes perceptive et cognitivo-affective, par réalité virtuelle avec des avatars 3D standardisés, et par une échelle de silhouettes sur papier [36]. Les résultats montrent que quel que soit l'outil utilisé, les patientes surestiment leurs formes corporelles, et que le trouble de perception du corps et l'insatisfaction corporelle mesurés ne diffèrent pas significativement entre les deux méthodes. Ces résultats indiquent donc que l'évaluation du trouble de l'image du corps par réalité virtuelle est comparable à celle réalisée par une échelle de silhouettes sur papier, ce qui constitue une information préliminaire importante aux thérapies utilisant la réalité virtuelle pour améliorer le trouble de l'image corporelle dans l'anorexie mentale.

Enfin, dans le champ thérapeutique, la réalité virtuelle a été principalement utilisée dans le cadre de thérapies d'exposition au corps, seules ou dans le cadre de thérapies comportementales et cognitives (TCC). Dans ce cas, il a été montré que la combinaison « TCC + RV » avait une efficacité supérieure chez les patients en comparaison avec une TCC classique [37,38]. Les patients traités avec un module de réalité virtuelle supplémentaire, centré sur les troubles de l'image du corps, montraient des améliorations plus marquées dans les diverses mesures relatives à l'image corporelle, par exemple celles concernant l'insatisfaction et l'évitement du corps, ainsi qu'une plus forte réduction des scores de dépression et d'anxiété. Ces dernières années la méthode d'illusion corporelle (également appelée *body swapping* ou *full body illusion*) a apporté des résultats encourageants pour le traitement des perturbations de l'image corporelle. L'illusion se base sur le principe de synchronicité entre deux stimulations, l'une tactile sur le corps du participant et l'autre visuelle, c'est-à-dire que le participant voit un avatar se faire toucher au même endroit que lui avec un point de vue à la première personne, cela induisant la sensation d'incarner l'avatar. La plupart du

temps une condition contrôle est aussi utilisée, pour laquelle les stimulations ne sont pas synchrones, ce qui produit une sensation d'incarnation moins forte, ou même absente. Provenzano et al. [25] a utilisé cette illusion dans le but de réduire l'insatisfaction corporelle. Les participantes incarnaient un avatar d'IMC augmenté ou diminué et une stimulation visuo-tactile synchrone était appliquée afin de renforcer l'illusion et l'incarnation de l'avatar. Toutefois, cette illusion n'a pas permis de diminuer l'insatisfaction dans les deux groupes de participantes avec anorexie et contrôles. En 2016 et à la suite de l'utilisation d'une première illusion se limitant à la main [39], le groupe de Keizer et al. a étendu l'illusion au corps entier, et surtout à des parties du corps avec plus de saillance émotionnelle [40]. L'objectif était d'étudier si l'utilisation de cette illusion affectait l'estimation de la taille de différentes parties du corps chez 30 participantes adultes avec anorexie mentale et 29 contrôles. Ces dernières devaient estimer la circonférence et la largeur de leurs épaules, abdomen et hanches avant que l'illusion ne soit induite, puis directement après l'illusion avec un avatar standardisé, et enfin à distance, 2 heures et 45 minutes après. Les résultats montrent qu'avant l'illusion, les participantes souffrant d'anorexie mentale surestimaient plus fortement la circonférence et la largeur des différentes parties de leur corps par rapport aux contrôles, et que cette surestimation était réduite après le protocole de l'illusion pour les deux groupes et pour les deux conditions synchrone et asynchrone. Pour la plupart des parties du corps, les deux groupes présentaient des réductions dans la surestimation d'ampleur similaire, sauf pour l'abdomen pour lequel les participantes avec anorexie mentale étaient les seules à montrer une amélioration. À distance, ces améliorations étaient toujours observées dans le groupe des patientes, et il est même à noter que leur estimation des épaules ne différait plus significativement de celle des participantes contrôles. L'étude conclut donc qu'il est possible, via une illusion corporelle, d'améliorer la perception des individus souffrant d'anorexie mentale pour leur propre corps, et ce même pour les parties du corps hautement connotées émotionnellement.

Ces résultats sont également avancés par une étude de cas clinique de Serino et al. [41], qui enregistre aussi des réductions du trouble de l'image corporelle après utilisation d'une illusion virtuelle chez une patiente anorexique adulte suivant un protocole de traitement (composé également d'autres interventions thérapeutiques). Les auteurs soulignent la potentielle application d'une incarnation virtuelle comme une méthode innovante capable à la fois de suivre les changements dans l'intégration corporelle et d'agir en tant que moteur de ces changements. Cependant, dans ce cas clinique, les améliorations n'étaient observées que dans le cas de la condition synchrone. Très récemment, Porrás-García et al. [42] ont étudié chez une patiente adolescente l'évolution de nombreux symptômes de l'anorexie mentale au cours de cinq sessions de thérapies d'exposition par RV incluses dans le cadre d'une TCC. La thérapie était basée sur une illusion

corporelle un peu différente, avec un avatar standardisé ayant le même IMC que la patiente, qu'elle observait en face d'elle et non en première personne. Lorsque la patiente était touchée à certains endroits de son corps, elle voyait l'avatar se faire toucher aux mêmes endroits en même temps. L'IMC de l'avatar était augmenté au fur et à mesure des sessions jusqu'à atteindre le poids de santé cible. Durant l'exposition, la patiente devait se focaliser sur une partie précise de son corps et le niveau d'anxiété était mesuré. Quand celui-ci diminuait de 40 %, la patiente était exposée à une autre partie du corps, et la session se terminait quand la patiente avait été exposée à toutes les parties de son corps et que son niveau d'anxiété envers son corps entier avait diminué de 40 %. Les résultats ont révélé une nette diminution de l'anxiété relative au corps, de la peur de prendre du poids ainsi que du trouble de l'image corporelle. Les valeurs de l'IMC de la patiente ont augmenté continuellement pendant l'intervention et ont atteint des niveaux de santé, et une diminution notable a été notée dans le biais attentionnel relatif au corps, mis en évidence chez les sujets atteints d'anorexie mentale [43]. Si la patiente, avant l'intervention, portait son attention en particulier sur ses parties du corps relatives au poids, c'était l'inverse après l'intervention et elle montrait donc une préférence attentionnelle pour ses parties du corps non relatives au poids. Cinq mois plus tard, la plupart de ces améliorations étaient maintenues, à l'exception de celle concernant la peur de gagner du poids. Cette étude semble montrer ainsi qu'adjointe à un programme de TCC des sessions de thérapie d'exposition au corps en réalité virtuelle permet de réduire efficacement les symptômes de l'anorexie mentale. Des essais cliniques plus larges et intégrant un groupe contrôle sans réalité virtuelle sont bien évidemment nécessaires pour confirmer ces résultats positifs et pouvoir les attribuer en totalité ou partie à la réalité virtuelle.

On peut donc dire que les résultats de la réalité virtuelle dans l'anorexie mentale, bien qu'encore à confirmer, sont prometteurs et que cet outil pourrait être utilisé, comme le proposent Provenzano et al. [25], pour exposer graduellement les patients avec anorexie mentale et ainsi les habituer progressivement à des versions d'IMC plus élevés et normalisés de leur corps, comme une alternative ou un préalable à des expositions in vivo, avec ou sans association à une TCC. De plus, la réalité virtuelle serait plus acceptable pour certains patients réticents à l'idée de suivre une thérapie in vivo, et son utilisation pourrait alors permettre de réduire les abandons de traitement [44]. Enfin, il a été noté de manière intéressante que l'attrait pour les nouvelles technologies pourrait faciliter le traitement chez les jeunes patients [45].

Boulimie et hyperphagie boulimique

La boulimie et l'hyperphagie boulimique sont principalement caractérisées par des accès hyperphagiques, définis comme des absorptions excessives d'aliments, en un temps limité, avec un sentiment de perte de contrôle qui surviennent de manière répétitive pendant plus de trois mois. Dans la boulimie, des comportements compensatoires visant à empêcher la prise de poids surviennent après les accès, tandis que ces comportements sont absents dans l'hyperphagie boulimique. Deux notions sont importantes pour ces deux pathologies : le « craving », c'est-à-dire l'envie irrésistible de manger précédant l'accès hyperphagique indépendamment de l'état de satiété, et l'anxiété en lien avec les accès. Plus précisément, cette anxiété des crises serait liée aux émotions de honte et de culpabilité ressenties après un épisode hyperphagique. Une fois cette association établie, les sujets lorsqu'ils sont exposés à des aliments ou des stimuli relatifs à la nourriture, ressentiraient donc de l'anxiété de manière anticipatoire [46]. Il a d'ailleurs été montré que le craving et l'anxiété étaient ressentis simultanément en présence d'indices associés à la consommation d'aliments [47].

Tout d'abord, la réalité virtuelle a principalement été utilisée dans la boulimie et l'hyperphagie boulimique pour améliorer la compréhension des mécanismes de déclenchement des crises hyperphagiques, par exemple en caractérisant les différentes réponses à des environnements et stimuli relatifs à la nourriture. En ce sens, des études ayant utilisé différents environnements virtuels ont montré que les patients présentaient une plus grande anxiété quand ils étaient confrontés à des environnements en relation avec de la nourriture hautement calorique et à un environnement de piscine, dans lequel ils imaginaient exposer leur corps tout en étant exposés à des corps d'avatars minces, en comparaison avec des environnements neutres [48,49]. De plus, il a été montré par Gorini et al. [50] que la nourriture virtuelle était tout aussi efficace que la nourriture réelle pour provoquer de l'anxiété chez des femmes adultes souffrant de boulimie, et plus efficace que les photographies : la réalité virtuelle semble donc être un outil adéquat pour reproduire fidèlement des situations écologiques. Enfin, il a été montré que la réalité virtuelle était également efficace pour provoquer le craving chez les patients avec boulimie et hyperphagie boulimique [51,52].

À la suite de la démonstration, par ces différents auteurs, de l'efficacité des environnements virtuels pour induire des cravings et des réponses émotionnelles chez les patients avec boulimie et accès hyperphagiques, Pla-Sanjuanelo et al. [53] a développé un logiciel d'exposition permettant d'induire de l'anxiété et des cravings chez 33 sujets boulimiques adultes et 25 avec accès hyperphagiques, ainsi que chez 135 sujets contrôles. L'objectif de l'étude était de préciser quelle réponse permettait de mieux discriminer entre les deux groupes de sujets. Le logiciel contenait une bibliothèque d'aliments virtuels fréquemment consommés par les patients durant les crises hyperphagiques, et quatre environnements virtuels communs (cuisine, salle à manger, chambre et cafétéria) où les patients ont

l'habitude de manger. Les participants sont dans un premier temps exposés aux environnements virtuels sur l'écran d'un ordinateur et doivent indiquer le niveau de craving provoqué par les images des aliments virtuels et par les environnements, ce qui permet de créer une liste d'aliments personnalisée pour chaque participant. Cette liste sera utilisée pour la deuxième procédure, dans laquelle les participants seront exposés aux aliments de leur liste dans les quatre contextes, ainsi qu'à des stimuli neutres. Les auteurs confirment que les réponses d'anxiété et de craving sont significativement plus élevées quand les participants sont exposés à la nourriture, comparé aux stimuli neutres. De plus, les réponses sont plus élevées dans le groupe de patients avec boulimie et hyperphagie, et c'est l'anxiété qui permet, davantage que le craving, de discriminer les patients des sujets contrôles. Les auteurs concluent donc que les programmes thérapeutiques doivent se focaliser sur la réduction du craving mais également de l'anxiété dans la boulimie et l'hyperphagie boulimique.

Au niveau thérapeutique, la psychothérapie la plus recommandée pour le traitement de la boulimie et de l'hyperphagie boulimique est la TCC. Bien que des améliorations dans les symptômes soient généralement obtenues après la thérapie, ce n'est pas le cas pour un pourcentage non négligeable de patients [54,55], ce qui montre la nécessité de développer de nouveaux outils thérapeutiques tels que, possiblement, la réalité virtuelle. La revue systématique de Carvalho et al. [56] a permis de montrer que les environnements virtuels associés à des interventions cognitives et comportementales étaient utiles pour améliorer la motivation et l'estime de soi, ainsi que pour réduire les symptômes associés à la boulimie et aux accès hyperphagiques. La réalité virtuelle semblait ainsi prometteuse dans le traitement de ces deux TCA. Depuis plusieurs années, la thérapie d'exposition à des indices de consommation alimentaire par réalité virtuelle (*virtual reality cue-exposure therapy*, VR-CET) est l'intervention qui recense le plus de support empirique parmi les différents protocoles thérapeutiques par réalité virtuelle mis au point pour les TCA [44]. Dans ce type de thérapie, les patients sont exposés dans des environnements virtuels à des aliments typiquement consommés lors des crises hyperphagiques. L'objectif est alors de diminuer voire de supprimer l'anxiété et le craving ressentis en réponse à l'exposition à la nourriture ou à d'autres indices relatifs à celle-ci, en prévenant la réponse du patient c'est-à-dire en l'empêchant de consommer la nourriture présentée, cela dans le but de réduire à terme, le nombre d'épisodes hyperphagiques et les comportements compensatoires associés. Plusieurs études ont déjà rapporté des résultats positifs de la CET classique [57–61] et l'utilisation de la réalité virtuelle pourrait dans ce cadre faciliter la mise en place de la thérapie et sa personnalisation pour chaque patient. Ainsi, Ferrer-Garcia et al. [62] a étudié l'efficacité de six sessions de VR-CET en réalité virtuelle comme stratégie thérapeutique secondaire, comparée à six sessions additionnelles de TCC, chez 64 patients adultes avec boulimie ou accès hyperphagique pour qui un premier traitement de TTC n'avait pas été efficace. Pour la VR-CET,

les auteurs ont utilisé le logiciel sur ordinateur développé par Pla-Sanjuanelo et al. [53]. La mesure d'anxiété ressentie durant l'exposition aux différents environnements et aliments virtuels a été utilisée pour construire une hiérarchie d'exposition personnalisée pour chaque patient, et c'est cette dernière qui a été utilisée pour les six sessions de thérapie. Durant chaque session d'exposition, les participants devaient se déplacer dans l'environnement virtuel pour s'asseoir à une table où ils pouvaient trouver l'aliment correspondant à la hiérarchie prédéterminée. L'aliment devait être manipulé grâce à la souris de l'ordinateur, et le participant pouvait le retourner et zoomer dessus, mais pas le manger. Les niveaux d'anxiété et de craving étaient évalués régulièrement et quand l'anxiété diminuait de 40 %, le participant était exposé à un nouvel environnement virtuel, toujours selon sa hiérarchie personnelle. Les résultats indiquent que bien que les deux protocoles thérapeutiques aient entraîné des améliorations, le groupe de participants ayant suivi la VR-CET présente de meilleurs résultats en termes de niveaux d'anxiété, de craving et de temps d'abstinence d'épisodes hyperphagiques, ceci allant dans le sens de la supériorité d'une VR-CET sur une TCC additionnelle. Six mois plus tard [63] ces résultats étaient maintenus dans les deux groupes, et celui ayant suivi la VR-CET a continué à présenter de meilleurs résultats. Cette étude conclut donc sur l'efficacité de cette thérapie en tant que traitement de deuxième intention pour des patients résistants à une première TCC, et montre que l'utilisation de la réalité virtuelle pour cibler l'anxiété et les craving est une meilleure stratégie thérapeutique pour les patients résistants.

Ainsi, comme pour l'anorexie, la réalité virtuelle offre des perspectives prometteuses pour la compréhension des mécanismes et le traitement de la boulimie et de l'hyperphagie boulimique. Notamment, la possibilité de personnaliser la thérapie d'un patient en modélisant n'importe quel aliment est un grand avantage, surtout dans le cas où de nombreux aliments doivent être utilisés pour une thérapie.

Limites

Un certain nombre de limites ont été soulignées par les études à l'utilisation de la réalité virtuelle dans les TCA. Tout d'abord, la *cybersickness*, pouvant être définie comme l'effet secondaire résultant de l'activation des systèmes de détection de mouvement physiologiques pendant une séance de réalité virtuelle, pourrait impacter le bon déroulement de séances de thérapies si le patient y est sensible, en provoquant notamment des nausées et une désorientation. Plus de la moitié des utilisateurs de réalité virtuelle sont susceptibles d'être touchés, et les femmes sont bien plus à risque [64] ce qui dans le cadre du sex-ratio de l'anorexie mentale est problématique puisque de nombreuses patientes pourraient ainsi ne pas pouvoir utiliser cet outil. À noter que les enfants

sembleraient moins touchés que les adultes et que cet outil est contre-indiqué s'il existe des antécédents personnels d'épilepsie. Une autre limite pourrait être celle, à tester par des études, d'une potentielle perte d'efficacité quand un protocole de thérapie déjà validé serait adapté en réalité virtuelle, bien que pour d'autres pathologies relatives au stress et à des traumatismes, les thérapies d'exposition en réalité virtuelle ne sont pas significativement moins efficaces que les traitements *in vivo* [44].

De plus, la littérature concernant la réalité virtuelle dans les TCA est constituée d'études qui utilisent des environnements et des protocoles différents pour chaque équipe, ce qui entraîne des difficultés de comparaison des résultats et de reproductibilité. Une plus grande standardisation des environnements et des protocoles utilisés est donc souhaitable dans les futures études sur les TCA pour apporter davantage de poids aux résultats obtenus. Il existe, ensuite, encore peu de données sur les adolescents et il est donc nécessaire de réaliser des études de validation afin de montrer l'impact positif de l'utilisation de la réalité virtuelle dans le cadre thérapeutique chez cette population qui semble pouvoir être particulièrement visée par cet outil. Enfin, la plupart des études actuelles sur l'anorexie mentale possèdent de petits effectifs ou sont des cas témoins, et même si ces derniers sont bien documentés et cliniquement intéressants, il est nécessaire de confirmer leurs résultats par des études de puissance statistique supérieure.

Conclusion

En conclusion, les études menées ces dernières années ont pu montrer l'intérêt de la réalité virtuelle dans la compréhension, l'évaluation et le traitement des TCA. Premièrement, la réalité virtuelle a contribué à une meilleure compréhension des mécanismes des TCA. Des études supplémentaires sont encore à ce jour nécessaires pour améliorer les connaissances sur ces troubles, et notamment sur les perturbations de l'image corporelle chez les patients avec anorexie mentale. Deuxièmement, la réalité virtuelle semble permettre d'évaluer les différents symptômes de ces pathologies, et plus particulièrement le trouble de l'image du corps dans l'anorexie mentale, de manière similaire aux outils déjà utilisés. Ce constat est important comme ligne de base pour aborder les aspects thérapeutiques de la réalité virtuelle et mieux comprendre ce que perçoit le patient immergé dans l'environnement virtuel en lien avec ses formes corporelles. Troisièmement, l'outil de réalité virtuelle permet d'envisager des perspectives thérapeutiques innovantes. En effet, la réalité virtuelle offre un cadre plus interactif et personnalisé aux patients, ce qui semble améliorer leur engagement et leur motivation pour la thérapie. Ce constat est d'autant plus intéressant puisque les jeunes, principalement touchés par les TCA, sont pour la majorité familiarisés et attirés par les nouvelles

technologies, dont la réalité virtuelle fait partie. Il est important de développer des traitements mieux acceptés par les patients, et la réalité virtuelle pourrait de cette façon constituer un outil thérapeutique favorisant la motivation au soin et l’alliance thérapeutique, concepts au cœur du soin dans les TCA. Cependant, un certain nombre de limites existent, liées à la technologie elle-même ainsi qu’à la nature et la puissance et le nombre des études actuellement disponibles dans la littérature. Ainsi, pour envisager une indication de l’utilisation de la réalité virtuelle en clinique, de plus grands essais doivent être menés et des protocoles standardisés développés. Pour l’anorexie mentale, il est suggéré de cibler au travers de protocoles d’exposition au corps la composante cognitivo-affective du trouble de l’image corporelle, afin de favoriser l’acceptation d’un poids normal et la réduction de la détresse émotionnelle liée à la prise de poids. L’exposition au corps pourrait se faire par réalité virtuelle grâce à des avatars, et par le biais de l’illusion corporelle qui a déjà montré des résultats prometteurs. Pour la boulimie et l’hyperphagie boulimique, la VR-CET propose des avantages intéressants étant donné la capacité de personnalisation permise par la réalité virtuelle, et est également supportée par des résultats encourageants. Le futur de la réalité virtuelle, dans une utilisation mieux encadrée et codifiée, semble ainsi pouvoir être prometteur dans plusieurs domaines de la psychiatrie et plus particulièrement dans celui des TCA.

Déclaration de liens d’intérêts

Les auteurs déclarent ne pas avoir de conflits d’intérêts.

Bibliographie

- [1] American Psychiatric Association. Diagnostic and statistical manual of mental disorders: DSM-5. 5th edition. Arlington, VA: American Psychiatric Association; 2013.
- [2] Arcelus J, Mitchell AJ, Wales J, Nielsen S. Mortality Rates in Patients With Anorexia Nervosa and Other Eating Disorders: A Meta-analysis of 36 Studies. *Arch Gen Psychiatry* 2011;68:724–31. <https://doi.org/10.1001/archgenpsychiatry.2011.74>.
- [3] Zipfel S, Giel KE, Bulik CM, Hay P, Schmidt U. Anorexia nervosa: aetiology, assessment, and treatment. *Lancet Psychiatry* 2015;2:1099–111. [https://doi.org/10.1016/S2215-0366\(15\)00356-9](https://doi.org/10.1016/S2215-0366(15)00356-9).
- [4] Treasure J, Claudino AM, Zucker N. Eating disorders. *The Lancet* 2010;375:583–93. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61748-7](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61748-7).
- [5] Botella C, Baños RM, Perpiñá C, Villa H, Alcañiz M, Rey A. Virtual reality treatment of claustrophobia: a case report. *Behav Res Ther* 1998;36:239–46. [https://doi.org/10.1016/S0005-7967\(97\)10006-7](https://doi.org/10.1016/S0005-7967(97)10006-7).

- [6] Oprış D, Pinteă S, Garc a-Palacios A, Botella C, Szamosk zi Ő, David D. Virtual reality exposure therapy in anxiety disorders: a quantitative meta-analysis. *Depress Anxiety* 2012;29:85–93. <https://doi.org/10.1002/da.20910>.
- [7] Bordnick PS, Yoon JH, Kaganoff E, Carter B. Virtual Reality Cue Reactivity Assessment: A Comparison of Treatment- vs. Nontreatment-Seeking Smokers. *Res Soc Work Pract* 2013;23:419–25. <https://doi.org/10.1177/1049731513482377>.
- [8] Park SY, Kim SM, Roh S, Soh M-A, Lee SH, Kim H, et al. The effects of a virtual reality treatment program for online gaming addiction. *Comput Methods Programs Biomed* 2016;129:99–108. <https://doi.org/10.1016/j.cmpb.2016.01.015>.
- [9] Rizzo A “Skip,” Koenig ST, Talbot T “Brett.” *Clinical Virtual Reality: Emerging Opportunities for Psychiatry. FOCUS* 2018;16:266–78. <https://doi.org/10.1176/appi.focus.20180011>.
- [10] Riva G, Bacchetta M, Baruffi M, Rinaldi S, Molinari E. Experiential cognitive therapy: a VR based approach for the assessment and treatment of eating disorders. *Stud Health Technol Inform* 1998;58:120–35.
- [11] Riva G, Bacchetta M, Baruffi M, Rinaldi S, Molinari E. Virtual reality based experiential cognitive treatment of anorexia nervosa. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 1999;30:221–30. [https://doi.org/10.1016/s0005-7916\(99\)00018-x](https://doi.org/10.1016/s0005-7916(99)00018-x).
- [12] Riva G. Virtual Reality in Psychological Assessment: The Body Image Virtual Reality Scale. *Cyberpsychol Behav* 1998;1:37–44. <https://doi.org/10.1089/cpb.1998.1.37>.
- [13] Riva G, Bacchetta M, Baruffi M, Rinaldi S, Vincelli F, Molinari E. Virtual Reality-Based Experiential Cognitive Treatment of Obesity and Binge-Eating Disorders. *Clin Psychol Psychother* 2000;7:209–19.
- [14] Clus D, Larsen ME, Lemey C, Berrouguet S. The Use of Virtual Reality in Patients with Eating Disorders: Systematic Review. *J Med Internet Res* 2018;20:e157. <https://doi.org/10.2196/jmir.7898>.
- [15] Dakanalis A, Clerici M, Carr  G, Riva G. Dysfunctional bodily experiences in anorexia nervosa: where are we? *Eat Weight Disord - Stud Anorex Bulim Obes* 2016;21:731–2. <https://doi.org/10.1007/s40519-016-0299-z>.
- [16] Frank GK, Treasure J. Authors’ reply: Cognitive and emotional factors are involved in body-image distortion. *Nat Rev Dis Primer* 2016;2:1–2. <https://doi.org/10.1038/nrdp.2016.27>.
- [17] Junne F, Zipfel S, Wild B, Martus P, Giel K, Resmark G, et al. The relationship of body image with symptoms of depression and anxiety in patients with anorexia nervosa during outpatient psychotherapy: Results of the ANTOP study. *Psychotherapy* 2016;53:141–51. <https://doi.org/10.1037/pst0000064>.
- [18] Stice E. Risk and maintenance factors for eating pathology: A meta-analytic review. *Psychol Bull* 2002;128:825–48. <https://doi.org/10.1037/0033-2909.128.5.825>.
- [19] Carter JC, Blackmore E, Sutandar-Pinnock K, Woodside DB. Relapse in anorexia nervosa: a survival analysis. *Psychol Med* 2004;34:671–9. <https://doi.org/10.1017/S0033291703001168>.
- [20] Hrabosky JI, Cash TF, Veale D, Neziroglu F, Soll EA, Garner DM, et al. Multidimensional body image comparisons among patients with eating disorders, body dysmorphic disorder, and clinical controls: A multisite study. *Body Image* 2009;6:155–63. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2009.03.001>.
- [21] Moscone A-L, Amorim M-A, Le Scanff C, Leconte P. A model-driven approach to studying dissociations between body size mental representations in anorexia nervosa. *Body Image* 2017;20:40–8. <https://doi.org/10.1016/j.bodyim.2016.11.003>.

- [22] Gardner RM, Brown DL. Body size estimation in anorexia nervosa: A brief review of findings from 2003 through 2013. *Psychiatry Res* 2014;219:407–10. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2014.06.029>.
- [23] Guardia D, Lafargue G, Thomas P, Dodin V, Cottencin O, Luyat M. Anticipation of body-scaled action is modified in anorexia nervosa. *Neuropsychologia* 2010;48:3961–6. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2010.09.004>.
- [24] Mölbert SC, Thaler A, Mohler BJ, Streuber S, Romero J, Black MJ, et al. Assessing body image in anorexia nervosa using biometric self-avatars in virtual reality: Attitudinal components rather than visual body size estimation are distorted. *Psychol Med* 2018;48:642–53. <https://doi.org/10.1017/S0033291717002008>.
- [25] Provenzano L, Porciello G, Ciccarone S, Lenggenhager B, Tieri G, Marucci M, et al. Characterizing Body Image Distortion and Bodily Self-Plasticity in Anorexia Nervosa via Visuo-Tactile Stimulation in Virtual Reality. *J Clin Med* 2019;9:98. <https://doi.org/10.3390/jcm9010098>.
- [26] Longo MR. *Perceptual and Emotional Embodiment: Foundations of Embodied Cognition*. vol. 1. Routledge. 2015.
- [27] Askevold F. Measuring Body Image. *Psychother Psychosom* 1975;26:71–7. <https://doi.org/10.1159/000286913>.
- [28] Tovée MJ, Benson PJ, Emery JL, Mason SM, Cohen-Tovée EM. Measurement of body size and shape perception in eating-disordered and control observers using body-shape software. *Br J Psychol* 2003;94:501–16. <https://doi.org/10.1348/000712603322503060>.
- [29] Garner DM, Garfinkel PE, Stancer HC, Moldofsky H. Body image disturbances in anorexia nervosa and obesity. *Psychosom Med* 1976;38:327–36. <https://doi.org/10.1097/00006842-197609000-00005>.
- [30] Gardner RM, Moncrieff C. Body image distortion in anorexics as a non-sensory phenomenon: a signal detection approach. *J Clin Psychol* 1988;44:101–7. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(198803\)44:2<101::aid-jclp2270440203>3.0.co;2-u](https://doi.org/10.1002/1097-4679(198803)44:2<101::aid-jclp2270440203>3.0.co;2-u).
- [31] Gardner RM, Brown DL. Body image assessment: A review of figural drawing scales. *Personal Individ Differ* 2010;48:107–11. <https://doi.org/10.1016/j.paid.2009.08.017>.
- [32] Rousseau A, Knotter R-M, Barbe R-M, Raich R-M, Chabrol H. Étude de validation de la version française du Body Shape Questionnaire. *L'Encéphale* 2005;31:162–73. [https://doi.org/10.1016/S0013-7006\(05\)82383-8](https://doi.org/10.1016/S0013-7006(05)82383-8).
- [33] Garner DM, Olmstead MP, Polivy J. Development and validation of a multidimensional eating disorder inventory for anorexia nervosa and bulimia. *Int J Eat Disord* 1983;2:15–34. [https://doi.org/10.1002/1098-108X\(198321\)2:2<15::AID-EAT2260020203>3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/1098-108X(198321)2:2<15::AID-EAT2260020203>3.0.CO;2-6).
- [34] Bruchon-Schweitzer M. Dimensionality of the Body-Image: The Body-Image Questionnaire: *Percept Mot Skills* 2016. <https://doi.org/10.2466/pms.1987.65.3.887>.
- [35] Fisher S, Abdullah A, Charvin I, Da Fonseca D, Bat-Pitault F. Comparison of body image evaluation by virtual reality and paper-based figure rating scales in adolescents with anorexia nervosa: retrospective study. *Eat Weight Disord - Stud Anorex Bulim Obes* 2020;25:735–43. <https://doi.org/10.1007/s40519-019-00680-1>.
- [36] Sala L, Mirabel-Sarron C, Pham-Scottez A, Blanchet A, Rouillon F, Gorwood P. Body dissatisfaction is improved but the ideal silhouette is unchanged during weight recovery in anorexia nervosa female inpatients. *Eat Weight Disord EWD* 2012;17:e109-15. <https://doi.org/10.1007/BF03325334>.

- [37] Marco JH, Perpiñá C, Botella C. Effectiveness of cognitive behavioral therapy supported by virtual reality in the treatment of body image in eating disorders: One year follow-up. *Psychiatry Res* 2013;209:619–25. <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2013.02.023>.
- [38] Perpiñá C, Botella C, Baños R, Marco H, Alcañiz M, Quero S. Body Image and Virtual Reality in Eating Disorders: Is Exposure to Virtual Reality More Effective than the Classical Body Image Treatment? *Cyberpsychol Behav* 1999;2:149–55. <https://doi.org/10.1089/cpb.1999.2.149>.
- [39] Keizer A, Smeets MAM, Postma A, van Elburg A, Dijkerman HC. Does the experience of ownership over a rubber hand change body size perception in anorexia nervosa patients? *Neuropsychologia* 2014;62:26–37. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2014.07.003>.
- [40] Keizer A, van Elburg A, Helms R, Dijkerman HC. A Virtual Reality Full Body Illusion Improves Body Image Disturbance in Anorexia Nervosa. *PLOS ONE* 2016;11:e0163921. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163921>.
- [41] Serino S, Polli N, Riva G. From avatars to body swapping: The use of virtual reality for assessing and treating body-size distortion in individuals with anorexia. *J Clin Psychol* 2018;jclp.22724. <https://doi.org/10.1002/jclp.22724>.
- [42] Porrás-García B, Serrano-Troncoso E, Carulla-Roig M, Soto-Usera P, Ferrer-García M, Figueras-Puigderrajols N, et al. Virtual Reality Body Exposure Therapy for Anorexia Nervosa. A Case Report With Follow-Up Results. *Front Psychol* 2020;11:956. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.00956>.
- [43] Porrás-García B, Ferrer-García M, Yilmaz L, Sen YO, Olszewska A, Ghita A, et al. Body-related attentional bias as mediator of the relationship between body mass index and body dissatisfaction. *Eur Eat Disord Rev* 2020;28:454–64. <https://doi.org/10.1002/erv.2730>.
- [44] Brown T, Nauman Vogel E, Adler S, Bohon C, Bullock K, Nameth K, et al. Bringing Virtual Reality From Clinical Trials to Clinical Practice for the Treatment of Eating Disorders: An Example Using Virtual Reality Cue Exposure Therapy. *J Med Internet Res* 2020;22:e16386. <https://doi.org/10.2196/16386>.
- [45] Bioulac S, de Sevin E, Sagaspe P, Claret A, Philip P, Micoulaud-Franchi JA, et al. Qu'apportent les outils de réalité virtuelle en psychiatrie de l'enfant et l'adolescent ? *L'Encéphale* 2018;44:280–5. <https://doi.org/10.1016/j.encep.2017.06.005>.
- [46] Martínez-Mallén E, Castro-Fornieles J, Lázaro L, Moreno E, Morer A, Font E, et al. Cue exposure in the treatment of resistant adolescent bulimia nervosa. *Int J Eat Disord* 2007;40:596–601. <https://doi.org/10.1002/eat.20423>.
- [47] Pla-Sanjuanelo J, Ferrer-García M, Gutiérrez-Maldonado J, Riva G, Andreu-Gracia A, Dakanalis A, et al. Identifying specific cues and contexts related to bingeing behavior for the development of effective virtual environments. *Appetite* 2015;87:81–9. <https://doi.org/10.1016/j.appet.2014.12.098>.
- [48] Gutiérrez-Maldonado J, Ferrer-García M, Caqueo-Úrizar A, Letosa-Porta A. Assessment of emotional reactivity produced by exposure to virtual environments in patients with eating disorders. *Cyberpsychology Behav Impact Internet Multimed Virtual Real Behav Soc* 2006;9:507–13. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9.507>.
- [49] Ferrer-García M, Gutiérrez-Maldonado J, Caqueo-Úrizar A, Moreno E. The validity of virtual environments for eliciting emotional responses in patients with eating disorders and in controls. *Behav Modif* 2009;33:830–54. <https://doi.org/10.1177/0145445509348056>.
- [50] Gorini A, Griez E, Petrova A, Riva G. Assessment of the emotional responses produced by exposure to real food, virtual food and photographs of food in patients affected by eating disorders. *Ann Gen Psychiatry* 2010;9:30. <https://doi.org/10.1186/1744-859X-9-30>.

- [51] Ferrer-Garcia M, Gutiérrez-Maldonado J, Pla-Sanjuanelo J, Vilalta-Abella F, Andreu-Gracia A, Dakanalís A, et al. External Eating as a Predictor of Cue-reactivity to Food-related Virtual Environments. *Stud Health Technol Inform* 2015;219:117–22.
- [52] Pla-Sanjuanelo J, Ferrer-Garcia M, Gutiérrez-Maldonado J, Vilalta-Abella F, Andreu-Gracia A, Dakanalís A, et al. Trait and State Craving as Indicators of Validity of VR-based Software for Binge Eating Treatment. *Stud Health Technol Inform* 2015;219:141–6.
- [53] Pla-Sanjuanelo J, Ferrer-García M, Vilalta-Abella F, Riva G, Dakanalís A, Ribas-Sabaté J, et al. Testing virtual reality-based cue-exposure software: Which cue-elicited responses best discriminate between patients with eating disorders and healthy controls? *Eat Weight Disord - Stud Anorex Bulim Obes* 2019;24:757–65. <https://doi.org/10.1007/s40519-017-0419-4>.
- [54] Amianto F, Ottone L, Abbate Daga G, Fassino S. Binge-eating disorder diagnosis and treatment: a recap in front of DSM-5. *BMC Psychiatry* 2015;15:70. <https://doi.org/10.1186/s12888-015-0445-6>.
- [55] Södersten P, Bergh C, Leon M, Brodin U, Zandian M. Cognitive behavior therapy for eating disorders versus normalization of eating behavior. *Physiol Behav* 2017;174:178–90. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2017.03.016>.
- [56] de Carvalho M, Dias T, Duchesne M, Nardi A, Appolinario J. Virtual Reality as a Promising Strategy in the Assessment and Treatment of Bulimia Nervosa and Binge Eating Disorder: A Systematic Review. *Behav Sci* 2017;7:43. <https://doi.org/10.3390/bs7030043>.
- [57] Jansen A, Van Den Hout MA, De Loof C, Zandbergen J, Griez E. A case of bulimia successfully treated by cue exposure. *J Behav Ther Exp Psychiatry* 1989;20:327–32. [https://doi.org/10.1016/0005-7916\(89\)90064-5](https://doi.org/10.1016/0005-7916(89)90064-5).
- [58] Toro J, Cervera M, Feliu MH, Garriga N, Jou M, Martínez E, et al. Cue exposure in the treatment of resistant bulimia nervosa. *Int J Eat Disord* 2003;34:227–34. <https://doi.org/10.1002/eat.10186>.
- [59] Martínez-Mallén E, Castro-Fornieles J, Lázaro L, Moreno E, Morer A, Font E, et al. Cue exposure in the treatment of resistant adolescent bulimia nervosa. *Int J Eat Disord* 2007;40:596–601. <https://doi.org/10.1002/eat.20423>.
- [60] Schmidt U, Marks IM. Exposure plus prevention of bingeing vs. exposure plus prevention of vomiting in bulimia nervosa. A crossover study. *J Nerv Ment Dis* 1989;177:259–66. <https://doi.org/10.1097/00005053-198905000-00002>.
- [61] Bulik CM, Sullivan PF, Carter FA, McINTOSH VV, Joyce PR. The role of exposure with response prevention in the cognitive-behavioural therapy for bulimia nervosa. *Psychol Med* 1998;28:611–23. <https://doi.org/10.1017/S0033291798006618>.
- [62] Ferrer-García M, Gutiérrez-Maldonado J, Pla-Sanjuanelo J, Vilalta-Abella F, Riva G, Clerici M, et al. A Randomised Controlled Comparison of Second-Level Treatment Approaches for Treatment-Resistant Adults with Bulimia Nervosa and Binge Eating Disorder: Assessing the Benefits of Virtual Reality Cue Exposure Therapy: Benefits of Virtual Reality Cue Exposure Therapy. *Eur Eat Disord Rev* 2017;25:479–90. <https://doi.org/10.1002/erv.2538>.
- [63] Ferrer-Garcia M, Pla-Sanjuanelo J, Dakanalís A, Vilalta-Abella F, Riva G, Fernández-Aranda F, et al. A Randomized Trial of Virtual Reality-Based Cue Exposure Second-Level Therapy and Cognitive Behavior Second-Level Therapy for Bulimia Nervosa and Binge-Eating Disorder: Outcome at Six-Month Followup. *Cyberpsychology Behav Soc Netw* 2019;22:60–8. <https://doi.org/10.1089/cyber.2017.0675>.

[64] Munafo J, Diedrick M, Stoffregen TA. The virtual reality head-mounted display Oculus Rift induces motion sickness and is sexist in its effects. *Exp Brain Res* 2017;235:889–901. <https://doi.org/10.1007/s00221-016-4846-7>.