

Master of Science conjoint HES-SO - UNIL
en Sciences de la santé
Orientation Physiothérapie

POSSIBILITÉS D'UTILISATION DE LA
RÉALITÉ VIRTUELLE POUR LES
PERSONNES ÂGÉES DONT
L'ÉQUILIBRE OU LES CAPACITÉS DE
MARCHE SONT RÉDUITS : UN EXAMEN
DE PORTÉE

Christophe Baur

Sous la direction de
Dr Martin Sattelmayer
Professeur HES associé
HES-SO Valais/Wallis, HES-SO

Sous la codirection de
Monsieur Guillaume Roulet
Directeur
Association la Paix du Soir

Experte : Dr Anne-Violette Bruyneel
Professeure HES associée
Haute école de santé Genève, HES-SO

Lausanne, HES-SO Master, 2023



Remerciements

Certaines personnes ne peuvent être suffisamment remerciées...

... mon directeur de travail de Master, Monsieur Martin Sattelmayer, pour sa confiance, son soutien et son aide tout au long de ce travail. Il a su se rendre disponible, me guider avec bienveillance et m'épauler durant l'ensemble des étapes de ce travail. Grâce à ses conseils avisés et son esprit de synthèse, j'ai pu mener ce travail à terme.

... mon co-directeur de travail de Master, Monsieur Guillaume Roulet. Son écoute, son expertise clinique et ses conseils avisés m'ont été d'une aide précieuse pour la réalisation de ce projet.

... mes collègues Anne-Gabrielle Mittaz-Hagger, Rahel Caliesh, Katia Giacomino et Manuel Pereira, qui, par leur présence et l'intérêt porté à mon travail, ont été amenés à répondre à plusieurs questions, m'aidant ainsi dans mes choix décisionnels et dans la phase de sélection et d'extraction des données.

... notre bibliothécaire Pauline Melly, qui a toujours répondu présent à chacune de mes sollicitations et a donné de son temps pour vérifier mon référencement bibliographique.

... mon frère Grégoire et mon papa Michel pour l'aide de relecture qu'ils m'ont apportée.

... mon épouse Catheline et mes enfants Léa et Liam pour leur soutien inestimable et l'adaptation dont ils ont su faire preuve tout au long de ce Master et sans qui ce travail n'aurait pas été possible.

Table des matières

Introduction	1
Problématique	4
Justification de l'étude	4
Objectifs de l'étude	6
Méthode	6
Critères d'éligibilité	6
Sources d'information	9
Stratégie de recherche	9
Sélection des études	10
Extraction des données	11
Cartographie des données	12
Résultats	12
Sélection des études	12
Caractéristiques des sources de preuve	13
Synthèse des résultats	18
Interventions	18
Résultats et outils de mesure	27
Effets, limites et perspectives cliniques de l'utilisation de la RV	30
Discussion	37
Résumé des preuves	37
Discussion générale	39
Limitations	44
Implications	44

Conclusion	45
Références	47
Annexes	64
Annexe 1: Stratégie de recherche sur MEDLINE (OVID)	64
Annexe 2: Stratégie de recherche sur CINAHL (EBSCO)	67
Annexe 3: Stratégie de recherche sur EMBASE	72
Annexe 4: Stratégie de recherche sur Cochrane Central Register of Controlled Trials	75
Annexe 5: Evaluation de la structure des interventions des études incluses (TIDiER)	77
Annexe 6: Perspectives cliniques et de recherche	82

Liste des tableaux

Tableau 1: Caractéristiques des articles inclus	15
Tableau 2: Evaluation de la structure des interventions des études incluses	22
Tableau 3: Caractéristique des interventions de RV des articles inclus	24
Tableau 4: Résultats & outils de mesure utilisés	29
Tableau 5: Effets, limites et perspectives cliniques de l'utilisation de la RV	33

Liste des figures

Figure 1: Flow chart.....	13
---------------------------	----

Liste des abréviations

2MNWT	Test de marche de 2 minutes (<i>2 Minute Walk Test</i>)
3D	Trois dimensions
6MNWT	Test de marche de 6 minutes (<i>6 Minutes Walk Test</i>)
10MNWT	Test de marche de 10 minutes (<i>10 Minutes Walk Test</i>)
ABC	Échelle ABC (<i>Activities-specific Balance Confidence</i>)
AP	Activité physique
AVC	Accident vasculaire cérébral
BBS	Échelle d'évaluation de l'équilibre de Berg (<i>Berg Balance Scale</i>)
BRU	Unité de réadaptation de l'équilibre (<i>Balance Rehabilitation Unit</i>)
CdG	Centre de gravité
C/I	Contre-indications
CP	Centre de Pression
CTSIB	Test clinique d'intégration sensorielle et d'équilibre (<i>Clinical Test of Sensory Interaction on Balance</i>)
EMS	Établissements médico-sociaux
ENV	Environ
Ex	Exemple
Exerc	Exercices
EV	Environnement virtuel
FES	Échelle d'évaluation de la peur de tomber (<i>Falls Efficacy Scale</i>)
FES-I	Échelle d'évaluation de la peur de tomber internationale (<i>Falls Efficacy Scale International</i>)
FSST	Test des pas dans les quatre carrés (<i>Four Square Step Test</i>)
IREX	Logiciel interactif d'exercices de réadaptation (<i>Interactive Rehabilitation Exercise software</i>)
MA	Méta-analyse
N	Nombre de participants

NA	Non applicable
NWBB	Planche d'équilibre pour Nintendo Wii (<i>Nintendo Wii Balance Board</i>)
OBSERV	Observation
OFSP	Office fédéral de la santé publique
OLS	Test de station unipodale (<i>One-Leg Stance</i>)
PPA	Évaluation du profil physiologique (<i>Physiological Profile Assessment</i>)
PRISMA-ScR	Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews
RA	Réalité augmentée
RAPA	Évaluation rapide de l'activité physique (<i>Rapid Assessment of Physical Activity</i>)
RCT	Études randomisées contrôlées (<i>Randomized Controlled Trial</i>)
Récup	Récupération
RF	Ressources financières
RH	Ressources humaines
RM	Ressources matérielles
RM	Réalité mixte
RS	Revue systématique
RV	Réalité virtuelle
SAFFE	Questionnaire sur les activités et la peur de tomber chez les personnes âgées (<i>Survey of Activities and Fear of Falling in the Elderly</i>)
SAHA	Rester actif, Vieillir en bonne santé (<i>Staying Active, Healthy Aging</i>)
SEC	Secondes
SEE	Échelle d'auto-efficacité pour l'exercice (<i>Self-Efficacy for Exercise Scale</i>)
SEM	Semaine
SG	Jeux sérieux (<i>Serious Game</i>)
SPPB	Batterie courte de performance physique (<i>Short Physical Performance Battery</i>)

STS	Test de lever de chaise (<i>Sit To Stand</i>)
TIDieR	Modèle pour la description et la réplique des interventions (<i>Template for Intervention Description and Replication</i>)
TS	Test du Tandem (<i>Tandem Stance</i>)
TUG	Time Up and Go Test
TV	Télévision
UN	Nations Unies (<i>United Nation</i>)
UPMC	Centre médical de l'Université de Pittsburgh (<i>University of Pittsburgh Medical Center</i>)
VR	Réalité virtuelle (<i>Virtual Reality</i>)
VRRT	Thérapie de réflexion par la réalité virtuelle (<i>Virtual Reality Reflection Therapy</i>)

Résumé

Introduction: Les personnes âgées présentent un risque élevé de troubles de l'équilibre. Ce déclin est lié à un problème majeur de santé publique : la chute. La réalité virtuelle (RV) est une approche prometteuse en matière de prévention des chutes et de rééducation de l'équilibre. Plusieurs systèmes sont disponibles sur le marché, cependant les outils de mesure et les limites d'utilisation sont incertains.

Objectifs: Identifier et résumer la littérature publiée sur la RV chez les personnes âgées en réadaptation ayant des capacités réduites d'équilibre ou de marche en s'intéressant 1) aux interventions proposées, 2) aux résultats mesurés, 3) aux effets, aux limites d'utilisation et aux perspectives cliniques proposées.

Méthode: Une recherche de la littérature a été effectuée en novembre 2021 dans les bases de données suivantes: Cinahl, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials et Medline. Les études éligibles impliquaient l'utilisation de la RV chez des personnes âgées (>65 ans) dont l'équilibre ou les capacités de marche étaient réduits. Les articles n'étaient pas limités à un modèle d'étude spécifique. Aucune restriction de langue ou d'année de publication n'a été édictée.

Résultats: Notre recherche a permis d'identifier 3 935 articles. Treize répondaient aux critères d'éligibilité. Les interventions différaient entre les études. Les systèmes les plus utilisés étaient les exergames commerciaux, puis les technologies interactives et les jeux vidéo sur ordinateur. Les résultats identifiés concernaient l'équilibre, la mobilité et les chutes. Les limites identifiées se rapportaient au prix, aux interfaces et au manque de clarté de la dose/volume à proposer.

Conclusion: Le vaste choix de système de RV et de type d'entraînement offre aux personnes âgées une expérience qui peut être personnalisée selon leurs intérêts et leurs compétences. La RV pourrait donc être une réponse au manque de personnel soignant dans les milieux de soins.

Abstract

Introduction: Older people are at high risk of balance problems. This decline is linked to a major public health problem: falls. Virtual reality (VR) is a promising approach for fall prevention and balance rehabilitation. Several systems are available on the market, but the measurement tools and the limitations of use are uncertain.

Objectives: To identify and summarize the published literature on VR in older people undergoing rehabilitation with reduced balance or walking ability by focusing on 1) proposed interventions, 2) measured outcomes, 3) effects, limitations of use and proposed clinical perspectives.

Method: A literature search was conducted in November 2021 in the following databases: Cinahl, Embase, Cochrane Central Register of Controlled Trials, and Medline. Eligible studies involved the use of VR in older adults (>65 years) with impaired balance or walking ability. Articles were not restricted to a specific study design. There were no restrictions on language or years of publication.

Results: Our search identified 3 935 articles. Thirteen met the eligibility criteria. Interventions differed between studies. The most used systems were commercial exergames (EG), followed by interactive technologies and computer games. Outcomes identified related to balance, mobility, and falls. Limitations identified related to price, interfaces, and lack of clarity of dose/volume to be offered.

Conclusion: The wide choice of VR systems and training types offers older adults an experience that can be customized to their interests and skills. VR could therefore be an answer to the shortage of caregivers in care settings.

Introduction

Le vieillissement de la population est en constante évolution. L'augmentation du nombre de personnes âgées et la diminution simultanée du nombre de jeunes sont des tendances mondiales (Peters et al., 2010). Ce vieillissement entraîne de nombreux défis pour le système de santé. D'ici 2050, la population de personnes âgées de plus de 65 ans devrait dépasser les deux milliards (United Nations [UN], 2019). Ce processus de vieillissement naturel est défini comme continu et irréversible. L'augmentation de l'espérance de vie des individus ne comporte pas que des avantages: la réduction des fonctions physiques et cognitives comme l'augmentation de la probabilité d'apparition de maladies liées à l'âge sont autant de réalités à considérer (Fernández-Argüelles et al., 2015).

Vieillesse et trouble de l'équilibre

Les personnes âgées présentent un risque plus élevé de troubles de l'équilibre, d'une démarche perturbée et de mauvaise coordination des mouvements du corps (Daley & Spinks, 2000; Owino et al., 2001). La perte ou le déclin de l'équilibre est directement lié à un problème majeur de santé publique: la chute (Kumar et al., 2014). Ces déficiences, associées ou non à une atteinte des fonctions cognitives, entraînent un risque accru de chute au sein de cette population (Kendrick et al., 2014). Plus de 30% des personnes âgées de 65 ans ou plus [65 ans étant communément accepté comme étant la limite de l'âge chronologique définissant une personne âgée (Orimo et al., 2006)] subissent en moyenne une chute par année (Gillespie et al., 2003). Les chutes sont considérées comme étant l'un des principaux problèmes de santé affectant la qualité de vie des personnes âgées (Pizzigalli et al., 2011; Stenhagen et al., 2014). Elles sont particulièrement fréquentes et impactantes dans la population âgée (Palumbo et al., 2015). Les chutes liées aux troubles de l'équilibre sont la principale source de morbidité au sein de la population gériatrique (King & Tinetti, 1995). Afin de prévenir les conséquences néfastes de tels événements, il est essentiel de réduire le risque de chute au sein de cette population. Les programmes d'activité physique permettent, à titre d'exemple, de réduire le taux de chutes et le nombre de personnes qui en sont victimes (Sherrington et al., 2019). L'inactivité physique est par ailleurs connue comme étant un facteur qui peut accélérer la diminution des fonctions corporelles (Inouye et al., 2007) et impacter négativement le contrôle postural (Thomas et al., 2018; Woollacott & Shumway-Cook, 2002). Le contrôle postural résulte des interactions des systèmes musculosquelettique, visuel et sensorimoteur. Des modifications des tâches fonctionnelles subies par des changements dus à la sénescence, comme la sarcopénie, les altérations de la capacité proprioceptive, la raideur

articulaire, l'alignement postural, la latence et la mauvaise coordination temporelle de l'activation musculaire, peuvent conduire à un déséquilibre (de Amorim et al., 2018).

Diverses maladies orthopédiques, rhumatologiques et neurologiques peuvent être responsables de troubles du contrôle postural et de la mobilité. Cependant, les individus en bonne santé peuvent également souffrir de troubles de l'équilibre dus à leur propre sénescence, à une réduction de la vitesse de réponse neuromusculaire, à la dégénérescence des articulations et à une faible densité osseuse (de Amorim et al., 2018). Des mesures préventives et de réadaptation sont donc nécessaires pour le maintien articulaire et celui du système musculosquelettique (Lewis et al., 2019).

Réadaptation

L'Organisation mondiale de la Santé (OMS) (2021) définit la réadaptation comme "un ensemble d'interventions conçues pour optimiser le fonctionnement et réduire le handicap des personnes souffrant de problèmes de santé lorsqu'elles interagissent avec leur environnement".

À l'échelle mondiale, environ 2,4 milliards de personnes vivent actuellement avec un problème de santé pour lequel la réadaptation est bénéfique (OMS, 2021). La réadaptation étant une approche du soin centrée sur la personne, ceci signifie que les interventions et l'approche proposée dépendent des objectifs et des préférences du patient. Elle peut être proposée dans divers contextes tels que des hôpitaux, cliniques, établissements de santé, que ce soit durant une hospitalisation ou en phase ambulatoire. Elle peut également être proposée au sein d'établissements médico-sociaux, voire au domicile d'une personne.

Cette réadaptation peut être assurée par différents professionnels de la santé comme, à titre d'exemple, des physiothérapeutes, ergothérapeutes ou infirmiers (OMS, 2021).

La réadaptation peut, tout comme l'activité physique, réduire les conséquences d'un vaste ensemble de pathologies, qu'elles soient de nature aiguës ou chroniques (Sherrington et al., 2008).

Interventions pour les troubles de l'équilibre

Différentes approches ont été recommandées pour lutter contre les troubles de l'équilibre et l'instabilité posturale chez les personnes âgées vivant en communauté: programmes d'exercices spécialement conçus pour la force musculaire, l'endurance musculaire et les étirements musculaires (Markovic et al., 2015), entraînement par rétroaction sensorielle, rééducation vestibulaire avec entraînement du temps de réaction, exercices cognitifs (Sienko et al., 2017), tai-chi (Ni et al., 2014). Cependant, il existe toujours des incertitudes quant au type d'exercice le plus efficace (Giné-Garriga et al., 2014; Gobbo et al., 2014).

Les évidences scientifiques indiquent que ces interventions physiothérapeutiques permettent d'améliorer l'équilibre, d'augmenter la qualité de vie et de réduire le risque de chute, tout en prévenant le déclin des capacités fonctionnelles chez les personnes âgées (Granacher et al., 2013; Hewston & Deshpande, 2016; Martínez-Velilla et al., 2019). Plus les personnes âgées se mobilisent et pratiquent une activité physique régulière, plus la morbidité, le taux de mortalité globale et le risque de chute diminuent; cette diminution pouvant aller jusqu'à 30 à 50% (Battaglia et al., 2010; Bellafiore et al., 2011; Bembom et al., 2009; Gillespie et al., 2012). Par conséquent, les efforts de réadaptation ayant pour but d'améliorer l'équilibre et la mobilité sont importants pour faciliter l'indépendance fonctionnelle et améliorer la mobilité (Darekar et al., 2015; Izquierdo et al., 2021; Smidt et al., 2005).

Réalité virtuelle et rééducation de l'équilibre

Ces dernières années, les progrès technologiques ont permis à de nouvelles technologies de voir le jour: notamment celle de la réalité virtuelle (RV). La rééducation basée sur la RV est une technologie récente avec une approche de retour sensoriel qui cible et met au défi la vision, l'audition, le système vestibulaire et le système sensori-moteur dans des paysages en trois dimensions (Afridi et al., 2018). Cette technologie peut être utilisée pour générer artificiellement des informations sensorielles sous la forme d'un environnement virtuel qui est interactif et perçu comme similaire au monde réel (Fung et al., 2006; Rand et al., 2008).

Cette approche utilise des jeux comme ressource pour aider les personnes souffrant de déficits d'équilibre. Elle s'appuie sur l'utilisation de dispositifs électroniques basés sur l'interface homme-machine, qui ont modernisé les pratiques cliniques des professionnels de la rééducation (Keshner, 2004; Rendon et al., 2012).

Cette nouvelle approche prometteuse a reçu une attention croissante de la part des chercheurs et des cliniciens qui lui reconnaissent des avantages indéniables en raison de son potentiel thérapeutique en matière de prévention des chutes et de rééducation de l'équilibre (Rendon et al., 2012). Sa facilité d'application, les stimuli des systèmes sensoriels et moteurs et le caractère ludique qu'offre cette prise en charge amènent un haut degré de motivation intrinsèque à ses utilisateurs (Holden, 2005; Lee & Shin, 2013). De plus, elle est reconnue comme étant une source de plaisir et permet un retour instantané sur l'exécution des tâches (Holden, 2005; Lee & Shin, 2013; Rendon et al., 2012).

Ainsi, la RV permet de stimuler les activités fonctionnelles, favorise l'interaction sociale et peut encourager l'adhésion des personnes âgées aux programmes de réadaptation (Holden, 2005; Lee & Shin, 2013; Rendon et al., 2012). Elle permet également de concevoir des scénarios ressemblant à la vie réelle (Rand et al., 2008; Schultheis & Rizzo, 2001).

La RV offre donc aux physiothérapeutes l'occasion d'exposer et de former les patients à ces scénarios de manière graduelle et sans risque, tout en leur fournissant un retour multisensoriel (Burdea, 2003). Ces facteurs font de l'intervention basée sur la RV un complément ou une alternative utile à la thérapie conventionnelle pour réentraîner les dysfonctionnements de l'équilibre et de la mobilité chez les personnes âgées (de Amorim et al., 2018). En outre, elle participe également à l'amélioration du temps de réaction en double tâche chez cette même population (Bisson et al., 2007; Hagovská & Olekszyová, 2016; Halvarsson et al., 2015; Howcroft et al., 2018; Nobari et al., 2021).

A l'heure actuelle, même si plusieurs systèmes de RV sont disponibles sur le marché, leurs applications cliniques en réadaptation sont variables (Rutkowski et al., 2020).

Fort de cette constatation, il nous paraît donc important de passer en revue la littérature pour explorer les possibilités d'utilisation de la RV chez les personnes âgées présentant des troubles de l'équilibre et/ou de mobilité, afin d'obtenir une vue d'ensemble structurée.

Problématique

Justification de l'étude

Plusieurs revues systématiques (RS) (Afridi et al., 2018; Dockx et al., 2016), méta-analyses (MA) (Booth et al., 2011; de Amorim et al., 2018; Karamians et al., 2020; Li et al., 2016; Neri et al., 2017; Yen & Chiu, 2021) et examens de portées (Darekar et al., 2015; Nawaz et al., 2016; Verheijden Klompstra et al., 2014) ont été entreprises pour examiner l'efficacité et l'acceptabilité des technologies de RV chez les personnes âgées.

La plupart de ces revues incluait des personnes âgées présentant des pathologies spécifiques (accident vasculaire cérébral (AVC) (Karamians et al., 2020; Li et al., 2016), démence (Zhu et al., 2021), dépression (Yen & Chiu, 2021), Parkinson (Dockx et al., 2016), ...) ou s'intéressaient à un seul outil de RV (Afridi et al., 2018, 2021; Clark et al., 2018).

A titre d'exemple, l'examen de portée de Dareka et al. (2015) s'intéressait à l'efficacité d'une intervention basée sur la combinaison d'exercices physiques et de réalité virtuelle (exergame) sur les troubles de l'équilibre et de la mobilité après un AVC. Nawaz et al. (2016) se sont, pour leur part, intéressés à connaître les aspects de la convivialité et l'acceptabilité des exergames (EG) chez les personnes âgées. Finalement, Verheijden Klompstra et al. (2014) se sont concentrés sur la

faisabilité et l'influence des EG sur l'activité physique des personnes âgées souffrant d'insuffisance cardiaque.

Hormis ces examens de portée qui s'intéressaient à des pathologies spécifiques, la plupart de ces revues ne considéraient que les designs d'étude les plus solides, tels que les essais contrôlés randomisés, et négligeaient ainsi les études avec des designs différents. Cette approche a pu conduire à ce que de nouvelles technologies pertinentes de RV aient été négligées. De plus, des résultats contradictoires ont été rapportés dans la littérature concernant les effets et limites d'utilisation de la RV (Bauer & Andringa, 2020; Dores et al., 2012).

Les études antérieures ne se sont pas non plus intéressées aux paramètres des systèmes de RV comme: l'immersion, la progression des difficultés proposées dans les exercices, le temps requis pour maîtriser l'outil, les ressources nécessaires et la disponibilité de système sur le marché. Une analyse approfondie des systèmes de RV n'était donc pas disponible.

Finalement, la diffusion de la RV n'en est aujourd'hui encore qu'à ses débuts (Afridi et al., 2021; Laver et al., 2017).

Un recensement de la littérature publiée sur le sujet pourrait inciter les physiothérapeutes à élargir leur champ d'action dans la prestation de soins offerte à leurs patients âgés. Pour ce faire, il semble essentiel que les cliniciens puissent avoir accès aux résultats mesurés, ainsi qu'aux temps de mesure proposés en lien avec l'utilisation de tels systèmes. Par conséquent, un examen de portée ("scoping review") qui pourrait fournir des informations sur les différents systèmes de RV existants et ses composants ainsi que sur les résultats mesurés serait utile afin d'informer les milieux pratiques des effets et des limites d'utilisation de la RV pour leur patientèle âgée présentant des dysfonctionnements de l'équilibre ou de la mobilité. C'est pourquoi nous avons souhaité, par cette étude, nous intéresser aux interventions de RV dans un domaine précis avec des critères d'inclusion plus larges et plus flexibles, comme le permettent les examens de portée (Arksey & O'Malley, 2005).

Nous avons donc passé en revue la littérature afin d'explorer les possibilités d'utilisation de la RV chez les personnes âgées dont les capacités d'équilibre ou de marche sont réduites. Les cliniciens doivent pouvoir savoir quels systèmes de RV sont disponibles. Ils doivent également pouvoir être informés de la façon dont la RV est instruite et appliquée. Il serait également intéressant pour les milieux cliniques de savoir quelles mesures de résultats peuvent être utilisées pour évaluer une intervention de RV. À cette fin et à la lumière des recommandations proposées par Munn et al. (2018) et mises à jour par Peters et al. (2021), nous avons réalisé un examen de portée.

Objectifs de l'étude

Les objectifs de cet examen de portée étaient d'identifier et de résumer la littérature publiée sur la RV chez les personnes âgées en phase de réadaptation ayant des capacités réduites d'équilibre ou de marche en s'intéressant:

- 1) aux interventions proposées, ce qui inclut i) les systèmes de RV utilisés, ii) la manière dont la RV est définie et utilisée dans les études;
- 2) aux résultats mesurés, ce qui inclut i) les outils de mesure utilisés et ii) les temps de mesure proposés dans les études;
- 3) aux effets et aux limites d'utilisation ainsi qu'aux perspectives cliniques proposées.

Méthode

Cet examen de portée a été mené conformément aux directives méthodologiques actualisées pour la réalisation d'un examen de portée du JBI (Peters et al., 2021). Il a été structuré en suivant la déclaration "Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews" (PRISMA-ScR) (Tricco et al., 2018). Le protocole d'étude a été enregistré auprès de OSF Registries le 16 décembre 2021 (Baur et al., 2021).

Critères d'éligibilité

La méthode PCC (P : Population, C : Concept, C : Contexte) a été utilisée pour l'élaboration des critères de sélection (Peters et al., 2021).

Participants: Pour être incluses dans notre examen de portée, les études devaient cibler des personnes âgées (hommes et femmes), de plus de 65 ans, dont les capacités d'équilibre ou de marche étaient réduites. Les études qui se concentraient sur une pathologie spécifique (par exemple, la maladie de Parkinson, les accidents vasculaires cérébraux (AVC), la démence, la sclérose en plaques), ainsi que les études qui impliquaient des participants présentant une pathologie spécifique, ont été exclues.

Concept: Les études devaient également utiliser des systèmes de RV visant à améliorer l'équilibre ou les capacités de marche pour être éligibles. La RV consiste en une gamme de technologies qui peuvent être utilisées pour générer artificiellement des informations sensorielles sous la forme d'un environnement virtuel (EV) interactif et perçu comme similaire au monde réel (Huang et al., 2018). Les programmes générés par ordinateur ("patients virtuels") qui simulent des scénarios cliniques

réels peuvent également être présentés dans un format de RV. Ces programmes ont donc été inclus dans cet examen de portée. Nous avons également inclus les études qui traitaient des jeux sérieux basés sur la RV. En résumé, tous les systèmes de RV publiés étaient éligibles pour l'inclusion.

Dans le cadre du concept, nous avons donc inclus i) la réalité virtuelle ii) les programmes générés par ordinateur iii) les jeux sérieux, iv) la réalité augmentée et v) la réalité mixte.

Le concept de jeux sérieux (SG) est apparu avec Abt (1970). L'auteur a décrit les jeux sérieux comme étant des jeux qui "ont un but éducatif explicite et soigneusement réfléchi et ne sont pas destinés à être joués principalement pour s'amuser", faisant ainsi référence à une approche innovante de l'éducation sous ses différentes formes (Abt, 1970). Se référant initialement aux jeux de société et aux jeux de cartes, le concept proposé a perduré, s'adaptant aux avancées technologiques mondiales et restant applicable à l'ère informatique, qui caractérise le XXI^e siècle (Bellotti et al., 2010). Parallèlement, des applications des SG sont apparues dans d'autres domaines, avec d'autres objectifs et finalités (Michael, 2006). A titre d'exemple, les SG ont été utilisés pour un large éventail d'objectifs liés aux soins de santé: de la formation du personnel médical à la surveillance de la santé, en passant par la gestion de la santé et la réadaptation (Laamarti et al., 2014). Les SG en réadaptation physique visent à fournir un contexte d'intervention pour la ré-acquisition, la récupération ou le maintien des fonctions motrices et sensorielles afin d'assurer la qualité de vie des patients. Ainsi, la définition et les applications des SG se sont élargies, se référant désormais à tout jeu vidéo qui vise à transmettre une sorte de message ou d'entrée - qu'il s'agisse de connaissances, de compétences ou d'autre chose - aux joueurs, tout en conservant les caractéristiques qui font qu'il est accepté et catégorisé comme un jeu vidéo (Alvarez, 2015; Laamarti et al., 2014; Michael, 2006).

La réalité augmentée (RA): superposition de la RV sur un environnement réel (Huang et al., 2018) et la réalité mixte (RM): mélange d'éléments virtuels et numériques, permettant une interaction avec les deux simultanément (Tepper et al., 2017), sont des entités distinctes qui utilisent la RV, mais ne sont pas classées comme telles. Cependant, nous avons décidé de les inclure dans cet examen de portée.

La RA consiste à intégrer des objets virtuels en 3D dans un environnement réel en temps réel. Elle consiste à "virtualiser" l'image virtuelle dans l'espace réel (à l'aide d'une tablette, d'un smartphone, d'une paire de lunettes 3D), en créant un espace complètement virtuel autour des yeux de l'utilisateur

pour remplacer l'espace réel (Van Krevelen & Poelman, 2010). Elle permet aux utilisateurs de voir un monde dont l'environnement est réel et qui est généré par l'infographie sur une scène réelle.

La réalité mixte (RM) consiste en un sous-ensemble particulier des technologies liées à la réalité virtuelle (RV). Elle implique la fusion de mondes réels et virtuels pour produire de nouveaux environnements dans lesquels les objets physiques et numériques coexistent et interagissent en temps réel (Milgram & Kishino, 1994).

Contexte: Finalement, pour être éligibles, les études devaient présenter un contexte de réadaptation dans lequel les patients étaient orientés vers une intervention de réadaptation par un professionnel de santé (médecin, physiothérapeute, infirmière ou tout autre professionnel de santé).

Pour cet examen de portée, nous avons décidé de définir trois types de réadaptations: la réadaptation en milieu hospitalier, la réadaptation ambulatoire et la réadaptation à domicile. Aucune définition unanime n'existant dans la littérature concernant ces différents types de réadaptations, nous avons défini, à la lumière des différentes définitions retrouvées, ces contextes comme suit:

- La réadaptation en milieu hospitalier implique un ensemble de soins (physiothérapie, ergothérapie, ...), dispensés par des professionnels de santé, que le patient reçoit durant un séjour au sein d'un établissement de soin dans lequel il est hospitalisé/institutionnalisé et dans lequel il passe la nuit (p. ex. hôpital, clinique, EMS, centres de vie assistée, ...) (Bachmann et al., 2021; Stolee et al., 2012; University of Pittsburgh Medical Center [UPMC], 2022).
- La réadaptation ambulatoire implique un ensemble de soins (physiothérapie, ergothérapie, ...), dispensés par des professionnels de santé, que le patient reçoit au sein d'un établissement de soin dans lequel il n'est pas hospitalisé/institutionnalisé et dans lequel il ne passe pas la nuit (cabinet de physiothérapie, hôpital de jour, ...) (Stolee et al., 2012; UPMC, 2022).
- La réadaptation à domicile implique un ensemble de soins interprofessionnels coordonnés et dispensés par un professionnel de santé (physiothérapeute, ergothérapeute, ...) au domicile du patient. Ce principe considère le domicile comme le cadre idéal pour la réadaptation, car c'est là que les compétences qu'elle permet d'acquérir doivent être utilisées (Steihaug et al., 2016; Stroke Foundation, 2022).

La sélection des sources n'était pas linéaire mais un processus itératif. Seules des études primaires ont été incluses, allant des études cliniques aux sciences fondamentales. Pour le processus de sélection, nous avons cependant également pris en considération les études secondaires (examens

de portées, revues systématiques) pour une éventuelle inclusion dans notre étude. Les articles ne rapportant qu'un titre n'ont pas été éligibles pour l'inclusion. Il en va de même pour les lettres à l'éditeur, les résumés de conférence, les communications brèves et les études psychométriques. L'ensemble de ces derniers, n'apportant pas d'informations supplémentaires, n'ont pas été considérés. Les documents de protocole, tout comme les études portant sur des animaux, ont également été exclus. Nous n'avons édicté aucune restriction quant aux langues ou aux années de publication. Finalement, cet examen de portée n'était pas limité à des emplacements géographiques, à des intérêts raciaux ou de genre, ou à un cadre spécifique.

Sources d'information

Une recherche préliminaire a été effectuée dans PROSPERO en juillet 2021, pour s'assurer qu'aucun examen de portée, ni revue systématique ou méta-analyse (MA) sur le même sujet n'était en cours. L'objectif de notre stratégie de recherche était d'identifier les études pertinentes publiées sur le sujet.

En novembre 2021, une recherche documentaire exhaustive a été effectuée dans les bases de données électroniques suivantes: Cinahl (EBSCO), Embase (Elsevier), Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL) et Medline (OVID).

Stratégie de recherche

Notre stratégie de recherche comportait une approche en trois étapes:

Étape 1: recherche initiale limitée. Une recherche pilote a été menée en juillet 2021 dans la base de données électronique Medline (OVID) en utilisant les termes ("older adult" ET "virtual reality" ET ("balance" OR "gait")), afin d'établir une liste de faisabilité. Cette liste avait pour but d'identifier un ensemble d'études qui remplissaient totalement nos critères d'inclusion et qui pouvaient être utilisées afin de concevoir la stratégie de recherche présentée ci-après.

Étape 2: Identification des mots-clés et des descripteurs. Notre stratégie de recherche a été élaborée en utilisant trois concepts de recherche: personnes âgées; réalité virtuelle; équilibre ou marche. Pour chaque concept nous avons premièrement identifié les mots-clés en français. S'en est suivi l'identification des descripteurs anglais à l'aide des différents thésaurus: MeSH (Medline-OVID), Emtree (Embase) et Subject Headings (Cinahl). Finalement, nous avons recherché les mots-clés libres/synonymes en anglais.

Étape 3: Elaboration de la stratégie de recherche finale. Une fois les mots-clés et descripteurs identifiés, nous avons élaboré notre stratégie de recherche dans Medline (OVID) ([Annexe 1](#)). Nous l'avons ensuite adaptée, avec l'aide d'une bibliothécaire médicale expérimentée, afin qu'elle puisse être utilisée dans les autres bases de données Cinahl (EBSCO) ([Annexe 2](#)), Embase ([Annexe 3](#)), Cochrane Central Register of Controlled Trials (CENTRAL) ([Annexe 4](#)). Nous avons finalement examiné les listes de référence des études sélectionnées pour cet examen de la portée, afin de rechercher d'éventuelles sources supplémentaires.

Sélection des études

Tous les articles identifiés par la stratégie de recherche ont été rassemblés et téléchargés dans EndNote (Clarivate Analytics, PA, USA). Par la suite les doublons ont été éliminés à l'aide de ce même logiciel. Un contrôle manuel a également été effectué afin de s'assurer qu'aucun article à double n'ait été oublié. Les études restantes ont été importées sur le site rayyan.ai, afin d'effectuer le premier tri en double aveugle, sur la base d'informations récoltées dans le titre et le résumé (Ouzzani et al., 2016).

La sélection des études a consisté en un processus de sélection en deux étapes:

Tout d'abord, l'auteur principal (CB) et deux examinateurs indépendants (AGMH & MP) ont passé en revue les titres, les résumés et les mots-clés des articles identifiés, afin de ne retenir que ceux qui répondaient aux critères d'éligibilité (premier tri). Lors de cette première étape, chaque article a donc été examiné par deux évaluateurs indépendants (CB & AGMH/MP).

Les trois examinateurs se sont ensuite réunis pour résoudre les désaccords concernant la sélection des articles.

Cette étape a été suivie d'une recherche des textes intégraux des articles, dont le titre et le résumé avaient été jugés pertinents, afin de les examiner. Ce deuxième tri a également été effectué en double aveugle.

Pour maintenir l'intégrité des données sélectionnées, l'auteur principal (CB) a lu l'ensemble des textes intégraux des articles, conservés après le premier tri, afin de ne sélectionner que ceux qui répondaient entièrement aux critères d'éligibilité. De leur côté, les examinateurs indépendants (AGMH & MP) se sont répartis la lecture et l'analyse de ces mêmes articles, afin de vérifier la conformité des études avec les critères d'éligibilité.

Dans le cas où un article en texte intégral ne répondait pas aux critères d'éligibilité, la raison de son exclusion a été mentionnée conformément aux directives méthodologiques actualisées pour la réalisation d'un examen de portée du JBI (Peters et al., 2021).

Une fois cette seconde étape terminée, les trois examinateurs se sont à nouveau réunis pour discuter de la sélection finale des articles à inclure dans cet examen de portée, en se basant sur les critères d'éligibilité préalablement édictés.

Nous avons prévu, en cas de désaccord lors du processus final de sélection des articles, qu'un réviseur indépendant serait consulté.

Extraction des données

Afin de cartographier les données, un tableau excel structuré et développé par l'auteur principal (CB) et un examinateur indépendant (MP) a été établi. Afin de décrire et résumer la littérature, les deux personnes précitées, ont ensuite extrait les données de chaque article inclus concernant: le type d'étude, le pays, le nombre, le sexe et l'âge des participants, le contexte et le cadre de réadaptation, ainsi que le but de l'étude. Les informations relatives aux types d'interventions, aux systèmes de RV ainsi qu'au degré d'immersion utilisé ont également été extraites et cartographiées, en se référant au modèle de description et de réplication des interventions (TIDieR) (Hoffmann et al., 2014). Les protocoles et le type d'entraînement proposé, tout comme le niveau de difficulté et le temps requis pour la maîtrise du système de RV, ont été compilés pour toutes les études incluses. Les ressources nécessaires et la disponibilité du système ont elles aussi été extraites. Finalement, les résultats et outils de mesure utilisés, ainsi que les effets et limites d'utilisation de la RV, tout comme les perspectives cliniques proposées par les auteurs, ont été compilées. Notre but n'était pas d'évaluer précisément l'efficacité des interventions proposées, mais d'avoir une vue d'ensemble des effets décrits dans la littérature en lien avec l'utilisation de la RV. C'est pourquoi, nous avons décidé de décrire succinctement ces derniers en fonction des différentes catégories de résultats identifiés, telles que le risque de chute et l'équilibre.

Après avoir extrait les données de 4 études, une rencontre a eu lieu entre l'auteur principal (CB) et l'examineur indépendant (MP). Cette rencontre avait pour but de rediscuter et d'adapter la grille d'extraction, mais également de résoudre tout désaccord. Une seconde rencontre a également eu lieu, une fois l'ensemble des données extraites.

Cartographie des données

Des cartes de preuves ont été créées pour répondre à tous les objectifs de cet examen de portée. La cartographie des preuves a l'avantage d'offrir la possibilité de visualiser facilement la distribution des données dans le cadre d'une question de recherche (Katz et al., 2003). Elle permet également d'identifier les lacunes dans les preuves et les possibilités d'engagement des parties prenantes dans la recherche (Miake-Lye et al., 2016).

Les caractéristiques des articles inclus, tout comme les interventions et les systèmes de RV proposés dans ces articles, ont été présentés sous forme de tableaux. Ces tableaux nous ont permis de répondre au premier objectif de notre examen de portée.

Afin de pouvoir répondre au premier objectif de notre étude, nous avons cartographié les interventions de RV proposées dans les études incluses en nous appuyant sur le modèle de description et de réplication des interventions (TIDieR) (Hoffmann et al., 2014). Nous avons fait de même pour le second objectif, en nous intéressant aux résultats et outils de mesure utilisés. Comme préconisé par Peter et al. (2021), ces données ont également été décrites de manière narrative.

Finalement, c'est en retranscrivant les verbatims utilisés par les auteurs concernant les effets, les limites et les perspectives cliniques qu'ils proposaient, que nous avons pu répondre à notre troisième objectif.

Résultats

Sélection des études

La [figure 1](#) présente le diagramme de flux PRISMA de cet examen de portée.

Notre recherche a identifié un total de 6 914 articles dans les quatre bases de données électroniques précitées. Parmi eux, 2 979 doublons ont été identifiés et supprimés, pour un total de 3 935 enregistrements éligibles pour la sélection; ce qui suggère la faisabilité de notre stratégie de recherche. Ces 3 935 articles éligibles pour la sélection ont été identifiés dans les différentes bases de données.

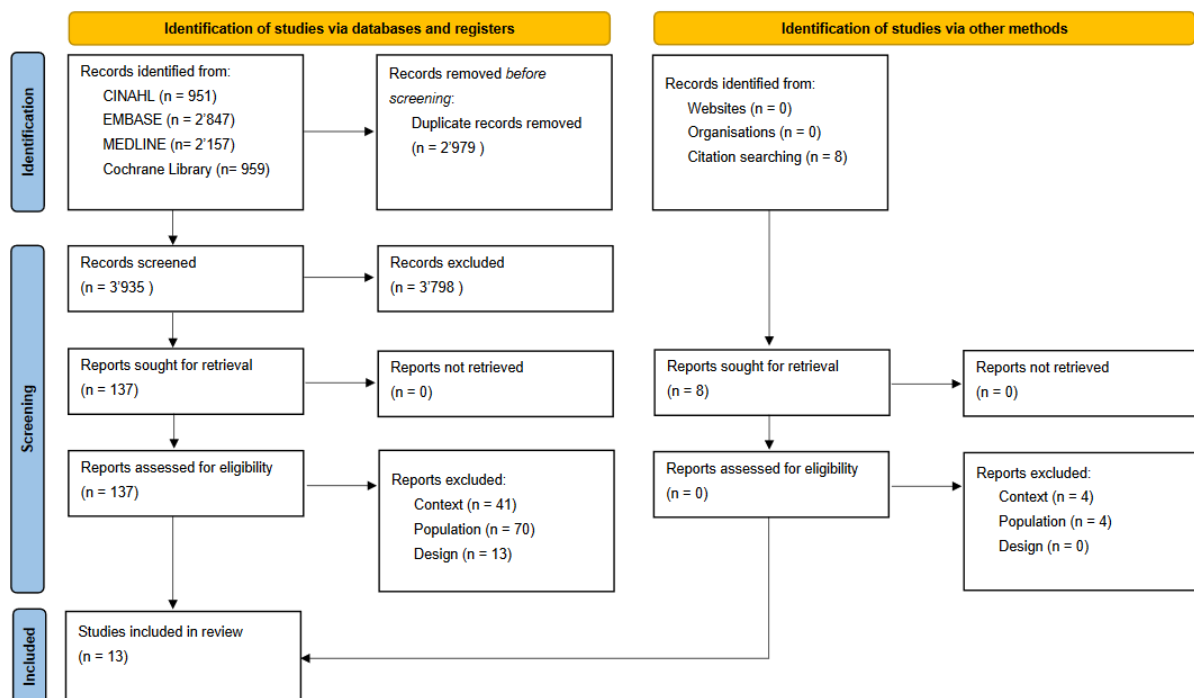
Après la première analyse par titre et résumé (premier tri), réalisée en double aveugle, 3 798 articles ont été exclus et 137 ont été recherchés en version intégrale pour être extraits. Nous avons pu accéder à l'ensemble des textes intégraux de ces 137 articles.

L'admissibilité des 137 articles a été évaluée par une lecture des textes intégraux (deuxième tri) et 124 articles ne répondaient pas aux critères d'inclusion (voir la [figure 1](#) pour la compilation des raisons d'exclusion).

Concernant les articles obtenus par le suivi des citations, huit articles ont été retenus pour le premier tri et ont été extraits. La lecture des textes intégraux n'a permis de retenir aucun de ces articles supplémentaires, ces derniers ne répondant pas à tous les critères d'inclusion.

Au total, 13 études répondaient à tous les critères d'éligibilité et ont été incluses dans cet examen de portée.

Figure 1: Flow chart



Caractéristiques des sources de preuve

Les caractéristiques des études incluses (n=13) dans cet examen de portée sont résumées dans le [Tableau 1](#).

Cadre

Près de 700 personnes ont participé aux 13 études incluses. Quatre continents étaient représentés au travers des études. Plusieurs études ont eu lieu en Europe (n=3) (Karahan et al., 2015; Morone et al., 2016; Yeşilyaprak et al., 2016), d'autres en Amérique (n=4) (Chao et al., 2015; Karahan et al., 2015; Ogawa et al., 2020; Valiani et al., 2017) et en Asie (n=4) (Fakhro et al., 2020; Fu et al., 2015;

Shema et al., 2014; Wu et al., 2019), ainsi que certaines en Océanie (n=2) (Duque et al., 2013; Phu et al., 2019).

Toutes les études ont été publiées durant les deux dernières décennies (2010+) (n=13), avec seulement 2 études publiées dans la dernière décennie (2020+).

Design

Il s'agissait principalement d'études randomisées contrôlées (RCT) (n=7) (Duque et al., 2013; Fakhro et al., 2020; Fu et al., 2015; Karahan et al., 2015; Morone et al., 2016; Szturm et al., 2011; Yeşilyaprak et al., 2016). Il y avait également des études pilotes contrôlées non randomisées (n=1) (Wu et al., 2019), des études quasi expérimentales (n=3) (Chao et al., 2015; Ogawa et al., 2020; Valiani et al., 2017), des études pré-post interventionnelles (n=1) (Phu et al., 2019) et des études de cohortes rétrospectives (n=1) (Shema et al., 2014).

Participants

Le nombre de participants total par étude variait entre n=12 et n=195 sujets. Les femmes (n=413) étaient plus représentées que les hommes (n=228) et l'âge moyen des participants s'étendait de 67.8 ± 2.98 ans à 86.63 ± 4.18 ans.

Les deux sexes étaient représentés dans la plupart des études. Morone et al. (2016) ne se sont intéressés qu'aux femmes et Fakhro et al. (2020) n'ont pas précisé le sexe des participants inclus dans leur étude.

Contexte & cadre de la réadaptation

La plupart des études présentaient un contexte de réadaptation en milieu hospitalier (n=9), les autres se déroulant en ambulatoire (n=4). Les cadres de réadaptation étaient les suivants: centres de vie assistée (n=1); centres gériatriques (n=1); communauté de vie pour personne âgée (n=1); maison de retraite (n=4); hôpital (n=1); hôpital de jour (n=1); clinique (n=1); clinique/policlinique ambulatoire (n=2); service de physiothérapie ambulatoire (n=1).

Tableau 1: Caractéristiques des articles inclus

Auteur, année	Pays	Design	Participants Nombre	Sexe	Age (mean + SD)	Contexte	Cadre de la réadaptation	But de l'étude
Chao 2015	États-Unis	Etude quasi-expérimentale	n=32 groupe wii fit: n=16 groupe éducation: n=16	groupe wii fit: homme: n=5 femme: n=11 groupe éducation: homme: n=3 femme: n=13	groupe wii fit: 86.63 ± 4.18 groupe éducation: 83.75 ± 8.04	Réadaptation en milieu hospitalier	Centres de vie assistée	Examiner les différences de fonction physique, de peur de tomber, de dépression et de qualité de vie entre les participants ayant suivi l'intervention SAHA et ceux ayant suivi un programme d'éducation sanitaire.
Duque 2013	Australie	RCT	n=60 groupe BRU: n=30 groupe contrôle: n=30	groupe BRU: homme: n=11 femme: n=19 groupe contrôle: homme: n=12 femme: n=18	groupe BRU: 79.3 ± 10 groupe contrôle: 75 ± 8	Réadaptation en milieu hospitalier	Clinique	Evaluer l'effet d'un nouveau système de réalité virtuelle (BRU™) utilisant la réalité virtuelle pour évaluer l'équilibre et fournir un système d'entraînement à l'équilibre dans une population de sujets âgés vivant en communauté et ayant des antécédents connus de chutes.
Fakhro 2020	Liban	RCT	n=64 intervention group: n=33 groupe contrôle: n=31	NA	72.2 ± 5.2	Réadaptation en milieu hospitalier	Centres gériatriques	Déterminer les effets de l'entraînement de la Wii fit sur l'équilibre dynamique et statique chez les personnes âgées libanaises.
Fu 2015	Chine	RCT	n=60 groupe wii fit: n=30 groupe conventionnel: n=30	groupe wii fit: homme: n=11 femme: n=19 groupe conventionnel: homme: n=10 femme: n=20	groupe wii fit: 82.4 ± 3.8 groupe conventionnel: 82.3 ± 4.3	Réadaptation en milieu hospitalier	Maison de retraite	Etudier l'effet d'un exercice d'entraînement interactif d'exergaming sur le contrôle de l'équilibre, les facteurs de risque de chute et l'incidence des chutes chez les personnes âgées fragiles vivant dans une maison de retraite.
Karahan 2015	Turquie	RCT	n=90 groupe exergame: n=48 groupe exercice à domicile: n= 42	groupe exergame: homme: n=27 femme: n=21 groupe exercice à domicile: homme: n=18 femme: n=24	groupe exergame: 71.3 ± 6.1 groupe exercice à domicile: 71.5 ± 4.7	Réadaptation ambulatoire	Clinique ambulatoire	(1) démontrer les effets de l'Exergame en utilisant la console de jeu Xbox 360 Kinect sur l'équilibre, la mobilité fonctionnelle et la qualité de vie des personnes âgées. (2) Comparer les effets de l'Exergame avec ceux obtenus dans le cadre d'un programme d'exercices à domicile.

Auteur, année	Pays	Design	Participants Nombre	Sexe	Age (mean + SD)	Contexte	Cadre de la réadaptation	But de l'étude
Morone 2016	Italie	RCT	n=38 groupe wii: n=19 groupe contrôle: n=19	femme: n=38	groupe wii: 67.8 ± 2.98 groupe contrôle: 70.05 ± 4.93	Réadaptation ambulatoire	Policlinique ambulatoire	(1) Evaluer l'efficacité d'un entraînement avec la Nintendo Wii Fit sur l'équilibre et les performances physiques chez des femmes souffrant d'une perte osseuse et la comparer à une activité physique traditionnelle. (2) Evaluer l'impact d'un entraînement avec la Nintendo Wii Fit sur les risques de chute, la qualité de vie et le bien-être perçu.
Ogawa 2020	États-Unis	Etude quasi-expérimentale	n=29 intervention d'exergames: n=15 exercice physique traditionnel: n=14	intervention d'exergames: homme: n=4 femme: n=11 exercice physique traditionnel: homme: n=1 femme: n=13	intervention d'exergames: 75.20±7.31 exercice physique traditionnel: 78.85±7.13	Réadaptation en milieu hospitalier	Communauté de vie pour personne âgée	Examiner les effets d'un programme d'exergaming sur les facteurs interdépendants qui contribuent aux chutes, en particulier la cognition et les caractéristiques de la marche en simple tâche et en double tâche, par rapport à un programme d'exercice physique traditionnel.
Phu 2019	Australie	Etude pré-post interventionnelle	n=195 groupe BRU: n= 63 groupe d'exercices: n=82 groupe contrôle: n=50	groupe BRU: homme: n=19 femme: n=44 groupe exercice: homme: n=31 femme: n=51 groupe contrôle: homme: n=15 femme: n=35	médiane (IQR) Groupe BRU: 79 (74, 84) groupe d'exercices: 76 (71, 82) groupe contrôle: 79 (72, 82)	Réadaptation en milieu hospitalier	Hôpital	Fournir des preuves supplémentaires des effets d'un entraînement individualisé en réalité virtuelle utilisant l'unité de réadaptation de l'équilibre (BRU™) sur l'équilibre et la performance physique, et comparer ces résultats avec le programme Otago dispensé dans le cadre d'un groupe de gym (Gabagym)
Shema 2014	Israël	Etude de cohorte rétrospective	n= 60	homme: n=30 femme: n=30	72.18 ± 10.39	Réadaptation ambulatoire	Service de physiothérapie ambulatoire	Décrire l'expérience clinique d'un programme de réalité virtuelle de 5 semaines afin d'améliorer la marche et la mobilité chez des personnes présentant des antécédents de chutes, de troubles de la mobilité ou d'instabilité posturale.

Auteur, année	Pays	Design	Participants Nombre	Sexe	Age (mean + SD)	Contexte	Cadre de la réadaptation	But de l'étude
Szturm 2011	Canada	RCT	n= 30 groupe expérimental: n=15 groupe contrôle: n=15	groupe expérimental: homme: n=5 femme: n=10 groupe contrôle: homme: n=6 femme: n=9	groupe expérimental: 80.5±6 groupe contrôle: 81±7	Réadaptation ambulatoire	Hôpital de jour	Examiner la faisabilité et les avantages d'une approche de la physiothérapie axée sur les tâches, dispensée par le biais d'un ensemble de jeux vidéo interactif et engageant.
Valiani 2017	États-Unis	Essai clinique quasi-expérimental longitudinal à 1 bras	n=12	homme: n=2 femme: n=10	80.5 ± 4.2	Réadaptation en milieu hospitalier	Maison de retraite	(1) Explorer la faisabilité et l'acceptabilité d'une nouvelle technologie d'exercice à domicile appelée Jintronix. (2) Evaluer l'efficacité de Jintronix pour améliorer la fonction physique chez des personnes âgées vivant dans une maison de retraite.
Wu 2019	Taïwan	Etude pilote contrôlée non randomisée, pré-post-test	n=17 groupe expérimental: n=8 groupe contrôle: n=9	groupe expérimental: homme: n=4 femme: n=4 groupe contrôle: homme: n=8 femme: n=1	groupe expérimental: 82.8 ± 9.1 groupe contrôle: 80.3 ± 6.0	Réadaptation en milieu hospitalier	Maison de retraite	(1) Etudier les effets d'une stratégie d'intervention hybride (exergaming & physiothérapie) sur la force musculaire, l'équilibre et la marche d'une population âgée dans une maison de retraite (établissement de soins de longue durée). (2) Explorer les raisons de l'inactivité physique, ainsi que les expériences et la sécurité des participants.
Yeşilyaprak 2016	Turquie	RCT	n=18 groupe RV: n = 7 groupe d'exercices conventionnels: n=11	groupe RV: homme: n=4 femme: n=3 groupe d'exercices conventionnels: homme: n=2 femme: n=9	groupe RV: 70.1 ± 4.0 groupe d'exercices conventionnels: 73.1 ± 4.5	Réadaptation en milieu hospitalier	Maison de retraite	Etudier les effets des exercices d'équilibre basés sur la réalité virtuelle, sur l'équilibre et le risque de chute en comparaison avec les exercices d'équilibre conventionnels, afin de fournir des conseils aux professionnels de la santé pour la prévention des chutes chez les personnes âgées vivant dans des maisons de retraite en Turquie.

Abbréviations : BRU, unité de réadaptation de l'équilibre (Balance Rehabilitation Unit); n, nombre de participants; NA, non applicable/non disponible; RCT, étude randomisée contrôlée; RV, réalité virtuelle

Synthèse des résultats

Quatre cartes de preuves (Tableaux 2, 3, 4, 5) ont été créées. Deux cartes de preuves (Tableaux 2, 3) pour les interventions des études incluses, la troisième (Tableau 4) pour les résultats mesurés et la quatrième (Tableau 5) pour les effets et les limites d'utilisation de la RV, ainsi que les perspectives cliniques proposées.

Interventions

Les principales caractéristiques des interventions des études incluses sont présentées ci-après (Tableau 2 & Tableau 3).

Le Tableau 2 a été réalisé selon le modèle de description et de réplique des interventions TIDieR (Hoffmann et al., 2014). Toutes les études incluses ont été évaluées en fonction de ces éléments et les résultats détaillés du TIDieR sont présentés en annexe (Annexe 5).

Quelles interventions étaient proposées?

Les interventions ainsi que les systèmes de RV proposés différaient dans une certaine mesure entre les études. Alors que toutes les études se sont appuyées sur la RV (Huang et al., 2018) pour proposer un entraînement de l'équilibre, trois d'entre elles (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Wu et al., 2019) ont associé à cet entraînement une autre intervention (intervention motivationnelle, réhabilitation vestibulaire, physiothérapie conventionnelle). Quatre études (Chao et al., 2015; Fakhro et al., 2020; Fu et al., 2015; Morone et al., 2016) ont utilisé la Wii Fit pour leur intervention. Trois études (Karahan et al., 2015; Ogawa et al., 2020; Wu et al., 2019) ont travaillé avec une Xbox 360 Kinect, alors que deux autres études (Duque et al., 2013; Phu et al., 2019) se sont appuyées sur l'unité de réadaptation de l'équilibre [Balance Rehabilitation Unit (BRU™)]. Shema et al. (2014) ont rapporté avoir utilisé un système d'entraînement à la marche par RV. Szturm et al. (2011) se sont, quant à eux, appuyés sur un jeu vidéo sur ordinateur. Finalement, Valiani et al. (2017) et Yeşilyaprak et al. (2016) ont préféré d'autres systèmes moins connus. Les premiers ont travaillé avec une plateforme d'activité physique virtuelle (Jintronix) et les seconds avec un système appelé BTS Nirvana VR interactive.

Qui a délivré l'intervention?

Il existe une certaine hétérogénéité quant au personnel qui a fourni les interventions. Ces dernières étaient principalement dispensées par des professionnels de santé. Dans trois études (Chao et al., 2015; Phu et al., 2019; Valiani et al., 2017) des assistants de recherche, physiologistes de l'effort ou experts de la technologie de RV utilisée s'en chargeaient. Dans deux études, les personnes qui délivraient l'intervention n'étaient pas clairement définies (Fakhro et al., 2020; Ogawa et al., 2020).

Comment l'intervention a-t-elle été délivrée?

L'ensemble des interventions délivrées ont été réalisées en face à face. Certains auteurs l'ont fait de manière individuelle, avec chaque participant, tandis que d'autres ont enseigné les exercices à un groupe de participants.

Localisation de l'intervention?

Seules deux études ont spécifié le lieu de l'intervention, à savoir dans une salle de 20m² (Karahane et al., 2015) et au sein d'une salle privée de l'EMS, où résidaient les participants (Valiani et al., 2017).

Quand et combien?

La durée des interventions variait de 15 à 90 minutes. Elle avait lieu entre 2x et 3x par semaine, pour une durée variant entre 4 et 8 semaines.

Individualisation

La plupart des études ont utilisé des interventions standardisées pour tous les participants. Seules trois d'entre elles ont personnalisé leur intervention en fonction i) du besoin des participants (Shema et al., 2014) et sur la base des exercices effectués lors de l'évaluation posturographique (Phu et al., 2019) ii) de la confiance que montraient les participants et de la maîtrise des techniques de contrôle postural proposées (Duque et al., 2013).

Modification

Aucune modification des interventions n'a été signalée dans les études incluses.

Fidélité à l'intervention

Dans toutes les études incluses, l'adhésion à l'intervention a été contrôlée par "l'instructeur" qui supervisait ou dispensait les séances.

Les points 1,3,4,6,8,11,12 de l'échelle TIDieR (Hoffmann et al., 2014) ont été rapportés par 100% des études incluses. L'item 2 a été rapporté par 15% des études (Fakhro et al., 2020; Ogawa et al., 2020) alors que 12 des 13 études ont rapporté l'item 5 (92%), Ogawa et al. (2020) sont les seuls à ne pas l'avoir fait. Une seule étude (Karahane et al., 2015) a rapporté l'item 7 (7%). Uniquement trois études (Duque et al., 2013; Phu et al., 2019; Shema et al., 2014) ont individualisé leur intervention (23%) et aucune étude n'a modifié son intervention en cours.

Dans cette section (Tableau 3), nous présentons des informations supplémentaires sur l'intervention, telles que la manière dont la RV est définie et utilisée dans les études incluses. Nous nous sommes intéressés aux types d'interventions proposées, à la description des systèmes de RV utilisés, au degré d'immersion, aux niveaux de difficulté, ainsi qu'au temps requis pour maîtriser le

système et aux ressources nécessaires. Nous avons également cherché à connaître la disponibilité de ces systèmes sur le marché.

Type d'intervention

L'ensemble des études se sont appuyées sur de la RV durant leur intervention. La plupart des études ont utilisé des jeux sérieux (SG), seules quatre études (Duque et al., 2013; Phu et al., 2019; Shema et al., 2014; Yeşilyaprak et al., 2016) ne l'ont pas fait.

Description du système de RV

La moitié des études incluses (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Fakhro et al., 2020; Shema et al., 2014; Szturm et al., 2011; Valiani et al., 2017) ont décrit les systèmes de RV qui ont été utilisés. Ces définitions sont disponibles dans le Tableau 3 et sont semblables aux définitions données par Laufer et al. (2014) pour la Wii Fit, par Simor et al. (2016) en ce qui concerne la Xbox Kinect 360 et à celles de Nogueira et al. (2010) et de Suárez et al. (2006) concernant l'unité de réadaptation de l'équilibre (BRU™).

Un seul des systèmes de RV utilisé, le "BTS NIRVANA VR Interactive System", proposé par Yeşilyaprak et al. (2016), n'a pas été décrit explicitement. Selon Maggio et al. (2020), il est défini comme un système de RV semi-immersif dans lequel le thérapeute choisit les différents scénarios en fonction du handicap et des besoins du patient; le patient pouvant interagir avec la RV semi-immersive en étant debout ou assis devant un écran interactif.

Degré d'immersion

Aucune des études incluses n'a explicitement présenté le degré d'immersion en lien avec les systèmes de RV proposés. C'est pourquoi nous nous sommes appuyés sur la classification proposée par Rose et al. (2018) afin de classer les différents systèmes utilisés en fonction de leur degré d'immersion. La plupart des systèmes utilisés étaient non-immersifs (Wii Fit, Xbox Kinect 360, programme d'entraînement sur tapis roulant, programme d'équilibre dynamique couplé à des jeux informatiques, Jintronix). Deux auteurs (Duque et al., 2013; Phu et al., 2019) ont préféré l'utilisation d'un système totalement immersif (BRU™). Yeşilyaprak et al. (2016) ont eux opté pour un système de RV semi-immersif (BTS Nirvana VR interactive System).

Types d'entraînement

Une forte hétérogénéité est ressortie entre les différentes études concernant les types d'entraînement proposés. Si la plupart des études proposaient des exercices d'équilibre, deux d'entre elles (Chao et al., 2015; Valiani et al., 2017) proposaient également des exercices cardio-vasculaires, de force et/ou de résistance. D'autres encore (Chao et al., 2015; Karahan et al., 2015; Morone et al., 2016) proposaient quant à elles des exercices de mobilité ou du yoga.

Niveaux de difficulté

Toutes les études n'ont pas explicitement décrit avoir proposé une progression des exercices dans leurs interventions, seules sept d'entre elles l'ont clairement décrit (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Fakhro et al., 2020; Fu et al., 2015; Phu et al., 2019; Shema et al., 2014; Szturm et al., 2011). Dans la plupart de ces études, la progression était adaptée en fonction du niveau de performance des participants (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Fu et al., 2015; Phu et al., 2019; Szturm et al., 2011). Dans les deux autres études (Fakhro et al., 2020; Shema et al., 2014), le niveau était augmenté progressivement au cours de l'intervention.

La plupart du temps, "l'instructeur" qui supervisait ou dispensait les séances s'est chargé de cette progression (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Phu et al., 2019; Shema et al., 2014). Parfois le système lui-même s'en chargeait (Fakhro et al., 2020; Szturm et al., 2011), parfois c'était le participant qui le faisait (Fu et al., 2015). Dans six études (Karahan et al., 2015; Morone et al., 2016; Ogawa et al., 2020; Valiani et al., 2017; Wu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016) les auteurs n'en ont pas fait mention.

Temps requis pour maîtriser le système de RV

Aucune étude n'a indiqué le temps nécessaire à la maîtrise des systèmes de RV utilisés.

Ressources nécessaires

Dans toutes les études incluses, les ressources humaines nécessaires à la réalisation de l'intervention s'arrêtaient à une ou deux personnes, qui se chargeaient de superviser et/ou de délivrer l'intervention.

Concernant les ressources matérielles, mis à part le système de RV utilisé, une salle était la plupart du temps nécessaire ainsi qu'un écran de télévision et/ou un ordinateur. Dans trois des études incluses (Chao et al., 2015; Shema et al., 2014; Szturm et al., 2011) du matériel spécifique (p. ex. tapis de pression, caméras de capture de mouvement, ...) était également nécessaire.

Une seule étude (Duque et al., 2013) a fait mention des ressources financières nécessaires à la réalisation de l'intervention proposée, en indiquant qu'un investissement initial important était nécessaire pour l'équipement et le logiciel.

Disponibilité du système de RV

Aucune étude n'a clairement mentionné la disponibilité/l'accessibilité aux systèmes de RV proposés. Nous avons donc décidé de parcourir les sites des revendeurs afin de nous renseigner. La Wii Fit tout comme la Xbox Kinect 360 sont aisément accessibles pour le grand public. Tous les autres systèmes de RV utilisés dans les études incluses – l'unité de réadaptation de l'équilibre (BRU™) ; Jintronix ; BTS Nirvana VR interactive System ; programme d'entraînement sur tapis roulant utilisant la RV – sont proposés pour un usage professionnel et/ou à des fins de recherche.

Tableau 2: Evaluation de la structure des interventions des études incluses

Auteur, année	Quoi?	Qui?	Comment?	Localisation	Quand & Combien?	Individualisation	Modifications	Fidélité à l'intervention
Chao 2015	Intervention motivationnelle et Wii Fit	Assistants de recherche	Face à face (groupe)	Pas clairement défini	2x/semaine 60' (30' exercice & 30' observation et encouragement partenaire) durant 4 semaines	Non	Non	Assistants de recherche formés à la mise en œuvre du protocole & sessions supervisées
Duque 2013	Réhabilitation vestibulaire et exercices d'entraînement postural en RV avec BRU™	Physiothérapeutes	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	2x/semaine 30' durant 6 semaines	Oui	Non	Participants coachés par un physiothérapeute
Fakhro 2020	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Wii Fit	Pas clairement défini	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	3x/semaine 40' durant 8 semaines	Non	Non	Participants suivis par évaluateurs pendant l'intervention
Fu 2015	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Wii Fit	Physiothérapeute	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	3x/ semaines 60' durant 6 semaines	Non	Non	Participants accompagnés par un assistant de réadaptation
Karahan 2015	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Xbox Kinect 360	Infirmière expérimentée	Face à face (individuel)	Salle de 20m ²	5x/semaine 30' durant 6 semaines	Non	Non	Participants accompagnés par une infirmière expérimentée.
Morone 2016	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Wii Fit	Physiothérapeutes experts	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	2x/semaine 60' durant 8 semaines	Non	Non	Exercices supervisés par 2 physiothérapeutes
Ogawa 2020	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Xbox Kinect 360	Pas clairement défini	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	2x/semaine 60' durant 8 semaines	Non	Non	Programme supervisé par un instructeur
Phu 2019	Programme d'entraînement de l'équilibre par RV avec BRU™	Physiologiste de l'effort accrédité	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	2x/semaine durant 6 semaines	Oui	Non	Séances menées et supervisées par un physiologiste de l'exercice
Shema 2014	Programme d'entraînement sur tapis roulant utilisant la RV	Thérapeutes cliniques expérimentés	Face à face (groupe)	Pas clairement défini	3x/semaine 15' durant 5 semaines	Oui	Non	Sessions dispensées par des thérapeutes cliniques expérimentés
Szturm 2011	Programme d'équilibre dynamique couplés à des jeux informatiques.	Physiothérapeute	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	2x/semaine 45' durant 8 semaines	Non	Non	Intervention dispensée par un physiothérapeute
Valiani 2017	Programme d'entraînement à l'équilibre utilisant de la technologie Jintronix	Expert en technologie Jintronix	Face à face (individuel)	Salle privée dans l'EMS	2x/semaine 30' durant 4 semaines	Non	Non	Participants formés personnellement par un expert en technologie Jintronix

Wu 2019	Intervention hybride combinant Xbox Kinect et physiothérapie	Physiothérapeute diplômé	Face à face (individuel)	Pas clair	2x/semaine 90' durant 12 semaines	Non	Non	Séances supervisées par un physiothérapeute diplômé
Yeşilyaprak 2016	Programme d'entraînement de l'équilibre avec BTS NIRVANA VR Interactive System	Physiothérapeute ayant plus de 2 ans d'expérience avec le système de RV	Face à face (individuel)	Pas clair	3x/semaine 45-60' durant 6 semaines	Non	Non	Séance sous supervision d'un physiothérapeute formé avec > 2 ans d'expérience avec le système de RV
Abréviations: BRU, unité de réadaptation de l'équilibre (Balance Rehabilitation Unit); RV, réalité virtuelle								

Tableau 3: Caractéristique des interventions de RV des articles inclus

Auteur, année	Type d'intervention	Description du système de RV	Degré d'immersion	Type d'entraînement	Niveaux de difficulté		Temps requis pour maîtriser le système de RV	Ressources (financières, humaines, matérielles, ...)
					Progression	Choix		
Chao 2015	RV + jeux sérieux	Programme vidéo d'exercices interactifs	non-immersif	exercices cardio-vasculaires exercices de force exercices d'équilibre exercices de yoga	Ajusté selon les performances des participants	Thérapeute	NA	RH: 2 assistants de recherches RM: 1 salle, 1 Wii Fit, 1 écran de TV, 1 déambulateur, 1 affiche sur l'exercice, 1 livret d'éducation sanitaire
Duque 2013	RV	L'unité de réadaptation de l'équilibre (BRU™) combine des conditions somatosensorielles, visuelles et vestibulaires afin d'évaluer et d'entraîner l'équilibre. Un rapport de posturographie est généré automatiquement. L'évaluation prend env.30 minutes.	totalemt immersif	exercices d'équilibre	Ajusté progressivement en fonction de la maîtrise du participant.	Thérapeute	NA	RH: 1 physiothérapeute RM: 1 salle, 1 unité de réadaptation de l'équilibre (BRU™) RF: investissement initial important pour équipement et logiciel BRU™.
Fakhro 2020	RV + jeux sérieux	La Nintendo Wii Balance Board (NWBB) est une plateforme de force équipée de capteurs de force.	non-immersif	exercices d'équilibre	Augmenté progressivement chaque 30 secondes.	Système	NA	RH: 1 évaluateur RM: 1 salle, 1 Wii Fit, 1 écran de TV, 1 ordinateur
Fu 2015	RV + jeux sérieux	NA	non-immersif	exercices d'équilibre	Dépendant d'un "système d'étoiles" qui évalue les performances du joueur sur chaque jeu.	Participant	NA	RH: 1 assistant de réadaptation RM: 1 salle, 1 Wii Fit, 1 écran de TV
Karahan 2015	RV + jeux sérieux	NA	non-immersif	exercices d'équilibre mobilité fonctionnelle	Pas clairement défini	Pas clair	NA	RH: 1 infirmière RM: 1 salle, 1 Xbox 360 Kinect, 1 écran de TV

Auteur, année	Type d'intervention	Description du système de RV	Degré d'immersion	Type d'entraînement	Niveaux de difficulté		Temps requis pour maîtriser le système de RV	Ressources (financières, humaines, matérielles, ...)
					Progression	Choix		
Morone 2016	RV + jeux sérieux	NA	non-immersif	exercices de respiration exercices de yoga exercices de musculation exercices d'équilibre	Pas clairement défini	Pas clair	NA	RH: 2 physiothérapeutes RM: 1 salle, 1 Wii Fit, 1 écran de TV
Ogawa 2020	RV + jeux sérieux	NA	non-immersif	exercices d'équilibre statique et dynamique	Pas clairement défini	Pas clair	NA	RH: 2 évaluateurs RM: 2 stations comprenant chacune 1 salle, 1 Xbox 360 Kinect, 1 écran de TV, 1 ordinateur
Phu 2019	RV	NA	totalemt immersif	exercices d'équilibre	Adapté selon les performances des participants en augmentant le niveau de difficulté ou le temps d'exposition	Thérapeute	NA	RH: 1 physiologiste de l'exercice accrédité et formé à l'utilisation du système RM: 1 salle, 1 Balance Rehabilitation Unit (BRU™) posturography
Shema 2014	RV	Tapis de course équipé d'un harnais de sécurité. Capture du mouvement de la marche par 2 caméras. La simulation par RV est projetée sur un écran situé devant le tapis roulant.	non-immersif	exercices d'équilibre dynamique	Augmenté progressivement de la semaine 1 à la semaine 5 (différentes tailles d'obstacles, fréquence d'apparition d'obstacles variables, clarté visuelle perturbée, ajout de distracteurs virtuels).	Thérapeute	NA	RH: physiothérapeutes expérimentés RM: 1 tapis roulant avec harnais de sécurité, diodes électroluminescentes, 2 caméras de capture de mouvement, ordinateur, écran de TV
Szturm 2011	RV + jeux sérieux	Jeu vidéo interactif contrôlé par le CdG comprenant un tapis de pression, une interface et un ordinateur portable.	non-immersif	exercices d'équilibre dynamique	Les exercices ont progressé une fois que le niveau de performance du participant s'est amélioré.	Système	NA	RH: 1 physiothérapeute RM: 1 tapis de pression FSA, 1 coussin d'équilibre, 1 boîtier d'interface FSA, 1 ordinateur portable, 3 jeux vidéo spécifiques

Auteur, année	Type d'intervention	Description du système de RV	Degré d'immersion	Type d'entraînement	Niveaux de difficulté		Temps requis pour maîtriser le système de RV	Ressources (financières, humaines, matérielles, ...)
					Progression	Choix		
Valiani 2017	RV + jeux sérieux	Jintronix est une plateforme d'activité physique virtuelle combinant des mouvements d'exercice courants, des jeux virtuels et des caméras de détection de mouvement. Elle est composée de Jintronix Wave (écran de TV + Microsoft Kinect) & Jintronix Portal (plateforme d'applications).	non-immersif	exercices cardio-vasculaires exercices de résistance et de force exercices d'équilibre	Pas clairement défini	Pas clair	NA	RH: 1 physiothérapeute RM: 1 salle, Jintronix
Wu 2019	RV + jeux sérieux	NA	non-immersif	exercices de contrôle postural	Pas clairement défini	Pas clair	NA	RH: 1 physiothérapeute diplômé RM: 1 salle, 1 Xbox Kinect
Yeşilyaprak 2016	RV	NA	semi-immersif	exercices d'équilibre	Pas clairement défini	Pas clair	NA	RH: 1 physiothérapeute qualifié avec > de 2 ans d'expérience avec le système de RV. RM: 1 salle, 1 BTS NIRVANA VR Interactive System, 1 chaise avec dossier, 1 écran

Abréviations: BRU, unité de réadaptation de l'équilibre (Balance Rehabilitation Unit); env, environ ; CdG, centre de gravité; NA , non applicable/non disponible; RV, réalité virtuelle; RF, ressources financières; RH, ressources humaines; RM, ressources matérielles; TV, télévision; VR, virtual reality.

Résultats et outils de mesure

Les principaux résultats mesurés dans les études incluses s'intéressaient à l'équilibre, la mobilité fonctionnelle et aux chutes (incidence, risque). Certaines études se sont également intéressées au niveau d'activité physique (Valiani et al., 2017), à la peur de chuter (Ogawa et al., 2020; Yeşilyaprak et al., 2016) et à la force musculaire (Wu et al., 2019).

Dans chaque étude, une mesure de base a été prise avant le début de l'intervention puis une seconde mesure a été effectuée, en fin d'intervention. Une seule étude (Morone et al., 2016) a effectué une troisième mesure de résultat, un mois après la fin de l'intervention.

Equilibre et mobilité fonctionnelle

L'évaluation de l'équilibre et de la mobilité fonctionnelle s'appuyait principalement sur des tests cliniques, tels que l'échelle d'évaluation de l'équilibre de Berg (BBS) (n=5) (Chao et al., 2015; Morone et al., 2016; Szturm et al., 2011; Wu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016), le Timed Up and Go (TUG) (n=7) (Chao et al., 2015; Fakhro et al., 2020; Phu et al., 2019; Shema et al., 2014; Szturm et al., 2011; Wu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016) et la Short Physical Performance Battery (SPPB) (n=3) (Karahan et al., 2015; Ogawa et al., 2020; Valiani et al., 2017).

Phu et al. (2019) se sont également appuyés sur le 5-Sit to Stand (5-STSS) (n=1) et sur le Four Square Step Test (FSST) (n=2), test qui a également été utilisé par Shema et al. (2014).

Yeşilyaprak et al. (2016) ont quant à eux sélectionné le test du Tandem (TS test) (n=1).

Dans deux autres études (Duque et al., 2013; Phu et al., 2019), les auteurs ont pu profiter d'un appareil de posturographie (Balance Rehabilitation Unit). Différents autres tests, comme le test de station unipodal (OLS) (n=1) (Yeşilyaprak et al., 2016) ou la mesure du centre de pression (CP) (n=1) (Fakhro et al., 2020), ont également permis aux auteurs de ressortir les résultats en lien avec l'équilibre et la mobilité fonctionnelle.

Finalement, Szturm et al. (2011) se sont également appuyés sur deux questionnaires – l'échelle ABC (Activities-specific Balance Confidence) (n=1) et le test clinique d'intégration sensorielle et d'équilibre (CTSIB) (n=1) – afin de renforcer leurs résultats.

Marche

Les résultats liés à la marche étaient généralement mesurés à l'aide des tests de vitesse de marche (TVM) (n=3) (Ogawa et al., 2020; Phu et al., 2019; Shema et al., 2014), et des tests de marche de deux minutes (2MNWT) (n=1) (Shema et al., 2014), de six minutes (6MNWT) (n=2) (Chao et al., 2015; Wu et al., 2019) et de dix minutes (10MNWT) (n=1) (Wu et al., 2019). L'outil de mesure GAITRite® a également été utilisé dans deux études (Duque et al., 2013; Szturm et al., 2011).

Chutes

En plus des outils décrits sous le paragraphe équilibre et mobilité fonctionnelle, l'outil de mesure le plus représenté dans les études en lien avec l'analyse des chutes était l'échelle d'évaluation de la peur de tomber FES (n=3) (Chao et al., 2015; Karahan et al., 2015; Ogawa et al., 2020) et FES-I (n=2) (Morone et al., 2016; Yeşilyaprak et al., 2016) .

D'autres outils de mesure, comme l'échelle d'auto-efficacité pour l'exercice (SEE) (n=1) (Chao et al., 2015), le questionnaire sur les activités et la peur de tomber chez les personnes âgées (SAFE) (n=1) (Duque et al., 2013) et la version courte de l'évaluation du profil physiologique (short PPA) (n=1) (Fu et al., 2015), ont également été utilisés, chacun dans une étude.

L'incidence des chutes à elle été calculée dans deux études (Fu et al., 2015; Karahan et al., 2015), Karahan et al., s'appuyant sur un calendrier des chutes pour la calculer.

Force musculaire

Une seule étude (Wu et al., 2019) s'est intéressée à la force musculaire des participants, en lien avec l'intervention proposée. Les outils de mesure utilisés à cet effet étaient deux dynamomètres: le dynamomètre hydraulique à main Jamar et le MicroFET®.

Niveau d'activité physique

Des résultats en lien avec le niveau d'activité physique des participants sont apparus dans une seule étude (Valiani et al., 2017). Le questionnaire RAPA (questionnaire d'évaluation rapide de l'activité physique) a été utilisé à cet effet.

Les détails de tous les résultats rapportés en lien avec les interventions proposées dans les études incluses se trouvent dans le Tableau 4.

Tableau 4: Résultats & outils de mesure utilisés

Auteur, année	Outcomes	Outil de mesure	Temps de mesure
Chao 2015	Équilibre Mobilité fonctionnelle Risque de chute	BBS TUG 6MWT FES SEE	baseline 4 semaines
Duque 2013	Équilibre Incidence des chutes Mobilité fonctionnelle Peur de chuter	SAFFE GAIT Rite® BRU™	baseline 6 semaines 9 mois
Fakhro 2020	Équilibre Mobilité fonctionnelle	TUG NWBB CP	baseline 8 semaines
Fu 2015	Incidence des chutes Risque de chute	Incidence of fall Short-PPA	baseline 6 semaines
Karahan 2015	Mobilité fonctionnelle Peur de chuter Incidences des chutes	SPPB FES calendrier des chutes	baseline 6 semaines
Morone 2016	Équilibre Peur de chuter	BBS Short FES-I	baseline 8 semaines 3 mois
Ogawa 2020	Risque de chute Mobilité fonctionnelle Caractéristique de la marche Peur de chuter	Vitesse de marche SPPB FES	baseline 8 semaines
Phu 2019	Équilibre Mobilité fonctionnelle Risque de chute	5-STs TUG FSST Vitesse de marche BRU™	baseline 6 semaines
Shema 2014	Mobilité fonctionnelle Équilibre dynamique Endurance Risque de chute	TUG 2MWT Vitesse de marche FSST	baseline 5 semaines
Szturm 2011	Équilibre Mobilité fonctionnelle	BBS TUG GAITRite® Echelle ABC modified version of the CTSIB	baseline 8 semaines
Valiani 2017	Performances physiques Niveau d'activité physique	SPPB questionnaire RAPA	baseline 4 semaines 3 mois
Wu 2019	Équilibre Mobilité fonctionnelle Force musculaire	Dynamomètre hydraulique à main Jamar Dynamomètre MicroFET® 10MWT 6MWT TUG BBS	baseline 12 semaines
Yeşilyaprak 2016	Équilibre Mobilité fonctionnelle Peur de chuter	BBS TUG OLS TS test FES-I	baseline 6 semaines

Abbréviations: 2MWT, Test de marche de 2 minutes; 6MWT, Test de marche de 6 minutes; 10MWT, Test de marche de 10 minutes; ABC, Activities-specific Balance Confidence; BBS, Échelle d'évaluation de l'équilibre de Berg; BRU, unité de réadaptation de l'équilibre (Balance Rehabilitation Unit); CP, Centre de Pression; CTSIB, Test clinique d'intégration sensorielle et d'équilibre; FES, échelle d'évaluation de la peur de tomber; FES-I, échelle d'évaluation de la peur de tomber-internationale; FSST, Four Square Step Test; NWBB, Nintendo Wii Balance Board; OLS, Test de station unipodal; PPA, Évaluation du profil physiologique; RAPA, Évaluation rapide de l'activité physique; SAFFE, Questionnaire sur les activités et la peur de tomber chez les personnes âgées; SEE, Échelle d'auto-efficacité pour l'exercice; SPPB, Short Physical Performance Battery; STS, Test de lever de chaise; TS, Test du Tandem; TUG, Time Up and Go Test.

Effets, limites et perspectives cliniques de l'utilisation de la RV

Dans la carte de preuves ([Tableau 5](#)), les effets et les limites d'utilisation de la RV pour les personnes âgées, dont l'équilibre ou les capacités de marche sont réduits, sont présentés. Ce tableau ([Tableau 5](#)) reprend également les perspectives cliniques et de recherche proposées par les auteurs.

Effets d'utilisation de la RV

L'ensemble des études incluses dans notre examen de portée ont mis en évidence plusieurs effets en lien avec l'utilisation de la RV. Ces dernières sont présentées ci-après.

Fonction physique

Sept études (Chao et al., 2015; Fakhro et al., 2020; Fu et al., 2015; Morone et al., 2016; Phu et al., 2019; Valiani et al., 2017; Wu et al., 2019) ont montré que la RV est une technologie qui permet d'améliorer les fonctions physiques des personnes âgées qui présentent des capacités d'équilibre ou de marche réduite, en améliorant significativement les scores d'équilibre statique et dynamique.

Risque de chute

Six études (Chao et al., 2015; Fakhro et al., 2020; Fu et al., 2015; Morone et al., 2016; Phu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016) ont avancé que l'entraînement par la RV est une approche sûre, valable et efficace pour les professionnels de la santé qui envisagent de travailler sur la prévention des chutes chez les personnes âgées.

Equilibre

Quatre études (Duque et al., 2013; Karahan et al., 2015; Phu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016) ont mis en évidence que les technologies de RV amènent des effets positifs sur l'équilibre des personnes âgées.

Marche

Finalement, deux études (Karahan et al., 2015; Shema et al., 2014) ont conclu que la RV amenait également des effets positifs sur la marche des personnes âgées dont l'équilibre ou les capacités de marche sont réduits.

Limites d'utilisation de la RV

Si l'ensemble des études incluses dans cet examen de portée prônent l'utilisation de la RV pour les personnes âgées dont l'équilibre ou les capacités de marche sont réduits, certains auteurs avancent tout de même certains obstacles.

Wii Fit

Chao et al. (2015) expliquent que les interfaces des menus, tout comme les jeux proposés par la Wii Fit, ne sont pas forcément pensés pour les personnes âgées. La police d'écriture est bien trop petite et les images à mouvement trop rapides. De plus, les manettes ne sont pas forcément ergonomiques et peuvent prêter à l'expérience vécue par les personnes âgées.

Fakhro et al. (2020) ajoutent qu'à l'heure actuelle, aucune description claire de la dose et du volume optimal à proposer aux sujets utilisant la Wii Fit, afin d'entraîner leur équilibre, n'existe dans la littérature.

Pour Fu et al. (2015), le niveau de difficulté des jeux proposés avec la Wii Fit n'est pas forcément adapté pour des personnes âgées fragiles. Le fait que ces jeux ne durent que quelques minutes peut potentiellement diminuer l'efficacité de l'entraînement. Finalement, les jeux d'entraînement de l'équilibre proposés avec ce système ont une nature commerciale et ne sont pas conçus spécifiquement pour une application clinique.

Xbox 360 Kinect

Ogawa et al. (2020) sont catégoriques, actuellement, aucune intervention optimale en matière d'EG pour les personnes âgées présentant un risque de chute n'a encore été identifiée.

Unité de réadaptation de l'équilibre (BRU™)

Concernant les limitations présentées par Duque et al. (2013), en regard de l'utilisation de l'unité de réadaptation de l'équilibre (BRU™), celles-ci sont plutôt d'ordre financier. Les auteurs de l'étude affirment que l'investissement financier initial pour l'acquisition d'un tel système est important, sans préciser le prix exact.

Autres systèmes de RV

Yeşilyaprak et al. (2016) vont, en un certain point, dans le même sens que Duque et al. (2013), en déclarant que les exercices d'équilibre basés sur la RV ont certaines limites, telles que le temps, le coût et l'espace. Ils prennent comme exemple le système de RV qu'ils utilisent dans leur intervention (BTS NIRVANA VR Interactive System) qui n'est pas destiné à un usage domestique ni à plusieurs utilisateurs en même temps. Ce système coûte par ailleurs plus cher qu'une console de jeu disponible dans le commerce.

Perspectives cliniques et de recherche

Les perspectives cliniques et de recherche des auteurs des articles inclus dans l'examen de portée ont été extraites textuellement (Tableau 5). L'Annexe 6 reprend les verbatims des auteurs dans leur langue d'origine, afin de ne pas biaiser le sens utilisé.

Les perspectives cliniques et de recherche ont été principalement identifiées dans les sections "limitations" et "conclusion" des études incluses.

La richesse des perspectives de recherche présentées dans le Tableau 5 est représentative de l'état initial et évolutif de la littérature actuelle concernant les possibilités d'utilisation de la RV pour les personnes âgées présentant des troubles de l'équilibre ou de la marche.

Plusieurs auteurs (Morone et al., 2016; Ogawa et al., 2020; Shema et al., 2014; Wu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016) avancent que des recherches futures sont nécessaires et que ces dernières devraient inclure des tailles d'échantillons plus importantes, afin de confirmer les résultats obtenus. Chao et al. (2015) avancent, de leur côté, qu'il serait utile de s'intéresser à la satisfaction des personnes qui dispensent l'intervention. D'autres auteurs (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Morone et al., 2016; Ogawa et al., 2020; Szturm et al., 2011) ajoutent que l'efficacité des interventions proposées, en regard des résultats obtenus, devrait être confirmée par des études supplémentaires.

Finalement pour Fakhro et al. (2020) et Ogawa et al. (2020), les futures études devraient chercher à définir de manière précise la dose et le volume optimaux de RV à proposer, ces derniers faisant encore défaut dans la littérature.

Tableau 5: Effets, limites et perspectives cliniques de l'utilisation de la RV

Auteur, année	Perspectives cliniques et de recherche	Effets	Limites
Chao 2015	Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour tester la faisabilité et l'efficacité d'une intervention d'exergames menée par des aides-soignants formés. La mesure de la satisfaction professionnelle des aides-soignants et de leur auto-efficacité, à mettre en œuvre des activités d'exergaming, sont suggérées dans les études futures.	L'exercice régulier à l'aide de jeux sur Wii Fit est une approche potentiellement efficace pour améliorer la fonction physique (équilibre et mobilité) des résidents de centres de vie assistée. L'intégration d'une intervention motivationnelle, couplée aux EG, peut être une méthode efficace pour motiver les personnes âgées à pratiquer une AP.	Des interfaces complexes (structures des menus compliquées), des jeux pas forcément pensés pour les personnes âgées (police d'écriture trop petite, images à mouvement rapide), des manettes pas forcément ergonomiques, peuvent prêter à l'expérience des personnes âgées.
Duque 2013	(...) le fait que l'entraînement BRU avait un effet significativement plus élevé sur la prévention des chutes mérite d'être approfondi dans de futurs essais cliniques.	BRU™ est une méthode de RV nouvelle, précise, sûre et efficace pour entraîner les paramètres de l'équilibre et des chutes chez les personnes âgées. BRU™ est une méthode efficace pour proposer un entraînement de l'équilibre aux personnes âgées qui chutent, en complément aux autres programmes d'intervention en matière de prévention des chutes.	Investissement financier initial important pour l'acquisition du système BRU™.
Fakhro 2020	En outre, une description claire de la dose et du volume optimaux pour mettre en œuvre le programme d'entraînement Wii fit, fait encore défaut dans la littérature et devrait être prise en compte dans les études futures.	L'entraînement de l'équilibre à l'aide de la Wii Fit conduit à des améliorations significatives des scores d'équilibre dynamique et statique ce qui permet de réduire le risque de chute chez les personnes âgées.	Une description claire de la dose et du volume optimal, pour mettre en œuvre le programme d'entraînement Wii fit, fait encore défaut dans la littérature.
Fu 2015	-	La Wii Fit permet d'entraîner les capacités d'équilibre de manière nettement plus efficace qu'un entraînement classique, principalement afin de réduire les chutes chez les personnes âgées fragiles vivant en institution et présentant un risque élevé de chutes récurrentes.	Le niveau de difficulté des jeux proposés avec la Wii Fit n'est pas forcément adapté pour des personnes âgées fragiles. Le fait que les jeux proposés sur la Wii Fit ne durent que quelques minutes peut potentiellement diminuer l'efficacité de l'entraînement. Les jeux d'entraînement proposés sur la Wii Fit ont une nature commerciale et ne sont pas conçus spécifiquement pour une application clinique.

Auteur, année	Perspectives cliniques et de recherche	Effets	Limites
Karahan 2015	-	Les EG ont des effets positifs sur l'équilibre, la marche fonctionnelle et la qualité de vie des personnes âgées. Les EG peuvent être considérés comme des programmes d'exercices alternatifs sûrs, divertissants et durables.	-
Morone 2016	L'exergame avec la Wii Balance Board est une option de traitement possible pour réduire l'équilibre et augmenter la fonction physique (...). De futures études de grande envergure sont nécessaires pour confirmer les présentes conclusions.	L'entraînement avec une Wii Fit démontre des effets positifs sur l'équilibre en comparaison avec les exercices conventionnels. Un entraînement supervisé de l'équilibre effectué avec la Wii Fit pourrait être utile pour améliorer les problèmes d'équilibre chez les femmes affectées par une perte osseuse.	-
Ogawa 2020	Des recherches futures sont nécessaires avec des échantillons de plus grande taille et une durée d'intervention plus longue pour étudier plus en détail l'effet des exergames sur la mobilité à double tâche chez les adultes âgés présentant un risque accru de chutes. Des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les interventions EG optimales pour les adultes âgés à risque de chutes. Les recherches futures devraient inclure un groupe d'entraînement cognitif informatisé (...) pour examiner les véritables effets combinés de l'EG sur les risques de chute. (...) les études futures pourraient utiliser les technologies d'apprentissage automatique et de conception computationnelle pour générer des programmes personnalisés d'EG à domicile.	Il existe des avantages potentiels pour l'utilisation d'un programme d'EG chez les personnes âgées vivant en communauté Les personnes âgées à risque de chutes sont capables de suivre un programme d'EG tout en l'appréciant.	Actuellement, aucune intervention optimale en matière d'EG pour les personnes âgées présentant un risque de chute n'a été identifiée.

Auteur, année	Perspectives cliniques et de recherche	Effets	Limites
Phu 2019	La nature transversale à court terme de cette étude ne nous a pas permis de quantifier les chutes à long terme, ce qui pourrait être un résultat potentiel dans de futures études longitudinales.	BRU™ est efficace pour améliorer l'équilibre statique et dynamique, ainsi que les performances physiques des personnes âgées vivant en communauté. BRU™ peut être aussi efficace que l'exercice traditionnel pour améliorer la performance physique et le risque de chutes chez les personnes âgées. Les possibilités de l'entraînement de l'équilibre en RV pour améliorer l'équilibre et la performance physique peuvent être particulièrement bénéfiques pour les personnes qui présentent des c/i ou qui sont réticentes et/ou non adhérentes aux programmes d'exercices traditionnels.	-
Shema 2014	Une analyse future d'une cohorte plus importante, incluant des participants présentant d'autres pathologies musculo-squelettiques, pourrait permettre d'identifier d'autres indications pour ce programme.	L'entraînement sur tapis roulant couplé à la RV peut s'adapter aux besoins individuels de tout un chacun, car il contient diverses caractéristiques ajustables. L'environnement virtuel permet un entraînement stimulant dans un contexte fonctionnel, tout en maintenant la sécurité du patient, ce qui est précieux pour le patient et le thérapeute. L'entraînement sur tapis roulant, couplé à la RV, peut facilement s'utiliser en clinique par des physiothérapeutes ayant pour but d'améliorer la marche chez des patients présentant des troubles de la marche. Ce programme d'entraînement à la marche en RV peut être utilisé comme un service clinique fourni par les kinésithérapeutes.	-
Szturm 2011	Dans les études futures, le test sur tapis roulant pourrait être utilisé comme une méthode alternative pour évaluer l'effet de l'exercice sur les résultats de la démarche.	Des exercices d'équilibre dynamiques graduels sur différentes surfaces peuvent être couplés à des tâches de jeux vidéo.	-

Auteur, année	Perspectives cliniques et de recherche	Effets	Limites
Valiani 2017	NA	Une technologie d'exercice en RV à domicile, individualisée pour chaque participant, facile à utiliser de manière indépendante et sans nécessité d'une intervention en face à face, est réalisable et acceptable chez les personnes âgées vivant en maison de retraite. Les personnes âgées sont capables d'exécuter un programme d'exercice par RV seules, sans aucune assistance. Jintronix peut aider les résidents de maisons de retraite à améliorer leur niveau d'AP.	-
Wu 2019	Les résultats justifient la poursuite des recherches dans le cadre de RCT multicentriques. Ceux-ci devraient inclure idéalement des échantillons de plus grande taille et un groupe de contrôle actif de participants s'engageant dans une thérapie physique standard.	Une intervention hybride combinant des EG commerciaux et de la physiothérapie pourrait prévenir/retarder l'incapacité physique chez les résidents âgés dans les maisons de retraites.	-
Yeşilyaprak 2016	Cependant, des recherches supplémentaires sont nécessaires pour déterminer les mécanismes exacts de l'amélioration potentielle du contrôle neuromusculaire de l'équilibre après l'entraînement de l'équilibre par RV." "Les études futures devraient être réalisées sur des échantillons de plus grande taille (...).	L'entraînement de l'équilibre par la RV est une option valable pour les professionnels de la santé qui envisagent la prévention des chutes chez les personnes âgées vivant dans des maisons de retraite. L'entraînement de l'équilibre basé sur la RV peut être une option sûre et agréable pour améliorer l'équilibre des personnes âgées qui sont réticentes à suivre un programme d'exercices monotones dans des maisons de retraite.	Les exercices d'équilibre basés sur la RV ont certaines limites, telles que le temps, le coût et l'espace. Le système de RV "BTS NIRVANA VR Interactive System" n'est pas destiné à un usage domestique ni à plusieurs utilisateurs en même temps. Ce système coûte plus cher qu'une console de jeu disponible dans le commerce.

Abréviations : AP, activité physique ; BRU, unité de réadaptation de l'équilibre (Balance Rehabilitation Unit) ; c/i, contre-indications ; EG, exergame; NA, non applicable; RCT, études randomisées contrôlées ; RV, réalité virtuelle; VR, virtual reality

Discussion

L'objectif de cet examen de portée était d'explorer les interventions de RV, disponibles dans la littérature, chez les personnes âgées en phase de réadaptation ayant des capacités réduites d'équilibre ou de marche. Il s'agissait également d'identifier quels étaient les systèmes de RV utilisés, mais aussi la manière dont la RV était définie et utilisée dans les études. Les résultats mesurés, tout comme les outils de mesure et les temps de mesure proposés dans les études, ont eux aussi été recherchés. Finalement, cet examen de portée a cherché à mettre en évidence les effets et les limites d'utilisation de la RV ainsi que les perspectives cliniques proposées.

Résumé des preuves

Les interventions de RV différaient, dans une certaine mesure, entre les études.

Les systèmes de RV les plus utilisés étaient des EG commerciaux (Wii Fit & Xbox 360 Kinect), venaient ensuite des technologies interactives au service de la réadaptation (BRU™, BTS Nirvana VR interactive, Jintronix) ainsi que des jeux vidéo sur ordinateur et d'autres systèmes couplant la RV à un entraînement sur tapis roulant.

Concernant notre premier objectif, nous avons constaté que la manière dont la RV était définie et utilisée variait en fonction des études. Les définitions de la RV présentaient une grande hétérogénéité entre les études incluses. Cela a été mis en évidence par les différents systèmes utilisés, la manière dont les interventions étaient délivrées, les entraînements proposés, le degré d'immersion des utilisateurs ainsi que le niveau de difficulté.

Les interventions dispensées dans chaque étude ont eu lieu en face à face; onze études (Duque et al., 2013; Fakhro et al., 2020; Fu et al., 2015; Karahan et al., 2015; Morone et al., 2016; Ogawa et al., 2020; Phu et al., 2019; Szturm et al., 2011; Valiani et al., 2017; Wu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016) de manière individuelles et deux études (Chao et al., 2015; Shema et al., 2014) en groupe. De plus, la plupart des études incluses ont eu lieu en milieu hospitalier. Seules quatre études (Karahan et al., 2015; Morone et al., 2016; Shema et al., 2014; Szturm et al., 2011) ont eu lieu en ambulatoire.

Plus de 50% des études incluses (Duque et al., 2013; Fakhro et al., 2020; Fu et al., 2015; Karahan et al., 2015; Morone et al., 2016; Szturm et al., 2011; Yeşilyaprak et al., 2016) ont été classées dans

la catégorie des essais randomisés contrôlés. Trois études (Chao et al., 2015; Ogawa et al., 2020; Valiani et al., 2017) présentaient un design quasi expérimental tandis que Phu et al. (2019) s'étaient basés sur une étude pré-post interventionnelle. Wu et al. (2019) ont réalisé une étude pilote contrôlée non randomisée et Shema et al. (2014) une étude de cohorte rétrospective.

Les principaux résultats mesurés en lien avec le second objectif étaient l'équilibre, la mobilité fonctionnelle et les chutes (incidence, risque, peur de chuter). Les mesures de l'ensemble de ces résultats ont eu lieu en amont de l'intervention puis une seconde mesure a été réalisée en fin d'intervention.

Les outils de mesure les plus utilisés étaient des tests cliniques et des échelles d'évaluation fiables et valides comme, à titre d'exemple, des tests de marches (2MJWT, 6MJWT, 10MJWT), l'échelle d'évaluation de l'équilibre de Berg (BBS) et le Timed Up and Go (TUG). Dans deux études (Duque et al., 2013; Phu et al., 2019), les auteurs ont également pu s'appuyer sur un appareil de posturographie: le Balance Rehabilitation Unit (BRU).

Finalement, pour le troisième objectif, nous avons identifié les limites suivantes: interfaces de menus, jeux et niveaux de difficulté pas forcément adaptés aux personnes âgées (Chao et al., 2015; Fu et al., 2015). De plus, aucune description claire de la dose et du volume optimal à proposer aux patients n'existe dans la littérature (Fakhro et al., 2020; Ogawa et al., 2020). Les autres systèmes de RV (BRU™, BTS NIRVANA VR Interactive System) présentent eux le désavantage d'être très onéreux.

Concernant les perspectives cliniques, nous avons mis en évidence que la RV est une technologie qui permet d'améliorer plusieurs indicateurs cliniques, comme la fonction physique, le risque de chute, l'équilibre et la marche, qui sont, pour la plupart, des alliés indispensables de la personne âgée en phase de réadaptation.

Les auteurs s'accordent à dire que les futures études devraient augmenter leur taille d'échantillon afin de pouvoir confirmer les résultats obtenus jusqu'alors (Morone et al., 2016; Ogawa et al., 2020; Shema et al., 2014; Wu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016). L'efficacité des interventions proposées serait, elle aussi, à confirmer par des études supplémentaires (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Morone et al., 2016; Ogawa et al., 2020; Szturm et al., 2011).

Finalement, il serait bénéfique de préciser la dose et le volume optimaux de RV à proposer, ces derniers faisant encore défaut dans la littérature (Fakhro et al., 2020; Ogawa et al., 2020).

Discussion générale

Le domaine de la recherche étant en pleine expansion, les possibilités d'utilisation de la RV pour les personnes âgées en phase de réadaptation et présentant des capacités réduites d'équilibre ou de marche sont multiples. En outre, les études ont démontré que divers concepts et systèmes de RV sont disponibles sur le marché. Le choix d'utilisation de ces derniers varie en fonction du contexte de réadaptation. L'évaluation de la performance, tout comme la durée de l'intervention, varient aussi grandement en fonction des études. L'ensemble des études incluses dans cet examen de portée, à l'exception de celle de Szturm et al. (2011), ont été menées au cours des dix dernières années; ce qui suggère que l'utilisation de la RV pour les personnes âgées en phase de réadaptation n'en est encore qu'à ses débuts. Les chercheurs ont utilisé des outils de mesure et des designs d'étude différents, ce qui rend difficile leur comparaison et les conclusions sur l'impact de l'intervention.

Type d'interventions

Aucune étude incluse dans notre examen de portée n'a indiqué avoir utilisé de la RA ou de la RM. Cependant, à en croire Kojima et al. (2016), ces technologies auraient un intérêt à être proposées aux personnes âgées. En effet, ces auteurs ont démontré que la RM pouvait aider les personnes âgées à effectuer des exercices physiques sans supervision, tout en réduisant le risque de surcharge physique (Kojima et al., 2016). Yuen et al. (2011) ont également remarqué que les utilisateurs âgés appréciaient l'utilisation de tels systèmes en les décrivant comme intuitifs et satisfaisants. Finalement, une revue systématique récente a démontré que l'utilisation des interventions de RM a un effet positif sur les fonctions physiques des personnes âgées (Nishchik et al., 2021).

Gil et al. (2021) ont par ailleurs mis en évidence que la RA, en association avec un traitement de physiothérapie conventionnel, pouvait être utilisée pour le traitement de l'équilibre et la prévention des chutes chez les personnes âgées. Cette combinaison de thérapies serait efficace pour améliorer l'équilibre (Gil et al., 2021).

Les critères de sélection de ces deux revues systématiques (Gil et al., 2021; Nishchik et al., 2021) et les articles qu'ils ont inclus étaient différents des nôtres, ce qui explique qu'aucun article en lien avec la RA n'ait pu être intégré à notre examen de portée.

Cependant et en regard de ces constatations, ces technologies devraient pouvoir être proposées dans le contexte de la réadaptation chez les personnes âgées dont l'équilibre ou les capacités de marche sont réduits.

Systèmes de RV

Plusieurs systèmes de RV disponibles ont été identifiés par notre examen de portée avec, en chef de file, les EG commerciaux (Wii Fit & Xbox 360 Kinect). Une revue systématique récente s'est également intéressée aux différents systèmes de RV disponibles dans la littérature dans différents champs de réadaptation (Rutkowski et al., 2020). Si cette dernière a également identifié le système Wii ainsi que le système BRU™, comme systèmes utilisés à des fins de réadaptation, elle n'a ni mis en évidence la Xbox 360 Kinect, ni le système BTS Nirvana VR interactive, ni la technologie Jintronix. Cependant, trois autres systèmes de RV sont ressortis de cette étude: virtual reality reflection therapy (VRRT); CAREN Integrated Reality System with D-flow software; Interactive Rehabilitation Exercise software (IREX). Nous noterons cependant que ces trois systèmes ont été testés auprès d'une patientèle présentant des troubles neurologiques, qui pour rappel était l'un de nos critères d'exclusion. Il semble donc prématuré d'avancer qu'ils pourraient être proposés à notre population cible.

Le choix d'application d'un système de RV au profit d'un autre dépend, entre autres, du contexte clinique ou du cadre de réadaptation (Ballester et al., 2016; Bonney et al., 2017; K. Laver et al., 2015; Rutkowski et al., 2020). Certains systèmes (BRU™, Jintronix ; BTS Nirvana VR interactive System ; programme d'entraînement sur tapis roulant) ne se prêtent pas à la réadaptation à domicile. Leur taille et leur prix d'achat rendent quasi impossible leur acquisition pour un thérapeute pratiquant dans un tel cadre (Duque et al., 2013; Yeşilyaprak et al., 2016). Ces systèmes auront pour vocation d'être proposés dans un cadre de réadaptation hospitalière et/ou de réadaptation ambulatoire. A contrario, d'autres systèmes comme la Wii Fit et la Xbox 360 Kinect, de par leur faible coût et leur facilité de transport, peuvent répondre aux spécificités de la réadaptation à domicile (Afridi et al., 2021; Farr et al., 2021).

Degré d'immersion

L'immersion est une caractéristique importante de la recherche sur la RV, parce qu'elle influence l'expérience d'un utilisateur dans l'utilisation de la RV (Rose et al., 2018). Les études incluses ont mis en évidence une forte hétérogénéité du degré d'immersion en fonction des systèmes de RV utilisés. Il serait donc intéressant de se questionner afin de savoir si un degré d'immersion est mieux accepté qu'un autre par les participants utilisant la RV à des fins de rééducation. Aucune des études incluses ne s'y est intéressée cependant, une revue systématique de Bevilacqua et al. (2019) a montré que les systèmes de RV semi-immersifs ou non-immersifs avaient l'avantage d'être mieux acceptés par les utilisateurs. Les participants ressentiraient moins le mal de mer qu'avec un système

totalement immersif. Cette piste devrait être prise en considération dans le choix du système de RV à proposer aux patients en milieu clinique.

Type d'entraînement

A l'heure actuelle une grande hétérogénéité d'approches est recommandée pour lutter contre les troubles de la marche et de l'équilibre chez les personnes âgées (Afridi et al., 2021). Si l'ensemble des études incluses proposent des exercices d'équilibre statiques et/ou dynamiques, certaines d'entre elles s'orientent également vers des exercices de force (Chao et al., 2015; Morone et al., 2016; Valiani et al., 2017), de yoga (Chao et al., 2015; Morone et al., 2016) et/ou des exercices cardio-vasculaires (Chao et al., 2015; Valiani et al., 2017).

Nos résultats font écho à l'examen de portée de Ismail et al. (2022) qui ont également mis en évidence une forte hétérogénéité des exercices proposés pour lutter contre les troubles de la marche et de l'équilibre chez les personnes âgées. Ces derniers ont relevé que des exercices de tai-chi ou de danse pouvaient aussi être proposés (Ismail et al., 2022). Les résultats identifiés par de notre examen de portée vont également dans le sens des lignes directrices mondiales concernant la prévention et la prise en charge des chutes chez les personnes âgées (Montero-Odasso et al., 2022). En effet, les recommandations actuelles préconisent des exercices multimodaux combinant des exercices de force, d'équilibre, de marche, de stretching et des exercices cardio-vasculaires (Montero-Odasso et al., 2022).

Niveau de difficulté

Le niveau de difficulté des exercices proposés aux patients est un facteur essentiel à prendre en considération lors de toutes thérapies, et les interventions se basant sur la RV ne font pas exception à cette règle. Lee et al. (2016) ont par ailleurs démontré que le niveau de difficulté des exercices proposés est le déterminant clé de l'immersion. L'équilibre entre le niveau de difficulté des exercices proposés et le niveau de compétence du patient est une condition préalable nécessaire à une bonne immersion et à une bonne adhésion au traitement proposé (Lee et al., 2016). Belchior et al. (2012) avaient également mis en évidence que l'immersion des personnes âgées durant les jeux basés sur la RV devrait être ajustée à leurs niveaux de compétences. Nous comprenons donc aisément l'importance qui doit être accordée à ce paramètre. Dans notre examen de portée nous avons pu mettre en évidence que le niveau de difficulté des exercices proposés peut être sélectionné soit par le thérapeute ou la personne qui dispense l'intervention, soit par le patient, voire encore par le système lui-même. Dans la plupart des études, ce choix a été laissé aux personnes qui dispensaient l'intervention (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Phu et al., 2019; Shema et al., 2014). Dans une seule étude (Fu et al., 2015) les participants ont pu choisir eux même le niveau de difficulté des

exercices tandis que dans les études de Fakhro et al. (2020) et Szturm et al. (2011) le système l'adaptait lui-même. Six études n'ont pas formellement indiqué à qui revenait cette possibilité (Karahana et al., 2015; Morone et al., 2016; Ogawa et al., 2020; Valiani et al., 2017; Wu et al., 2019; Yeşilyaprak et al., 2016). Aucun gold standard n'existe actuellement concernant le choix de la personne qui devrait sélectionner le niveau de difficulté. La littérature manque par ailleurs concernant l'efficacité de la progression de la difficulté, basée sur le patient par rapport aux thérapeutes. Cette question pourrait donc être explorée dans de futures études.

Il nous semble cependant essentiel, quelle que soit la personne qui le sélectionne, qu'elle le fasse en regard des possibilités du patient. La progression de la difficulté devrait également être adaptée au niveau de performance des patients, comme ce fut le cas dans la plupart des études incluses (Chao et al., 2015; Duque et al., 2013; Fu et al., 2015; Phu et al., 2019; Szturm et al., 2011). Cette manière de procéder permettrait de répondre au mieux aux perspectives des patients (Lee et al., 2016). Dans l'ensemble, plusieurs questions restent actuellement en suspens concernant le niveau de difficulté et ces points devraient être abordés dans de futures études.

Temps pour maîtriser l'outil

Aucune étude n'a fait mention du temps nécessaire à la maîtrise des outils de RV utilisés. Cette indication semble pourtant essentielle pour les professionnels de terrain lors de leur choix d'acquisition ou non d'un système de RV, ceci d'autant plus en fonction du contexte dans lequel ils agissent (réadaptation ambulatoire; réadaptation en milieu hospitalier; réadaptation à domicile). Selon l'art. 2a, annexe 2 de l'Ordonnance sur la fixation et l'adaptation de structures tarifaires dans l'assurance-maladie [ORaP], le temps dédié à l'administration n'est pas reconnu financièrement chez les physiothérapeutes suisses. La mise en place récente du dossier électronique du patient (Office fédéral de la santé publique [OFSP], 2022) risque d'autant plus d'augmenter le temps consacré aux tâches administratives. Il semble donc essentiel pour tout professionnel qui souhaite amener de l'innovation dans sa prise en charge de connaître le temps dédié à la maîtrise de l'outil de RV qu'il pourrait être amené à utiliser.

Investissement financier

Seule une étude (Duque et al., 2013) s'est intéressée succinctement et sans articuler de chiffres précis aux ressources financières nécessaires pour acquérir un système de RV. Si les autres études ne s'y sont pas intéressées, il nous semble cependant important de connaître approximativement le coût d'acquisition de ces différents systèmes de RV. En effet, ce coût sera très certainement un des facteurs déterminants dans le choix de la technologie que pourraient être amenés à faire les institutions et/ou les physiothérapeutes.

Il faudra compter quelques centaines de francs pour acquérir un des EG commerciaux comme la Wii Fit ou la Xbox 360 Kinect. En effet, à titre indicatif, le prix de lancement de la Xbox 360 Kinect avoisinait les chf 300.- (Microsoft, 2010). Les technologies interactives au service de la réadaptation comme le système BRU™, le BTS Nirvana VR interactive ou la technologie Jintronix sont plus onéreuses. Les prix d'entrées variaient, en octobre 2022, entre chf 15'000.- et chf 20'000.- (BTS Bioengineering, 2022; Jintronix, 2022; VirtualExpo Group, 2022).

Un fois le coût d'investissement initial et le temps nécessaire à la maîtrise de cet outil connus, les professionnels de santé seront plus à même de porter leur choix sur un système plutôt qu'un autre.

Outils et temps de mesure

Les études incluses utilisaient différents outils de mesure, ce qui a compliqué l'analyse des résultats. Elles se sont, par ailleurs, intéressées à des paramètres physiques, tels que l'équilibre, la mobilité fonctionnelle et les chutes. En outre, elles ont utilisé différents tests, tels que les scores BBS et TUG pour l'évaluation de l'équilibre. Les études considérées ont également utilisé des tests de marche et différentes échelles d'évaluation de l'équilibre. En plus de compliquer la comparaison et l'analyse des résultats, ces différences indiquent qu'il n'y a pas de consensus sur les paramètres à prendre en considération pour évaluer une intervention de RV visant à améliorer l'équilibre ou les capacités de marche chez notre population. En effet, il existe pléthore d'outils de mesure pour évaluer l'équilibre et le contrôle postural chez les personnes âgées que les cliniciens utilisent au quotidien (Low & Walsh, 2022). Même si aucun consensus n'existe concernant les outils de mesure à utiliser (Rubio Castañeda et al., 2015), les caractéristiques qualitatives d'un test pourraient représenter une propriété importante pour déterminer l'acceptabilité d'un test (Feinstein, 1987; Soubra et al., 2019). Un test présentant une excellente validité mais un indice d'utilisation difficile (par exemple un équipement coûteux, un besoin important d'espace, etc.) ne serait peut-être pas le test à sélectionner en priorité.

Une revue systématique récente (Braun et al., 2022) suggère de son côté que le SPPB, la vitesse de marche, le TUG et le STS seraient des outils de mesure à préconiser. En effet, les résultats obtenus suggèrent que ces outils de mesure sont de bons indicateurs de la mobilité fonctionnelles des personnes âgées.

Concernant les temps de mesure, toutes les études incluses ont opté pour un temps de mesure en début et en fin d'intervention. Seules trois d'entre elles (Duque et al., 2013; Morone et al., 2016; Valiani et al., 2017) ont également inclus une mesure à distance de l'intervention. Il semble donc opportun que des études de suivi soient réalisées, ce qui permettra aux chercheurs de mesurer les résultats de leurs études à distance de l'intervention.

Finalement, comme l'a déclaré McDowell (1987), "un indice universel parfait ne pourra jamais exister". Il paraît donc impossible d'imaginer qu'un seul outil de mesure puisse convenir à tous les individus et à toutes les applications cliniques. A cet effet, davantage d'études utilisant les mêmes outils de mesure devraient également être réalisées pour aider les cliniciens dans leurs choix.

Limitations

La principale limite de notre recherche était de n'inclure que les études dont les participants étaient âgés d'au moins 65 ans. Nous avons peut-être exclu des études pertinentes sur la base de ce critère d'âge. Le fait d'avoir exclu toutes les études qui se concentraient sur une pathologie spécifique (maladie de Parkinson, AVC, ...) peut également constituer une autre limite potentielle. Il se peut en effet que divers systèmes de RV n'aient pas pu être identifiés, car proposés majoritairement à une population présentant une pathologie spécifique.

Implications

Cet examen de portée avait pour but d'identifier les manques dans la littérature concernant les possibilités d'utilisation de la RV pour les personnes âgées dont l'équilibre ou les capacités de marche sont réduits. Les preuves suggèrent qu'il existe plusieurs interventions de RV ainsi que plusieurs systèmes disponibles sur le marché qui peuvent être proposés à cette population.

Les résultats mesurés et les outils de mesure identifiés présentent une certaine hétérogénéité. A cet effet, de futures recherches semblent nécessaires afin d'inclure des tailles d'échantillons plus importantes pour clarifier ces points.

Plus précisément, nous estimons que les points suivants devraient être abordés dans les travaux futurs:

- Elaborer des recommandations générales concernant les protocoles d'utilisation de la RV afin de faciliter le quotidien des cliniciens.

- Proposer des directives concernant le niveau de difficulté des exercices utilisés.

- Elaborer des précisions concernant la dose et le volume optimaux de RV à proposer aux patients.

- Réaliser un questionnement sur la satisfaction et le degré d'immersion des utilisateurs en fonction du système proposé.

- Un intérêt devrait également être porté à la RA et à la RM ce qui permettrait d'ouvrir le champ des possibilités d'utilisation de ces technologies.

Davantage de recherches devraient être menées en utilisant les mêmes outils de mesure. Des études longitudinales avec une période de suivi de l'ordre de plusieurs mois devraient être réalisées.

Des revues systématiques qui auraient pour but de synthétiser les connaissances existantes sur le sujet seraient à réaliser.

Des recherches futures devraient enfin s'intéresser au temps nécessaire à investir pour maîtriser les différents outils de RV.

Par cet examen de portée nous comprenons aisément que le rôle de l'évaluation des technologies de la santé est d'une importance cruciale. Ces nouvelles technologies font, par ailleurs, écho aux objectifs exprimés par le programme EU4Health (European Commission, 2021). Ce dernier a pour objectif de consolider les systèmes de santé grâce au renforcement des données de santé, aux outils et services numériques ainsi qu'à la transformation numérique des soins de santé (European Commission, 2021). Dans cette perspective, les cliniciens devraient chercher à s'enrichir d'équipements adéquats à l'efficacité prouvée, comme le secteur prometteur de la RV, pour pouvoir progresser dans ce domaine tout en dispensant des soins de qualité.

Conclusion

Cet examen de portée a été effectué pour identifier et résumer la littérature publiée sur la RV chez les personnes âgées en phase de réadaptation ayant des capacités réduites d'équilibre ou de marche. Les technologies relatives à la RV ont fait l'objet d'une attention croissante ces dernières années et leur utilisation pourrait être une alternative réaliste et acceptée par les personnes âgées (Molina et al., 2014).

L'analyse des articles sélectionnés a démontré qu'il existe plusieurs technologies et systèmes de RV à disposition des cliniciens. La technologie la plus présente est la RV et les systèmes les plus souvent utilisés sont les exergames commerciaux. La manière dont les interventions sont délivrées, le degré d'immersion des utilisateurs et le niveau de difficulté proposé sont hétérogènes. Cette hétérogénéité peut être considérée comme un frein pour certains cliniciens, mais également comme une aubaine pour d'autres. Les praticiens ont ainsi la possibilité d'offrir aux personnes âgées une expérience personnalisée en fonction de leurs intérêts et de leurs compétences, ce qui peut permettre de réduire les obstacles et rendre l'adhésion participative plus réussie. Les outils de mesure identifiés sont eux aussi variables. Cette hétérogénéité laisse une fois encore la possibilité aux cliniciens d'adapter leurs évaluations aux possibilités de leurs patients.

La RV est une technologie qui permettrait d'améliorer plusieurs indicateurs cliniques comme la fonction physique, le risque de chute, l'équilibre et la marche, qui sont, pour la plupart, des alliés indispensables de la personne âgée en phase de réadaptation. Cette technologie pourrait donc être

une réponse à donner au manque de personnel soignant que connaissent aujourd'hui les milieux de soins. Elle permettrait enfin aux personnes âgées dont l'équilibre ou les capacités de marche sont réduits d'être actrices de leur réadaptation. Pour ce faire, il semble essentiel que de futures revues systématiques, qui auraient pour but de synthétiser les connaissances concernant les protocoles et les paramètres d'entraînement spécifiques à préconiser tout comme les outils de mesure à utiliser sur le terrain, soient réalisées.

Références

- Abt, C. C. (1970). *Serious games*. Viking Press.
- Afridi, A., Malik, A. N., Ali, S., & Amjad, I. (2018). Effect of balance training in older adults using Wii fit plus. *The Journal of the Pakistan Medical Association*, 68(3), 480-483.
<https://www.jpma.org.pk/PdfDownload/8622>
- Afridi, A., Rathore, F. A., & Nazir, S. N. B. (2021). Wii fit for balance training in elderly : A systematic review. *Journal of the College of Physicians and Surgeons--Pakistan: JCPSP*, 30(5), 559-566. <https://doi.org/10.29271/jcpsp.2021.05.559>
- Alvarez, J. (2015). *Du jeu vidéo au serious game* [Thèse de doctorat, Université Toulouse II - Toulouse le Mirail, Université Toulouse III - Paul Sabatier]. HAL. <https://hal.archives-ouvertes.fr/tel-01240683/file/TheseSeriousGames.pdf>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies : Towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), 19-32.
<https://doi.org/10.1080/1364557032000119616>
- Bachmann, S., Graf, C., Goetz, S., Rossi, G. R., & Tschanz, M. (2021). *DefReha © : Réadaptation stationnaire : Définition et exigences minimales*. H+ Les Hôpitaux de Suisse.
https://www.hplus.ch/fileadmin/hplus.ch/public/Tarife/ST_Reha/20211002_DefReha_3.0_f_mit_Vorwort_Isabelle_Moret_AEnderung_AK.pdf
- Ballester, B. R., Maier, M., San Segundo Mozo, R. M., Castañeda, V., Duff, A., & M J Verschure, P. F. (2016). Counteracting learned non-use in chronic stroke patients with reinforcement-induced movement therapy. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 13(1), Article 74. <https://doi.org/10.1186/s12984-016-0178-x>
- Battaglia, G., Bellafore, M., Bianco, A., Paoli, A., & Palma, A. (2010). Effects of a dynamic balance training protocol on podalic support in older women. Pilot study. *Aging Clinical and Experimental Research*, 22(5-6), 406-411. <https://doi.org/10.1007/BF03337736>

- Bauer, A. C. M., & Andringa, G. (2020). The potential of immersive virtual reality for cognitive training in elderly. *Gerontology*, 66(6), 614-623. <https://doi.org/10.1159/000509830>
- Baur, C., Roulet, G., & Sattelmayer, K. M. (2021). *Possibilities of using virtual reality for elderly people with reduced balance or walking abilities*. OSF. 10.17605/OSF.IO/XEG2B
- Belchior, P., Marsiske, M., Sisco, S., Yam, A., & Mann, W. (2012). Older adults' engagement with a video game training program. *Activities, Adaptation & Aging*, 36, 269-279.
- Bellafiore, M., Battaglia, G., Bianco, A., Paoli, A., Farina, F., & Palma, A. (2011). Improved postural control after dynamic balance training in older overweight women. *Aging Clinical and Experimental Research*, 23(5-6), 378-385. <https://doi.org/10.1007/BF03337762>
- Bellotti, F., Berta, R., & De Gloria, A. (2010). Designing effective serious games : Opportunities and challenges for research. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 5(SI3), 22-35. <https://doi.org/10.3991/ijet.v5s3.1500>
- Bembom, O., van der Laan, M., Haight, T., & Tager, I. (2009). Leisure-time physical activity and all-cause mortality in an elderly cohort. *Epidemiology*, 20(3), 424-430. <https://doi.org/10.1097/EDE.0b013e31819e3f28>
- Bevilacqua, R., Maranesi, E., Riccardi, G. R., Di Donna, V., Pelliccioni, P., Luzi, R., Lattanzio, F., & Pelliccioni, G. (2019). Non-immersive virtual reality for rehabilitation of the older people : A systematic review into efficacy and effectiveness. *Journal of Clinical Medicine*, 8(11), Article 1882. <https://doi.org/10.3390/jcm8111882>
- Bisson, E., Contant, B., Sveistrup, H., & Lajoie, Y. (2007). Functional balance and dual-task reaction times in older adults are improved by virtual reality and biofeedback training. *Cyberpsychology & Behavior*, 10(1), 16-23. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9997>
- Bonney, E., Jelsma, L. D., Ferguson, G. D., & Smits-Engelsman, B. C. M. (2017). Learning better by repetition or variation? Is transfer at odds with task specific training? *PloS One*, 12(3), Article e0174214. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0174214>

- Booth, A., Clarke, M., Ghera, D., Moher, D., Petticrew, M., & Stewart, L. (2011). An international registry of systematic-review protocols. *The Lancet*, 377(9760), 108-109.
[https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(10\)60903-8](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60903-8)
- Braun, T., Thiel, C., Peter, R. S., Bahns, C., Büchele, G., Rapp, K., Becker, C., & Grüneberg, C. (2022). Association of clinical outcome assessments of mobility capacity and incident disability in community-dwelling older adults—A systematic review and meta-analysis. *Ageing Research Reviews*, 81, Article 101704. <https://doi.org/10.1016/j.arr.2022.101704>
- BTS Bioengineering. (2022). *NIRVANA : sensory and interactive room*.
<https://www.btsbioengineering.com/products/nirvana/>
- Burdea, G. C. (2003). Virtual rehabilitation—Benefits and challenges. *Methods of Information in Medicine*, 42(5), 519-523. http://www.ti.rutgers.edu/publications/papers/2003_imia.pdf
- Chao, Y.-Y., Scherer, Y. K., Montgomery, C. A., Wu, Y.-W., & Lucke, K. T. (2015). Physical and psychosocial effects of wii fit exergames use in assisted living residents : A pilot study. *Clinical Nursing Research*, 24(6), 589-603. <https://doi.org/10.1177/1054773814562880>
- Clark, R. A., Mentiplay, B. F., Pua, Y.-H., & Bower, K. J. (2018). Reliability and validity of the Wii Balance Board for assessment of standing balance : A systematic review. *Gait & Posture*, 61, 40-54. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.12.022>
- Daley, M. J., & Spinks, W. L. (2000). Exercise, mobility and aging. *Sports Medicine*, 29(1), 1-12.
<https://doi.org/10.2165/00007256-200029010-00001>
- Darekar, A., McFadyen, B. J., Lamontagne, A., & Fung, J. (2015). Efficacy of virtual reality-based intervention on balance and mobility disorders post-stroke : A scoping review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 12, 46. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0035-3>
- de Amorim, J. S. C., Leite, R. C., Brizola, R., & Yonamine, C. Y. (2018). Virtual reality therapy for rehabilitation of balance in the elderly : A systematic review and META-analysis. *Advances in Rheumatology*, 58(1), 18. <https://doi.org/10.1186/s42358-018-0013-0>
- Dockx, K., Bekkers, E. M., Van den Bergh, V., Ginis, P., Rochester, L., Hausdorff, J. M., Mirelman, A., & Nieuwboer, A. (2016). Virtual reality for rehabilitation in Parkinson's disease. *The*

- Cochrane Database of Systematic Reviews*, 12, Article CD010760.
<https://doi.org/10.1002/14651858.CD010760.pub2>
- Dores, A. R., Barbosa, F., Marques, A., Carvalho, I. P., De Sousa, L., & Castro-Caldas, A. (2012). Realidade Virtual na Reabilitação : Por Que Sim e Por Que Não? Uma Revisão Sistemática [Virtual reality and rehabilitation : Why or why not ? A systematic literature review]. *Acta Medica Portuguesa*, 25(6), 414-421.
<https://www.actamedicaportuguesa.com/revista/index.php/amp/article/view/1358/951>
- Duque, G., Boersma, Loza-Diaz, Hassan, Suarez, H., Geisinger, Suriyaarachchi, Sharma, & Demontiero. (2013). Effects of balance training using a virtual-reality system in older fallers. *Clinical Interventions in Aging*, 8, 257-263. <https://doi.org/10.2147/CIA.S41453>
- European Commission. (2021, mars 24). *EU4Health programme 2021-2027 : A vision for a healthier European Union*. European Union. https://health.ec.europa.eu/funding/eu4health-programme-2021-2027-vision-healthier-european-union_en
- Fakhro, M. A., Hadchiti, R., & Awad, B. (2020). Effects of Nintendo Wii fit game training on balance among Lebanese older adults. *Aging Clinical and Experimental Research*, 32(11), 2271-2278. <https://doi.org/10.1007/s40520-019-01425-x>
- Farr, W. J., Green, D., Bremner, S., Male, I., Gage, H., Bailey, S., Speller, S., Colville, V., Jackson, M., Memon, A., & Morris, C. (2021). Feasibility of a randomised controlled trial to evaluate home-based virtual reality therapy in children with cerebral palsy. *Disability and Rehabilitation*, 43(1), 85-97. <https://doi.org/10.1080/09638288.2019.1618400>
- Feinstein, A. R. (1987). *Clinimetrics*. Yale University Press. <https://doi.org/10.2307/j.ctt1xp3vbc>
- Fernández-Argüelles, E. L., Rodríguez-Mansilla, J., Antunez, L. E., Garrido-Ardila, E. M., & Muñoz, R. P. (2015). Effects of dancing on the risk of falling related factors of healthy older adults : A systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 60(1), 1-8.
<https://doi.org/10.1016/j.archger.2014.10.003>
- Fu, A. S., Gao, K. L., Tung, A. K., Tsang, W. W., & Kwan, M. M. (2015). Effectiveness of exergaming training in reducing risk and incidence of falls in frail older adults with a history

- of falls. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 96(12), 2096-2102.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2015.08.427>
- Fung, J., Richards, C. L., Malouin, F., McFadyen, B. J., & Lamontagne, A. (2006). A treadmill and motion coupled virtual reality system for gait training post-stroke. *Cyberpsychology & Behavior*, 9(2), 157-162. <https://doi.org/10.1089/cpb.2006.9.157>
- Gil, M. J. V., Gonzalez-Medina, G., Lucena-Anton, D., Perez-Cabezas, V., Ruiz-Molinero, M. D. C., & Martín-Valero, R. (2021). Augmented reality in physical therapy : Systematic review and meta-analysis. *JMIR Serious Games*, 9(4), Article e30985. <https://doi.org/10.2196/30985>
- Gillespie, L. D., Gillespie, W. J., Robertson, M. C., Lamb, S. E., Cumming, R. G., & Rowe, B. H. (2003). Interventions for preventing falls in elderly people. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 4, Article CD000340. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD000340>
- Gillespie, L. D., Robertson, M. C., Gillespie, W. J., Sherrington, C., Gates, S., Clemson, L. M., & Lamb, S. E. (2012). Interventions for preventing falls in older people living in the community. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9, Article CD007146. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD007146.pub3>
- Giné-Garriga, M., Roqué-Fíguls, M., Coll-Planas, L., Sitjà-Rabert, M., & Salvà, A. (2014). Physical exercise interventions for improving performance-based measures of physical function in community-dwelling, frail older adults : A systematic review and meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(4), 753-769.e3.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2013.11.007>
- Gobbo, S., Bergamin, M., Sieverdes, J. C., Ermolao, A., & Zaccaria, M. (2014). Effects of exercise on dual-task ability and balance in older adults : A systematic review. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 58(2), 177-187. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.10.001>
- Granacher, U., Gollhofer, A., Hortobágyi, T., Kressig, R. W., & Muehlbauer, T. (2013). The importance of trunk muscle strength for balance, functional performance, and fall prevention in seniors : A systematic review. *Sports Medicine*, 43(7), 627-641.
<https://doi.org/10.1007/s40279-013-0041-1>

- Hagovská, M., & Olekszyová, Z. (2016). Impact of the combination of cognitive and balance training on gait, fear and risk of falling and quality of life in seniors with mild cognitive impairment. *Geriatrics & Gerontology International*, 16(9), 1043-1050.
<https://doi.org/10.1111/ggi.12593>
- Halvarsson, A., Franzén, E., & Ståhle, A. (2015). Balance training with multi-task exercises improves fall-related self-efficacy, gait, balance performance and physical function in older adults with osteoporosis : A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 29(4), 365-375. <https://doi.org/10.1177/0269215514544983>
- Hewston, P., & Deshpande, N. (2016). Falls and balance impairments in older adults with type 2 diabetes : Thinking beyond diabetic peripheral neuropathy. *Canadian Journal of Diabetes*, 40(1), 6-9. <https://doi.org/10.1016/j.jcjd.2015.08.005>
- Hoffmann, T. C., Glasziou, P. P., Boutron, I., Milne, R., Perera, R., Moher, D., Altman, D. G., Barbour, V., Macdonald, H., Johnston, M., Lamb, S. E., Dixon-Woods, M., McCulloch, P., Wyatt, J. C., Chan, A.-W., & Michie, S. (2014). Better reporting of interventions : Template for intervention description and replication (TIDieR) checklist and guide. *BMJ*, 348(348), article g1687. <https://doi.org/10.1136/bmj.g1687>
- Holden, M. K. (2005). Virtual environments for motor rehabilitation : Review. *Cyberpsychology & Behavior*, 8(3), 187-211. <https://doi.org/10.1089/cpb.2005.8.187>
- Howcroft, J., Lemaire, E. D., Kofman, J., & McIlroy, W. E. (2018). Dual-task elderly gait of prospective fallers and non-fallers : A wearable-sensor based analysis. *Sensors*, 18(4), 1275. <https://doi.org/10.3390/s18041275>
- Huang, T.-K., Yang, C.-H., Hsieh, Y.-H., Wang, J.-C., & Hung, C.-C. (2018). Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry. *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences*, 34(4), 243-248. <https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.009>
- Inouye, S. K., Studenski, S., Tinetti, M. E., & Kuchel, G. A. (2007). Geriatric syndromes : Clinical, research, and policy implications of a core geriatric concept. *Journal of the American Geriatrics Society*, 55(5), 780-791. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2007.01156.x>

- Ismail, N. A., Hashim, H. A., & Ahmad Yusof, H. (2022). Physical activity and exergames among older adults : A scoping review. *Games for Health Journal*, 11(1), 1-17.
<https://doi.org/10.1089/g4h.2021.0104>
- Izquierdo, M., Merchant, R. A., Morley, J. E., Anker, S. D., Aprahamian, I., Arai, H., Aubertin-Leheudre, M., Bernabei, R., Cadore, E. L., Cesari, M., Chen, L.-K., de Souto Barreto, P., Duque, G., Ferrucci, L., Fielding, R. A., García-Hermoso, A., Gutiérrez-Robledo, L. M., Harridge, S. D. R., Kirk, B., ... Fiatarone Singh, M. (2021). International exercise recommendations in older adults (ICFSR) : Expert consensus guidelines. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 25(7), 824-853. <https://doi.org/10.1007/s12603-021-1665-8>
- Jintronix. (2022). *Jintronix—Interactive technology for rehabilitation and senior care*. Jintronix.
<https://jintronix.com/>
- Karahan, A. Y., Tok, F., Taşkın, H., Kuçuksaraç, S., Başaran, A., & Yıldırım, P. (2015). Effects of exergames on balance, functional mobility, and quality of life of geriatrics versus home exercise programme : Randomized controlled study. *Central European Journal of Public Health*, 23 Suppl, S14-18. <https://doi.org/10.21101/cejph.a4081>
- Karamians, R., Proffitt, R., Kline, D., & Gauthier, L. V. (2020). Effectiveness of virtual reality- and gaming-based interventions for upper extremity rehabilitation poststroke : A meta-analysis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 101(5), 885-896.
<https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.10.195>
- Katz, D. L., Williams, A., Girard, C., Goodman, J., Comerford, B., Behrman, A., & Bracken, M. B. (2003). The evidence base for complementary and alternative medicine : Methods of evidence mapping with application to CAM. *Alternative Therapies in Health and Medicine*, 9(4), 22-30.
- Kendrick, D., Kumar, A., Carpenter, H., Zijlstra, G. A. R., Skelton, D. A., Cook, J. R., Stevens, Z., Belcher, C. M., Haworth, D., Gawler, S. J., Gage, H., Masud, T., Bowling, A., Pearl, M., Morris, R. W., Iliffe, S., & Delbaere, K. (2014). Exercise for reducing fear of falling in older

- people living in the community. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 11, Article CD009848. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009848.pub2>
- Keshner, E. A. (2004). Virtual reality and physical rehabilitation : A new toy or a new research and rehabilitation tool? *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 1, Article 8. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-1-8>
- King, M. B., & Tinetti, M. E. (1995). Falls in community-dwelling older persons. *Journal of the American Geriatrics Society*, 43(10), 1146-1154. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.1995.tb07017.x>
- Kojima, T., Hiyama, A., Kobayashi, K., Kamiyama, S., Ishii, N., Hirose, M., & Akiyama, H. (2016). EXILE : Experience based interactive learning environment. *Proceedings of the 7th Augmented Human International Conference 2016*, 1-2. <https://doi.org/10.1145/2875194.2875206>
- Kumar, A., Carpenter, H., Morris, R., Iliffe, S., & Kendrick, D. (2014). Which factors are associated with fear of falling in community-dwelling older people? *Age and Ageing*, 43(1), 76-84. <https://doi.org/10.1093/ageing/aft154>
- Laamarti, F., Eid, M., & El Saddik, A. (2014). An overview of serious games. *International Journal of Computer Games Technology*, 2014, Article ID 358152. <https://doi.org/10.1155/2014/358152>
- Laufer, Y., Dar, G., & Kodesh, E. (2014). Does a wii-based exercise program enhance balance control of independently functioning older adults? A systematic review. *Clinical Interventions in Aging*, 9, 1803-1813. <https://doi.org/10.2147/CIA.S69673>
- Laver, K. E., Lange, B., George, S., Deutsch, J. E., Saposnik, G., & Crotty, M. (2017). Virtual reality for stroke rehabilitation. *Cochrane Database of Systematic Reviews*. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD008349.pub4>
- Laver, K., George, S., Thomas, S., Deutsch, J. E., & Crotty, M. (2015). Virtual reality for stroke rehabilitation : An abridged version of a Cochrane review. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 51(4), 497-506.

- Lee, M., Suh, D., Son, J., Kim, J., Eun, S.-D., & Yoon, B. (2016). Patient perspectives on virtual reality-based rehabilitation after knee surgery : Importance of level of difficulty. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 53(2), 239-252.
<https://doi.org/10.1682/JRRD.2014.07.0164>
- Lee, S., & Shin, S. (2013). Effectiveness of virtual reality using video gaming technology in elderly adults with diabetes mellitus. *Diabetes Technology & Therapeutics*, 15(6), 489-496.
<https://doi.org/10.1089/dia.2013.0050>
- Lewis, R., Gómez Álvarez, C. B., Rayman, M., Lanham-New, S., Woolf, A., & Mobasheri, A. (2019). Strategies for optimising musculoskeletal health in the 21st century. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 20, Article 164. <https://doi.org/10.1186/s12891-019-2510-7>
- Li, Z., Han, X.-G., Sheng, J., & Ma, S.-J. (2016). Virtual reality for improving balance in patients after stroke : A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 30(5), 432-440.
<https://doi.org/10.1177/0269215515593611>
- Low, D. C., & Walsh, G. S. (2022). The minimal important change for measures of balance and postural control in older adults : A systematic review. *Age and Ageing*, 51(12), afac284.
<https://doi.org/10.1093/ageing/afac284>
- Maggio, M. G., Naro, A., La Rosa, G., Cambria, A., Lauria, P., Billeri, L., Latella, D., Manuli, A., & Calabrò, R. S. (2020). Virtual reality based cognitive rehabilitation in minimally conscious state : A case report with EEG findings and systematic literature review. *Brain Sciences*, 10(7), Article 414. <https://doi.org/10.3390/brainsci10070414>
- Markovic, G., Sarabon, N., Greblo, Z., & Krizanic, V. (2015). Effects of feedback-based balance and core resistance training vs. Pilates training on balance and muscle function in older women : A randomized-controlled trial. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 61(2), 117-123. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2015.05.009>
- Martínez-Velilla, N., Casas-Herrero, A., Zambom-Ferraresi, F., Sáez de Asteasu, M. L., Lucia, A., Galbete, A., García-Baztán, A., Alonso-Renedo, J., González-Glaría, B., Gonzalo-Lázaro, M., Apezteguía Iráizoz, I., Gutiérrez-Valencia, M., Rodríguez-Mañas, L., & Izquierdo, M.

- (2019). Effect of exercise intervention on functional decline in very elderly patients during acute hospitalization : A randomized clinical trial. *JAMA Internal Medicine*, 179(1), 28-36.
<https://doi.org/10.1001/jamainternmed.2018.4869>
- McDowell, I. (1987). *Measuring health : A guide to rating scales and questionnaires*. Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195165678.001.0001>
- Miake-Lye, I. M., Hempel, S., Shanman, R., & Shekelle, P. G. (2016). What is an evidence map? A systematic review of published evidence maps and their definitions, methods, and products. *Systematic Reviews*, 5, Article 28. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0204-x>
- Michael, D. (2006). *Serious games : Games that educate, train and inform*. Thomson Course Technology.
- Microsoft. (2010). *Kinect Pricing, All-in-One Bundle Announced*. Microsoft.
<https://news.microsoft.com/2010/07/20/kinect-pricing-all-in-one-bundle-announced/>
- Milgram, P., & Kishino, F. (1994). *A taxonomy of mixed reality visual displays*. E77-D(12), 1321-1329.
- Molina, K. I., Ricci, N. A., de Moraes, S. A., & Perracini, M. R. (2014). Virtual reality using games for improving physical functioning in older adults : A systematic review. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 11, Article 156. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-156>
- Montero-Odasso, M., van der Velde, N., Martin, F. C., Petrovic, M., Tan, M. P., Ryg, J., Aguilar-Navarro, S., Alexander, N. B., Becker, C., Blain, H., Bourke, R., Cameron, I. D., Camicioli, R., Clemson, L., Close, J., Delbaere, K., Duan, L., Duque, G., Dyer, S. M., ... Task Force on Global Guidelines for Falls in Older Adults. (2022). World guidelines for falls prevention and management for older adults : A global initiative. *Age and Ageing*, 51(9), Article afac205. <https://doi.org/10.1093/ageing/afac205>
- Morone, G., Paolucci, T., Luziatelli, S., Iosa, M., Piermattei, C., Zangrando, F., Paolucci, S., Vulpiani, M. C., Saraceni, V. M., Baldari, C., & Guidetti, L. (2016). Wii Fit is effective in women with bone loss condition associated with balance disorders : A randomized

- controlled trial. *Aging Clinical and Experimental Research*, 28(6), 1187-1193.
<https://doi.org/10.1007/s40520-016-0578-6>
- Nations Unies. (2019, juin 17). *Deux milliards de personnes de plus sur la Terre en 2050, selon l'ONU*. <https://www.un.org/development/desa/fr/news/population/world-population-prospects-2019.html>
- Nawaz, A., Skjæret, N., Helbostad, J. L., Vereijken, B., Boulton, E., & Svanaes, D. (2016). Usability and acceptability of balance exergames in older adults : A scoping review. *Health Informatics Journal*, 22(4), 911-931. <https://doi.org/10.1177/1460458215598638>
- Neri, S. G., Cardoso, J. R., Cruz, L., Lima, R. M., de Oliveira, R. J., Iversen, M. D., & Carregaro, R. L. (2017). Do virtual reality games improve mobility skills and balance measurements in community-dwelling older adults? Systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 31(10), 1292-1304. <https://doi.org/10.1177/0269215517694677>
- Ni, M., Mooney, K., Richards, L., Balachandran, A., Sun, M., Harriell, K., Potiaumpai, M., & Signorile, J. F. (2014). Comparative impacts of tai chi, balance training, and a specially-designed yoga program on balance in older fallers. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 95(9), 1620-1628.e30. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2014.04.022>
- Nishchyk, A., Chen, W., Pripp, A. H., & Bergland, A. (2021). The Effect of Mixed Reality Technologies for Falls Prevention Among Older Adults : Systematic Review and Meta-analysis. *JMIR Aging*, 4(2), e27972. <https://doi.org/10.2196/27972>
- Nobari, H., Rezaei, S., Sheikh, M., Fuentes-García, J. P., & Pérez-Gómez, J. (2021). Effect of virtual reality exercises on the cognitive status and dual motor task performance of the aging population. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(15), Article 8005. <https://doi.org/10.3390/ijerph18158005>
- Nogueira, S., Ferreira, E., Geisinger, D., San Román, C., & Suarez, H. (2010). Model of postural control system applied in Parkinson's disease patients. *2010 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology*, 2010, 5452-5455.
<https://doi.org/10.1109/IEMBS.2010.5626509>

- Office fédéral de la santé publique. (2022, décembre 9). *Législation dossier électronique du patient*. <https://www.bag.admin.ch/bag/fr/home/gesetze-und-bewilligungen/gesetzgebung/gesetzgebung-mensch-gesundheit/gesetzgebung-elektronisches-patientendossier.html>
- Ogawa, E. F., Huang, H., Yu, L.-F., Gona, P. N., Fleming, R. K., Leveille, S. G., & You, T. (2020). Effects of exergaming on cognition and gait in older adults at risk for falling. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 52(3), 754-761.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002167>
- Ordonnance du 20 juin 2014 sur la fixation et l'adaptation de structures tarifaires dans l'assurance-maladie (= ORaP ; RS 832.102.5 ; état le 08 mai 2018).
- Organisation mondiale de la santé. (2021, novembre 10). *Réadaptation*.
<https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/rehabilitation>
- Orimo, H., Ito, H., Suzuki, T., Araki, A., Hosoi, T., & Sawabe, M. (2006). Reviewing the definition of « elderly ». *Geriatrics and Gerontology International*, 6(3), 149-158.
<https://doi.org/10.1111/j.1447-0594.2006.00341.x>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—A web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1), Article 210.
<https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Owino, V., Yang, S. Y., & Goldspink, G. (2001). Age-related loss of skeletal muscle function and the inability to express the autocrine form of insulin-like growth factor-1 (MGF) in response to mechanical overload. *FEBS Letters*, 505(2), 259-263. [https://doi.org/10.1016/s0014-5793\(01\)02825-3](https://doi.org/10.1016/s0014-5793(01)02825-3)
- Palumbo, P., Palmerini, L., Bandinelli, S., & Chiari, L. (2015). Fall risk assessment tools for elderly living in the community : Can we do better? *PloS One*, 10(12), Article e0146247.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0146247>
- Peters, E., Pritzkeleit, R., Beske, F., & Katalinic, A. (2010). Demografischer wandel und krankheitshäufigkeiten : Eine projektion bis 2050. *Bundesgesundheitsblatt -*

- Gesundheitsforschung - Gesundheitsschutz*, 53(5), 417-426.
<https://doi.org/10.1007/s00103-010-1050-y>
- Peters, M. D. J., Marnie, C., Tricco, A. C., Pollock, D., Munn, Z., Alexander, L., McInerney, P., Godfrey, C. M., & Khalil, H. (2021). Updated methodological guidance for the conduct of scoping reviews. *JBIM Evidence Implementation*, 19(1), 3-10.
<https://doi.org/10.1097/XEB.0000000000000277>
- Phu, S., Vogrin, S., Al Saedi, A., & Duque, G. (2019). Balance training using virtual reality improves balance and physical performance in older adults at high risk of falls. *Clinical Interventions in Aging*, 14, 1567-1577. <https://doi.org/10.2147/CIA.S220890>
- Pizzigalli, L., Filippini, A., Ahmaidi, S., Jullien, H., & Rainoldi, A. (2011). Prevention of falling risk in elderly people : The relevance of muscular strength and symmetry of lower limbs in postural stability. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 567-574.
<https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181d32213>
- Rand, D., Kizony, R., & Weiss, P. T. L. (2008). The Sony PlayStation II EyeToy : Low-cost virtual reality for use in rehabilitation. *Journal of Neurologic Physical Therapy*, 32(4), 155-163.
<https://doi.org/10.1097/NPT.0b013e31818ee779>
- Rendon, A. A., Lohman, E. B., Thorpe, D., Johnson, E. G., Medina, E., & Bradley, B. (2012). The effect of virtual reality gaming on dynamic balance in older adults. *Age and Ageing*, 41(4), 549-552. <https://doi.org/10.1093/ageing/afs053>
- Rose, T., Nam, C. S., & Chen, K. B. (2018). Immersion of virtual reality for rehabilitation—Review. *Applied Ergonomics*, 69, 153-161. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2018.01.009>
- Rubio Castañeda, F. J., Tomás Aznar, C., Muro Baquero, C., & Chico Guerra, J. (2015). Mobility assessment in elderly people. Description of measuring instruments for mobility : A review. *Revista Espanola De Salud Publica*, 89(6), 545-561. <https://doi.org/10.4321/S1135-57272015000600003>
- Rutkowski, S., Kiper, P., Cacciante, L., Cieřlik, B., Mazurek, J., Turolla, A., & Szczepańska-Gieracha, J. (2020). Use of virtual reality-based training in different fields of rehabilitation :

- A systematic review and meta-analysis. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 52(11), Article jrm00121. <https://doi.org/10.2340/16501977-2755>
- Schultheis, M. T., & Rizzo, A. A. (2001). The application of virtual reality technology in rehabilitation. *Rehabilitation Psychology*, 46(3), 296-311. <https://doi.org/10.1037/0090-5550.46.3.296>
- Shema, S. R., Brozgol, M., Dorfman, M., Maidan, I., Sharaby-Yeshayahu, L., Malik-Kozuch, H., Wachslar Yannai, O., Giladi, N., Hausdorff, J. M., & Mirelman, A. (2014). Clinical experience using a 5-week treadmill training program with virtual reality to enhance gait in an ambulatory physical therapy service. *Physical Therapy*, 94(9), 1319-1326. <https://doi.org/10.2522/ptj.20130305>
- Sherrington, C., Fairhall, N. J., Wallbank, G. K., Tiedemann, A., Michaleff, Z. A., Howard, K., Clemson, L., Hopewell, S., & Lamb, S. E. (2019). Exercise for preventing falls in older people living in the community. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2019(1), Article CD012424. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD012424.pub2>
- Sherrington, C., Whitney, J. C., Lord, S. R., Herbert, R. D., Cumming, R. G., & Close, J. C. T. (2008). Effective exercise for the prevention of falls : A systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Geriatrics Society*, 56(12), 2234-2243. <https://doi.org/10.1111/j.1532-5415.2008.02014.x>
- Sienko, K. H., Whitney, S. L., Carender, W. J., & Wall, C. (2017). The role of sensory augmentation for people with vestibular deficits : Real-time balance aid and/or rehabilitation device? *Journal of Vestibular Research: Equilibrium & Orientation*, 27(1), 63-76. <https://doi.org/10.3233/VES-170606>
- Simor, F. W., Brum, M. R., Schmidt, J. D. E., Rieder, R., & De Marchi, A. C. B. (2016). Usability Evaluation Methods for Gesture-Based Games : A Systematic Review. *JMIR Serious Games*, 4(2), Article e17. <https://doi.org/10.2196/games.5860>
- Smidt, N., de Vet, H. C. W., Bouter, L. M., Dekker, J., Arendzen, J. H., de Bie, R. A., Bierma-Zeinstra, S. M. A., Helden, P. J. M., Keus, S. H. J., Kwakkel, G., Lenssen, T., Oostendorp,

- R. A. B., Ostelo, R. W. J. G., Reijman, M., Terwee, C. B., Theunissen, C., Thomas, S., van Baar, M. E., van 't Hul, A., ... Exercise Therapy Group. (2005). Effectiveness of exercise therapy : A best-evidence summary of systematic reviews. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 51(2), 71-85. [https://doi.org/10.1016/s0004-9514\(05\)70036-2](https://doi.org/10.1016/s0004-9514(05)70036-2)
- Soubra, R., Chkeir, A., & Novella, J.-L. (2019). A systematic review of thirty-one assessment tests to evaluate mobility in older adults. *BioMed Research International*, 2019, Article 1354362. <https://doi.org/10.1155/2019/1354362>
- Steihaug, S., Lippestad, J.-W., & Werner, A. (2016). Between ideals and reality in home-based rehabilitation. *Scandinavian Journal of Primary Health Care*, 34(1), 46-54. <https://doi.org/10.3109/02813432.2015.1132888>
- Stenhagen, M., Ekström, H., Nordell, E., & Elmståhl, S. (2014). Accidental falls, health-related quality of life and life satisfaction : A prospective study of the general elderly population. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 58(1), 95-100. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2013.07.006>
- Stolee, P., Lim, S. N., Wilson, L., & Glenny, C. (2012). Inpatient versus home-based rehabilitation for older adults with musculoskeletal disorders : A systematic review. In *Database of Abstracts of Reviews of Effects (DARE) : Quality-assessed Reviews [Internet]*. Centre for Reviews and Dissemination. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK98048/>
- Stroke Foundation. (2022). *Home based rehabilitation*. InformMe. <https://informme.org.au/resources/home-based-rehabilitation>
- Suárez, H., Suárez, A., & Lavinsky, L. (2006). Postural adaptation in elderly patients with instability and risk of falling after balance training using a virtual-reality system. *The International Tinnitus Journal*, 12(1), 41-44.
- Szturm, T., Betker, A. L., Moussavi, Z., Desai, A., & Goodman, V. (2011). Effects of an interactive computer game exercise regimen on balance impairment in frail community-dwelling older adults : A randomized controlled trial. *Physical Therapy*, 91(10), 1449-1462. <https://doi.org/10.2522/ptj.20090205>

- Tepper, O. M., Rudy, H. L., Lefkowitz, A., Weimer, K. A., Marks, S. M., Stern, C. S., & Garfein, E. S. (2017). Mixed reality with hololens : Where virtual reality meets augmented reality in the operating room. *Plastic and Reconstructive Surgery*, 140(5), 1066-1070.
<https://doi.org/10.1097/PRS.0000000000003802>
- Thomas, E., Martines, F., Bianco, A., Messina, G., Giustino, V., Zangla, D., Iovane, A., & Palma, A. (2018). Decreased postural control in people with moderate hearing loss. *Medicine*, 97(14), Article e0244. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000010244>
- Tricco, A. C., Lillie, E., Zarin, W., O'Brien, K. K., Colquhoun, H., Levac, D., Moher, D., Peters, M. D. J., Horsley, T., Weeks, L., Hempel, S., Akl, E. A., Chang, C., McGowan, J., Stewart, L., Hartling, L., Aldcroft, A., Wilson, M. G., Garritty, C., ... Straus, S. E. (2018). PRISMA extension for scoping reviews (PRISMA-ScR) : Checklist and explanation. *Annals of Internal Medicine*, 169(7), 467-473. <https://doi.org/10.7326/M18-0850>
- University of Pittsburgh Medical Center. (2022). *Inpatient and outpatient rehab*. Frequently Asked Questions. <https://www.upmc.com/services/rehab/rehab-institute/for-patients/faq>
- Valiani, V., Lauzé, M., Martel, D., Pahor, M., Manini, T. M., Anton, S., & Aubertin-Leheudre, M. (2017). A new adaptive home-based exercise technology among older adults living in nursing home : A pilot study on feasibility, acceptability and physical performance. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 21(7), 819-824. <https://doi.org/10.1007/s12603-016-0820-0>
- Van Krevelen, D. W. F., & Poelman, R. (2010). A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations. *International Journal of Virtual Reality*, 9(2), 1-20.
<https://doi.org/10.20870/IJVR.2010.9.2.2767>
- Verheijden Klompstra, L., Jaarsma, T., & Strömberg, A. (2014). Exergaming in older adults : A scoping review and implementation potential for patients with heart failure. *European Journal of Cardiovascular Nursing*, 13(5), 388-398.
<https://doi.org/10.1177/1474515113512203>

VirtualExpo Group. (2022). *Balance rehabilitation systems*. Medical Expo.

<https://www.medicalexpo.com/medical-manufacturer/balance-rehabilitation-system-30929.html>

Woollacott, M., & Shumway-Cook, A. (2002). Attention and the control of posture and gait : A review of an emerging area of research. *Gait & Posture*, 16(1), 1-14.

[https://doi.org/10.1016/s0966-6362\(01\)00156-4](https://doi.org/10.1016/s0966-6362(01)00156-4)

Wu, Y.-Z., Lin, J.-Y., Wu, P.-L., & Kuo, Y.-F. (2019). Effects of a hybrid intervention combining exergaming and physical therapy among older adults in a long-term care facility : Hybrid intervention for the elderly. *Geriatrics & Gerontology International*, 19(2), 147-152.

<https://doi.org/10.1111/ggi.13575>

Yen, H.-Y., & Chiu, H.-L. (2021). Virtual reality exergames for Improving older adults' cognition and Depression : A systematic review and meta-analysis of randomized control trials. *Journal of the American Medical Directors Association*, 22(5), 995-1002.

<https://doi.org/10.1016/j.jamda.2021.03.009>

Yeşilyaprak, S. S., Yıldırım, M. Ş., Tomruk, M., Ertekin, Ö., & Algun, Z. C. (2016). Comparison of the effects of virtual reality-based balance exercises and conventional exercises on balance and fall risk in older adults living in nursing homes in Turkey. *Physiotherapy Theory and Practice*, 32(3), 191-201. <https://doi.org/10.3109/09593985.2015.1138009>

Yuen, S. C.-Y., Yaoyuneyong, G., & Johnson, E. (2011). Augmented reality : An overview and five directions for AR in education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, 4(1). <https://doi.org/10.18785/jetde.0401.10>

Zhu, S., Sui, Y., Shen, Y., Zhu, Y., Ali, N., Guo, C., & Wang, T. (2021). Effects of virtual reality intervention on cognition and motor function in older adults with mild cognitive impairment or dementia : A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Aging Neuroscience*, 13, Article 586999. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.586999>

Annexes

Annexe 1: Stratégie de recherche sur MEDLINE (OVID)

ID Search Hits

- #1 exp aged/
- #2 aging/
- #3 longevity/
- #4 aged.ab,ti,kf.
- #5 ageing.ab,ti,kf.
- #6 aging.ab,ti,kf.
- #7 elder*.ab,ti,kf.
- #8 eldest.ab,ti,kf.
- #9 senior*.ab,ti,kf.
- #10 (older ADJ1 patient*).ab,ti,kf.
- #11 (older ADJ1 people).ab,ti,kf.
- #12 (older ADJ1subject*).ab,ti,kf.
- #13 (older ADJ1 age*).ab,ti,kf.
- #14 (older ADJ1 adult*).ab,ti,kf.
- #15 (older ADJ1 man).ab,ti,kf.
- #16 (older ADJ1 men).ab,ti,kf.
- #17 (older ADJ1 male*).ab,ti,kf.
- #18 (older ADJ1 woman).ab,ti,kf.
- #19 (older ADJ1 women) .ab,ti,kf.
- #20 (older ADJ1 female*).ab,ti,kf.
- #21 (older ADJ1 population*).ab,ti,kf.
- #22 (older ADJ1 person*).ab,ti,kf.
- #23 (older ADJ1 individual*).ab,ti,kf.
- #24 "old aged".ab,ti,kf.
- #25 #1 or #2 or #3 or #4 or #5 or #6 or #7 or #8 or #9 or #10 or #11 or #12 or #13 or
#14 or #15 or #16 or #17 or #18 or #19 or #20 or #21 or #22 or #23 or #24
- #26 virtual reality/
- #27 video games/
- #28 augmented reality/
- #29 virtual reality exposure therapy/
- #30 Wii.ab,ti,kf.

#31 Xbox.ab,ti,kf.
 #32 Kinect.ab,ti,kf.
 #33 PlayStation.ab,ti,kf.
 #34 VR.ab,ti,kf.
 #35 "artificial intelligence".ab,ti,kf.
 #36 Simulation.ab,ti,kf.
 #37 Simulator.ab,ti,kf.
 #38 Exergam*.ab,ti,kf.
 #39 "Reality system".ab,ti,kf.
 #40 (virtual ADJ3 realit*).ab,ti,kf.
 #41 (virtual ADJ3 environment).ab,ti,kf.
 #42 (gaming ADJ3 console*).ab,ti,kf.
 #43 "augmented realit*".ab,ti,kf.
 #44 "video game*".ab,ti,kf.
 #45 "interactive gam*".ab,ti,kf.
 #46 #26 or #27 or #28 or #29 or #30 or #31 or #32 or #33 or #34 or #35 or #36 or #37 or #38 or
 #39 or #40 or #41 or #42 or #43 or #44 or #45 or #46
 #47 postural balance/
 #48 posture/
 #49 exp proprioception/
 #50 exp gait/
 #51 walking/
 #52 mobility limitation/
 #53 balance.ab,ti,kf.
 #54 proprioception.ab,ti,kf.
 #55 Gait.ab,ti,kf.
 #56 "Functional Mobilit*".ab,ti,kf.
 #57 "Core stabilit*".ab,ti,kf.
 #58 Equilibrium.ab,ti,kf.
 #59 (postur* ADJ3 control) .ab,ti,kf.
 #60 (postur* ADJ3 stabilit*).ab,ti,kf.
 #61 (postur* ADJ3 instabilit*).ab,ti,kf.
 #62 (postur* ADJ3 impairment*).ab,ti,kf.
 #63 (postur* ADJ3 disorder*).ab,ti,kf.
 #64 (postur* ADJ3 sway*).ab,ti,kf.
 #65 (postur* ADJ3 adjustment*).ab,ti,kf.

#66 (dynamic ADJ3 stabilit*).ab,ti,kf.
#67 (dynamic ADJ3 control*).ab,ti,kf.
#68 (walking ADJ3 difficult*).ab,ti,kf.
#69 "locomotor function*".ab,ti,kf.
#70 Movement*.ab,ti,kf.
#71 Locomotion.ab,ti,kf.
#72 "Mobility Limitation*".ab,ti,kf.
#73 kinaesthes*.ab,ti,kf.
#74 kinaesthes*.ab,ti,kf.
#75 #47 or #48 or #49 or #50 or #51 or #52 or #53 or #54 or #55 or #56 or #57 or #58 or #59 or
#60 or #61 or #62 or #63 or #64 or #65 or #66 or #67 or #68 or #69 or #70 or #71 or #72 or #73 or
#74
#76 #25 and #45 and #75

Annexe 2: Stratégie de recherche sur CINAHL (EBSCO)

ID Search Hits

- #1 MH "Aged+"
- #2 MH "Aging"
- #3 MH "Frail Elderly"
- #4 TI aged
- #5 TI ageing
- #6 TI aging
- #7 TI elder*
- #8 TI eldest
- #9 TI senior*
- #10 TI (older W1 patient*)
- #11 TI (older W1 people)
- #12 TI (older W1 subject*)
- #13 TI (older W1 age*)
- #14 TI (older W1 adult*)
- #15 TI (older W1 man)
- #16 TI (older W1 men)
- #17 TI (older W1 male*)
- #18 TI (older W1 woman)
- #19 TI (older W1 women)
- #20 TI (older W1 female*)
- #21 TI (older W1 population*)
- #22 TI (older W1 person*)
- #23 TI (older W1 individual*)
- #24 TI ("old aged")
- #25 AB aged
- #26 AB ageing
- #27 AB aging
- #28 AB elder*
- #29 AB eldest
- #30 AB senior*
- #31 AB (older W1 patient*)
- #32 AB (older W1 people)
- #33 AB (older W1 subject*)
- #34 AB (older W1 age*)

#35 AB (older W1 adult*)
 #36 AB (older W1 man)
 #37 AB (older W1 men)
 #38 AB (older W1 male*)
 #39 AB (older W1 woman)
 #40 AB (older W1 women)
 #41 AB (older W1 female*)
 #42 AB (older W1 population*)
 #43 AB (older W1 person*)
 #44 AB (older W1 individual*)
 #45 AB ("old aged")
 #46 #1 or #2 or #3 or #4 or #5 or #6 or #7 or #8 or #9 or #10 or #11 or #12 or #13 or
 #14 or #15 or #16 or #17 or #18 or #19 or #20 or #21 or #22 or #23 or #24 or #25 or #26 or #27 or
 #28 or #29 or #30 or #31 or #32 or #33 or #34 or #35 or #36 or #37 or #38 or #39 or #40 or #41 or
 42 or #43 or #44 or #45
 #47 MH "Virtual Reality+"
 #48 MH "Video Games+"
 #49 MH "Augmented Reality"
 #50 TI Wii
 #51 TI Xbox
 #52 TI Kinect
 #53 TI PlayStation
 #54 TI VR
 #55 TI "artificial intelligence"
 #56 TI Simulation
 #57 TI Simulator
 #58 TI Exergam*
 #59 TI "Reality system"
 #60 TI (virtual N3 realit*)
 #61 TI (virtual N3 environment)
 #62 TI (Nintendo N1 Wii)
 #63 TI (gaming N3 console*)
 #64 TI "augmented realit*"
 #65 TI "video game*"
 #66 TI "interactive gam*"
 #67 AB Wii

#68 AB Xbox
 #69 AB Kinect
 #70 AB PlayStation
 #71 AB VR
 #72 AB "artificial intelligence"
 #73 AB Simulation
 #74 AB Simulator
 #75 AB Exergam*
 #76 AB "Reality system"
 #77 AB (virtual N3 realit*)
 #78 AB (virtual N3 environment)
 #79 AB (Nintendo N1 Wii)
 #80 AB (gaming N3 console*)
 #81 AB "augmented realit*"
 #82 AB "video game*"
 #83 AB "interactive gam*"

#84 #47 or #48 or #49 or #50 or #51 or #52 or #53 or #54 or #55 or #56 or #57 or #58 or #59 or
 #60 or #61 or #62 or #63 or #64 or #65 or #66 or #67 or #68 or #69 or #70 or #71 or #72 or #73 or
 #74 or #75 or #76 or #77 or #78 or #79 or #80 or #81 or #82 or #83

#85 MH "Balance, Postural"
 #86 MH "Posture"
 #87 MH "Proprioception"
 #88 MH "Gait"
 #89 MH "Walking"
 #90 TI (balance)
 #91 TI (proprioception)
 #92 TI (gait)
 #93 TI ("Functional Mobilit*")
 #94 TI ("Core stabilit*")
 #95 TI (Equilibrium)
 #96 TI (postur* N3 (control))
 #97 TI (postur* N3 stabilit*)
 #98 TI (postur* N3 instabilit*)
 #99 TI (postur* N3 impairment*)
 #100 TI (postur* N3 disorder*)
 #101 TI (postur* N3 sway*)

#102 TI (postur* N3 adjustment*)
 #103 TI (dynamic N3 stabilit*)
 #104 TI (dynamic N3 control*)
 #105 TI (walking N3 difficult*)
 #106 TI "locomotor function*"

#107 TI Movement*
 #108 TI Locomotion
 #109 TI "Mobility Limitation*"

#110 TI kinaesthes*
 #111 TI kinesthes*
 #112 AB balance
 #113 AB proprioception
 #114 AB gait
 #115 AB "Functional Mobilit*"

#116 AB "Core stabilit*"

#117 AB Equilibrium
 #118 AB (postur* N3 control)
 #119 AB (postur* N3 stabilit*)
 #120 AB (postur* N3 instabilit*)
 #121 AB (postur* N3 impairment*)
 #122 AB (postur* N3 disorder*)
 #123 AB (postur* N3 sway*)
 #124 AB (postur* N3 adjustment*)
 #125 AB (dynamic N3 stabilit*)
 #126 AB (dynamic N3 control*)
 #127 AB (walking N3 difficult*)
 #128 AB "locomotor function*"

#129 AB Movement*
 #130 AB Locomotion
 #131 AB "Mobility Limitation*"

#132 AB kinaesthes*
 #133 AB kinesthes*

#134 #85 or #86 or #87 or #88 or #89 or #90 or #91 or #92 or #93 or #94 or #95 or #96 or #97 or
 #98 or #99 or #100 or #101 or #102 or #103 or #104 or #105 or #106 or #107 or #108 or #109 or
 #110 or #111 or #112 or #113 or #114 or #115 or #116 or #117 or #118 or #119 or #120 or #121 or
 #122 or #123 or #124 or #125 or #126 or #127 or #128 or #129 or #130 or #131 or #132 or #133

#135 #46 and #84 and #134

Annexe 3: Stratégie de recherche sur EMBASE

ID Search Hits

- #1 'aged'/de
- #2 'aging'/de
- #3 'frail elderly'/de
- #4 'geriatric patient'/de
- #5 'longevity'/exp
- #6 aged:ab,ti,kw
- #7 ageing:ab,ti,kw
- #8 aging:ab,ti,kw
- #9e lder*:ab,ti,kw
- #10 eldest:ab,ti,kw
- #11 senior*:ab,ti,kw
- #12 (older NEXT/1 patient*):ab,ti,kw
- #13 (older NEXT/1 people):ab,ti,kw
- #14 (older NEXT/1 subject*):ab,ti,kw
- #15 (older NEXT/1 age*):ab,ti,kw
- #16 (older NEXT/1 adult*):ab,ti,kw
- #17 (older NEXT/1 man):ab,ti,kw
- #18 (older NEXT/1 men):ab,ti,kw
- #19 (older NEXT/1 male*):ab,ti,kw
- #20 (older NEXT/1 woman):ab,ti,kw
- #21 (older NEXT/1 women):ab,ti,kw
- #22 (older NEXT/1 female*):ab,ti,kw
- #23 (older NEXT/1 population*):ab,ti,kw
- #24 (older NEXT/1 person*):ab,ti,kw
- #25 (older NEXT/1 individual*):ab,ti,kw
- #26 ("old aged"):ab,ti,kw
- #27 #1 or #2 or #3 or #4 or #5 or #6 or #7 or #8 or #9 or #10 or #11 or #12 or #13 or #14 or #15 or #16 or #17 or #18 or #19 or #20 or #21 or #22 or #23 or #24 or #25 or #26
- #28 'virtual reality'/exp
- #29 'video game'/de
- #30 'augmented reality'/exp
- #31 'augmented reality system'/exp
- #32 'virtual reality exposure therapy'/exp
- #33 Wii:ab,ti,kw

#34 Xbox:ab,ti,kw
 #35 Kinect:ab,ti,kw
 #36 PlayStation:ab,ti,kw
 #37 VR:ab,ti,kw
 #38 "artificial intelligence":ab,ti,kw
 #39 Simulation:ab,ti,kw
 #40 Simulator:ab,ti,kw
 #41 Exergam*:ab,ti,kw
 #42 "Reality system":ab,ti,kw
 #43 (virtual NEAR/3 realit*):ab,ti,kw
 #44 (virtual NEAR/3 environment):ab,ti,kw
 #45 (Nintendo NEAR/1 Wii):ab,ti,kw
 #46 (gaming NEAR/3 console*):ab,ti,kw
 #47 "augmented realit*":ab,ti,kw
 #48 "video game*":ab,ti,kw
 #49 "interactive gam*":ab,ti,kw
 #50 #28 or #29 or #30 or #31 or #32 or #33 or #34 or #35 or #36 or #37 or #38 or #39 or #40 or
 #41 or #42 or #43 or #44 or #45 or #46 or #47 or #48 or #49
 #51 'balance'/exp
 #52 'body equilibrium'/exp
 #53 'body position'/de
 #54 'proprioception'/exp
 #55 'kinesthesia'/de
 #56 'gait'/exp
 #57 'walking'/de
 #58 'walking difficulty'/exp
 #59 balance:ab,ti,kw
 #60 proprioception:ab,ti,kw
 #61 gait:ab,ti,kw
 #62 "Functional Mobilit*":ab,ti,kw
 #63 "Core stabilit*":ab,ti,kw
 #64 Equilibrium:ab,ti,kw
 #65 (postur* NEAR/3 control):ab,ti,kw
 #66 (postur* NEAR/3 stabilit*):ab,ti,kw
 #67 (postur* NEAR/3 instabilit*):ab,ti,kw
 #68 (postur* NEAR/3 impairment*):ab,ti,kw

#69 (postur* NEAR/3 disorder*):ab,ti,kw
 #70 (postur* NEAR/3 sway*):ab,ti,kw
 #71 (postur* NEAR/3 adjustment*):ab,ti,kw
 #72 (dynamic NEAR/3 stabilit*):ab,ti,kw
 #73 (dynamic NEAR/3 control*):ab,ti,kw
 #74 (walking NEAR/3 difficult*):ab,ti,kw
 #75 "locomotor function*":ab,ti,kw
 #76 Movement*:ab,ti,kw
 #77 Locomotion:ab,ti,kw
 #78 "Mobility Limitation*":ab,ti,kw
 #79 kinaesthes*:ab,ti,kw
 #80 kinesthes*:ab,ti,kw
 #81 #51 or #52 or #53 or #54 or #55 or #56 or #57 or #58 or #59 or #60 or #61 or #62 or #63 or
 #64 or #65 or #66 or #67 or #68 or #69 or #70 or #71 or #72 or #73 or #74 or #75 or #76 or #77 or
 #78 or #79 or #80
 #82 #27 and #50 and #81

Annexe 4: Stratégie de recherche sur Cochrane Central Register of Controlled Trials

ID Search Hits

- #1 Aged:ab,ti,kw
- #2 Ageing:ab,ti,kw
- #3 Aging:ab,ti,kw
- #4 elder*:ab,ti,kw
- #5 eldest:ab,ti,kw
- #6 senior*:ab,ti,kw
- #7 (older NEXT/1 patient*):ab,ti,kw
- #8 (older NEXT/1 people):ab,ti,kw
- #9 (older NEXT/1 subject*):ab,ti,kw
- #10 (older NEXT/1 age*):ab,ti,kw
- #11 (older NEXT/1 adult*):ab,ti,kw
- #12 (older NEXT/1 man):ab,ti,kw
- #13 (older NEXT/1 men):ab,ti,kw
- #14 (older NEXT/1 male*):ab,ti,kw
- #15 (older NEXT/1 woman):ab,ti,kw
- #16 (older NEXT/1 women):ab,ti,kw
- #17 (older NEXT/1 female*):ab,ti,kw
- #18 (older NEXT/1 population*):ab,ti,kw
- #19 (older NEXT/1 person*):ab,ti,kw
- #20 (older NEXT/1 individual*):ab,ti,kw
- #21 "old aged":ab,ti,kw
- #22 #1 or #2 or #3 or #4 or #5 or #6 or #7 or #8 or #9 or #10 or #11 or #12 or #13 or #14 or #15 or #16 or #17 or #18 or #19 or #20 or #21
- #23 Wii:ab,ti,kw
- #24 Xbox:ab,ti,kw
- #25 Kinect:ab,ti,kw
- #26 PlayStation:ab,ti,kw
- #27 VR:ab,ti,kw
- #28 "artificial intelligence":ab,ti,kw
- #29 Simulation:ab,ti,kw
- #30 Simulator:ab,ti,kw
- #31 Exergam*:ab,ti,kw
- #32 "Reality system":ab,ti,kw
- #33 (virtual NEAR/3 realit*):ab,ti,kw

#34 (virtual NEAR/3 environment):ab,ti,kw
 #35 (Nintendo NEAR/1 Wii):ab,ti,kw
 #36 (gaming NEAR/3 console*):ab,ti,kw
 #37 "augmented realit*":ab,ti,kw
 #38 "video game":ab,ti,kw
 #39 "interactive gam*":ab,ti,kw
 #40 #23 or #24 or #25 or #26 or #27 or #28 or #29 or #30 or #31 or #32 or #33 or #34 or #35 or
 #36 or #37 or #38 or #39
 #41 balance:ab,ti,kw
 #42 proprioception:ab,ti,kw
 #43 gait:ab,ti,kw
 #44 "Functional Mobilit:ab,ti,kw *"
 #45 "Core stabilit*":ab,ti,kw
 #46 Equilibrium:ab,ti,kw
 #47 (postur* NEAR/3 control):ab,ti,kw
 #48 (postur* NEAR/3 stabilit*):ab,ti,kw
 #49 (postur* NEAR/3 instabilit*):ab,ti,kw
 #50 (postur* NEAR/3 impairment*):ab,ti,kw
 #51 (postur* NEAR/3 disorder*):ab,ti,kw
 #52 (postur* NEAR/3 sway*):ab,ti,kw
 #53 (postur* NEAR/3 adjustment*):ab,ti,kw
 #54 (dynamic NEAR/3 stabilit*):ab,ti,kw
 #55 (dynamic NEAR/3 control*):ab,ti,kw
 #56 (walking NEAR/3 difficult*):ab,ti,kw
 #57 "locomotor function*":ab,ti,kw
 #58 Movement*:ab,ti,kw
 #59 Locomotion:ab,ti,kw
 #60 "Mobility Limitation*":ab,ti,kw
 #61 kinaesthes*:ab,ti,kw
 #62 kinesthes*:ab,ti,kw
 #63 #41 or #42 or #43 or #44 or #45 or #46 or #47 or #48 or #49 or #50 or #51 or #52 or #53 or
 #54 or #55 or #56 or #57 or #58 or #59 or #60 or #61 or #62
 #64 #22 and #40 and #63

Annexe 5: Evaluation de la structure des interventions des études incluses (TIDiER)

Auteur, année	Présentation succincte	Pourquoi?	Quoi?	Qui?	Comment?	Où?	Quand & Combien?	Individuelisation	Modifications	Fidélité à l'intervention
Chao 2015	Programme SAHA : intervention motivationnelle + EG Wii Fit.	Pas clairement défini	4 stratégies pour l'intervention motivationnelle basée sur celle de Bandura (1997) Affiches sur l'exercices et livret d'éducation sanitaire Wii fit + planche d'équilibre Wii 1 déambulateur à 4 pieds	2 assistants de recherche certifiés en réanimation cardio-pulmonaire	Face à face (groupe)	Pas clairement défini	60', 2x/sem, (30' exerc., 30' observ. + encouragement du partenaire), durant 4 sem.	Non	Non	Assistants de recherche formés à la mise en œuvre du protocole & sessions supervisées
Duque 2013	Réhabilitation vestibulaire et exercices d'entraînement postural en RV avec BRU™	Pas clairement défini	Le système BRU™ est une méthode fiable et validée qui combine des conditions somatosensorielles, visuelles et vestibulaires variables, utilisée pour évaluer et entraîner l'équilibre.	Les participants ont été supervisés par un physiothérapeute autre que celui qui a effectué les évaluations	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	30', 2x/sem (entraînement d'équilibre) durant 6 sem.	Oui	Non	Participants coachés par un physiothérapeute

Fakhro 2020	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Wii Fit	Le jeu Wii Fit permet aux utilisateurs de compléter différents modes d'entraînement tels que le yoga, l'entraînement musculaire, l'aérobic et les jeux d'équilibre. Ces modes d'entraînement sont similaires aux interventions traditionnelles d'exercice de l'équilibre mais fournissent un retour de force en temps réel (Horak, 1987).	NWBB Jeu Wii Fit (Soccer Heading, Table Tilt) 1 télévision	Les participants du groupe d'intervention ont été suivis de près par des évaluateurs pendant leurs séances et pendant la collecte des données	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	40', 3x/sem. durant 8 sem. (5' échauffement, 30' équilibre (semaines 1-4 : Soccer Heading; semaines 5-8 : Table Tilt) et 5'de récup.)	Non	Non	Participants suivis par évaluateurs pendant l'intervention
Fu 2015	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Wii Fit	Pas clairement défini	Wii balance board 3 jeux d'entraînement à l'équilibre (Soccer Heading, Table Tilt et Balance Bubble)	Un physiothérapeute a dirigé l'ensemble des entraînements pendant cette période de six semaines. Comme tous les participants présentaient des antécédents de chutes, ils étaient accompagnés d'un assistant de réadaptation qui leur apportait une aide en cas de nécessité.	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	60', 3 x/sem. durant 6 sem.	Non	Non	Participants accompagnés par un assistant de réadaptation

Karahan 2015	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Xbox Kinect 360	Pas clairement défini	Console de jeu Xbox 360 Kinect TV LCD 46 pouces Chambre de 20 m2	Chaque sujet était supervisé par une infirmière expérimentée	Face à face (individuel)	Salle de 20m2	30', 5x/sem. durant 6 sem. (30 sessions au total).	Non	Non	Participants accompagnés par une infirmière expérimentée.
Morone 2016	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Wii Fit	Pas clairement défini	Wii Fit	Les exercices étaient supervisés par 2 physiothérapeutes experts.	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	60', 2x/sem. durant 8 sem. - 10' debout, charge des 2 pieds, exercices de respiration diaphragmatique. - 10 rep. d'exerc. de yoga - 10 rep. d'exerc. de renforcement musculaire et de flexibilité - Exercices d'équilibre sous forme d'une séquence de trois jeux	Non	Non	Exercices supervisés par 2 physiothérapeutes
Ogawa 2020	Programme d'entraînement de l'équilibre avec Xbox Kinect 360	Utilisation de 3 EG qui combinent des programmes informatiques d'entraînement cérébral qui se sont avérés efficaces pour améliorer les fonctions cognitives (Smith et al., 2009), + 1 version modifiée d'un exercice qui est efficace pour prévenir les chutes (Li et al., 2005).	2 TV 2 Microsoft Kinect 2 ordinateurs portables	Les 2 programmes d'exercices supervisés, EG et TPE, ont été assignés aux communautés de personnes âgées en fonction de la disponibilité du site et du personnel.	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	60', 2x/sem. durant 8 sem.	Non	Non	Programme supervisé par un instructeur

Phu 2019	Programme d'entraînement de l'équilibre par RV avec BRU™	Pas clair	Balance Rehabilitation Unit (BRU™) (posturographie)	Les séances ont été menées et supervisées par un physiologiste de l'exercice accrédité, qui avait reçu une formation sur le système de RV utilisé.	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	2x/sem. durant 6 sem.	Oui	Non	Séances menées et supervisées par un physiologiste de l'exercice
Shema 2014	Programme d'entraînement sur tapis roulant utilisant la RV	Pas clairement défini	Tapis de course avec harnais de sécurité 2 diodes électroluminescentes 2 caméras de capture de mouvement 1 ordinateur 1 écran	Les sessions de formation ont été dispensées par des thérapeutes cliniques expérimentés	Face à face (groupe)	Pas clairement défini	Env. 60', 3x/sem. durant 5 sem. (3 séances de marche, avec des périodes de repos entre les séances).	Oui	Non	Sessions dispensées par des thérapeutes cliniques expérimentés
Szturm 2011	Programme d'équilibre dynamique couplé à des jeux informatiques.	Pas clairement défini	1 tapis de pression flexible 1 tapis de pression FSA 1 boîte d'interface FSA 1 ordinateur portable 3 jeux vidéo spécifiques	Physiothérapeutes	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	45', 2x/sem. durant 8 semaines (périodes de repos durant la séance selon besoin).	Non	Non	Intervention dispensée par un physiothérapeute
Valiani 2017	Programme d'entraînement à l'équilibre utilisant de la RV	Pas clairement défini	Technologie Jintronix: - Jintronix Wave (plateforme d'application): 1 écran de TV, 1 caméra de suivi de mouvement Microsoft Kinect. - Jintronix Portal (service sécurisé des données) - caméra de détection de mouvement	Chaque participant a été formé personnellement par un expert de la technologie Jintronix. Chaque participant a effectué l'intervention d'exercices seul, sous la supervision d'un coordinateur d'étude clinique pour des raisons de sécurité.	Face à face (individuel)	Salle privée dans l'EMS	30', 2x/sem. durant 4 sem.	Non	Non	Participants formés personnellement par un expert en technologie Jintronix

Wu 2019	Intervention hybride combinant Xbox Kinect et physiothérapie	Pas clairement défini	- Xbox Kinect	Les séances étaient supervisées par un physiothérapeute agréé.	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	90', 2x/sem. durant 12 semaines	Non	Non	Séances supervisées par un physiothérapeute diplômé
Yeşilyaprak 2016	Programme d'entraînement de l'équilibre avec RV	Pas clairement défini	Système interactif BTS NIRVANA VR Un écran Une chaise avec un dossier	Les séances étaient dispensées sous la supervision d'un physiothérapeute formé ayant > 2 ans d'expérience avec le système VR.	Face à face (individuel)	Pas clairement défini	3x/sem, durant 6 sem. (5' d'échauffement, 35-45' d'entraînement et 5' de récup. avec 30 à 60 sec. de repos entre chaque exercice).	Non	Non	Séance sous supervision d'un physiothérapeute formé avec > 2 ans d'expérience avec le système de RV
Abréviations: BRU: Balance Rehabilitation Unit; EG: Exergame; exerc., exercices; NWBB: Nintendo Wii Balance Board; observ, observation; récup, récupération; RV, réalité virtuelle; SAHA: Staying Active Healthy Aging; sec, secondes; sem, semaine; VR, virtual reality										

Annexe 6: Perspectives cliniques et de recherche

Auteur, année	<i>Perspectives cliniques et de recherche</i>
Chao 2015	"Further research is needed to test the feasibility and effectiveness of an intervention d'exergames led by trained nurse aides." "Measuring nurse aides' job satisfaction and self-efficacy to implement exergaming activities are suggested in the future studies."
Duque 2013	"(...) our finding that BRU training had a significantly higher effect on falls prevention deserves further exploration in future clinical trials."
Fakhro 2020	"Moreover, a clear description of the optimal dose and volume to implement the Wii fit training program is still lacking in the literature and should be considered in future studies."
Fu 2015	-
Karahan 2015	-
Morone 2016	"Exergame with Wii Balance Board is a possible treatment option to reduce balance and to increase physical function (...). Future large studies are needed to confirm the present finding."
Ogawa 2020	"Future research is needed with larger sample sizes and a longer intervention term to further investigate the effect of the exergames on dual-task mobility in older adults at increased risk for falls." "Additional research is needed to determine optimal EG interventions for older adults at risk for falls." "Future research should include a computerized cognitive training group (...) to examine the true combined effects of EG on fall risks" "(...) future studies could utilize machine learning and computational design technologies to generate personalized home-based EG programs"
Phu 2019	"The cross-sectional short-term nature of this study did not allow us to quantify falls in the long term, which could be a potential outcome in future longitudinal studies."
Shema 2014	"A future analysis of a larger cohort, including participants with additional musculoskeletal pathologies, may help to identify further indications for this program."
Szturm 2011	"In future studies, testing using a treadmill could be used as an alternate method to evaluate the effect of exercise on gait outcomes."
Valiani 2017	NA
Wu 2019	"The results justify further research in multicenter randomized controlled trials. These would ideally include larger sample sizes and an active groupe contrôle of participants engaging in standard physical therapy."
Yeşilyaprak 2016	"However, further research is needed to determine the exact mechanisms of the potential improvement in neuromuscular control of balance after VR balance training." "Future studies should be performed on larger sample sizes (...)."

Abréviations : BRU, unité de réadaptation de l'équilibre (Balance Rehabilitation Unit); c/i, contre-indications; EG, exergame; NA, non applicable; VR, virtual reality