

Faculté des sciences de la motricité

Effet de la rééducation vestibulaire chez les personnes âgées présentant un risque de chute associé à une dépendance visuelle.

Une revue systématique

Auteur : Dorian Favé & Martin Thiriot

Promoteur(s) : Michel Debue

Année académique 2024-2025

Master en Kinésithérapie et Réadaptation [60.0] - KINE2M1

UCLouvain FSM : Déclaration d'utilisation des aides et outils Intelligence Artificielle (IA)

J'ai utilisé l'IA pour ce projet : ☒ Oui
☐ Non

Si vous avez utilisé l'IA dans ce travail, veuillez préciser comment ci-dessous :

Texte (par exemple, vérification orthographique, génération de texte, production d'idées, ...)

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Nous avons utilisé chatgpt, pour nous aider lors de la reformulation de certains passages ainsi que pour corriger les fautes d'orthographe.

Images

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Code, aide à la programmation, ou algorithmes

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Autres utilisations

Le cas échéant, veuillez résumer (500 caractères maximum):

Nous avons également utilisé Scribbr pour la citation des articles.

Je connais les règles de la Faculté des sciences de la motricité de l'UCLouvain en matière d'intelligence artificielle. Je déclare que toute utilisation d'aides ou d'outils d'intelligence artificielle est explicitement mentionnée dans le présent formulaire de déclaration

Nom	Thiriot & Favé	Prénom	Martin & Dorian
------------	----------------	---------------	-----------------

REMERCIEMENTS

Nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont accompagnées de près ou de loin dans l'élaboration de notre mémoire.

Nous tenons à remercier nos familles et nos amis pour leur soutien et leurs précieux conseils.

Nous souhaitons remercier la Faculté des Sciences et de la Motricité de l'UCLouvain pour l'enseignement de qualité, les compétences acquises ainsi que pour l'esprit critique et scientifique qu'elle nous a permis de développer.

Nous voulons également remercier les bibliothécaires de la BPEM et les responsables des ateliers mémoires de la FSM, qui ont été d'une grande aide tout au long de la réalisation de ce mémoire.

Nous remercions également notre promoteur Michel Debue.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	1
1 CONTEXTE THÉORIQUE	1
1.1 ÂGE ET RISQUE DE CHUTES	1
1.2 L'ÉQUILIBRE.....	2
1.3 RÔLE DES TROIS SYSTÈMES SENSORIELS	2
1.3.1 <i>Le Système Vestibulaire</i>	2
1.3.2 <i>Le Système Visuel</i>	3
1.3.3 <i>Le Système Somatosensoriel</i>	3
1.3.4 <i>Synergie des Systèmes</i>	4
1.4 VIEILLISSEMENT ET PONDÉRATION SENSORIELLE	5
1.5 LIEN ENTRE LA DÉPENDANCE VISUELLE ET LE RISQUE DE CHUTE.....	6
1.6 OUTILS D'ÉVALUATION DE LA DÉPENDANCE VISUELLE	6
1.7 OBJECTIF DE LA REVUE.....	10
MÉTHODE	11
1 PROTOCOLE	11
2 STRATÉGIE DE RECHERCHE	11
3 CRITÈRES D'ÉLIGIBILITÉ.....	13
4 SÉLECTION DES ÉTUDES	14
5 EXTRACTION DES DONNÉES	14
RÉSULTATS	16
1 SÉLECTION DE L'ÉTUDE.....	16
2 RISQUES DE BIAIS DE CHACUNE DES ÉTUDES	17
3 CARACTÉRISTIQUES DES ÉTUDES	20
3.1 CARACTÉRISTIQUES DE LA POPULATION	20
3.2 TYPES D'INTERVENTIONS	21
3.3 PROTOCOLES	25
4 MESURES	29
5 RÉSULTATS PAR ÉTUDE.....	32
DISCUSSION.....	37

1	INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS.....	37
1.1	REPONDÉRATION SENSORIELLE ET AMÉLIORATION DE L'ÉQUILIBRE POSTURAL.....	37
1.2	DIMINUTION DU RISQUE DE CHUTE	39
1.3	APPORT DES QUESTIONNAIRES SUBJECTIFS DANS L' APPRÉCIATION DES EFFETS RESSENTIS.....	40
1.4	SYNTHÈSE	41
2	REMARQUES SUR LA RÉALISATION DES ÉTUDES SÉLECTIONNÉE	42
2.1	HÉTÉROGÉNÉITÉ DES TAILLES D'ÉCHANTILLON.....	42
2.2	DURÉE DU SUIVI ET ÉVALUATION DE LA PÉRENNITÉ DES EFFETS	43
2.3	FIABILITÉ ET DIVERSITÉ DU MATÉRIEL UTILISÉ	44
2.4	HÉTÉROGÉNÉITÉ DES MODALITÉS D'ÉVALUATION DE L'ÉQUILIBRE.....	44
2.5	CONSTRAINTES DANS L'INTERPRÉTATION DES DONNÉES POSTUROGRAPHIQUES	45
3	LIMITES DE LA REVUE	46
4	IMPLICATIONS DES RÉSULTATS POUR LA PRATIQUE ET LA RECHERCHE	46
	CONCLUSION	49
	BIBLIOGRAPHIE	51
	ANNEXES	56
1	ANNEXE 1 : TABLEAU 1 : CONDITIONS SENSORY ORGANISATION TEST	56
2	ANNEXE 2 : PLATEFORMES DE POSTUROGRAPHIE DYNAMIQUES INFORMATISÉES	57
3	<i>ANNEXES 3 : ÉQUATIONS DE RECHERCHE.</i>	58
4	<i>ANNEXE 4 : ÉCHELLE PEDRO</i>	62
5	<i>ANNEXE 5 : CHECKLIST DOWNS & BLACK</i>	65
6	ANNEXE 6 : SYSTÈME D'INTERVENTION CASQUE VR/CEINTURE VIBROTACTILE	67
7	<i>ANNEXE 7 : TABLEAU RÉSUMÉ DES INTERVENTIONS</i>	68

LEXIQUE

DV : Dépendance visuelle

SOT : Test d'organisation sensorielle

LOS : Limits de Stabilité

VVS : Verticale Visuelle Subjective

OKN : Stimulation Optocinétique

CDP : Posturographie dynamique informatisé

INTRODUCTION

1 Contexte théorique

1.1 Âge et risque de chutes

Avec le vieillissement de la population mondiale, les chutes chez les personnes âgées constituent aujourd'hui un enjeu majeur de santé publique. Elles figurent parmi les principales causes évitables de morbidité et de mortalité, représentant la deuxième cause de décès accidentels dans le monde, avec environ 684 000 décès enregistrés chaque année (World Health Organization : WHO, 2021). Les personnes de plus de 65 ans sont particulièrement vulnérables, et les conséquences de ces chutes sont souvent graves, voire fatales.

En France, les chutes chez les personnes âgées entraînent chaque année plus de 100 000 hospitalisations et environ 10 000 décès (*Ministères du Travail, de la Santé, des Solidarités et des Familles*, 2022). Leurs répercussions sont à la fois physiques, psychologiques et sociales, marquées notamment par une perte soudaine d'autonomie. Sur le plan économique, elles représentent une charge estimée à 2 milliards d'euros par an, dont 1,5 milliard à la charge de l'Assurance maladie. Dans un contexte de vieillissement démographique, avec une hausse attendue de 2,4 millions de personnes âgées de 65 ans et plus d'ici 2030, la prévention des chutes apparaît comme une priorité incontournable pour les politiques de santé publique (*Ministères du Travail, de la Santé, des Solidarités et des Familles*, 2022).

Dans ce contexte de vieillissement de la population, il devient donc essentiel de mieux comprendre les mécanismes des chutes chez les personnes âgées ainsi que leurs conséquences. Cette compréhension est indispensable pour développer des stratégies de prévention efficaces, adaptées aux besoins de cette population particulièrement vulnérable, et visant à limiter leurs répercussions physiques, psychologiques et économiques.

1.2 L'équilibre

L'équilibre est la capacité d'un individu à maintenir ou à retrouver une posture stable par rapport à son environnement. C'est une fonction qui va nécessiter la synergie de plusieurs systèmes sensoriels : les systèmes vestibulaire, visuel, somatosensoriel. Des récepteurs vont recevoir les informations sensorielles qui vont être intégrées par le système nerveux central ou bien transmises via des voies réflexes. Ce processus va permettre de détecter les mouvements corporels et de déclencher des réponses motrices pour ajuster ou stabiliser la posture et la vision. Lorsque l'un des 3 systèmes sensoriels est altéré, des troubles visuels et posturaux ou une appréhension de la chute peuvent survenir. (Amblard, 1998)

1.3 Rôle des trois systèmes sensoriels

1.3.1 Le Système Vestibulaire

Le système vestibulaire, situé au niveau de l'oreille interne, joue un rôle essentiel dans le maintien de l'équilibre et la perception de l'orientation spatiale. Il intervient notamment dans l'analyse des mouvements de la tête, qu'ils soient linéaires ou rotatoires. Ce système se compose de deux structures principales. D'une part, les organes otolithiques (le saccule, l'utricule) détectent les accélérations linéaires et informent sur la position de la tête par rapport à la gravité. D'autre part, les canaux semi-circulaires, répartis selon trois plans perpendiculaires (antérieur, postérieur et latéral), sont responsables de la détection des mouvements angulaires ou rotatoires de la tête.

Les signaux sensoriels issus de ces récepteurs vestibulaires sont transmis au cerveau via le nerf vestibulocochléaire (VIIIe nerf crânien) (Sakka & Vitte, 2004). Ces informations sont ensuite intégrées avec celles provenant des systèmes visuel et proprioceptif pour assurer la stabilité posturale et l'équilibre.

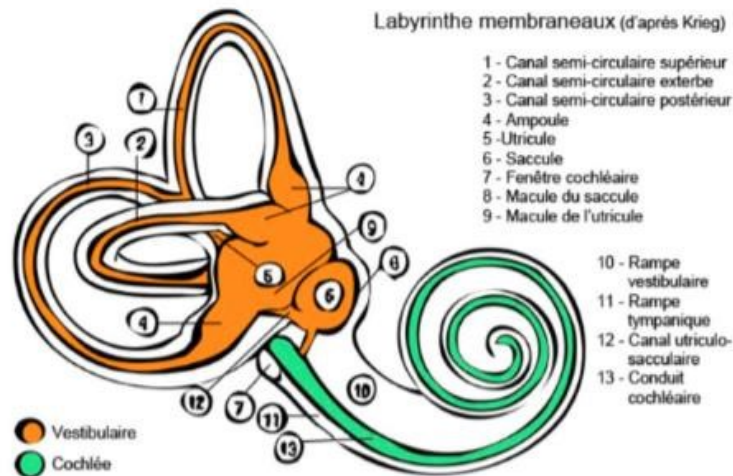


Fig.1 : L'oreille Interne et Vestibule, Labyrinthe Membraneux : Anatomie, s. d.

1.3.2 Le Système Visuel

Le système visuel entretient des connexions étroites avec le système vestibulaire, notamment via le réflexe vestibulo-oculaire (RVO), qui permet de stabiliser l'image rétinienne lors des mouvements de la tête. Les signaux issus des noyaux vestibulaires sont directement transmis aux noyaux des nerfs oculomoteurs (III, IV et VI) (fig.2), assurant une coordination rapide et automatique des mouvements des yeux pour compenser ceux de la tête. Par ailleurs, lors des déplacements, la vision fournit des indices dynamiques tels que le flux optique et la parallaxe du mouvement. Le flux optique correspond au déplacement des objets dans le champ visuel, renseignant sur la vitesse et la direction du mouvement, tandis que la parallaxe du mouvement permet d'estimer la distance des objets selon leur vitesse relative apparente. Ces indices visuels, en synergie avec les informations vestibulaires sur les accélérations et les rotations, permettent au cerveau d'estimer précisément la position et le déplacement dans l'espace (Roberts et al., 2013).

1.3.3 Le Système Somatosensoriel

Les structures anatomiques du système somatosensoriel comprennent différents types de récepteurs (cutanés et proprioceptifs), les nerfs afférents, les voies nerveuses situées dans la moelle épinière et le cerveau, les relais centraux tels que

le thalamus, ainsi que le cortex somatosensoriel où ces informations sont traitées (Abraira & Ginty, 2013).

Ce système est composé de deux grandes composantes. Le système somatosensoriel superficiel, qui transmet les informations tactiles (comme le contact du pied avec le sol), et le système somatosensoriel profond, qui permet la proprioception (position et mouvement des articulations, étirement des tendons, pression dans les capsules, etc.). Les récepteurs impliqués sont situés dans la peau, les muscles, les tendons et les articulations (Simoneau et al., 1995). Les informations issues de ces récepteurs permettent d'ajuster finement la posture, d'organiser les réponses posturales automatiques et de limiter les oscillations corporelles pour assurer la stabilité. Elles sont relayées au système nerveux central, où elles sont intégrées avec celles des systèmes vestibulaire et visuel pour ajuster la posture et l'équilibre (Simoneau et al., 1995).

1.3.4 Synergie des Systèmes

Ces trois systèmes interagissent de manière étroite et sont intégrés au niveau central afin de fournir une perception cohérente de l'orientation et de la verticalité. Cette intégration multisensorielle est essentielle pour adapter la posture et les réactions posturales aux changements de l'environnement.

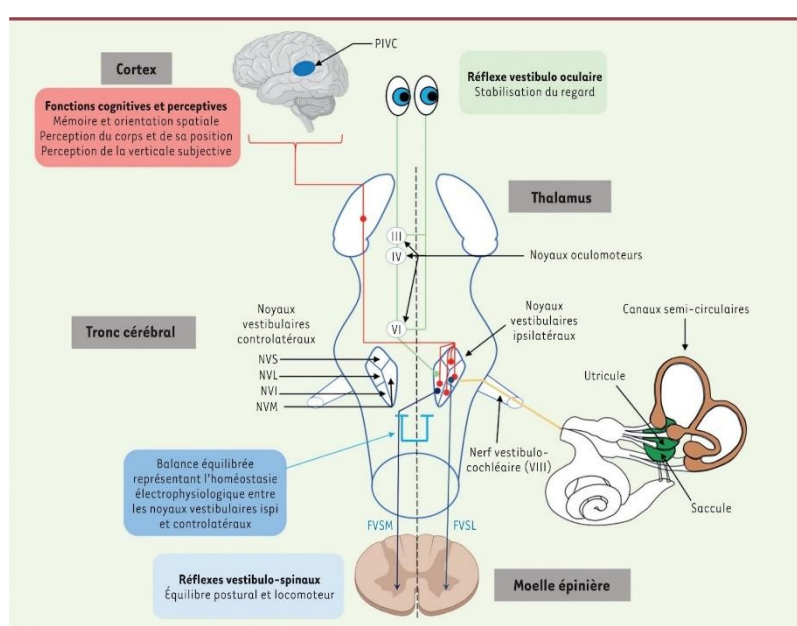


Fig 2 : Schéma des voies efférentes vestibulaire (Tighilet, 2021)

Le schéma représente l'organisation des voies efférentes du système vestibulaire à partir des noyaux vestibulaires situés dans le tronc cérébral. Ces noyaux, recevant les afférences en provenance des récepteurs périphériques de l'oreille interne, projettent vers différentes structures centrales impliquées dans le contrôle postural, la stabilisation du regard et la perception consciente de l'orientation.

Ces projections s'organisent principalement autour de trois grandes voies fonctionnelles :

- Vers les noyaux des nerfs oculomoteurs (III, IV, VI) : via la voie vestibulo-oculaire, elles permettent la stabilisation du regard lors des mouvements de la tête.
- Vers la moelle épinière : par les voies vestibulo-spinales. Le faisceau latéral, issu du noyau vestibulaire latéral, participe au maintien de l'équilibre via des projections ipsilatérales. Le faisceau médian, issu des noyaux médian, inférieur et latéral, contrôle la musculature cervicale grâce à des projections bilatérales.
- Vers le cortex cérébral, via le thalamus : ces projections assurent l'intégration consciente des signaux vestibulaires au niveau du cortex pariéto-insulaire et contribuent à la perception de la verticale et à l'orientation spatiale.

1.4 Vieillesse et pondération sensorielle

Avec l'avancée en âge, les systèmes sensoriels impliqués dans le maintien de l'équilibre, notamment les systèmes vestibulaire et somatosensoriel, subissent un déclin progressif. Le système vestibulaire est particulièrement touché. Des études ont montré que la perte des cellules ciliées de l'oreille interne débute dès l'âge adulte, entre 20 et 40 ans, et s'accroît avec le temps (Alberts et al., 2019). Cette dégénérescence affecte notamment les canaux semi-circulaires, entraînant une dégradation de la qualité des signaux transmis au cerveau. L'information vestibulaire devient alors moins fiable, moins précise et plus bruitée, rendant son traitement par le système nerveux central plus incertain (Alberts et al., 2019).

Pour compenser cette perte de fiabilité, le cerveau met en œuvre un mécanisme adaptatif appelé repondération sensorielle. Il s'agit d'ajuster l'importance accordée à chaque type d'information sensorielle (vestibulaire, somatosensorielle, visuelle)

en fonction de sa fiabilité (Alberts et al., 2019). Ainsi, lorsque les signaux vestibulaires et somatosensoriels deviennent moins efficaces, le cerveau tend à privilégier l'information visuelle, considérée comme plus fiable. Cette adaptation peut aboutir à une situation de dépendance visuelle (Deveze et al., 2013).

1.5 Lien entre la dépendance visuelle et le risque de chute

La dépendance visuelle est cette tendance à s'appuyer davantage sur l'information visuelle. Si cette adaptation permet temporairement de maintenir l'équilibre, elle présente toutefois des limites importantes. En effet, cette surutilisation des repères visuels rend l'individu particulièrement vulnérable aux environnements visuellement perturbés ou dépourvus de repères fiables, tels que la pénombre, ou aux contextes de mouvements visuels rapides (Deveze et al., 2013). Dans de telles situations, leur capacité à ajuster efficacement les informations sensorielles se trouve altérée, ce qui se manifeste par un biais plus marqué dans la perception de la verticalité (Alberts et al., 2019), fragilisant ainsi le contrôle postural et augmentant, par conséquent, le risque de chute (Eikema et al., 2011).

Cette fragilité associée à la dépendance visuelle s'exprime particulièrement lors d'activités fonctionnelles telles que la marche ou les transitions posturales. Elle est également mise en évidence dans le test Timed Up and Go (TUG), les personnes âgées dépendantes visuellement présentent des vitesses de rotation du tronc plus faibles et des accélérations réduites, en particulier lors des phases de redressement et de pivot. Ces altérations traduisent une capacité diminuée à initier le mouvement et à ajuster la posture face aux changements de direction, augmentant ainsi la probabilité de déséquilibre et de chute (Almajid et al., 2019).

C'est pourquoi la dépendance visuelle est désormais reconnue comme une cible prioritaire des programmes de rééducation vestibulaire, qui visent notamment à restaurer une utilisation plus équilibrée des différentes entrées sensorielles et à limiter le recours excessif à la vision (Deveze et al., 2013).

1.6 Outils d'évaluation de la dépendance visuelle

La dépendance visuelle ne constitue pas une pathologie clairement définie par des critères diagnostiques précis. Elle peut se manifester même en l'absence de maladie

vestibulaire identifiée, notamment chez des personnes âgées, chez qui elle peut résulter d'un mécanisme adaptatif face à une déficience vestibulaire. De plus, aucun test formel unique et validé ne permet aujourd'hui de poser un diagnostic définitif de cette dépendance. Sa mise en évidence repose essentiellement sur des évaluations indirectes. Parmi les outils les plus couramment utilisés pour ce faire figurent le Sensory Organization Test (SOT) et la Verticale Visuelle Subjective (VVS) (Maire et al., 2017).

La Verticale Visuelle Subjective est un outil d'évaluation permettant de mesurer la capacité d'un individu à percevoir la verticale terrestre en l'absence de repères visuels explicites (verticales et horizontales présentes dans l'environnement), comme par exemple dans l'obscurité. Cette perception repose alors principalement sur le bon fonctionnement du système vestibulaire, en particulier des otolithes, qui informent le cerveau sur l'orientation de la tête par rapport à la gravité (Dieterich & Brandt, 2019). L'évaluation de la VVS consiste généralement à demander au sujet d'ajuster l'orientation d'un objet, tel qu'une tige, afin qu'il corresponde à ce qu'il perçoit comme étant parfaitement vertical. Cette mesure est souvent réalisée dans l'obscurité afin d'éliminer les repères visuels et d'évaluer principalement la contribution du système de perception gravitaire, notamment vestibulaire. Deux modalités sont habituellement explorées : une condition statique et une condition dynamique, où un fond mobile vient perturber l'information visuelle.

Chez les sujets dits dépendants visuels, la perception de la verticale est particulièrement sensible aux perturbations visuelles. En condition dynamique, ces sujets présentent des déviations importantes de leur verticale subjective, traduisant leur difficulté à ignorer des informations visuelles inappropriées.

Ces altérations sont particulièrement marquées chez les personnes âgées ayant un historique de chutes. Comparés aux sujets non-chuteurs, ces individus montrent des erreurs significativement plus importantes en VVS statique et dynamique, illustrant une dépendance visuelle accrue (Totilienè et al., 2021). La VVS présente un intérêt majeur pour évaluer les stratégies sensorielles utilisées dans le contrôle postural.

Ces données sont d'autant plus importantes que des études ont montré qu'une déviation accrue de la VVS dynamique est significativement associée au risque de chute. Chez les sujets âgés, chaque degré supplémentaire de déviation accroît ce risque de manière notable (Totilienè et al., 2021), ce qui s'explique par le fait que

ces individus s'alignent sur une verticale perçue de façon erronée, compromettant ainsi leur stabilité posturale. Le Sensory Organization Test (SOT) est une évaluation de posturographie dynamique permettant d'analyser la capacité d'un individu à maintenir son équilibre face à des perturbations sensorielles. Ce protocole s'appuie sur l'utilisation d'une plateforme mobile associée à un environnement visuel modulable. L'évaluation repose sur 6 conditions expérimentales successives, qui altèrent sélectivement la fiabilité des informations visuelles, somatosensorielles et vestibulaires afin de tester les stratégies sensorielles mises en œuvre par le sujet (R. Bloem et al., 2003).

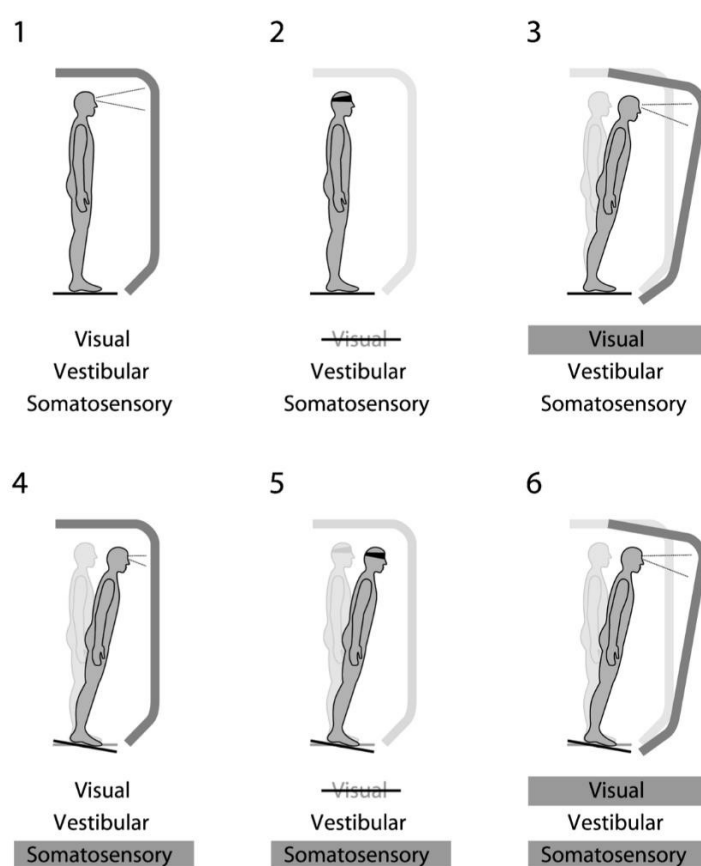


Fig 3 : Les 6 différentes conditions du SOT (R. Bloem et al., 2003).

Ces conditions détaillées ont été répertoriées dans un tableau en annexes (ANNEXE 1).

Pour chacune de ces conditions, un score est établi.

$$\text{Score} = ((\text{Limite de stabilité} - \text{Oscillation mesurée}) / \text{Limites de stabilité}) \times 100$$

La limite de stabilité (LOS = Limit of stability) correspond à l'amplitude maximale du centre de gravité que l'on considère comme acceptable pour rester en sécurité, sans risque de tomber. Pour le SOT, cette limite est standardisée à environ 12,5 degrés (6,25 en avant et 6,25 en arrière).

Un score de 100 % traduit une très bonne stabilité. Au contraire, plus la personne oscille, plus le score est bas ; par exemple : 60 %, cela traduit une difficulté à maintenir l'équilibre et un risque accru de chute.

Exemple : un sujet oscille de 3 degrés pendant une des conditions :

$$\text{Score} = ((12,5 - 3) / 12,5) \times 100 = 76 \%$$

Le score d'équilibre est de 76 % reflétant une bonne stabilité.

Certaines de ces conditions (notamment les conditions 3 et 6) induisent une perturbation volontaire des repères visuels. Une instabilité accrue dans ces situations traduit la difficulté du sujet à ignorer ces repères trompeurs, suggérant ainsi une dépendance visuelle pour le contrôle postural (R. Bloem et al., 2003).

La condition numéro 3 du SOT place le patient dans une situation où il doit se tenir debout, les yeux ouverts, sur une plateforme stable. Cependant l'environnement visuel est sway-referenced, c'est-à-dire qu'il bouge en fonction des mouvements du patient, rendant les repères visuels volontairement peu fiables. Dans ce contexte, la capacité à maintenir l'équilibre dépend de l'aptitude du système nerveux à ignorer les informations visuelles trompeuses et à s'appuyer davantage sur les informations vestibulaires et proprioceptives. (Vanicek et al., 2013)

Lorsqu'un patient chute ou présente une instabilité marquée dans cette condition, cela traduit une difficulté à réajuster le poids sensoriel attribué à la vision lorsque celle-ci devient inexacte. Autrement dit, le patient reste dépendant des informations visuelles, même lorsqu'elles sont erronées, au lieu de s'appuyer sur ses autres systèmes sensoriels pour maintenir l'équilibre. (Vanicek et al., 2013)

Dans la condition 6, le patient se tient debout les yeux ouverts, mais sur une plateforme instable (elle aussi sway-referenced), qui bouge en fonction de ses

propres oscillations, et entouré d'un environnement visuel également sway-referenced. Cette double instabilité rend à la fois les informations proprioceptives et visuelles peu fiables. Le système nerveux central doit alors s'appuyer principalement sur les informations vestibulaires pour maintenir l'équilibre.

Une chute dans cette condition met en avant une dépendance excessive aux systèmes sensoriels altérés : cela montre que le patient ne parvient pas à compenser la perte de fiabilité des entrées visuelles et proprioceptives.

Cela montre soit un déficit vestibulaire soit une mauvaise intégration vestibulaire : puisque la condition 6 sollicite fortement le système vestibulaire, une chute suggère souvent un dysfonctionnement vestibulaire non compensé, ou une incapacité à utiliser efficacement ces informations.

Pour réaliser ce test, différentes plateformes peuvent être utilisées, notamment la plateforme Equitest (Neurocom), la plateforme Synapsys Posturography System (ANNEXES 2) ou la plateforme française Multitest (Framiral). Cette dernière, à partir des conditions C (3) et F (6) du SOT où une stimulation plein champ optocinétique est projetée, nous permet d'obtenir précisément un score de DV allant de 0 à 100. De plus, cette plateforme est moins coûteuse et repose sur un système simplifié à base de ressort et de capteurs de force permettant, comme l'Equitest, d'analyser finement les stratégies posturales ainsi que la préférence visuelle via les scores obtenus dans les différentes conditions du SOT.

1.7 Objectif de la revue

Le principal objectif de cette revue systématique est d'observer l'efficacité de diverses interventions vestibulaires pour réduire la dépendance visuelle et, par conséquent, diminuer le risque de chute chez les personnes âgées.

MÉTHODE

1 Protocole

Cette revue systématique a été élaborée en suivant les recommandations PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses) (Moher, Liberati et al. 2009). Prisma est une checklist de 27 critères, traitant de l'introduction, de la méthode, des résultats et de la discussion. Ces directives ont servi de références pour structurer une approche méthodologique rigoureuse, tout en garantissant la qualité et la transparence de la revue.

2 Stratégie de recherche

L'élaboration de l'équation de recherche a été structurée selon le modèle PICO(s), afin d'assurer une identification rigoureuse des concepts clés. Pour cela, à partir de la question de recherche, les principaux mots-clés ont été identifiés. La question de recherche est la suivante : « Quel est l'effet de la rééducation vestibulaire chez les personnes âgées présentant un risque de chute associé à une dépendance visuelle ? ». Les différents mots-clés sont résumés dans le tableau ci-dessous. (Tableau 2)

Tableau 2 : Définition des termes du PICO(S)

Critères PICO(S)	En français	En anglais	Termes associés
« Populations »	Personnes âgées, dépendance visuelle	Elderly, visual dependence	sensory reweighting
« Interventions »	Rééducation vestibulaire	Vestibular rehabilitation	
« Comparateur »			
« Outcomes »	Chutes, Risque de chutes	Falls, Risk of falls,	Postural instability, balance

Pour cette recherche, différentes bases de données ont été utilisées : PubMed, Embase, Scopus et Cochrane Library. Une équation de recherche de base a été

développée, puis adaptée pour chacune de ces bases de données. Ces équations ont été élaborées à partir des mots-clés identifiés, de la question de recherche posée et grâce à l'utilisation adéquate des opérateurs booléens. Cette approche méthodique a permis d'optimiser la stratégie de recherche pour les différentes bases de données.

Par souci de lisibilité, les équations adaptées à PubMed, Scopus et Cochrane Library ont été annexées. (ANNEXE 3)

Equation Embase (32 résultats) :

('aged'/exp OR 'aged' OR 'aged patient' OR 'aged people' OR 'aged person' OR 'aged subject' OR 'elderly' OR 'elderly patient' OR 'elderly people' OR 'elderly person' OR 'elderly subject' OR 'senior citizen' OR 'senium' OR 'older adults'/exp OR 'older adult'/exp) AND ('visual dependence' OR 'visual dependency' OR 'visually dependent' OR 'sensory reweighting'/exp OR 'sensory reweighting' OR 'physiological decline' OR 'reweighting of sensory information' OR 'weighting of sensory information' OR 'weighting information' OR 'sensorial organization' OR 'visual reliance' OR 'reliance of visual' OR 'visual disturbance' OR 'erroneous visual information' OR 'incongruent visual information' OR 'conflicting visual information' OR 'misleading visual cues' OR 'visual perturbation' OR 'presbyvestibulopathy'/exp OR 'presbyvestibulopathy' OR 'meniere disease'/exp OR 'meniere disease' OR 'meniere's disease' OR 'menieres disease' OR 'vestibular migraine'/exp OR 'migraine related vestibulopathy' OR 'vestibular migraine' OR 'persistent postural perceptual dizziness'/exp OR 'pppd (persistent postural perceptual dizziness)' OR 'persistent perceptual positional dizziness' OR 'persistent perceptual postural dizziness' OR 'persistent positional perceptual dizziness' OR 'persistent postural perceptual dizziness' OR 'bilateral vestibulopathy'/exp OR 'bilateral vestibular hypofunction') AND ('vestibular rehabilitation'/exp OR 'vestibular rehabilitation therapy'/exp OR 'vestibular exercise'/exp OR 'computerized dynamic posturography' OR 'dynamic posturography'/exp OR 'sensory organization test'/exp OR 'optokinetic' OR 'optokinetic training' OR 'optokinetic stimulation'/exp OR 'optokinetic stimuli' OR 'vibration belt' OR 'visual desensitization' OR 'virtual reality'/exp OR 'exergaming'/exp) AND

('falling'/exp OR 'accidental falls' OR 'fall' OR 'falling' OR 'risk of falling' OR 'fall risk'/exp OR 'fall risk' OR 'balance'/exp OR 'imbalance'/exp OR 'postural instability'/exp OR 'postural control'/exp OR 'timed up and go test'/exp OR 'romberg test'/exp OR 'shifts in center of gravity' OR 'gait function')

La recherche documentaire s'est déroulée de novembre 2024 à mars 2025.

3 Critères d'éligibilité

La méthode PICO(S) a été choisie comme stratégie de recherche dans le cadre de cette revue systématique.

La sélection des études a été réalisée en suivant des critères d'inclusion et des critères d'exclusion bien précis.

Les critères d'inclusion qui ont été définis sont les suivants :

- *Type de participants* : Les études portant sur des personnes âgées de plus de 65 ans présentant une dépendance visuelle ou un trouble de repondération sensorielle.
- *Types d'interventions* : Les études évaluant une rééducation vestibulaire. Comme des exercices vestibulaires, la stimulation optocinétique, la posturographie dynamique ou encore la réalité virtuelle à des fins vestibulaires.
- *Type de critères de jugement* : Les études mesurant au moins un des critères suivants : survenue de chutes, risque de chutes, instabilité posturale, troubles de l'équilibre, ou résultats à des tests cliniques de contrôle postural.
- *Type d'études* : Les essais contrôlés randomisés et les études interventionnelles non randomisées ont été incluses.

Les critères d'exclusion qui ont été définis sont les suivants :

- *Type de participants* : Les études portant sur des populations de moins de 65 ans ou ne présentant pas de dépendance visuelle ou de trouble de repondération sensorielle ont été exclues. Les études comprenant des patients ayant des limitations motrices ou cognitives sévères empêchant la participation à une rééducation vestibulaire.
- *Types d'interventions* : Les études n'incluant pas de rééducation vestibulaire ou utilisant exclusivement des interventions non pertinentes (traitement médicamenteux seul, chirurgie) ont été exclues.
- *Types de critères de jugement* : Les études n'évoquent pas les chutes, le risque de chutes, l'équilibre ou l'instabilité posturale, ont également été exclus.
- *Type d'études* : Les études observationnelles, les études de cas ainsi que les revues ont été exclus.

4 Sélection des études

Après avoir obtenu les résultats des équations de recherche dans les différentes bases de données consultées, un premier tri des articles a été effectué. L'ensemble des résultats a été importé dans le logiciel Zotero, ce qui a permis d'identifier et d'éliminer les doublons.

Ensuite, une sélection a été effectuée sur base des titres et des résumés des articles. Enfin, les articles retenus ont été analysés dans leur intégralité afin d'aboutir à une sélection aussi précise que possible.

L'éligibilité des études a été évaluée de façon indépendante par deux examinateurs (F.D et T.M), sur la base des critères de sélection. Les résultats de cette évaluation ont par la suite, été mis en commun.

5 Extraction des données

Cette revue s'appuie sur 4 études : deux essais contrôlés randomisés et deux études interventionnelles non randomisées.

L'échelle PEDro est l'outil d'évaluation que nous avons utilisé pour juger la qualité méthodologique des essais contrôlés randomisés. Elle est composée de 11 critères, qui examinent plusieurs aspects, comme la randomisation des participants, l'aveuglement des évaluateurs ou encore la prise en compte des abandons. Chaque critère respecté rapporte un point, pour un score global entre 0 et 10, le premier critère étant informatif et non inclus dans le résultat final.

L'outil retenu pour l'évaluation méthodologique des études interventionnelles non randomisées est l'échelle Downs & Black. Cet outil, composé de 28 items, permet d'apprécier la qualité des essais randomisés et non randomisés. Dans cette échelle, différents aspects sont passés en revue : qualité du reporting, validité externe, validité interne (biais et confusion) et puissance statistique.

La qualité méthodologique des études de cette revue a été évaluée par le biais de ces échelles. Cette évaluation a été réalisée par deux examinateurs (F.D et T.M) de manière individuelle.

RÉSULTATS

1 Sélection de l'étude

La recherche effectuée pour cette revue a abouti à l'identification d'un total de 338 résultats. Ces résultats ont été extraits de différentes bases de données : PubMed (n=44), Embase (n=32), Scopus (n=227) et Cochrane Library (n=35). Les doublons ont été éliminés grâce au logiciel Zotero, (n=254) études ont alors été retenues pour l'analyse.

Les titres et résumés des 254 articles restants ont alors été passés en revue. Sur ce total, (n=15) études ont été analysées dans leur intégralité, (n=11) d'entre elles ont été exclues car elles ne correspondaient pas aux critères d'inclusions

Au total, (n=4) études ont été retenues, dont deux RCT et deux études interventionnelles non randomisées.

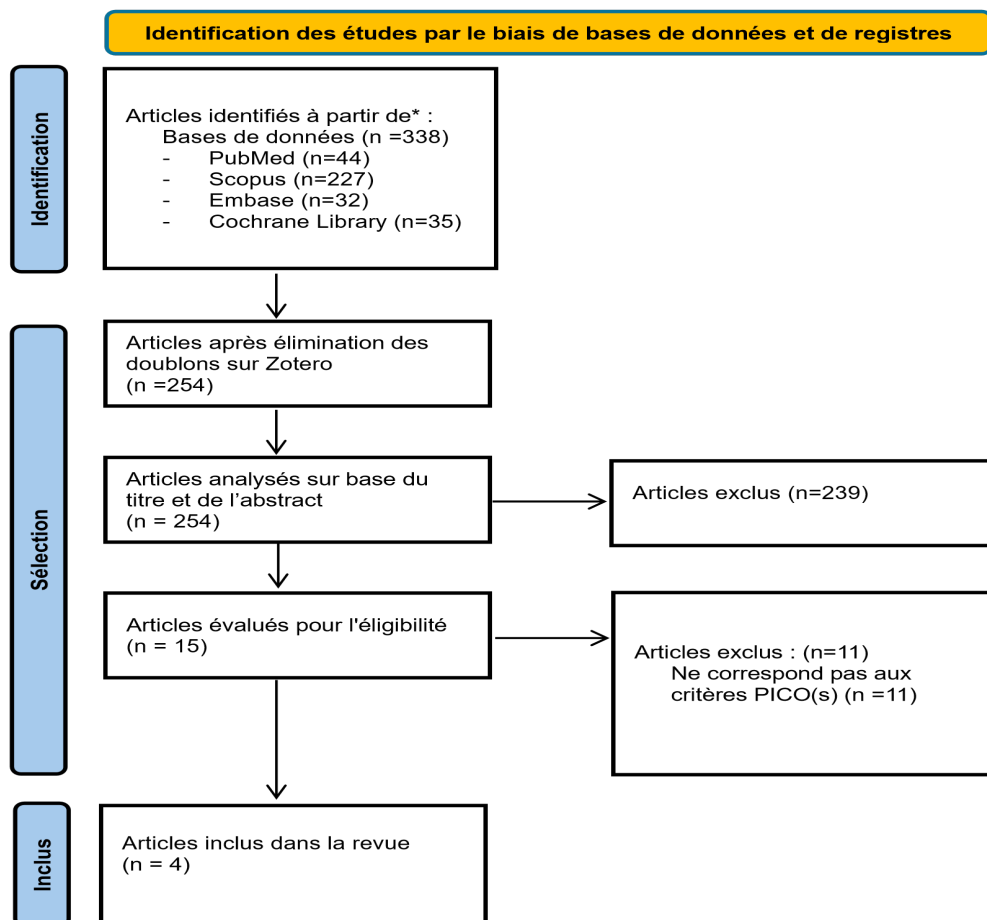


Fig 4 : Diagramme de flux selon les recommandations PRISMA 2020.

2 Risques de biais de chacune des études

Les études de cette revue ont toutes été analysées par des outils afin d'en évaluer la qualité méthodologique.

Deux outils d'analyse de qualité méthodologique ont été utilisés, étant donné que cette revue est composée de deux types d'articles différents. L'échelle PEDro a été choisie pour évaluer les essais contrôlés randomisés (n=2), et l'échelle Downs & Black pour les études interventionnelles non randomisées (n=2).

Selon (Maher et al., 2003b), un essai contrôlé randomisé est considéré comme étant de haute qualité méthodologique lorsque son score PEDro est supérieur ou égal à 6. Un score compris entre 4 et 5 indique une qualité méthodologique moyenne, tandis qu'un score inférieur ou égal à 3 reflète une faible qualité méthodologique.

Les titres des RCT ont été saisis dans le moteur de recherche de la base de données PEDro, afin d'obtenir leur score méthodologique, sans recourir à une évaluation manuelle. Les scores attribués aux études incluses dans cette revue varient de 4 (n=1) à 5 (n=1). Ces scores obtenus placent ces études parmi les travaux de qualité méthodologique moyenne.

Le Tableau 3 présente une description détaillée des scores PEDro des RCT sélectionnées pour la revue.

Les études interventionnelles non randomisées ont été évaluées à l'aide d'une échelle différente, plus adaptée à leur conception. Il s'agit de l'échelle Downs & Black, qui permet d'analyser la qualité méthodologique à travers 28 critères couvrant plusieurs domaines : la qualité du rapport, la validité externe, la validité interne (biais et confusion) ainsi que la puissance statistique.

Dans le contexte des études sélectionnées, seuls 24 critères étaient applicables. L'évaluation a été réalisée manuellement et de manière indépendante par deux examinateurs (F.D, T.M), puis les résultats ont été mis en commun pour établir un consensus.

Conformément à la revue systématique de (Silverman et al., 2012), la qualité méthodologique des études a été interprétée selon le barème suivant :

- Excellent : score entre 26 et 28
- Bon : score entre 20 et 25
- Moyen : score entre 15 et 19
- Faible : score inférieur ou égal à 14

Les scores attribués à ces études sont les suivants (Tableau 4) :

- Tsuruta et al. (2024) : 13/24
- Fawzan et al. (2022) : 17/24

Ces résultats relèvent une qualité méthodologique faible pour Tsuruta et al. (2024), et une qualité moyenne pour Fawzan et al. (2022).

Tableau 3. Score PEDro

Items/Auteurs	Rossi-Izquierdo et al. (2017)	Rossi-Izquierdo et al. (2018)
Critère 1	X	X
Critère 2	V	V
Critère 3	X	X
Critère 4	V	V
Critère 5	X	X
Critère 6	X	X
Critère 7	X	X
Critère 8	V	V
Critère 9	X	X
Critère 10	V	V
Critère 11	V	X
Score total /10	5/10	4/10

Qualité Méthodologique	Moyenne	Moyenne
---------------------------	---------	---------

Le descriptif des différents critères de l'échelle PEDro est fournie en annexe.

(ANNEXE 4)

Tableau 4 : échelle Downs & Black

Critères (Downs & Black)	Tsuruta et al. (2024)	Fawzan et al. (2022)
Critère 1	1	1
Critère 2	1	1
Critère 3	1	1
Critère 4	1	1
Critère 5	0	1
Critère 6	1	1
Critère 7	0	1
Critère 8	0	0
Critère 9	0	0
Critère 10	1	1
Critère 11	0	0
Critère 12	0	1
Critère 13	1	1
Critère 14	1	1
Critère 15	0	0
Critère 16	0	0
Critère 17	0	1
Critère 18	1	1
Critère 19	1	1
Critère 20	1	1
Critère 21	1	1
Critère 22	NA	NA
Critère 23	NA	NA
Critère 24	NA	NA

Critère 25	NA	NA
Critère 26	0	0
Critère 27	0	0
Critère 28	1	1
Score Total	13/24	17/24

(1 : critère satisfait ; 0 : critère non satisfait ; NA : critère non applicable)

Le descriptif des différents critères de l'échelle Downs & Black est fourni en annexe (ANNEXE 5)

3 Caractéristiques des études

3.1 Caractéristiques de la population

Dans l'ensemble des études incluses, les participants étaient âgés de 65 ans ou plus, et présentaient une pondération sensorielle altérée liée à l'âge.

Dans l'étude de Rossi-Izquierdo et al. (2017), un total de 139 patients a été inclus, présentant une instabilité posturale sans pathologie vestibulaire. 129 d'entre eux ont été évalués à la fin de l'intervention, soit trois semaines après le début du protocole. La prolongation de cette recherche, menée en 2018, a permis de suivre 113 patients jusqu'à six mois, puis 106 patients jusqu'à douze mois, selon les mêmes critères.

L'étude de Tsuruta et al. (2024) a porté sur 12 sujets âgés en bonne santé, d'un âge moyen de 71,5 ans, présentant une repondération sensorielle déficiente, sans antécédent vestibulaire identifié.

Enfin, Fawzan et al. (2022) ont mené leur étude auprès de 30 personnes âgées de 65 ans et plus, toutes autonomes à la marche, mais identifiées comme étant à risque de chute sur la base d'évaluations posturographiques et fonctionnelles.

Tableau 5 : Participants aux études

Références	Nombre de participants	Sexe	Âge
Rossi-Izquierdo et al. (2017)	129 post intervention	Non précisé	65 ans et +
Rossi-Izquierdo et al. (2018)	113 à 6 mois et 106 à 12 mois	à 12 mois : 89 Femmes, 17 hommes	65 ans et +
Fawzan et al. (2022)	30	18 hommes, 12 femmes	78.13 ± 4.11.
Tsuruta et al. (2024)	12	Non précisé	71,5 ± 3,4 ans

3.2 Types d'interventions

Dans les études de **Rossi-Izquierdo et al. (2017)** et de **Rossi-Izquierdo et al. (2018)**, les participants étaient répartis aléatoirement dans **quatre groupes** et subissaient une de ces interventions :

CDP : L'intervention reposait sur l'utilisation du système Smart Equitest, une plateforme de posturographie dynamique informatisée qui permet d'évaluer et de rééduquer les capacités d'équilibre par le biais de biofeedback visuel et proprioceptif en temps réel.

- Contenu des séances :
 - Chaque session, un protocole de 10 exercices.
 - Les exercices étaient personnalisés en fonction des déficits identifiés lors des évaluations posturales initiales de chaque patient.
- Deux types principaux d'activités :
 - Maintien du centre de gravité (CoG) au centre de la base du support.
 - Déplacement volontaire du CoG vers des cibles prédéfinies sur l'écran.
- Spécificités techniques :

- Biofeedback visuel affiché sur l'écran représentant le CoG du patient.
- La surface de support et/ou le contexte visuel pouvaient être mobiles, afin d'augmenter la difficulté en perturbant les informations sensorielles.
- Le programme s'adapte progressivement avec :
 - Élargissement progressif des limites de stabilité (LOS).
 - Accélération du rythme de transition entre les cibles.
 - Augmentation du mouvement de la plateforme.
- Fréquence et durée :
 - 1 séance par jour, 5 jours par semaine, pendant 2 semaines (soit 10 séances au total).
 - Durée d'une séance : environ 15 minutes.

OKN : L'intervention OKN consistait en une exposition répétée à des stimuli visuels en mouvement, dans le but de provoquer une habitude centrale aux conflits sensoriels d'origine visuelle.

- Contenu des séances :
 - Les patients étaient placés debout, pieds joints, à deux mètres d'un mur dans une pièce sombre.
 - Un stimulus optocinétique était projeté sur le mur à l'aide d'un système de type planétarium.
 - Les images génèrent un environnement visuel en mouvement, afin de stimuler les voies visuelles et d'entraîner le système postural à s'adapter aux informations conflictuelles.
- Spécificités techniques :
 - Vitesse du stimulus : augmentait progressivement de 30°/s le premier jour jusqu'à 100°/s le dernier jour.
 - Durée des séances : de 5 minutes au début jusqu'à 15 minutes à la fin du programme.
 - Complexité du stimulus : Début : stimuli horizontaux simples ; progression : ajout de stimuli verticaux, puis rotatoires.
 - Surface du support : Début : sol rigide ; fin : surface en mousse, rendant la posture instable.

- Fréquence et durée :
 - 1 séance par jour, 5 jours par semaine, pendant 2 semaines (soit 10 séances).
 - Durée totale d'exposition par patient : variable de 50 à 150 minutes.

Exercices à domicile : l'intervention à domicile consistait en un programme d'exercices vestibulaires inspiré des protocoles classiques de Cawthorne-Cooksey, visant à améliorer le contrôle postural et la stabilisation du regard chez des patients âgés à risque de chute.

- Contenu du programme :
 - Exercice de mobilisation tête-cou.
 - Exercices de stabilisation du regard.
 - Exercices d'ajustement postural.
 - Réalisés en position assise, debout ou en mouvement selon les capacités du patient.
- Encadrement :
 - Chaque patient recevait une liste détaillée d'exercices avec des consignes claires.
 - Les exercices étaient expliqués lors de la première visite.
 - Un membre de la famille était chargé de superviser la réalisation correcte des séances à domicile.
- Fréquence et durée :
 - 2 séances par jour, pendant deux semaines (soit 28 séances théoriques).
 - Durée approximative de chaque séance : 15 minutes.

Le programme était standardisé mais adapté à domicile, sans progression individuelle supervisée.

Groupe contrôle : le groupe contrôle n'a reçu aucune rééducation vestibulaire ni programme d'exercices dirigés. Toutefois, les participants ont été encouragés à marcher régulièrement pour maintenir leur condition physique générale, comme mesure standard de prévention de chutes chez les personnes âgées.

Dans l'étude de **Fawzan et al. (2022)**, l'intervention principale a consisté en un programme personnalisé de rééducation vestibulaire, customized Vestibular Rehabilitation Therapy (VRT). Ce programme a été conçu et adapté individuellement en fonction des déficits spécifiques de chaque sujet, identifiés lors de l'évaluation initiale.

- Contenu du programme :
 - Exercices d'adaptation, de substitution et d'habituation, y compris l'entraînement optocinétique.
 - Exercices spécifiques axés sur le système vestibulaire, intégrant la mobilisation de la tête et du cou.
 - Exercices d'ajustement postural et de transfert du poids.
 - Exercices d'équilibre statique et dynamique, adaptés aux déficits spécifiques de chaque participant.
- Encadrement :
 - Chaque participant a reçu une liste personnalisée d'exercices accompagnée de consignes détaillées.
 - Les exercices ont été expliqués et démontrés lors de la première séance à la clinique.
 - Un suivi régulier a été assuré à la clinique pour ajuster le programme en fonction des progrès et des difficultés rencontrées.
- Fréquence et durée :
 - Pour chaque séance, il était compris une série d'exercices adaptés, la durée totale était ajustée selon la tolérance et l'évolution du patient (pouvant aller jusqu'à 3 mois).
 - Le programme est constitué de deux séances hebdomadaires supervisées d'une heure. De plus, il était conseillé aux participants de continuer à réaliser des exercices à domicile.

L'intervention de l'étude de **Tsuruta et al. (2024)** (annexe 6) repose sur l'utilisation d'un système immersif associant un casque de réalité virtuelle (VR) (Oculus Rift S) et une ceinture vibrotactile, qui comprend quatre moteurs vibrants fixés autour de la ceinture pelvienne, activés selon la direction du déséquilibre du centre de pression (CoP) mesuré par la Wii Balance Board. Le seuil de déclenchement de la vibration est défini par l'aire de confiance. Lorsque le CoP dépasse cette zone, la

ceinture émet un signal dans la direction du déséquilibre, incitant à une correction posturale basée sur le retour somatosensoriel, sans recourir à la vision.

- Contenu des séances :
 - Chaque session a suivi un protocole standardisé :
 - Le participant se tenait debout, équipé du casque VR et de la ceinture vibrante, sur la Wii Board.
 - L'environnement visuel était modifié (écran horizontal ou incliné à 20°) pour perturber les repères visuels.
 - A chaque déviation du centre de gravité, la ceinture vibrait du côté correspondant, incitant le participant à corriger sa posture.
 - Trois positions de base ont été testées : pieds écartés largeur d'épaules, pieds écartés demi-largeur d'épaule et jambes serrées.
 - Chaque condition était répétée trois fois dans un ordre aléatoire.
- Encadrement :
 - Toutes les séances étaient réalisées en laboratoire sous la supervision de l'équipe de recherche.
 - Les instructions étaient données oralement avant chaque session, et les chercheurs assurent la sécurité des participants tout au long de l'expérience.
 - Les corrections posturales étaient laissées à l'initiative du participant, guidé uniquement par le retour vibratoire.
- Fréquence et durée :
 - Le nombre et la durée totale de sessions ne sont pas précisés dans l'article.

Un tableau du résumé des interventions est disponible en annexe (ANNEXE 7)

3.3 Protocoles

Les études de **Rossi-Izquierdo et al. (2017 et 2018)** visent à évaluer l'efficacité de différentes modalités de rééducation vestibulaire (CDP, stimulation optocinétique, exercices à domicile) chez des personnes âgées présentant une instabilité posturale. Ces méthodes exposent les participants à des situations de conflit sensoriel, notamment visuel, afin de solliciter une réorganisation des préférences sensorielles

dans le contrôle de l'équilibre. Le protocole expérimental comprend cinq étapes structurées sur une durée de 12 mois :

1. **Étape 1 – Visite de préinclusion (prétest, V0)** : Une évaluation complète de l'équilibre est réalisée afin d'évaluer les personnes à haut risque de chute. Cette visite comprend :

- Une **anamnèse ciblée** et un **questionnaire sur le nombre de chutes** au cours des 12 derniers mois
- Le **Dizziness Handicap Inventory (DHI)**, questionnaire évaluant la gêne liée aux vertiges sur les plans fonctionnel, émotionnel et physique (score max. 100). **Short FES-I** (max. 21 points) mesure le niveau de crainte de tomber pendant les activités quotidiennes.
- Le **Timed Up and Go (TUG) modifié**, mesurant le temps, le nombre de pas et les besoins d'appui pour effectuer un déplacement court.
- Une **posturographie dynamique informatisée (CDP)** :
 - **SOT** sur 6 conditions sensorielles répétées 3 fois (soit 18 essais de 20 s) pour évaluer la stabilité dans diverses combinaisons de stimulations visuelles et proprioceptives
 - Test **LOS**, évaluant la capacité à déplacer volontairement son centre de gravité selon 8 directions cibles.

2. **Étape 2 – Randomisation et intervention** : Après signature du consentement éclairé, les participants sont répartis aléatoirement en quatre groupes, chacun suivant un protocole d'intervention spécifique, selon une randomisation par blocs équilibrés (balanced block randomization), afin d'assurer une répartition numérique homogène entre les groupes et de limiter l'impact des fluctuations aléatoires sur un échantillon de taille modérée ::

- **Groupe A – CDP**
- **Groupe B – Stimulation optocinétique (OKN)**
- **Groupe C – Exercices à domicile**
- **Groupe D – Contrôle**

3. **Étape 3 – Post-test immédiat (V2) étude de 2017** : Trois semaines après l’inclusion, l’ensemble des évaluations initiales est répété afin de mesurer les effets immédiats de l’intervention.
4. **Étape 4 – Suivi à 6 mois (V3) étude de 2018** : Un réexamen complet est réalisé, incluant les questionnaires (DHI, FES-I), les tests de posturographie (SOT, LOS), le TUG.
5. **Étape 5 – Suivi à 12 mois (V4) étude de 2018**: Une dernière évaluation identique est effectuée pour analyser la persistance des effets.

L’étude de Fawzan et al. (2022) vise à évaluer le risque de chute chez les personnes âgées et l’efficacité d’un programme personnalisé de rééducation vestibulaire (VRT) dans la réduction des troubles de l’équilibre et des chutes. Le protocole expérimental comprend trois étapes :

1. **Étape 1 – Évaluation pré-rééducation vestibulaire** : L’ensemble des participants (n = 30) a d’abord bénéficié d’une évaluation clinique complète comprenant :
 - **VNG (vidéonystagmographie)** pour exclure toute atteinte vestibulaire périphérique ou centrale active.
 - **Dizziness Handicap Inventory (DHI)** : questionnaire évaluant la gêne liée aux vertiges sur les plans fonctionnel, émotionnel et physique (score max. 100).
 - **Dynamic Gait Index (DGI)** : échelle fonctionnelle évaluant huit aspects de la marche (score max. 24 ; seuil de chute ≤ 19).
 - **Posturographie dynamique informatisée (CDP)** avec plusieurs tests :
 - **SOT** (Sensory Organization Test) : six conditions sensorielles mesurant la pondération des informations sensorielles : visuelle, somatosensorielle et vestibulaire.
 - **LOS** (Limits Of Stability) : mesure de l’amplitude fonctionnelle du déplacement du centre de gravité.
 - **VST** (Vestibular Stimulation Test) : évalue la stabilité posturale avec mouvements de tête.

- **MCT** (Motor Control Test) (**RAMP et sinus**) : évalue la réponse posturale à des perturbations.
- **FAT** (Faller Assessment Test): évalue le risque de chute basé sur les performances aux tests précédents.
- **Romberg Quotient (RQ)** : évalue la dépendance visuelle en statique.

2. **Étape 2 – Intervention (rééducation vestibulaire personnalisée)**
3. **Étape 3 – Évaluation post-rééducation** : À l'issue de l'intervention, l'ensemble des tests initiaux a été répété pour évaluer l'efficacité du programme.

L'étude de **Tsuruta et al. (2024)** adopte une approche complémentaire centrée sur la stimulation somatosensorielle par le biais d'un biofeedback vibrotactile. Le protocole expérimental se compose de cinq étapes successives :

1. **Étape 1 – Pré-test à 0° (condition stable)** : Les participants réalisent neuf essais de 30 secondes face à un écran horizontal (0°), répartis selon trois postures (pieds écartés, semi-écartés, serrés), chacune répétée trois fois. Ces essais permettent de calculer deux indicateurs posturaux : **l'aire de confiance à 95 % du centre de pression (CoP)** (en cm²), et la **somme des distances parcourues par le CoP sur les axes x et y** (en cm). Ces données servent de référence pour l'évaluation et la personnalisation de l'intervention.
2. **Étape 2 – Prétest à 20° (condition instable)** : Les participants répètent les neuf mêmes essais face à un écran incliné à 20°, sans stimulation. Les deux mêmes mesures sont relevées afin d'évaluer la stabilité posturale dans un environnement visuel perturbé.
3. **Étape 3 – Intervention** : L'entraînement combine la réalité virtuelle (écran à 20°) et une **ceinture vibrotactile**.
4. **Étape 4 – Post-test à 20°** : Après l'intervention, les neuf essais à 20° sont répétés dans les mêmes conditions. Les deux mesures (aire de confiance et distances CoP x/y) sont comparées aux valeurs pré-intervention pour évaluer les effets de l'entraînement en environnement instable.

5. **Étape 5 – Post-test à 0°** : Les neuf essais sont à nouveau réalisés en condition stable (0°), afin d'évaluer un éventuel transfert des effets de l'intervention à un contexte visuel non perturbé.

Ce protocole permet d'évaluer avec précision l'évolution du contrôle postural dans des conditions visuelles stables et perturbées, avant et après l'entraînement sensoriel ciblé. Il vise à renforcer le traitement des entrées proprioceptives tout en réduisant la dépendance aux repères visuels.

4 Mesures

Dans les études de Rossi-Izquierdo et al. (2017 et 2018), plusieurs mesures ont été utilisées. Les mesures objectives comprenaient le Sensory Organisation Test (SOT), les Limits of Stability (LOS) avec ses sous-composantes (amplitude maximale, contrôle directionnel, endpoint excursion, temps de réaction), réalisés à l'aide de la plateforme NeuroCom Smart Equitest, ainsi que le Timed Up and Go (TUG) modifié. Deux mesures subjectives ont également été recueillies : le Dizziness Handicap Inventory (DHI) et le Falls Efficacy Scale-International (FES-I).

Dans l'étude de Fawzan et al. (2022), les mesures objectives incluaient le SOT (avec composantes somatosensorielle, visuelle, vestibulaire, préférentielle), les Limits of Stability (LOS), le Vestibular Stimulation Test (VST), le Motor Control Test (conditions RAMP et SINUS), le Faller Assessment Test (FAT), ainsi que le quotient de Romberg (RQ), toutes réalisées avec le Synapsys Posturography System. Une mesure subjective (le DHI) et une échelle fonctionnelle (le Dynamic Gait Index –DGI) ont également été utilisées. L'étude de Tsuruta et al. (2024) reposait exclusivement sur des mesures objectives de l'équilibre statique via la Wii Balance Board, en condition stable et instable, évaluant l'aire de confiance à 95 % du centre de pression et la distance totale parcourue du CoP sur les axes x et y.

Tableau 6 : Mesures

Mesures	Description
SOT	Sensory Organization Test : évalue la capacité d'un individu à maintenir son équilibre en analysant son aptitude à utiliser et à hiérarchiser les différentes sources sensorielles face à des perturbations ou conflits sensoriels. Paramètres mesurés : • Score moyen d'équilibre • Nombre de chutes durant le SOT • Input somatosensoriel • Input visuel • Input vestibulaire • Préférence visuelle
LOS	Limits Of Stability : évalue la capacité du patient à déplacer volontairement son centre de gravité dans huit directions, sans bouger les pieds, en utilisant un feedback visuel. Il mesure la performance du contrôle postural dynamique à travers différents paramètres : • Maximum Excursion (MXM) : Distance maximale atteinte (en % du déplacement) • Endpoint Excursion (EPE) : Distance atteinte lors du premier mouvement vers la cible. • Directional Control (DC) : Précision directionnelle du mouvement. • Mean velocity (MV) : Vitesse moyenne du déplacement (en °/seconde) • Time Reaction (TR) : délai entre le signal et le début du mouvement.
TUG	Modified Timed Up-and-Go : évalue la mobilité, l'équilibre et la coordination. Différentes étapes sont à suivre : 1. Le patient se lève d'une chaise. 2. Marche 3 mètres. 3. Opère un demi-tour autour d'une chaise. 4. Revient et se rassoit.
	Paramètres mesurés : • Temps total (en secondes) • Nombre total de pas effectués

DHI	Dizziness Handicap Inventory : est un questionnaire auto-administré qui évalue l'impact perçu des troubles de l'équilibre et des vertiges sur la vie quotidienne du patient. Il comporte 25 items répartis en trois sous-domaines : • Fonctionnel : impact sur les activités de la vie quotidienne. • Émotionnelle : anxiété, frustration, gêne sociale. • Physique : symptômes provoqués par certains mouvements ou postures. Score total de 0 à 100 : score élevé, le handicap perçu est important.
Short FES-I	Short Falls Efficacy Scale-International : est un questionnaire destiné à mesurer le niveau de crainte de tomber chez les personnes âgées lors de la réalisation d'activités quotidiennes. Il comprend 7 items notés de 1 à 3, pour un score total compris entre 7 et 21. Un score élevé indique une peur plus marquée de chuter.
DGI	Dynamic Gait Index évalue la capacité à marcher dans différentes conditions fonctionnelles, incluant les changements de direction, de vitesse, ou encore le franchissement d'obstacles. Il comporte 8 items, pour un score maximal de 24. Un score < 19 indique un risque accru de chute.
VST	Vestibular Stimulation Test : évalue la capacité du patient à maintenir son équilibre lorsque le système vestibulaire est sollicité activement par des mouvements rapides de la tête, en condition perturbée.
MCT	Motor Control Test : évalue les réactions posturales automatiques du sujet face à des perturbations soudaines de l'équilibre. Il comprend deux types de perturbations. RAMP translator (translation rapide vers l'avant ou l'arrière), Sinus translator (mouvement oscillatoire lent et rythmique). Les paramètres mesurés sont : • L'énergie dépensée pour stabiliser le corps. • Le temps de récupération : temps nécessaire pour retrouver une posture stable. • Gain : rapport entre la réponse posturale et l'amplitude du mouvement de la plateforme. • Phase lag : le temps de latence entre le stimulus et la réponse posturale.

FAT	Faller Assessment Test : il s'agit d'un indicateur du risque de chute chez les personnes âgées. L'évaluation repose sur quatre critères principaux, issus des performances du Motor Control Test et du Limits Of Stability. • Critère 1 (MCT) : Le test RAMP yeux fermés est positif si ≥ 2 des valeurs d'énergie ou de temps dépassent les seuils. • Critère 2 (MCT) : Le test RAMP yeux ouverts est positif si ≥ 2 paramètres excèdent les seuils. • Critère 3 (MCT) : Le test SINUS (yeux ouverts/fermés) est positif si ≥ 2 gains dépassent les seuils. • Critère 4 (LOS) : Le critère est positif si la surface de stabilité (S max) est $< 20\,000\text{ mm}^2$. Un score de 3 ou 4 critères positifs est considéré comme révélateur d'un risque élevé de chute. (Paolino, M. 2005)
Wii Balance Board	Le Wii Balance Board est utilisé comme plateforme de mesure d'équilibre postural statique. Elle permet de détecter les déplacements du centre de gravité au cours de la station debout statique. Deux principaux paramètres sont mesurés : • Confidence Circle Area : surface totale couverte par les oscillations du centre de gravité pendant un temps donné. (Plus cette aire est grande, plus l'instabilité est importante.) • Distance totale de déplacement du centre de gravité : mesurée selon les axes X (médio-latéral) et Y (antéro-postérieur), reflète l'amplitude d'oscillations du centre de gravité dans chaque direction.
QR	Le quotient de Romberg est le rapport, exprimé en pourcentage, entre la surface parcourue par le centre de gravité entre les conditions yeux fermés et yeux ouverts lors du SOT. Il permet d'évaluer la dépendance à l'information visuelle. Plus ce quotient est élevé, plus la stabilité posturale est altérée en l'absence de repères visuels.

5 Résultats par étude

Un objectif commun à l'ensemble des études retenues est d'améliorer l'équilibre postural chez les personnes âgées, en agissant sur la repondération sensorielle. Ces travaux cherchent à diminuer la dépendance excessive à la vision, qui constitue un

facteur de déséquilibre, en incitant le système nerveux à revaloriser les autres sources sensorielles, notamment vestibulaires et somatosensorielles.

Les études de **Rossi-Izquierdo et al. (2017 et 2018)** ont pour objectif d'évaluer l'efficacité de différentes formes de rééducation vestibulaire, telles que la posturographie dynamique informatisée (CDP), la stimulation optocinétique (OKN) ou encore des exercices à domicile, chez des personnes âgées présentant une instabilité posturale. Ces protocoles exposent les participants à des situations de conflit sensoriel, en particulier visuel, ce qui oblige le cerveau à réduire son appui sur les indices visuels perturbés et à mobiliser davantage les informations vestibulaires et somatosensorielles. Cette approche vise ainsi à rééduquer le système postural en forçant une redistribution de l'attention sensorielle.

Dans l'étude de 2017, évaluée trois semaines après intervention, une amélioration significative est observée uniquement dans le groupe CDP pour le score composite SOT ($p < 0,001$) et pour le nombre de chutes ($p < 0,001$), indiquant une stabilité posturale renforcée et une meilleure prévention du déséquilibre. Concernant le LOS, encore une fois c'est le groupe CDP qui se démarque avec une tendance à l'amélioration pour l'amplitude maximale en comparaison avec le groupe contrôle ($p = 0,070$), ainsi qu'un meilleur contrôle directionnel ($p = 0,001$). En revanche, aucune modification n'est constatée pour le TUG, le DHI ou le Short FES-I.

Dans l'étude de 2018, les effets sont évalués à deux échéances : à 6 mois et à 12 mois. Concernant le score composite du SOT, une amélioration significative est observée dans les groupes CDP ($p < 0,001$ à 6 et 12 mois), OKN ($p = 0,001$ à 6 mois ; $p = 0,015$ à 12 mois) et contrôle ($p < 0,001$ à 6 mois ; $p = 0,002$ à 12 mois), alors qu'aucune progression notable n'est constatée dans le groupe d'exercices à domicile.

Pour les composantes du SOT, les groupes CDP, OKN et contrôle montrent également des améliorations significatives à la fois à 6 mois et à 12 mois. Le groupe CDP progresse sur la composante visuelle (condition 4/condition 1) ($p = 0,005$ à 6 mois ; $p < 0,001$ à 12 mois) et vestibulaire (condition 5/condition 1) ($p = 0,01$ à 6 mois ; $p = 0,046$ à 12 mois). Le groupe OKN présente des améliorations du canal sensoriel vestibulaire à 6 mois ($p = 0,003$) et à 12 mois ($p = 0,008$), tandis que le groupe contrôle progresse sur la composante visuelle ($p = 0,03$ à 6 mois ; $p = 0,006$ à 12 mois) et vestibulaire ($p < 0,001$ à 6 mois ; $p = 0,027$ à 12 mois).

Concernant le nombre de chutes enregistrées pendant les sessions de SOT, une diminution significative est observée dans les groupes CDP ($p = 0,001$ à 6 mois ; $p < 0,001$ à 12 mois), OKN ($p = 0,001$ à 6 mois ; $p = 0,008$ à 12 mois) et contrôle ($p = 0,014$ à 6 mois ; $p = 0,037$ à 12 mois).

Pour le test LOS, le groupe CDP présente des améliorations significatives à 6 et 12 mois sur l'amplitude maximale (MXM ; $p = 0,006$ et $p = 0,011$), le contrôle directionnel (DC ; $p = 0,009$ et $p = 0,003$), le temps de réaction (TR ; $p = 0,015$ et $p = 0,006$) et l'endpoint excursion (EPE ; $p = 0,013$ à 6 mois). En revanche, les groupes OKN et à domicile ne montrent d'amélioration que sur le TR à 12 mois ($p = 0,005$ et $p = 0,001$ respectivement), et le groupe contrôle uniquement sur l'EPE à 6 mois ($p = 0,015$).

Concernant les chutes dans la vie quotidienne, le nombre moyen de chutes diminue dans tous les groupes d'intervention : de 10,96 à 3,03 à 12 mois ($p < 0,001$). Plus en détail : dans le groupe CDP, de 3,52 à 2,19 ($p = 0,175$) ; dans le groupe OKN, de 17,07 à 4,43 ($p = 0,011$) ; dans le groupe à domicile, de 11,81 à 2,10 ($p = 0,006$). Toutefois, aucune différence significative n'a été détectée entre les méthodes de rééducation vestibulaire en termes de réduction des chutes.

Enfin, les questionnaires subjectifs (DHI et short FES-I) ne montrent pas de variation significative. Le lien entre la réduction des chutes et les paramètres objectifs est modéré, la corrélation étant plus marquée avec le nombre de chutes antérieures. L'étude conclut que la rééducation vestibulaire est efficace pour réduire les chutes chez les sujets âgés instables, bien que les méthodes varient en efficacité et en adhérence.

L'étude de **Fawzan et al. (2022)** poursuit un objectif similaire, en s'appuyant sur une rééducation vestibulaire individualisée. Les exercices sont adaptés aux déficiences sensorielles spécifiques de chaque patient, avec notamment des perturbations visuelles et des tâches d'équilibre variées. Là encore, l'idée est de stimuler un environnement sensoriel complexe pour favoriser la désensibilisation visuelle et renforcer les autres canaux sensoriels impliqués dans le maintien de l'équilibre.

Les résultats indiquent une amélioration significative du DHI ($p < 0,001$), avec une réduction marquée des scores fonctionnels, émotionnels et physiques. Le Dynamic

Gait Index (DGI) s'améliore également fortement (pré : 12,7 ; post : 21,8), tous les participants passent du statut de "faller" à "non-faller". Le SOT révèle des améliorations significatives sur l'ensemble des composantes sensorielles : somatosensorielle (condition 2/condition 1), visuelle (condition 4/condition 1), vestibulaire (condition 5/condition 1) et préférentielle (condition 3+6 /condition 5+2), ainsi qu'un meilleur score global.

Ces améliorations sont présentes dans les plans antéro-postérieur (AP) et médio-latéral (ML). Le score somatosensoriel est passé de $84,13 \pm 11,39$ à $92,80 \pm 3,54$ en AP ($p < 0,001$) et de $90,90 \pm 8,18$ à $95,93 \pm 3,17$ en ML ($p = 0,001$). Le score visuel a également progressé de $84,17 \pm 8,85$ à $89,37 \pm 6,55$ en AP ($p < 0,001$), et de $82,17 \pm 8,08$ à $87,63 \pm 7,40$ en ML ($p < 0,001$), indiquant une amélioration de la stabilisation via la vision. L'amélioration la plus marquée concerne la composante vestibulaire, avec un score AP passant de $40,23 \pm 10,39$ à $90,97 \pm 5,93$ ($p < 0,01$), et un score ML passant de $46,53 \pm 11,67$ à $92,33 \pm 5,21$ ($p < 0,001$), soulignant une nette progression de l'intégration vestibulaire dans le contrôle postural.

Le quotient de Romberg diminue de façon importante (pré : 501 ; post : 115,5 ; $p < 0,001$), ce qui reflète une réduction de la dépendance visuelle, car la différence de stabilité entre les conditions yeux ouverts et yeux fermés est moins marquée, indiquant une meilleure utilisation des informations vestibulaires et somatosensorielles. Le LOS montre une extension significative de la surface fonctionnelle (pré : 41,6 ; post : 136,1), permettant de plus grands déplacements du centre de gravité sans chute.

Le test de stimulation vestibulaire (mouvements de tête) confirme une meilleure tolérance aux sollicitations dynamiques, et le Motor Control Test (conditions RAMP et SINUS) montre une diminution de l'énergie posturale dépensée, du gain de mouvement et du délai de réponse, témoignant d'un contrôle réflexe plus efficace. Enfin, le Faller Assessment Test passe d'un score moyen de 3,4 à 0,27, avec un reclassement de tous les participants en non-fallers.

Enfin, l'étude de **Tsuruta et al. (2024)** adopte une approche complémentaire. Elle cherche à réduire la dépendance visuelle en renforçant le canal somatosensoriel, via une ceinture vibrotactile couplée à un environnement en réalité virtuelle perturbée. Les vibrations informent le participant de la direction de déplacement de son centre de gravité, permettant une correction posturale sans avoir à se fier à la vision.

L'objectif est donc de réorienter le contrôle postural vers les informations proprioceptives, ce qui permettrait de limiter l'usage de repères visuels parfois trompeurs.

Les résultats montrent une amélioration significative du contrôle postural, aussi bien en condition visuelle stable (0°) qu'instable (20°). On observe une diminution nette de l'aire de confiance à 95 % du CoP en 0° ($p < 0,01$) et en 20° ($p < 0,001$), ainsi qu'une réduction des distances de balancement sur les axes x ($p < 0,01$ en 0° ; $p < 0,001$ en 20°) et y ($p < 0,05$ en 0°). Ces améliorations sont encore plus marquées lorsque la posture est contrainte (pieds serrés), ce qui confirme l'efficacité de la stratégie d'adaptation somatosensorielle même en situation de base de sustentation plus étroite.

DISCUSSION

1 Interprétation des résultats

1.1 Repondération sensorielle et amélioration de l'équilibre postural

Les quatre études incluses dans cette revue ont toutes comme objectif principal l'amélioration de l'équilibre postural et la réduction du risque de chute chez les personnes âgées, via des stratégies de rééducation vestibulaire centrées sur la repondération sensorielle. Cette repondération sensorielle, cruciale dans le vieillissement, détermine la manière dont le système nerveux central ajuste le poids relatif donné aux différentes entrées sensorielles (visuelles, somatosensorielles, vestibulaires) pour maintenir l'équilibre.

Le test de référence pour objectiver cette repondération est le Sensory Organization Test (SOT). Dans les études de Rossi-Izquierdo (2017, 2018), les résultats montrent des améliorations significatives des composantes vestibulaire et visuelle chez les groupes ayant suivi une rééducation vestibulaire (CDP, OKN), mais aussi dans une moindre mesure dans le groupe contrôle, à qui il était simplement demandé de marcher. C'est toutefois le groupe **CDP** qui présente les résultats les plus significatifs et durables jusqu'à 12 mois. Cette supériorité peut s'expliquer par la nature même de l'intervention : un programme intensif en centre thérapeutique, basé sur une plateforme de posturographie dynamique. Le protocole expose les patients à des perturbations multisensorielles contrôlées (visuelles, vestibulaires, somatosensorielles), avec un niveau de difficulté adapté et progressif, ce qui oblige le système postural à réorganiser efficacement l'utilisation des entrées sensorielles disponibles. L'environnement supervisé, la répétition des séances, et le retour immédiat sur les performances participent aussi à un apprentissage moteur consolidé, expliquant le maintien des effets sur le long terme.

Dans l'étude de Fawzan (2022), on retrouve également une nette amélioration des composantes vestibulaires, avec des scores passant de 40,2 à 90,9 en AP et de 46,5 à 92,3 en ML. Ces résultats s'expliquent par l'approche individualisée proposée : chaque patient reçoit une rééducation vestibulaire personnalisée en fonction de ses

déficits sensoriels. Bien que le cadre soit moins technologique que celui du CDP, la personnalisation et le suivi régulier permettent une sollicitation ciblée et adaptée, ce qui se traduit également par des résultats très positifs, notamment à court terme. Ce constat est appuyé par la diminution du quotient de Romberg (de 501 à 115,5), qui traduit une plus faible différence entre la performance en condition yeux ouverts et yeux fermés. Sa diminution indique donc que le patient parvient à mieux stabiliser son corps en l'absence de repères visuels, ce qui reflète une meilleure capacité à solliciter les autres canaux sensoriels, notamment les informations somatosensorielles et vestibulaires, pour maintenir l'équilibre. Les résultats du MCT confirment cette tendance, en montrant une amélioration significative du contrôle postural automatique après rééducation. Les paramètres mesurés (énergie, gain, phase lag, temps de récupération) indiquent une meilleure régulation posturale et une intégration sensorielle plus efficace, même sans repères visuels. Ces résultats suggèrent que la rééducation vestibulaire améliora à la fois les capacités motrices de l'intégration sensorielle, en renforçant l'usage des voies vestibulaires et proprioceptives en l'absence de vision.

L'étude de Tsuruta (2024), bien qu'utilisant un autre paradigme, met en évidence une réduction significative de l'aire de confiance et des distances parcourues par le CoP dans des conditions visuelles perturbées, illustrant également une amélioration de la stabilité posturale via un renforcement du canal somatosensoriel. Ainsi, malgré la diversité des outils employés, les résultats convergent vers une meilleure organisation sensorielle et une réduction de la dépendance visuelle dans le contrôle de l'équilibre.

Le test **LOS**, quant à lui, permet une évaluation de l'équilibre dynamique. Dans l'étude de Rossi-Izquierdo, des améliorations significatives sont observées dans les composantes telles que l'amplitude maximale (MXM), le temps de réaction (TR), l'endpoint excursion (EPE, distance parcourue par le centre de gravité lors de la première tentative pour atteindre la cible) et le contrôle directionnel (CD, précision directionnelle du mouvement), en particulier dans le groupe CDP, qui montre une progression durable sur ces quatre composantes jusqu'à 12 mois. Ces résultats traduisent une amélioration du contrôle moteur et de la planification anticipée du mouvement. Chez Fawzan, seul le paramètre de la surface fonctionnelle du LOS

est rapporté, avec une extension notable (de 41,6 à 136,1), ce qui indique une meilleure capacité à mobiliser le centre de gravité sans perte d'équilibre. Les autres sous-composantes (MXM, TR, EPE, DC) ne sont pas détaillées dans cette étude. Tsuruta ne mesure pas le LOS, mais les réductions de balancement en condition instable sont indirectement indicatives d'un meilleur contrôle dynamique, même en posture contrainte.

1.2 Diminution du risque de chute

Concernant les chutes, plusieurs outils et indicateurs ont été utilisés. Dans l'étude de Rossi-Izquierdo, les chutes sont comptabilisées selon deux modalités distinctes : celles observées lors du Sensory Organization Test (SOT), et celles survenues dans la vie quotidienne, signalées par les patients eux-mêmes sur une base annuelle. Tous les groupes montrent une diminution du nombre de chutes à 12 mois lors du SOT. Le nombre moyen de chutes dans la vie quotidienne diminue dans tous les groupes, mais cette baisse est particulièrement marquée dans le groupe OKN, passant de 17,07 à 4,43 chutes par an. Cette diminution plus importante pourrait toutefois s'expliquer par le fait que ce groupe présentait initialement un nombre de chutes plus élevé que les autres, rendant la marge d'amélioration plus grande. Toutefois, cette réduction est statistiquement significative lorsqu'on compare le nombre de chutes sur les 12 mois avant et après l'intervention, mais les effets observés ne diffèrent pas significativement d'un groupe d'intervention à l'autre. Elle pourrait refléter une meilleure gestion de l'équilibre en contexte réel, possiblement en lien avec l'amélioration des capacités de stabilisation observées au SOT.

Chez Fawzan, le score moyen au test FAT est passé de 3,4 à 0,27 critères positifs, traduisant une amélioration nette et significative du contrôle postural. Tous les participants sont ainsi passés de la catégorie fallers (≥ 3 critères positifs) à non-fallers (< 3 critères). Ce changement est d'autant plus marquant que le protocole présente une valeur prédictive négative (VPN) de 99 %, ce qui signifie que lorsqu'une personne présente moins de 3 critères positifs (test négatif), elle a 99 % de chances de ne pas chuter réellement (Ghulyan & Paolino, 2005). Cette évolution témoigne donc d'une réduction fiable et objectivable du risque de chute dans cette population. Par ailleurs, le DGI (Dynamic Gait Index) est un test clinique qui

mesure la capacité à conserver l'équilibre pendant la marche dans des situations variées, telles que les changements de direction, les arrêts brusques, la marche avec double tâche ou sur terrain irrégulier. Il évalue ainsi la stabilité dynamique et la sécurité des déplacements fonctionnels. Il permet ainsi de juger de la stabilité dynamique et de la sécurité fonctionnelle lors des déplacements au quotidien. Dans cette étude, ce score DGI passe de 12,7 à 21,8 (sur 24), franchissant le seuil cliniquement significatif (un score inférieur à 19 indique un risque accru de chute). Cette progression traduit une nette amélioration de la stabilité pendant la marche, y compris dans des conditions complexes, et renforce la capacité à éviter les chutes dans les situations réelles de la vie quotidienne. Cependant, ce score doit être interprété avec prudence. Le score DGI présente une sensibilité de seulement 59 % pour prédire les chutes, ce qui signifie qu'environ 4 chuteurs sur 10 obtiennent un score supérieur à 19 et ne sont donc pas identifiés comme à risque selon ce seuil (Shumway-Cook et al., 1997).

L'étude de Tsuruta, bien que ne mesurant pas directement les chutes, montre que les sujets améliorent leur stabilité en posture difficile (pieds serrés, écran à 20°). Ces résultats, obtenus avec une vision perturbée par l'inclinaison du champ visuel à l'intérieur du casque de réalité virtuelle et d'un retour vibrotactile, indiquent une amélioration de la stabilité posturale en condition difficile. Bien que l'étude de Tsuruta ne mesure pas directement le nombre de chutes, les gains observés sur les paramètres posturaux, notamment la réduction de l'aire de confiance du CoP et des balancements latéraux et antéro-postérieurs, laissent supposer un potentiel effet protecteur contre les chutes, en particulier dans les environnements instables ou peu prévisibles.

1.3 Apport des questionnaires subjectifs dans l'appréciation des effets ressentis

En parallèle, les questionnaires subjectifs permettent de mieux cerner le vécu des patients. Le DHI mesure l'impact des troubles de l'équilibre sur la vie quotidienne (aspects fonctionnels, émotionnels et physiques), tandis que le Short FES-I évalue la crainte de tomber. Leur stabilité laisse penser que, bien que les scores objectifs s'améliorent de manière observable, les patients ne ressentent pas forcément une

amélioration de leur qualité de vie ou une baisse de leur appréhension. Une part de ce ressenti peut s'expliquer par l'effort important nécessaire pour maintenir l'équilibre et éviter une chute. Chez un adulte jeune, de bons scores peuvent être atteints avec un contrôle largement automatisé et peu coûteux sur le plan cognitif. En revanche, chez une personne âgée, des scores satisfaisants peuvent également être obtenus, mais au prix d'un contrôle conscient et soutenu, mobilisant beaucoup d'énergie neuronale, ce qui entretient une impression de difficulté et d'insécurité malgré les progrès objectifs. Cela pourrait également s'expliquer par la progression subtile ou lente des bénéfices, ou encore par une anxiété ancrée difficile à lever en quelques semaines.. Dans l'étude de Rossi-Izquierdo, ni le Dizziness Handicap Inventory (DHI), ni le Short Falls Efficacy Scale-International (Short FES-I) ne montrent d'évolution significative.

En comparaison, dans l'étude de Fawzan, l'amélioration du DHI est significative ($p < 0,001$), traduisant une réduction perçue du handicap lié aux troubles de l'équilibre. Le Short FES-I n'ayant pas été utilisé, il n'est pas possible d'évaluer l'impact de l'intervention sur la peur de tomber. Ces résultats suggèrent que l'amélioration subjective est possible lorsque la rééducation est spécifiquement adaptée aux besoins des patients. Dans le cas de l'étude de Fawzan, c'est précisément l'approche personnalisée de la rééducation vestibulaire qui semble avoir permis une diminution significative du score DHI, traduisant une réduction du handicap perçu. Ce résultat pourrait également s'expliquer par le fait que les patients constatent les améliorations des scores objectifs, ce qui renforce leur perception d'une meilleure condition.

1.4 Synthèse

L'analyse transversale des quatre études met en lumière la variété des approches utilisées en rééducation vestibulaire et leur efficacité respective. Si toutes les interventions visent à renforcer la stabilité posturale et à réduire le risque de chute, leurs effets varient selon les modalités de mise en œuvre. Les protocoles standardisés (comme le CDP), les programmes personnalisés (comme celui de Fawzan) ou encore les dispositifs sensoriels ciblés (comme dans l'étude de Tsuruta) montrent chacun des bénéfices mesurables, tant sur le plan postural que fonctionnel.

Les tests objectifs tels que le SOT et le LOS permettent d'identifier finement les capacités posturales statiques et dynamiques, ainsi que la stratégie sensorielle utilisée. Le DGI complète ces données en évaluant le risque de chute dans des contextes réels. Enfin, les questionnaires subjectifs (DHI, FES-I) apportent un éclairage sur le ressenti des patients face à leurs troubles de l'équilibre.

Malgré la convergence des effets positifs sur les paramètres objectifs, les perceptions subjectives ne suivent pas toujours la même trajectoire. En effet, certains outils de mesure objectifs tels que le Sensory Organization Test (SOT) présentent une faible corrélation avec les scores subjectifs du Dizziness Handicap Inventory (DHI), notamment chez les personnes âgées (Rossi-Izquierdo et al., 2014). Cette faible corrélation peut s'expliquer par le fait que les personnes âgées présentant une instabilité ne sont généralement pas confrontées à des environnements aussi exigeants d'un point de vue sensoriel. Leurs difficultés surviennent plus souvent dans des situations simples mais fonctionnelles, comme la marche sur un sol irrégulier, les changements de direction dans un espace restreint, ou le fait de se lever d'une chaise sans appui. Ces contextes n'étant pas reproduits par le SOT, les résultats obtenus à ce test ne sont pas toujours représentatifs de leur vécu ou de leur ressenti subjectif face au risque de chute ou à la perte d'équilibre.

2 Remarques sur la réalisation des études sélectionnées

L'interprétation des effets de la rééducation vestibulaire sur le risque de chute chez les personnes âgées nécessite une lecture critique des aspects méthodologiques des études incluses. Plusieurs éléments limitent la portée et la généralisation des résultats observés.

2.1 Hétérogénéité des tailles d'échantillon

Des contraintes liées à l'échantillonnage ont affecté la solidité des résultats, notamment en ce qui concerne la taille de l'échantillon dans l'étude de Rossi-Izquierdo. Sur la base d'études antérieures (Soto-Varela et al., 2015), les chercheurs ont estimé qu'il fallait inclure 53 sujets par groupe pour garantir des résultats fiables

avec un niveau de confiance de 95 % et une puissance statistique de 80 %. Une marge de sécurité avait été ajoutée pour anticiper d'éventuelles pertes au suivi, portant l'effectif à 55 sujets par groupe, soit un total de 220 participants. Toutefois, une analyse intermédiaire réalisée sur 138 patients a montré des résultats significativement favorables en faveur des interventions spécifiques. En raison de ces résultats positifs, mais aussi du risque accru de chute chez les participants, le recrutement a été interrompu plus tôt que prévu.

Cette décision, bien que justifiée sur le plan éthique, a eu pour conséquence de réduire la taille finale de l'échantillon, notamment à 12 mois post-intervention, où seuls 106 participants ont été inclus dans les analyses. Cette réduction limite la puissance statistique des résultats à long terme et compromet leur généralisation. Bien que les auteurs aient utilisé des modèles statistiques ajustés sur plusieurs variables (âge, sexe, antécédents de chutes, IMC) afin de limiter l'influence de facteurs confondants, ils n'ont pas mis en place de méthode spécifique pour corriger les effets liés au mécanisme de sélection et aux fluctuations aléatoires propres aux petits échantillons. En l'absence de techniques comme l'imputation des données manquantes ou des analyses de sensibilité, les résultats à long terme restent donc plus vulnérables à l'effet du hasard et doivent être interprétés avec prudence. À noter que la répartition initiale des participants a été effectuée par randomisation en blocs équilibrés (balanced block randomization), ce qui a permis de constituer des groupes numériquement comparables et de limiter l'impact des fluctuations dues au hasard lors du recrutement. Toutefois, cette méthode ne compense pas les pertes de suivi à long terme, ni la baisse de puissance statistique qui en découle.

Les études de Fawzan et al. (2022) et Tsuruta et al. (2024) s'appuient sur des échantillons beaucoup plus restreints, respectivement 30 et 12 sujets, limitant la robustesse statistique et réduisant la capacité à extrapoler les résultats à une population plus large.

2.2 Durée du suivi et évaluation de la pérennité des effets

Les travaux de Rossi-Izquierdo et al. proposent une évaluation à court terme (2017) puis un suivi prolongé à 6 et 12 mois (2018), permettant d'apprécier la durabilité des bénéfices observés après rééducation vestibulaire.

En revanche, les études de Fawzan et al. (2022) et Tsuruta et al. (2024) ne présentent qu'une analyse postintervention immédiate, sans suivi à moyen et long terme. Cette absence de recul ne permet pas de conclure quant à la stabilité ou à la régression des effets dans le temps.

2.3 Fiabilité et diversité du matériel utilisé

La qualité des outils d'évaluation influence directement la précision des résultats. Les études de Rossi-Izquierdo ont utilisé la plateforme NeuroCom Smart EquiTest, et celle de Fawzan et al. (2022) a utilisé le Synapsys Posturography System, deux dispositifs de CDP reconnus pour leur fiabilité.

À l'inverse, l'étude de Tsuruta et al. (2024) a eu recours à la WBB, un outil plus accessible mais dont la validité reste limitée comparée aux plateformes professionnelles. Si certains travaux anciens ont remis en question la sensibilité de la WBB (Clark et al., 2009), des études plus récentes (Clark et al., 2017) montrent qu'un bon calibrage permet d'atteindre une excellente fiabilité ($ICC > 0,99$) chez les personnes âgées.

2.4 Hétérogénéité des modalités d'évaluation de l'équilibre

Les approches utilisées pour évaluer l'équilibre diffèrent entre les études. L'étude de Tsuruta repose sur un protocole qui alterne des conditions visuelles stables (écran à 0°) et instables (écran incliné à 20°), tout en fournissant un retour somatosensoriel grâce à une ceinture vibrotactile indiquant les déplacements du centre de gravité. Cette méthode, bien qu'innovante, se concentre essentiellement sur l'évaluation de l'équilibre statique, à travers des indicateurs comme l'aire de confiance du centre de gravité et les distances parcourues sur les axes x et y. Elle ne tient pas compte des réponses dynamiques, pourtant essentielles pour comprendre les adaptations sensori-motrices en situation réelle. En revanche, les études de Rossi-Izquierdo et al. (2017), (2018) et de Fawzan et al. (2022) ont privilégié une évaluation dynamique via la posturographie et des tests de contrôle postural volontaire. Les évaluations statiques et dynamiques explorent des dimensions différentes de l'équilibre. L'amélioration observée dans l'un de ces domaines ne garantit pas

nécessairement un bénéfice global sur la stabilité fonctionnelle. Cette divergence méthodologique rend difficile la comparaison directe des résultats.

2.5 Contraintes dans l'interprétation des données posturographiques

Les outils employés dans ces études présentent eux aussi certaines limites méthodologiques. Par exemple, le Sensory Organization Test (SOT) est souvent interprété de manière globale, comme c'est le cas dans les travaux de Rossi-Izquierdo. Pourtant, ce sont les sous-scores du test qui offrent un réel intérêt en rééducation : ils permettent de distinguer les déficiences propres à chaque système sensoriel impliqué dans le contrôle postural (visuel, vestibulaire ou somatosensoriel) et d'orienter ainsi plus finement les axes thérapeutiques. C'est précisément cette logique qui est suivie dans l'étude de Fawzan, où les sous-scores du SOT servent à individualiser les exercices de rééducation en fonction des troubles sensoriels identifiés chez chaque patient.

Cependant, l'usage du SOT n'est pas exempt de biais. Il est notamment sensible à un effet d'apprentissage : la répétition des conditions de test peut améliorer artificiellement les performances, sans refléter une amélioration réelle et durable de l'équilibre (Wrisley et al., 2007). Ce biais est peut-être présent dans l'étude de Fawzan, où les évaluations ont été menées juste après la fin de l'intervention, sans période de consolidation ni suivi à moyen terme. À l'inverse, les études de Rossi-Izquierdo ont pris soin de repousser les mesures à trois semaines après l'entraînement, limitant ainsi l'influence de cet effet d'apprentissage et offrant une évaluation plus fiable des effets réels de la rééducation. Des biais similaires peuvent être identifiés pour le MCT. Ce dernier repose sur des perturbations linéaires standardisées (translations rapides ou oscillatoires lentes) utiles pour objectiver les réactions posturales automatiques, mais ces situations sont parfois éloignées des conditions du quotidien, souvent multidirectionnelles et complexes. De plus, dans une étude (Trueblood et al., 2018) évaluant la reproductibilité de différents tests, dont le MCT, les auteurs ont rapporté une corrélation modérée à forte entre les différentes sessions. Cela suggère la présence potentielle d'un effet d'apprentissage.

3 Limites de la revue

Bien que l'ensemble des études de cette revue mette en lumière l'efficacité de la rééducation vestibulaire, évaluée à travers des mesures objectives et subjectives variées, sur l'amélioration de l'équilibre et la réduction du risque de chute associée à une dépendance visuelle chez les personnes âgées, les résultats doivent être considérés avec précaution. Différentes limites ont été relevées et le manque de littérature évaluant l'impact de la rééducation vestibulaire sur le risque de chute lié à la dépendance visuelle chez les personnes âgées, constitue aussi une limite de cette revue. En effet, la rareté des données restreint la portée des conclusions et met en évidence la nécessité de poursuivre les recherches dans ce domaine.

Une autre limite importante de cette revue concerne la qualité méthodologique des articles inclus. Deux des études sont des essais contrôlés randomisés (RCT), dont la qualité méthodologique a été jugée acceptable selon l'échelle PEDro. Les deux autres articles sont des études interventionnelles non randomisées, un type de recherche qui présente un niveau de preuve scientifique inférieur à celui des RCT. Parmi celles-ci, l'étude de Tsuruta et al. (2024) a été évaluée comme ayant une faible qualité méthodologique, tandis que celle de Fawzan et al. (2022) présente une qualité moyenne. Ainsi, les résultats de cette revue reposent sur des études dont la robustesse méthodologique est limitée, ce qui invite à interpréter les conclusions avec prudence.

4 Implications des résultats pour la pratique et la recherche

Les résultats de cette revue mettent en lumière l'intérêt de la rééducation vestibulaire dans l'amélioration de l'équilibre postural et la réduction du risque de chute chez les personnes âgées, notamment celles présentant une forte dépendance visuelle. Ces conclusions ont des retombées importantes pour la pratique clinique comme pour la recherche.

En pratique clinique, l'étude de Fawzan (2022) souligne les effets positifs d'une rééducation adaptée aux profils sensoriels individuels. Cette approche plaide pour

une individualisation des interventions, guidée par une évaluation sensorielle approfondie (comme le SOT), afin de proposer des exercices ciblés et efficaces.

Les patients rééduqués en centre, via une plateforme de posturographie dynamique (CDP), ont montré des améliorations nettement supérieures à ceux ayant suivi un programme d'exercices à domicile. Ce constat met en évidence les limites d'une prise en charge autonome, malgré des consignes établies. L'absence de feedback en temps réel, de progression adaptée et de supervision semble entraver l'efficacité de l'entraînement vestibulaire à domicile. Ces résultats confirment l'intérêt d'un environnement riche en stimulations multisensorielles et en retours sensoriels immédiats pour favoriser l'apprentissage moteur. L'accès à ce type de dispositifs, en centre spécialisé, pourrait être déterminant pour les patients les plus fragiles.

Dans le cas des patients souffrant d'aréflexie vestibulaire, c'est-à-dire d'une perte totale ou quasi totale de la fonction vestibulaire bilatérale, l'étude de Tsuruta est particulièrement intéressante. Chez ces patients, la rééducation classique ciblant le système vestibulaire est peu efficace du fait de l'absence de signal utilisable. L'approche proposée par Tsuruta, basée sur la réalité virtuelle et un feedback vibrotactile centré sur les oscillations posturales, permet de renforcer l'utilisation des canaux sensoriels restants, notamment somatosensoriels et visuels. En fournissant une information en temps réel sur la position du centre de gravité via la ceinture vibrante, cette méthode compense partiellement le déficit vestibulaire et encourage une réorganisation sensorielle fonctionnelle. Elle pourrait ainsi constituer une alternative prometteuse pour maintenir ou restaurer l'autonomie posturale chez les sujets vestibulo-déficients sévères.

Par ailleurs, l'utilisation conjointe de mesures objectives (SOT, LOS, DGI) et d'échelles subjectives (DHI, FES-I) est essentielle pour appréhender à la fois les progrès quantifiables et le ressenti des patients. Toutefois, la faible corrélation entre ces deux types de mesures invite à une interprétation prudente, sans se limiter aux seuls résultats posturographiques pour juger de l'efficacité globale de l'intervention.

Concernant la recherche future, la variabilité de qualité parmi les études incluses, marquée par de petits effectifs, l'absence de randomisation ou de groupes contrôle, limite la portée des conclusions. Des essais contrôlés randomisés à plus grande échelle sont nécessaires pour comparer rigoureusement les différentes formes de rééducation vestibulaire. De plus, la plupart des études s'arrêtent à une évaluation

immédiate post-intervention. Intégrer des suivis à moyen et long terme est indispensable pour mesurer la durabilité des effets et identifier d'éventuelles rechutes. L'approche de Tsuruta, qui combine réalité virtuelle et retour vibrotactile, ouvre également des perspectives intéressantes, même si elle se limite à une évaluation statique. Les recherches futures pourraient intégrer ces technologies dans des protocoles plus complets incluant des mesures dynamiques et personnalisées. Enfin, l'hétérogénéité des outils d'évaluation et des dispositifs utilisés rend difficile la comparaison entre études. Le recours à des instruments validés et standardisés, comme le NeuroCom ou le Synapsys, devrait être privilégié pour assurer la fiabilité et la comparabilité des résultats.

Si nous devons proposer un design d'une étude idéale, celle-ci s'appuierait sur une approche thérapeutique ciblée, particulièrement adaptée aux patients présentant une dépendance visuelle. Une orientation pertinente consisterait à induire une repondération sensorielle progressive. L'objectif serait de créer des situations où le système sensoriel déficient — le plus souvent le vestibulaire — est isolé et sollicité, afin de favoriser sa réactivation fonctionnelle. En privant le patient de la possibilité de compenser avec la vision, le système nerveux central est amené à réorganiser ses stratégies sensorielles, renforçant ainsi l'utilisation du système affaibli. La condition 6 du SOT illustre bien ce mécanisme : en altérant volontairement les systèmes somatosensoriels et visuels, elle force le recours au système vestibulaire, seule source d'information fiable restante.

L'utilisation d'une plateforme de posturographie dynamique validée, telle que le NeuroCom, le Synapsys ou la plateforme Framiral, garantirait la précision et la reproductibilité des évaluations.

Une piste de recherche pertinente consisterait à tester ce protocole dans un essai contrôlé randomisé, simple aveugle, comparé à un groupe contrôle (ne recevant aucun traitement), sur un échantillon de taille suffisante, déterminée par une analyse de puissance. L'évaluation reposerait sur des outils validés d'analyse de l'équilibre postural et de l'organisation sensorielle (SOT, LOS, TUG, DGI...). Les mesures seraient réalisées à l'inclusion (T0) pour obtenir une baseline, puis à moyen (T2, par exemple à 6 mois) et long terme (T3, à 12 mois), afin d'évaluer la durabilité des effets et limiter les biais d'apprentissage.

CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif de relever l'efficacité de la rééducation vestibulaire chez les personnes âgées présentant une dépendance visuelle, dans le but de réduire leur risque de chute. Dans un contexte de vieillissement démographique et de morbidité croissante liée aux chutes, il devient essentiel de mieux comprendre les mécanismes sensoriels en jeu et d'envisager des stratégies de rééducation ciblées.

Les quatre études retenues dans cette revue ont permis de mettre en évidence des résultats encourageants. Elles montrent qu'une rééducation vestibulaire bien conduite permet d'améliorer significativement la stabilité posturale, de réduire la dépendance aux informations visuelles et de renforcer l'intégration des afférences vestibulaires et somatosensorielles. Ces effets sont observés à travers divers outils d'évaluation standardisés (SOT, LOS, MCT, TUG, DHI...) et concernent aussi bien les dimensions du contrôle de l'équilibre que les perceptions subjectives du handicap fonctionnel.

L'analyse des études incluses met en évidence plusieurs limites méthodologiques importantes à considérer avec attention. La taille restreinte des échantillons, la variabilité des durées de suivi et l'hétérogénéité des protocoles d'évaluations de l'équilibre compromettent la portée des résultats et leur généralisation. Par ailleurs, la diversité du matériel utilisé, allant de plateformes professionnelles à des dispositifs plus accessibles, complique les comparaisons possibles entre les différentes études. Enfin, la présence de biais méthodologiques potentiels, tels que l'effet d'apprentissage dans les tests de posturographie dynamique (SOT et MCT), peut entraîner une surestimation des effets à court terme, notamment lorsque les évaluations sont réalisées immédiatement après intervention.

Malgré ces contraintes, les données disponibles suggèrent que la rééducation vestibulaire constitue une approche prometteuse pour améliorer l'équilibre et réduire le risque de chute chez les personnes âgées dépendantes visuellement. Lorsqu'elle est individualisée, progressive et intégrée dans une prise en charge pluridisciplinaire, cette intervention semble favoriser une meilleure compensation sensorielle et une stabilisation posturale durable.

À l'avenir, des études de plus grande envergure, méthodologiquement robustes et intégrant des suivis à moyen et long terme, seront nécessaires pour confirmer ces résultats, comparer les différentes modalités de prise en charge et mieux identifier les profils de patients les plus répondeurs.

BIBLIOGRAPHIE

- Abraira, V. E., & Ginty, D. D. (2013). The Sensory Neurons of Touch. *Neuron*, 79(4), 618-639. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.07.051>
- Alberts, B. B. G. T., Selen, L. P. J., & Medendorp, W. P. (2019). Age-related reweighting of visual and vestibular cues for vertical perception. *Journal Of Neurophysiology*, 121(4), 1279-1288. <https://doi.org/10.1152/jn.00481.2018>
- Almajid, R., Tucker, C., Wright, W. G., Vasudevan, E., & Keshner, E. (2019). Visual dependence affects the motor behavior of older adults during the Timed Up and Go (TUG) test. *Archives Of Gerontology And Geriatrics*, 87, 104004. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2019.104004>
- Amblard, B. (1998). Les descripteurs du contrôle postural. *Annales de Réadaptation et de Médecine Physique*, 41(5), 225-237. [https://doi.org/10.1016/s0168-6054\(98\)80017-2](https://doi.org/10.1016/s0168-6054(98)80017-2)
- Clark, R. A., Bryant, A. L., Pua, Y., McCrory, P., Bennell, K., & Hunt, M. (2009). Validity and reliability of the Nintendo Wii Balance Board for assessment of standing balance. *Gait & Posture*, 31(3), 307-310. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2009.11.012>
- Clark, R. A., Mentiplay, B. F., Pua, Y., & Bower, K. J. (2017). 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>
- Deveze, A., Bernard-Demanze, L., Xavier, F., Lavieille, J., & Elziere, M. (2013). Vestibular compensation and vestibular rehabilitation. Current concepts and new trends. *Neurophysiologie, Clinique*, 44(1), 49-57. <https://doi.org/10.1016/j.neucli.2013.10.138>
- Dieterich, M., & Brandt, T. (2019). Perception of Verticality and Vestibular Disorders of Balance and Falls. *Frontiers In Neurology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fneur.2019.00172>

Downs, S. H., & Black, N. (1998). The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *Journal Of Epidemiology & Community Health*, 52(6), 377-384. <https://doi.org/10.1136/jech.52.6.377>

Eikema, D. J. A., Hatzitaki, V., Tzovaras, D., & Papaxanthis, C. (2011). Age-dependent modulation of sensory reweighting for controlling posture in a dynamic virtual environment. *AGE*, 34(6), 1381-1392. <https://doi.org/10.1007/s11357-011-9310-9>

Fawzan, S., Kozou, H., Baki, F., & Asal, S. (2022). Fall risk assessment and effect of vestibular rehabilitation in the elderly population. *The Egyptian Journal Of Otolaryngology*, 38(1). <https://doi.org/10.1186/s43163-022-00277-z>

Ghulyan, V., Paolino, M., Lopez, C., Dumitrescu, M., & Lacour, M. (2005). A new translational platform for evaluating aging or pathology-related postural disorders. *ActaOtoLaryngologica*, 125(6), 607-617. <https://doi.org/10.1080/00016480510026908>

Guzik, A., Chwaszcz, B., Druzbicki, M., Wolan-Nieroda, A., & Wyszyńska, J. (2017). The assessment of the impact of myofascial training on postural control – a case study. *European Journal Of Clinical And Experimental Medicine*, 15(1), 71-77. <https://doi.org/10.15584/ejcem.2017.1.11>

Maher, C. G., Sherrington, C., Herbert, R. D., Moseley, A. M., & Elkins, M. (2003). Reliability of the PEDro Scale for Rating Quality of Randomized Controlled Trials. *Physical Therapy*, 83(8), 713-721. <https://doi.org/10.1093/ptj/83.8.713>

Maire, R., Mallinson, A., Ceyte, H., Caudron, S., Van Nechel, C., Bisdorff, A., Magnusson, M., Petersen, H., Kingma, H., & Perrin, P. (2017). Discussion about Visual Dependence in Balance Control : European Society for Clinical Evaluation of Balance Disorders. *The Journal Of International Advanced Otology*, 13(3), 404-406. <https://doi.org/10.5152/iao.2017.4344>

Ministère du Travail, de la Santé, des Solidarités et des Familles.
<https://solidarites.gouv.fr/plan-antichute-des-personnes-agees>



Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses : The PRISMA Statement. *Journal Of Clinical Epidemiology*, 62(10), 1006-1012. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2009.06.005R>.

Bloem, B., E. Visser, J., & H. J. Allum, J. (2003). Posturography. Dans M. Hallet (Éd.), *Handbook of Clinical Neurophysiology : Vol. 1 Movement Disorders*(p.295-336).Elsevier.



https://www.researchgate.net/publication/291800373_Posturography

Roberts, E., Bronstein, A., & Seemungal, B. (2013). Visual-vestibular interaction: basic science to clinical relevance. *Advances In Clinical Neuroscience & Rehabilitation*. <https://doi.org/10.47795/bnca5110>

Rossi-Izquierdo, M., Gayoso-Diz, P., Santos-Pérez, S., Del-Río-Valeiras, M., Faraldo-García, A., Vaamonde-Sánchez-Andrade, I., Lirola-Delgado, A., & Soto-Varela, A. (2017). Short-term effectiveness of vestibular rehabilitation in elderly patients with postural instability : a randomized clinical trial. *European Archives Of Oto-Rhino-Laryngology*, 274(6), 2395-2403. <https://doi.org/10.1007/s00405-017-4472-4>

Rossi-Izquierdo, M., Gayoso-Diz, P., Santos-Pérez, S., Del-Río-Valeiras, M., Faraldo-García, A., Vaamonde-Sánchez-Andrade, I., Lirola-Delgado, A., & Soto-Varela, A. (2018). Vestibular rehabilitation in elderly patients with postural instability : reducing the number of falls—a randomized clinical trial. *Aging Clinical And Experimental Research*, 30(11), 1353-1361. <https://doi.org/10.1007/s40520-018-1003-0>

Rossi-Izquierdo, M., Santos-Pérez, S., Del-Río-Valeiras, M., Lirola-Delgado, A., Faraldo-García, A., Vaamonde-Sánchez-Andrade, I., Gayoso-Diz, P., & Soto-Varela, A. (2014). Is there a relationship between objective and subjective assessment of balance in elderly patients with instability ? *European Archives Of Oto-Rhino-Laryngology*, 272(9), 2201-2206. <https://doi.org/10.1007/s00405-014-3122-3>

- Sakka, L., & Vitte, E. (2004). Anatomie et physiologie du système vestibulaire. *Morphologie*, 88(282), 117-126. [https://doi.org/10.1016/s1286-0115\(04\)98134-9](https://doi.org/10.1016/s1286-0115(04)98134-9)
- Shumway-Cook, A., Baldwin, M., Polissar, N. L., & Gruber, W. (1997). Predicting the Probability for Falls in Community-Dwelling Older Adults. *Physical Therapy*, 77(8), 812-819. <https://doi.org/10.1093/ptj/77.8.812>
- Silverman, S. R., Schertz, L. A., Yuen, H. K., Lowman, J. D., & Bickel, C. S. (2012). Systematic review of the methodological quality and outcome measures utilized in exercise interventions for adults with spinal cord injury. *Spinal Cord*, 50(10), 718-727. <https://doi.org/10.1038/sc.2012.78>
- Simoneau, G., Ulbrecht, J., Derr, J., & Cavanagh, P. (1995). Role of somatosensory input in the control of human posture. *Gait & Posture*, 3(3), 115-122. [https://doi.org/10.1016/0966-6362\(95\)99061-o](https://doi.org/10.1016/0966-6362(95)99061-o)
- Soto-Varela, A., Gayoso-Diz, P., Rossi-Izquierdo, M., Faraldo-García, A., Vaamonde-Sánchez-Andrade, I., Del-Río-Valeiras, M., Lirola-Delgado, A., & Santos-Pérez, S. (2015). Reduction of falls in older people by improving balance with vestibular rehabilitation (ReFOVeRe study) : design and methods. *Aging Clinical And Experimental Research*, 27(6), 841-848. <https://doi.org/10.1007/s40520-015-0362-z>
- Tighilet, B. (2021). Compensation vestibulaire et vieillissement. *Médecine/Sciences*, 37(10), 851-862. <https://doi.org/10.1051/medsci/2021144>
- Totilienė, M., Uloza, V., Lesauskaitė, V., Damulevičienė, G., Kregždytė, R., Kaski, D., & Ulozienė, I. (2021). Impaired Subjective Visual Vertical and Increased Visual Dependence in Older Adults With Falls. *Frontiers In Aging Neuroscience*, 13. <https://doi.org/10.3389/fnagi.2021.667608>
- Trueblood, P. R., Rivera, M., Lopez, C., Bentley, C., & Wubenhorst, N. (2018). Age-based normative data for a computerized dynamic posturography system that uses a virtual visual surround environment. *Acta Oto-Laryngologica*, 138(7), 597-602. <https://doi.org/10.1080/00016489.2018.1429653>

Tsuruta, C., Hong, J., Yasuda, K., Xu, Q., & Iwata, H. (2024). Reducing Visual Dependence of Postural Control in Older Adults with a Vibration Belt Indicating Shifts in Center of Gravity. Annual International Conference Of The IEEE Engineering In Medicine And Biology Society (EMBC), 1-4. <https://doi.org/10.1109/embc53108.2024.10781839>

Vanicek, N., King, S. A., Gohil, R., Chetter, I. C., & Coughlin, P. A. (2013). Computerized Dynamic Posturography for Postural Control Assessment in Patients with Intermittent Claudication. *Journal Of Visualized Experiments*, 82. <https://doi.org/10.3791/51077>

World Health Organization : WHO,2021

<https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/falls?>



Wrisley, D. M., Stephens, M. J., Mosley, S., Wojnowski, A., Duffy, J., & Burkard, R. (2007). Learning effects of repetitive administrations of the Sensory Organization Test in healthy young adults. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(8), 1049–1054. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2007.05.004>

ANNEXES

1 ANNEXE I : Tableau 1 : Conditions Sensory Organisation Test

Condition	Surface	Vision	Capacité sensorielle testée
1	Stable	Ouvert	Évaluation de références : toutes les modalités sensorielles sont disponibles.
2	Stable	Fermée	Évaluer la capacité à maintenir l'équilibre en s'appuyant uniquement sur le système vestibulaire et la proprioception.
3	Stable	Perturbée	Évaluer la capacité à maintenir l'équilibre en présence d'informations visuelles trompeuses, gestion des conflits visuels.
4	Instable	Ouvert	Évaluer la capacité à maintenir l'équilibre en s'appuyant principalement sur la vision, car la proprioception est perturbée.
5	Instable	Fermée	Évaluer la capacité à maintenir l'équilibre en s'appuyant exclusivement sur le vestibulaire, vision et proprioception indisponibles ou peu fiables.
6	Instable	Perturbée	Évaluer la capacité à maintenir l'équilibre en s'appuyant presque uniquement sur le vestibulaire, vision trompeuse et proprioception perturbée, situation la plus complexe.

2 ANNEXE 2 : Plateformes de Posturographie dynamiques informatisées

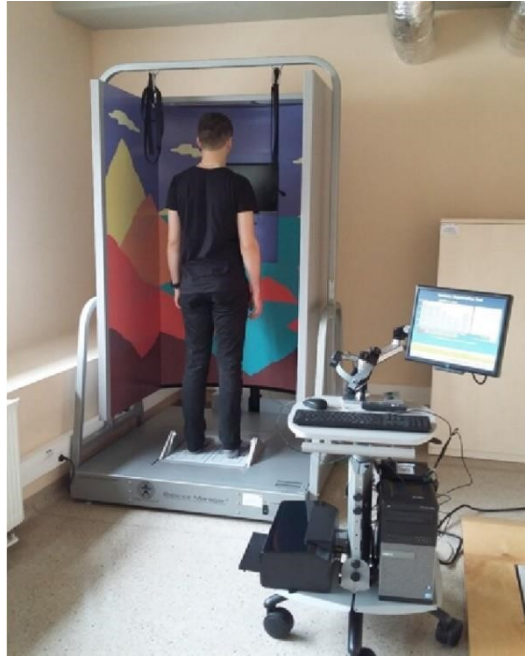


fig. 4 : Plateforme Neurocom SMART EquiTest (Guzik et al., 2017)

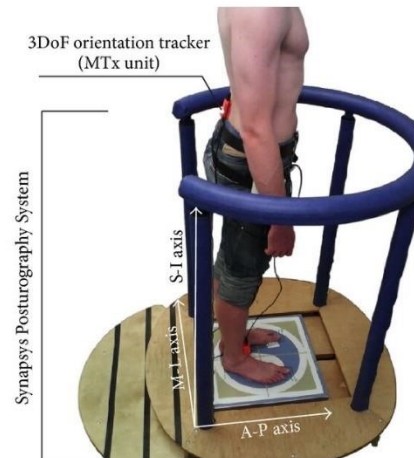


fig. 5 : Plateforme Synapsys Posturography System (Melecky et al., 2016)

3 ANNEXES 3 : Équations de Recherche.

Équation PubMed (44) :

("aged"[MeSH Terms] OR "aged"[All Fields] OR "aged patient"[All Fields] OR "aged people"[All Fields] OR "aged person"[All Fields] OR "aged subject"[All Fields] OR "elderly"[All Fields] OR "elderly patient"[All Fields] OR "elderly people"[All Fields] OR "elderly person"[All Fields] OR "elderly subject"[All Fields] OR "senior citizen"[All Fields] OR "senium"[All Fields] OR "older adults"[All Fields] OR "older adult"[All Fields]) AND ("visual dependence"[All Fields] OR "visual dependency"[All Fields] OR "visually dependent"[All Fields] OR "sensory reweighting"[All Fields] OR "physiological decline"[All Fields] OR "reweighting of sensory information"[All Fields] OR "weighting of sensory information"[All Fields] OR "weighting information"[All Fields] OR "sensorial organization"[All Fields] OR "visual reliance"[All Fields] OR "reliance of visual"[All Fields] OR "visual disturbance"[All Fields] OR "erroneous visual information"[All Fields] OR "incongruent visual information"[All Fields] OR "conflicting visual information"[All Fields] OR "misleading visual cues"[All Fields] OR "visual perturbation"[All Fields] OR "presbyvestibulopathy"[All Fields] OR "meniere disease"[MeSH Terms] OR "meniere disease"[All Fields] OR "meniere's disease"[All Fields] OR "menieres disease"[All Fields] OR "vestibular migraine"[MeSH Terms] OR "migraine related vestibulopathy"[All Fields] OR "vestibular migraine"[All Fields] OR "persistent postural perceptual dizziness"[All Fields] OR "pppd (persistent postural perceptual dizziness)"[All Fields] OR "persistent perceptual positional dizziness"[All Fields] OR "persistent perceptual postural dizziness"[All Fields] OR "persistent positional perceptual dizziness"[All Fields] OR "bilateral vestibulopathy"[All Fields] OR "bilateral vestibular hypofunction"[All Fields]) AND ("vestibular rehabilitation"[MeSH Terms] OR "vestibular rehabilitation therapy"[All Fields] OR "vestibular exercise"[All Fields] OR "computerized dynamic posturography"[All Fields] OR "dynamic posturography"[All Fields] OR "sensory organization test"[All Fields] OR "optokinetic"[All Fields] OR "optokinetic training"[All Fields] OR "optokinetic stimulation"[All Fields] OR "optokinetic stimuli"[All Fields] OR "vibration

belt"[All Fields] OR "visual desensitization"[All Fields] OR "virtual reality"[MeSH Terms] OR "exergaming"[All Fields] OR "vr exercise"[All Fields] OR "vr exergaming"[All Fields] OR "vr-based exercise"[All Fields] OR "active video gaming"[All Fields] OR "active videogaming"[All Fields] OR "exer-gaming"[All Fields] OR "virtual reality exercise"[All Fields] OR "virtual reality-based exercise"[All Fields]) AND ("accidental falls"[MeSH Terms] OR "fall"[All Fields]

OR "falling"[All Fields] OR "risk of falling"[All Fields] OR "fall risk"[All Fields] OR "balance"[MeSH Terms] OR "imbalance"[All Fields] OR "postural instability"[All Fields] OR "postural control"[All Fields] OR "timed up and go test"[All Fields] OR "romberg test"[All Fields] OR "shifts in center of gravity"[All Fields] OR "gait function"[All Fields])

Équation scopus (227):

TITLE-ABS-KEY("aged" OR "aged patient" OR "aged people" OR "aged person" OR "aged subject" OR "elderly" OR "elderly patient" OR "elderly people" OR "elderly person" OR "elderly subject" OR "senior citizen" OR "senium" OR "older adults" OR "older adult") AND TITLE-ABS-KEY("visual dependence" OR "visual dependency" OR "visually dependent" OR "sensory reweighting" OR "physiological decline" OR "reweighting of sensory information" OR "weighting of sensory information" OR "weighting information" OR "sensorial organization" OR "visual reliance" OR "reliance of visual" OR "visual disturbance" OR "erroneous visual information" OR "incongruent visual information" OR "conflicting visual information" OR "misleading visual cues" OR "visual perturbation" OR "presbyvestibulopathy" OR "meniere disease" OR "meniere's disease" OR "menieres disease" OR "vestibular migraine" OR "migraine related vestibulopathy" OR "persistent postural perceptual dizziness" OR "pppd (persistent postural perceptual dizziness)" OR "persistent perceptual positional dizziness" OR "persistent perceptual postural dizziness" OR "persistent positional perceptual dizziness" OR "bilateral vestibulopathy" OR "bilateral vestibular hypofunction") AND TITLE-ABS-KEY("vestibular rehabilitation" OR "vestibular rehabilitation therapy" OR "vestibular exercise" OR "computerized dynamic posturography"

OR "dynamic posturography" OR "sensory organization test" OR "optokinetic" OR "optokinetic training" OR "optokinetic stimulation" OR "optokinetic stimuli" OR "vibration belt" OR "visual desensitization" OR "virtual reality" OR "exergaming" OR "vr exercise" OR "vr exergaming" OR "vr-based exercise" OR "active video gaming" OR "active videogaming" OR "exer-gaming" OR "virtual reality exercise" OR "virtual reality-based exercise") AND TITLE-ABS-KEY("falling" OR "accidental falls" OR "fall" OR "falling" OR "risk of falling" OR "fall risk" OR "balance" OR "imbalance" OR "postural instability" OR "postural control" OR "timed up and go test" OR "romberg test" OR "shifts in center of gravity" OR "gait function")

Équation cochrane library (35):

(aged:ti,ab,kw OR "aged patient":ti,ab,kw OR "aged people":ti,ab,kw OR "aged person":ti,ab,kw OR "aged subject":ti,ab,kw OR elderly:ti,ab,kw OR "elderly patient":ti,ab,kw OR "elderly people":ti,ab,kw OR "elderly person":ti,ab,kw OR "elderly subject":ti,ab,kw OR "senior citizen":ti,ab,kw OR senium:ti,ab,kw OR "older adults":ti,ab,kw OR "older adult":ti,ab,kw) AND ("visual dependence":ti,ab,kw OR "visual dependency":ti,ab,kw OR "visually dependent":ti,ab,kw OR "sensory reweighting":ti,ab,kw OR "physiological decline":ti,ab,kw OR "reweighting of sensory information":ti,ab,kw OR "weighting of sensory information":ti,ab,kw OR "weighting information":ti,ab,kw OR "sensorial organization":ti,ab,kw OR "visual reliance":ti,ab,kw OR "reliance of visual":ti,ab,kw OR "visual disturbance":ti,ab,kw OR "erroneous visual information":ti,ab,kw OR "incongruent visual information":ti,ab,kw OR "conflicting visual information":ti,ab,kw OR "misleading visual cues":ti,ab,kw OR "visual perturbation":ti,ab,kw OR presbyvestibulopathy:ti,ab,kw OR "meniere disease":ti,ab,kw OR "meniere`s disease":ti,ab,kw OR "menieres disease":ti,ab,kw OR "vestibular migraine":ti,ab,kw OR "migraine related vestibulopathy":ti,ab,kw OR "persistent postural perceptual dizziness":ti,ab,kw OR "pppd (persistent postural perceptual dizziness)":ti,ab,kw OR "persistent perceptual positional dizziness":ti,ab,kw OR "persistent perceptual postural

dizziness":ti,ab,kw OR "persistent positional perceptual dizziness":ti,ab,kw OR "bilateral vestibulopathy":ti,ab,kw OR "bilateral vestibular hypofunction":ti,ab,kw) AND ("vestibular rehabilitation":ti,ab,kw OR "vestibular rehabilitation therapy":ti,ab,kw OR "vestibular exercise":ti,ab,kw OR "computerized dynamic posturography":ti,ab,kw OR "dynamic posturography":ti,ab,kw OR "sensory organization test":ti,ab,kw OR optokinetic:ti,ab,kw OR "optokinetic training":ti,ab,kw OR "optokinetic stimulation":ti,ab,kw OR "optokinetic stimuli":ti,ab,kw OR "vibration belt":ti,ab,kw OR "visual desensitization":ti,ab,kw OR "virtual reality":ti,ab,kw OR exergaming:ti,ab,kw OR "vr exercise":ti,ab,kw OR "vr exergaming":ti,ab,kw OR "vr-based exercise":ti,ab,kw OR "active video gaming":ti,ab,kw OR "active videogaming":ti,ab,kw OR "exer-gaming":ti,ab,kw OR "virtual reality exercise":ti,ab,kw OR "virtual reality-based exercise":ti,ab,kw) AND (falling:ti,ab,kw OR "accidental falls":ti,ab,kw OR fall:ti,ab,kw OR "risk of falling":ti,ab,kw OR "fall risk":ti,ab,kw OR balance:ti,ab,kw OR imbalance:ti,ab,kw OR "postural instability":ti,ab,kw OR "postural control":ti,ab,kw OR "timed up and go test":ti,ab,kw OR "romberg test":ti,ab,kw OR "shifts in center of gravity":ti,ab,kw OR "gait function":ti,ab,kw)

4 ANNEXE 4 : Échelle PEDro

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non ☐	oui ☐	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non ☐	oui ☐	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non ☐	oui ☐	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non ☐	oui ☐	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non ☐	oui ☐	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non ☐	oui ☐	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐	oui ☐	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non ☐	oui ☐	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non ☐	oui ☐	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non ☐	oui ☐	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non ☐	oui ☐	où:

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Dernière modification le 21 juin 1999. Traduction française le 1 juillet 2010

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté**. Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.

- | | |
|------------------|--|
| Critère 1 | Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude. |
| Critère 2 | Une étude est considérée avoir utilisé une <i>répartition aléatoire</i> si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère. |
| Critère 3 | Une <i>assignation secrète</i> signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance. |
| Critère 4 | Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude. |
| Critères 4, 7-11 | Les <i>critères de jugement</i> essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats. |
| Critères 5-7 | Être " <i>en aveugle</i> " signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi. |

Critère 8	Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement <i>à la fois</i> le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes <i>et</i> le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
Critère 9	Une <i>analyse en intention</i> de traiter signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
Critère 10	Une comparaison statistique <i>intergroupe</i> implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
Critère 11	Une <i>estimation de l'effet</i> est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les <i>estimations de la variabilité</i> incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

APPENDIX 3: DOWNS AND BLACK CHECKLIST FOR CLINICAL TRIAL QUALITY ASSESSMENT

REPORTING	Yes/No/Partially	Score
1. Is the objective of the study clear?	Yes = 1, No = 0	
2. Are the main outcomes clearly described in the Introduction or Methods?	Yes = 1, No = 0	
3. Are characteristics of the patients included in the study clearly described?	Yes = 1, No = 0	
4. Are the interventions clearly described?	Yes = 1, No = 0	
5. Are the distributions of principal confounders in each group of subjects clearly described?	Yes = 2, Partially = 1, No = 0	
6. Are the main findings of the study clearly described?	Yes = 1, No = 0	
7. Does the study estimate random variability in data for main outcomes?	Yes = 1, No = 0	
8. Have all the important adverse events consequential to the intervention been reported?	Yes = 1, No = 0	
9. Have characteristics of patients lost to follow-up been described?	Yes = 1, No = 0	
10. Have actual probability values been reported for the main outcomes except probability < 0.001?	Yes = 1, No = 0	
11. Is the source of funding clearly stated? ^a	Yes = 1, No = 0	
EXTERNAL VALIDITY	Yes/No/Unclear	Score
12. Were subjects who were asked to participate in the study representative of the entire population recruited?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
13. Were those subjects who were prepared to participate representative of the recruited population?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
14. Were staff, places, and facilities where patients were treated representative of treatment most received?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
INTERNAL VALIDITY	Yes/No/Unclear	Score
15. Was an attempt made to blind study subjects to the intervention?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
16. Was an attempt made to blind those measuring the main outcomes?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
17. If any of the results of the study were based on data dredging was this made clear?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
18. Was the time period between intervention and outcome the same for intervention and control groups or adjusted for?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
19. Were the statistical tests used to assess main outcomes appropriate?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
20. Was compliance with the interventions reliable?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
INTERNAL VALIDITY (continued)	Yes/No/Unclear	Score

21. Were main outcome measures used accurate? (valid and reliable)	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
INTERNAL VALIDITY-CONFOUNDING (SELECTION BIAS)	Yes/No/Unclear	Score
22. Were patients in different intervention groups recruited from the same population?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
23. Were study subjects in different intervention groups recruited over the same period of time?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
24. Were study subjects randomized to intervention groups?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
25. Was the randomized intervention assignment concealed from patients and staff until recruitment was complete?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
26. Was there adequate adjustment for confounding in the analyses from which main findings were drawn?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
27. Were losses of patients to follow-up taken into account?	Yes = 1, No = 0, Unclear = 0	
POWER	Size of Smallest Intervention Group Score of 0 to 5	Score
28. Was the study sufficiently powered to detect clinically important effects where probability value for a difference due to chance is < 5%?		

6 ANNEXE 6 : Système d'intervention Casque VR/Ceinture vibrotactile

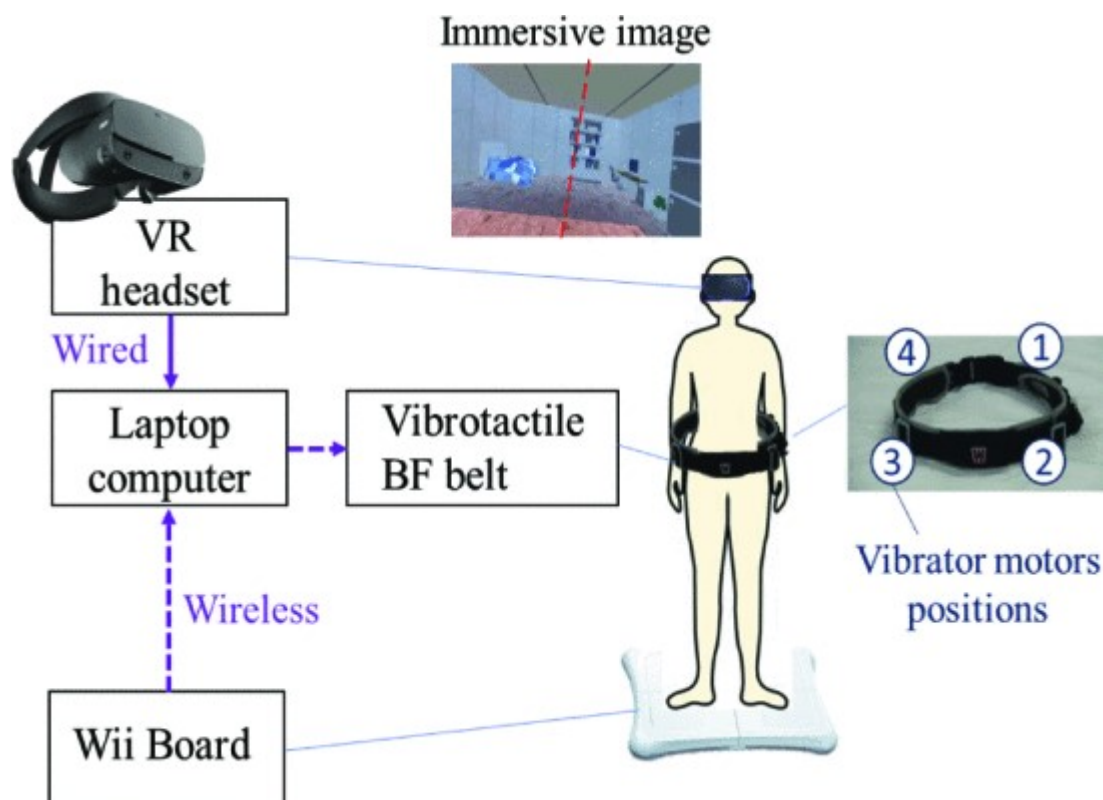


Fig 6 : Système d'intervention Casque VR/Ceinture vibrotactile (Tsuruta et al., 2024)

7 ANNEXE 7 : Tableau résumé des interventions

TABLEAU : Résumé des Interventions			
Etudes	Durée de l'étude	Type d'intervention	Objectif
<i>Rossi-Izquierdo et al. (2017)</i>	3 semaines	Groupes : CDP (biofeedback visuel/proprioceptif, 10 séances/2 semaines ; OKN (10 séances/ 2 semaines) ; Exercices vestibulaires à domicile (28 séances/2 semaines) ; Contrôle (marche conseillée)	Évaluer l'efficacité de différentes modalités de rééducation vestibulaire sur l'équilibre et la prévention des chutes chez les personnes âgées avec repondération sensorielle liée à l'âge
<i>Rossi-Izquierdo et al. (2018)</i>	6 mois, puis 12 mois de suivi	Même protocole que 2017, suivi longitudinal	Evaluer l'effet à moyen et long terme (6 et 12 mois) des différentes modalités de rééducation vestibulaire sur l'équilibre et la prévention des chutes.
<i>Fawzan et al. (2022)</i>	Jusqu'à 3 mois (durée variable, non précisée)	Programme personnalisé de rééducation vestibulaire (VRT) : exercices adaptés à chaque patient, supervision clinique régulière.	Améliorer l'équilibre, réduire la dépendance visuelle et le risque de chute chez les personnes âgées à risque.

<i>Tsuruta et al.</i> <i>(2024)</i>	Non précisée (protocole court, sessions en laboratoire)	Système immersif combinant réalité virtuelle (casque Oculus Rift S) et ceinture vibrante, feedback vibratoire lors des déviations du centre de gravité, environnement visuel modifié.	Evaluer l'efficacité d'un traitement combinant VR et ceinture vibrante pour améliorer le contrôle postural et réduire la dépendance visuelle chez les personnes âgées.
--	---	---	--

8 ANNEXE 8 : PRISMA 2020 Checklist

Section et thème	Item N°	Item de la liste de contrôle	Page où l'item est signalé
TITRE			
Titre	1	Identifier le rapport comme une revue systématique.	
RÉSUMÉ			
Résumé	2	Voir la liste de contrôle PRISMA 2020 pour les résumés.	
INTRODUCTION			
Justification	3	Décrire la justification de la revue dans le contexte des connaissances actuelles.	
Objectifs	4	Fournir un énoncé explicite de l'objectif ou de la question que la revue aborde.	
MÉTHODES			
Critères d'éligibilité	5	Préciser les critères d'inclusion et d'exclusion de la revue et la manière dont les études ont été regroupées pour les synthèses.	
Sources d'information	6	Préciser toutes les bases de données, registres d'essais, sites web, organisations, références bibliographiques et autres sources recherchées ou consultées pour identifier les études. Spécifier la date à laquelle chaque source a été recherchée ou consultée pour la dernière fois.	
Stratégie de recherche documentaire	7	Présenter les stratégies de recherche complètes pour toutes les bases de données, tous les registres et tous les sites web, y compris les filtres et les limites utilisés.	
Processus de sélection	8	Préciser les méthodes utilisées pour décider si une étude répond aux critères d'inclusion de la revue, y compris le nombre d'évaluateurs qui ont examiné chaque document et chaque rapport récupéré, s'ils ont travaillé indépendamment et, le cas échéant, les détails des outils d'automatisation utilisés dans le processus.	

Processus de collecte des données	9	Préciser les méthodes utilisées pour collecter les données des rapports, y compris le nombre d'évaluateurs qui ont collecté les données de chaque rapport, s'ils ont travaillé de manière indépendante, les processus d'obtention ou de confirmation des données auprès des investigateurs de l'étude et, le cas échéant, les détails des outils d'automatisation utilisés dans le processus.	
Éléments de données	10a	Lister et définir tous les critères de jugement pour lesquels des données ont été recherchées. Préciser si tous les résultats compatibles avec chaque domaine des critères de jugement de chaque étude ont été recherchés (par exemple, pour toutes les mesures, tous les points de mesure, toutes les analyses) et, dans la négative, les méthodes utilisées pour décider des résultats à collecter.	
	10b	Lister et définir toutes les autres variables pour lesquelles des données ont été recherchées (par exemple, les caractéristiques des participants et de l'intervention, les sources de financement). Décrire les hypothèses formulées à propos des informations manquantes ou imprécises.	
Évaluation du	11	Préciser les méthodes utilisées pour évaluer le risque de biais dans les études incluses, y compris les détails de l'outil ou des outils utilisés, le	

Section et thème	Item N°	Item de la liste de contrôle	Page où l'item est signalé
risque de biais de l'étude		nombre d'évaluateurs qui ont évalué chaque étude et s'ils ont travaillé indépendamment, et le cas échéant, les détails des outils d'automatisation utilisés dans le processus.	
Mesures de l'effet	12	Préciser pour chaque critère de jugement la ou les mesures d'effet (par exemple, risque relatif, différence de moyennes) utilisées dans la synthèse ou la présentation des résultats.	
Méthodes de synthèse	13a	Décrire les processus utilisés pour décider quelles études étaient éligibles pour chaque synthèse (par exemple, tabulation des caractéristiques de l'intervention de l'étude et comparaison avec les groupes prévus pour chaque synthèse (item 5)).	
	13b	Décrire les méthodes nécessaires pour préparer les données en vue de la présentation ou de la synthèse, telles que le traitement des statistiques récapitulatives manquantes ou les conversions de données.	
	13c	Décrire les méthodes utilisées pour présenter sous forme de tableau ou de graphique les résultats des études individuelles et des synthèses.	
	13d	Décrire les méthodes utilisées pour synthétiser les résultats et justifier le(s) choix. Si une méta-analyse a été réalisée, décrire le(s) modèle(s), la(les) méthode(s) permettant d'identifier la présence et l'étendue de l'hétérogénéité statistique, et le(s) logiciel(s) utilisé(s).	
	13e	Décrire les méthodes utilisées pour explorer les causes possibles de l'hétérogénéité des résultats des études (par exemple, analyse des sousgroupes, méta-régression).	
	13f	Décrire les analyses de sensibilité effectuées pour évaluer la robustesse des résultats synthétisés.	
Évaluation du biais de notification	14	Décrire les méthodes utilisées pour évaluer le risque de biais dû aux résultats manquants dans une synthèse (résultant de biais de notification).	

Évaluation du niveau de confiance	15	Décrire les méthodes utilisées pour évaluer le niveau de confiance dans l'ensemble des données probantes relatives à un critère de jugement.	
RÉSULTATS			
Sélection de l'étude	16a	Décrire les résultats du processus de recherche et de sélection, depuis le nombre des documents identifiés lors de la recherche jusqu'au nombre d'études incluses dans la revue, de préférence à l'aide d'un diagramme de flux.	
	16b	Citer les études qui pourraient sembler répondre aux critères d'inclusion, mais qui ont été exclues, et expliquer pourquoi elles ont été exclues.	
Caractéristiques des études	17	Citer chaque étude incluse et présenter ses caractéristiques.	
Risque de biais dans les études	18	Présenter les évaluations du risque de biais pour chaque étude incluse.	

Section et thème	Item N°	Item de la liste de contrôle	Page où l'item est signalé
Résultats des études individuelles	19	Pour tous les critères de jugements, présenter, pour chaque étude : (a) des statistiques sommaires pour chaque groupe (le cas échéant) et (b) une estimation de l'effet et sa précision (par exemple, intervalle de confiance/crédibilité), idéalement à l'aide de tableaux ou de graphiques structurés.	
Résultats des synthèses	20a	Pour chaque synthèse, résumer brièvement les caractéristiques et le risque de biais des études participantes.	
	20b	Présenter les résultats de toutes les synthèses statistiques réalisées. Si une méta-analyse a été réalisée, présenter pour chacune l'estimation globale et sa précision (par exemple, l'intervalle de confiance/crédibilité) et les mesures de l'hétérogénéité statistique. Si vous comparez des groupes, décrivez la direction de l'effet.	
	20c	Présenter les résultats de toutes les recherches sur les causes possibles de l'hétérogénéité des résultats des études.	
	20d	Présenter les résultats de toutes les analyses de sensibilité effectuées pour évaluer la robustesse des résultats synthétisés.	
Biais de notification	21	Présenter les évaluations du risque de biais dû aux résultats manquants (résultant des biais de notification) pour chaque synthèse évaluée.	
Niveau de confiance des	22	Présenter les évaluations du niveau de confiance dans l'ensemble des données probantes pour chaque critère de jugement évalué.	

données probantes			
DISCUSSION			
Discussion	23a	Fournir une interprétation générale des résultats dans le contexte d'autres données probantes.	
	23b	Discuter des limites éventuelles des données probantes incluses dans la revue.	
	23c	Discuter des limites éventuelles des processus de la revue utilisés.	
	23d	Discuter des implications des résultats pour la pratique, la politique et la recherche future.	
AUTRES INFORMATIONS			
Enregistrement et protocole	24a	Fournir les informations relatives à l'enregistrement de la revue, y compris le nom du registre et le numéro d'enregistrement, ou indiquer que la revue n'a pas été enregistrée.	
	24b	Indiquer où le protocole de la revue peut être consulté ou préciser qu'aucun protocole n'a été préparé.	
	24c	Décrire et expliquer toute modification apportée aux informations fournies lors de l'enregistrement ou dans le protocole.	
Soutien	25	Décrire les sources de soutien financier ou non financier pour la revue et le rôle des bailleurs de fonds ou des sponsors dans la revue.	
Déclaration d'intérêts	26	Déclarer les conflits d'intérêts des auteurs de la revue.	
Section et thème	Item N°	Item de la liste de contrôle	Page où l'item est signalé
Disponibilité des données, du code et d'autres matériels	27	Indiquer quels sont les éléments suivants qui sont accessibles au public et où ils peuvent être trouvés : modèles de formulaires de collecte de données ; données extraites des études incluses ; données utilisées pour toutes les analyses ; code analytique ; tout autre matériel utilisé dans le cadre de la revue.	

Remarque : Cette traduction en français représente la liste de contrôle de la déclaration PRISMA 2020 pour les revues systématiques. La traduction a été réalisée par Cochrane France.

La version originale anglaise de l'article est disponible à l'adresse suivante :

Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews BMJ 2021;372:n71. doi : 10.1136/bmj.n71

RÉSUMÉ DU MÉMOIRE

Introduction :

Avec l'âge, la détérioration du système vestibulaire entraîne une repondération sensorielle souvent défavorable, menant à une dépendance accrue à la vision pour le maintien de l'équilibre. Cette dépendance visuelle est un facteur de risque de chute important chez les personnes âgées. Dans ce contexte, la rééducation vestibulaire vise à restaurer une intégration sensorielle plus équilibrée afin de réduire ce risque.

Méthode :

Le travail a été mené selon les recommandations PRISMA. Quatre études (deux RCT et deux essais interventionnels) ont été incluses après une recherche sur PubMed, Embase, Scopus et Cochrane. La qualité méthodologique a été évaluée via les échelles PEDro et Downs & Black.

Résultats :

Les interventions analysées, incluant la posturographie dynamique, la stimulation optocinétique et la réalité virtuelle immersive, ont toutes montré des bénéfices sur l'équilibre postural, la diminution de la dépendance visuelle, et la réduction du risque de chute. Les résultats les plus marqués concernent les groupes bénéficiant d'un entraînement intensif, individualisé et/ou technologiquement assisté.

Conclusion :

La rééducation vestibulaire apparaît comme une approche pertinente pour améliorer la stabilité et réduire le risque de chute chez les personnes âgées dépendantes visuellement. Sa mise en œuvre clinique, selon le type d'intervention, pourrait permettre d'optimiser la prise en charge de cette population à risque. Des études complémentaires sont nécessaires pour mieux comparer les modalités d'intervention et identifier les profils les plus répondeurs.

Mots clés : Dépendance visuelle, repondération sensorielle, personnes âgées, risque de chute, rééducation vestibulaire

UNIVERSITÉ CATHOLIQUE DE LOUVAIN
Faculté des sciences de la motricité

Place Pierre de Coubertin, 1 bte L8.10.01, 1348 Louvain-la-Neuve, Belgique |
www.uclouvain.be/fsm