



HAL
open science

Un programme de rééducation amélioré-t-il l'équilibre et le contrôle postural chez les enfants atteints d'une surdité de perception sévère a profonde : une revue systématique de littérature et une méta-analyse

Manon Camilli

► To cite this version:

Manon Camilli. Un programme de rééducation amélioré-t-il l'équilibre et le contrôle postural chez les enfants atteints d'une surdité de perception sévère a profonde : une revue systématique de littérature et une méta-analyse. Sciences du Vivant [q-bio]. 2024. dumas-04744091

HAL Id: dumas-04744091

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04744091v1>

Submitted on 20 Nov 2024

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

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

**AIX-MARSEILLE UNIVERSITÉ
ÉCOLE DES SCIENCES DE LA RÉADAPTATION
FORMATION EN MASSO-KINÉSITHÉRAPIE**

**UN PROGRAMME DE RÉÉDUCATION
AMÉLIORE-T-IL L'ÉQUILIBRE ET LE
CONTRÔLE POSTURAL CHEZ LES ENFANTS
ATTEINTS D'UNE SURDITÉ DE PERCEPTION
SÉVÈRE À PROFONDE : UNE REVUE
SYSTÉMATIQUE DE LITTÉRATURE ET UNE
MÉTA-ANALYSE**

CAMILLI MANON
Directeur de mémoire : Mr PIMENTA AFONSO SERGIO

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier mon directeur de mémoire, Mr Sergio Pimenta Afonso pour son investissement, son aide et son implication sans faille dans mon mémoire

Je tiens également à le remercier pour ses réponses si rapides et d'une aide précieuse ainsi que pour ses paroles toujours bienveillantes à mon égard.

Sans votre aide ce mémoire n'aurait pas été le même, j'en suis sûre et pour cela je vous en suis entièrement reconnaissante.

Je tiens également à remercier l'ensemble de ma famille. Ça va bientôt faire 6 ans maintenant que vous supportez mes sauts d'humeur, mon stress incessant et mes cours d'anatomie.

Ça y est, c'est la dernière ligne droite et bientôt vous ne m'entendrez plus vous dire que je ne peux pas sortir avec vous parce que je dois réviser ou que je ne dois pas me coucher trop tard parce que j'ai cours à 8h le lendemain matin.

Merci à vous pour votre soutien infaillible, merci d'avoir toujours cru en moi-même quand personne ne pensait que j'allais y arriver. C'est votre force qui m'a fait avancer toutes ces années et c'est pour vous rendre fière que j'ai toujours voulu donner le meilleur de moi.

Merci Maman de m'avoir préparé toutes tes mixtures et autres graines étranges durant ma Paces pour que je tienne le coup, merci Papa d'avoir toujours été si fière de moi, merci mes Cousins d'avoir décalé tout leur anniversaire pour que je puisse réviser tranquillement, merci mon petit Frère adoré d'avoir chuchoté tous les soirs pour que je ne sois pas fatiguée, merci ma petite Mamé de croire en moi chaque jour un peu plus, merci ma Tata et ma Marraine pour votre soutiens durant toutes ces années.

Je vous aime de tout mon cœur et pour toujours. « Ohana signifie famille, famille signifie que personne ne doit être abandonné ni oublié »

J'aimerais également remercier tous mes amis pour leur soutien durant ces années d'études, notamment Benzène, Bryophyte et ma Souka.

J'espère que notre amitié continuera encore de nombreuses années.

Merci aussi à mon copain d'amour de m'avoir épaulé durant ces 4 années de vie commune, merci d'avoir corrigé et relu l'entièreté de mon mémoire jusqu'à tard le soir.

Merci de m'aimer un peu plus tous les jours, j'ai hâte de devenir ta femme.

Une pensée spéciale pour mon petit papé, je t'avais promis que je réussirais et je l'ai fait.

J'aurais tant aimé que tu sois là avec moi mais je suis sûre que tu es fière de moi d'où tu es.

Je t'aime et je t'aimerai pour toujours, ton petit cœur.

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
1.1 DEFINITION DE LA SURDITE	1
1.2 LES DIFFERENTES CAUSES D'APPARITION DE LA SURDITE.....	3
1.3 LOCALISATION DE L'ATTEINTE	4
1.4 DONNEES EPIDEMIOLOGIQUES.....	5
1.5 DEPISTAGE DES TROUBLES AUDITIFS	6
1.6 IMPACT SANTE PUBLIQUE.....	7
1.7 EMBRYOGENESE DE L'APPAREIL AUDITIF.....	10
1.8 RAPPELS SUCCINCTS DE L'APPAREIL AUDITIF.....	11
1.9 L'APPAREILLAGE DE L'ENFANT SOURD.....	12
1.9.1 Accessibilité.....	12
1.9.2 Prises en charge des aides auditives.....	13
1.9.3 Les différents type d'appareillages.....	13
1.9.4 Les conséquences de l'appareillage sur l'équilibre.....	15
1.10 LIEN PRESUPPOSE ENTRE LA SURDITE ET L'ATTEINTE DE L'EQUILIBRE.....	16
1.11 ÉQUILIBRE ET CONTROLE POSTURAL	16
1.12 LES DIFFERENTES MESURES DE L'EQUILIBRE ET DU CONTROLE POSTURAL.....	17
1.13 LES DIFFERENTES METHODES DE REEDUCATION	19
1.14 INTERET POUR LA PROFESSION DE MASSO-KINESITHERAPEUTE	19
1.15 OBJECTIFS DE LA REVUE DE LITTERATURE.....	20
2. METHODE	21
2.1 CRITERES D'ELIGIBILITES DES ETUDES POUR CETTE REVUE.....	21
2.1.1 Schéma d'étude	21
2.1.2 Population et Pathologie	22
2.1.3 Intervention	23
2.1.4 Comparateur.....	23
2.1.5 Critère de jugement.....	23
2.2 METHODOLOGIE DE RECHERCHE DES ETUDES.....	23
2.2.1 Sources documentaires investiguées.....	23
2.2.2 Equation de recherche utilisée.....	24
2.3 METHODE DE SELECTION DES ETUDES.....	25
2.4 METHODE D'EXTRACTION ET D'ANALYSE DES DONNEES.....	25
2.5 EVALUATION DE LA QUALITE METHODOLOGIQUE DES ETUDES SELECTIONNEES.....	26
2.5.1 Grille de lecture utilisée	26
2.5.2 Types de biais recherchés	27
2.6 METHODE DE SYNTHESE DES RESULTATS	28
3. RESULTATS	31
3.1 PROCESSUS DE SELECTION DES ETUDES	31
3.1.1 Études exclues.....	31
3.1.2 Diagramme de Flux.....	33
3.1.3 Études incluses.....	35
3.2 RISQUES DE BIAIS DES ETUDES INCLUSES.....	36

3.3 EFFETS DE L'INTERVENTION SUR LES CRITERES DE JUGEMENT	38
3.3.1 <i>Les différents critères de jugement</i>	38
3.3.2 <i>Résultats par études</i>	39
3.3.3 <i>Méta-analyse</i>	45
4. DISCUSSION.....	49
4.1 ANALYSE DES PRINCIPAUX RESULTATS.....	49
4.1.1 <i>Mesure du balancement postural</i>	49
4.1.2 <i>Mesure de l'équilibre unipodal</i>	55
4.2 LIMITES ET BIAIS DES ETUDES INCLUSES	60
4.2.1 <i>Synthèse des biais retrouvés</i>	62
4.3 APPLICABILITE DES RESULTATS EN PRATIQUE CLINIQUE	62
4.4 QUALITES DES PREUVES DE LA REVUE	63
4.5 BIAIS POTENTIELS DE LA REVUE	66
4.6 CONFLITS D'INTERETS	68
5. CONCLUSION	69
SOMMAIRE DES FIGURES	71
SOMMAIRE DES TABLEAUX	73
BIBLIOGRAPHIE	75
ANNEXES.....	81

Table des abréviations

- AFP : Association Française de Posturographie
- AMSTAR : A Mesurment Tool to Assess Systematic Reviews
- BIAP: Bureau International d'Audiophonologie
- BOT-2 : Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency
- DANU: Dépistage Universel
- dB : Decibels
- DPC : Développement Professionnel Continu
- EBP: Evidence Based Practice
- ECR : Essais contrôlé randomisé
- GRADE : Grading of Recommendation, Assessment, Development and Evaluation
- HAS : Haute Autorité de Santé
- LOS : Limite de stabilité
- LSF : Langue des Signes Française
- OEAP : Otoémission Acoustique Provoquée
- OLS : One Leg Standing test
- OMS : Organisation Mondial de la Santé
- ORL : Otorhinolaryngologiste
- PAM : Perte Audiométrique Moyenne
- PEAA : Potentiel Evoqué Auditif Automatisé
- PEDRO : Physiotherapy Evidence Database
- PRISMA : Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis
- PRT : (Pediatric Reach Test)
- SLS : Single-Limb Standing test.
- SOT : Sensory Organization Test
- TUG : Time Up and Go test

1. Introduction

Nous avons tous déjà rencontré une personne atteinte de surdité dans notre existence, que ce soit en tant que praticien ou simplement dans la vie de tous les jours.

Ce sont pour la plupart des jeunes adultes qui signent lors d'une conversation ou des personnes plus âgées dotées d'un appareil auditif.

Ces caractéristiques peuvent les rendre facilement identifiables dans une société où les entendants priment.

La plupart des personnes ont conscience que la différence, qu'elle soit physique ou mentale entraîne des difficultés d'intégration dans un monde qui laisse peu de place aux différences.

C'est pourquoi l'identification des problèmes qu'ils soient physiques, mentaux ou comportementaux, liés à la surdité doivent être rapidement analysés et pris en compte.

Nous nous intéresserons aujourd'hui à l'équilibre chez les enfants atteints de surdité qui est une composante majeure dans le bon développement moteur de l'enfant.

En effet, que ce soit à l'âge périscolaire ou plus tard dans l'adolescence, l'équilibre va influencer leur capacité à explorer l'environnement, à interagir avec les autres et à développer de nouvelles compétences.

Ces difficultés vont être une préoccupation majeure pour les professionnels de santé que ce soit d'un point de vue global ou spécifique.

Nous allons donc essayer de mettre en lumière la part de responsabilité du système vestibulaire qui, situé dans l'oreille interne, joue un rôle fondamental dans l'équilibre afin de déterminer si des stratégies de r ducation peuvent influencer favorablement une amélioration du contrôle postural et de l'équilibre chez ces enfants.

1.1 Définition de la surdité

La surdité est une condition médicale définie par une perte totale ou partielle de l'acuité auditive, transitoire ou définitive et pouvant être uni ou bilatérale.

Elle peut être congénitale, c'est-à-dire présente dès la naissance, ou acquise en raison de divers facteurs, tels que des infections, des traumatismes, des expositions prolongées à des bruits forts, des troubles génétiques, des maladies, ou le vieillissement naturel de l'oreille.[1]

Elle peut donc survenir à tout âge de la vie entraînant des déficits parfois incurables m dicatement ou chirurgicalement et donc impliquer une notion de handicap en fonction de l'atteinte et de son degré de sévérité.

En effet, la surdité a été class e en quatre catégories, de la surdité légère à profonde en fonction des décibels (dB) de perte auditive.[2]

Le degré de perte auditive est calculé en décibels sur l'oreille qui est la plus fonctionnelle.

Celui-ci est calculé suivant les recommandations du Bureau International d'Audiophonologie (BIAP) qui teste l'audition à l'aide d'un audiogramme sur les fréquences 500, 1000, 2000 et 4000 Hz. [3]

La perte audiométrique moyenne (PAM) permet ainsi de définir :

- La surdité légère : la perte auditive des personnes atteintes de surdité légère varie de 20 à 40 dB. Ces personnes vont rencontrer des difficultés à entendre des conversations douces ou à percevoir la parole dans des endroits bruyants.
C'est une surdité transitoire assez fréquente chez le jeune enfant en raison des otites séromuqueuses qu'ils peuvent développer.[3]
- La surdité moyenne : PAM entre 41 et 70 dB. Elle correspond au premier niveau majeur de handicap.[4] En effet, une voix  mise à intensité modérée va être difficile à percevoir, de plus, un retentissement dans l'acquisition complète du langage est observé pouvant entraîner des répercussions sur l'apprentissage scolaire de l'enfant, son développement cognitif et son adaptation sociale.[5] à ce stade, un appareillage peut être proposé.
Elle peut être divisée en deux catégories :
Entre 41 et 55 dB pour le premier degré,
Entre 56 et 70 dB pour le deuxième degré.
- La surdité sévère[6] : PAM entre 71 et 90 dB, elle nécessite la plupart du temps la mise en place d'un appareil auditif afin de pouvoir entendre les sons car seulement les bruits intenses ainsi que les voix fortes à proximité de l'oreille sont perçus.
Elle peut être divisée en deux catégories :
Entre 71 et 80 dB pour le premier degré,
Entre 81 et 90 dB pour le deuxième degré.
- La surdité profonde[7] : PAM entre 90 et 120 dB, elle se définit par une incapacité totale à percevoir des sons sans l'utilisation d'appareils auditifs. Lorsque l'atteinte auditive est égale à 120 dB, on parle également de cophose qui correspond à une perte totale de l'acuité auditive. Elle est elle-même divisée en trois catégories en fonction du degré de déficit auditif :
Entre 91 et 100 dB pour le premier degré (DAP1),
Entre 101 et 110 dB pour le deuxième degré (DAP2),
Entre 111 et 119 dB pour le troisième degré (DAP3).

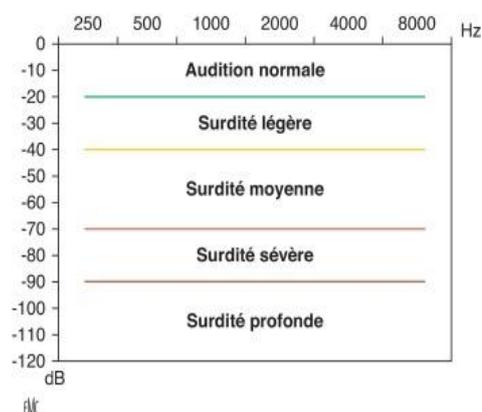


Figure 1 : Niveaux Auditifs en fonction des décibels
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0987798317301032>)

1.2 Les différentes causes d'apparition de la surdité

La surdité peut avoir de nombreuses causes. Certaines sont facilement objectivables tandis que d'autres sont plus difficiles à déterminer.

Ci-dessous la liste des causes de surdité les plus fréquentes[8] :

- Cause génétique

Elles représentent 80% des surdités congénitales [9]

La prédisposition génétique revêt une importance significative dans la surdité avec un pourcentage substantiel d'enfants sourds ayant un ou deux parents également atteints de surdité.

Certaines mutations génétiques héréditaires peuvent être à l'origine de surdité congénitale.[9]

- Infections périnatales

En fonction du type d'infection, le risque de surdité est augmenté chez le nouveau-né, notamment lors de rubéole, cytomégalovirus, toxoplasmose, syphilis etc. Le diagnostic précoce de la surdité est donc d'autant plus important.

- Complications à la naissance

Lors de l'accouchement, des complications peuvent survenir telle qu'une anoxie pouvant endommager les cellules sensorielles de l'oreille interne et entraîner une perte auditive.

- Infections néonatales

Des infections telles que la méningite ou l'otite sévère peuvent endommager l'oreille interne et entraîner une perte auditive

- Ototoxicité

Certains médicaments ototoxiques peuvent entraîner une surdité comme c'est le cas des aminoglycosides ou de certains médicaments anti-cancéreux.

- Traumatismes acoustiques

Une exposition à des niveaux sonores élevés telles qu'une explosion ou une écoute prolongée de musique peut endommager l'ouïe.

- Malformations congénitales

Des anomalies structurelles de l'oreille interne, moyenne ou externe peuvent entraîner une surdité comme c'est le cas des microties ou de l'atrésie du conduit auditif externe.

1.3 Localisation de l'atteinte

Nous pouvons diviser la surdité en trois grandes catégories[6].

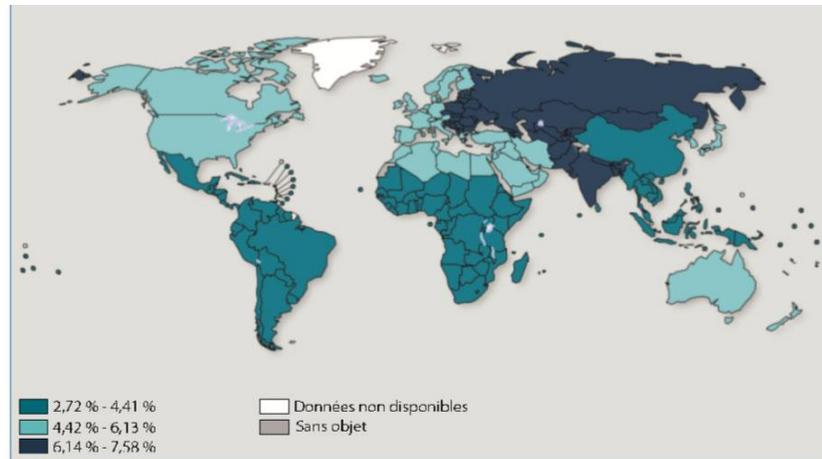
En effet, la surdité se différencie en fonction de la localisation de son atteinte qui peut être au niveau de l'oreille externe, l'oreille moyenne, l'oreille interne ainsi que les voies auditives.[3]

Nous retrouvons donc :

- La surdité de perception qui est une surdité qualifiée de neurosensorielle[3], elle correspond à une atteinte de l'oreille interne, du nerf auditif ou des centres auditifs.[6]
Cette surdité est surtout congénitale, d'origine génétique pour 90% des cas [9] mais elle peut également être acquise, notamment à la suite d'infections, de traumatismes, de pathologies périnatales ou dans le cas d'une exposition à des substances ototoxiques.
Elle concerne les personnes atteintes de surdité moyenne à profonde (perte auditive de 41 à 120dB ou plus).
Elles peuvent être endo ou rétrocochléaire, touchant alors potentiellement le nerf auditif et pouvant créer des vertiges.
C'est une surdité irréversible nécessitant la plupart du temps l'adaptation d'un appareillage audioprothétique.[10]
- La surdité de transmission qui correspond à une atteinte de l'oreille externe ou moyenne. Elle est surtout acquise comme dans le cas d'otite séreuse, de bouchon de cérumen ou suite à un traumatisme comme une perforation du tympan.[3][6]
Elle peut également dans de rares cas être congénitale comme lors de malformation ou agénésie de l'oreille externe ou moyenne.
C'est une surdité qui va être qualifiée de légère à moyenne avec une perte auditive de 60 dB maximum.[3]
Elle est potentiellement traitable par des moyens médicaux ou chirurgicaux.
La surdité de transmission touche 10% des enfants entre 2 et 5 ans ayant des prédispositions aux otites séreuses. [10]
- La surdité mixte qui comprend à la fois une surdité de perception et une surdité de transmission au niveau de la même oreille comme la surdité syndromique. [6]

1.4 Données épidémiologiques

Les données épidémiologiques varient en fonction des pays dans lesquels on se trouve.



Une partie de la différence des données entre ces pays peut s'expliquer par une différence de modalité des dépistages réalisés mais également par une prise en charge sociale de la surdité différente en fonction des pays. [11]

Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), il y a environ 466 millions de personnes dans le monde atteintes d'une déficience auditive ce qui représente environ 5% de la population mondiale. Ce chiffre ne devrait cesser d'augmenter d'ici 2050 en atteignant les 900 millions de personnes atteintes¹.

La surdité deviendrait alors la 7^{ème} cause mondiale d'invalidité en 2030 ².

En France, 4 à 5 millions de personnes présentent une atteinte auditive ce qui représente environ 6 à 8% de la population Française.

Concernant la population infantile, 34% sont concernés par une surdité ou une atteinte auditive dont 5% sont âgées de moins de 6 ans.

La surdité est en effet l'une des anomalies congénitales les plus fréquentes chez les nouveau-nés touchant 1 à 3 bébés sur 1000 à la naissance. [2]

¹ https://www.who.int/fr/health-topics/hearing-loss#tab=tab_2

² <https://www.pasteur.fr/fr/centre-medical/fiches-maladies/surdite>

Parmi les enfants atteints de surdité, 60% des cas seraient dus à des causes évitables. C'est pour cela que les moyens de prévention doivent être importants au sein de cette population³ :

- Vaccination contre les maladies infectieuses
- Protection auditive contre le bruit excessif
- Surveillance de la prise de médicament ototoxique
- Dépistage précoce des altérations auditives

Concernant notre population étudiée, la prévalence néonatale des surdités moyennes à profondes est de 1,5   2,7 pour mille enfants testés. [9]

1.5 Dépistage des troubles auditifs

Le dépistage des surdités représente un enjeu majeur de santé publique.

Il permet d'instaurer une prise en charge précoce et adaptée visant à atténuer les éventuels troubles psychomoteurs associés à cette surdité et à favoriser l'insertion sociale future de ces enfants.[2]

Diverses mesures sont mises en œuvre dès la naissance afin de diagnostiquer le plus précocement possible toute altération de l'audition garantissant ainsi une gestion plus efficace de la surdité.[5] [12]

Ce dépistage se poursuit également au cours des premières années de la vie de l'enfant car l'audition constitue un capital fragile.

Les moyens de dépistage de la surdité peuvent varier en fonction de l'âge de la personne mais également du pays, en fonction des politiques de santé publique et en fonction des moyens disponibles.[2]

En France, l'arrêté du 23 Avril 2012 paru au journal officiel de la République Française stipule que le dépistage précoce de la surdité constitue un véritable programme de santé au sens de l'article L.1411-6 du code de la santé publique.⁴ [9]

Cet arrêté stipule que :

« Le programme de dépistage de la surdité permanente néonatale est mis en œuvre par les agences régionales de santé conformément à un cahier des charges national établi par arrêté des ministres chargés de la santé et de la protection sociale. (Article 4)

Ce dépistage comprend :

1° Un examen de repérage des troubles de l'audition, proposé systématiquement, avant la sortie de l'enfant de l'établissement de santé dans lequel a eu lieu l'accouchement ou dans lequel l'enfant a été transféré ;

2° Des examens réalisés avant la fin du troisième mois de l'enfant lorsque l'examen de repérage n'a pas pu avoir lieu ou n'a pas permis d'apprécier les capacités auditives de l'enfant ;

3° Une information des détenteurs de l'autorité parentale, le cas échéant, sur les différents modes de communication existants, en particulier la langue des signes française. » (Article 2)

³ https://www.who.int/fr/health-topics/hearing-loss#tab=tab_2

⁴https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000025794966?init=true&page=1&query=d%C3%A9pistage+de+surdit%C3%A9&searchField=ALL&tab_selection=all

Nous parlons de dépistage universel car ce dépistage n'est pas destiné uniquement aux nouveau-nés à risque de surdité mais à l'ensemble des nouveau-nés sans distinction. [2]

Afin d'être accessible à l'ensemble de la population et de garantir un égal accès au dépistage pour tous, celui-ci est entièrement pris en charge en France.

Le dépistage est effectué dès la naissance car au plus la surdité est détectée précocement, au moins l'enfant rencontrera de difficultés futures en ce qui concerne la parole et le langage.[13] [14]

Cela permet également d'évaluer rapidement la nécessité d'un appareillage auditif en accord avec les parents.

Les moyens de dépistage dépendent de l'âge et du type de l'atteinte. Ils sont généralement indolores, rapides et automatisés.

Nous pouvons donc retrouver :

- Dépistage néonatal effectué dès les premières 36h de vie de l'enfant à la maternité avec un Test d'otoémissions acoustiques provoquées (OEAP) qui permet de détecter une anomalie de fonctionnement auditif de l'oreille externe ou le Potentiel évoqué auditif automatisé (PEAA) qui permet un dépistage de l'ensemble des surdités même si des surdités légères ne peuvent pas toujours être dépistées à l'aide du PEAA. [5] [9]
- Dépistage pédiatrique   l'aide de l'Audiométrie comportementale qui est un test subjectif mis en place par Monique Delaroche ou du Test du réflexe stapédien qui permet de dépister les atteintes de l'oreille moyenne.
- Dépistage scolaire : Test de compréhension auditive.
- Dépistage adulte : otorhinolaryngologiste (ORL), Audiologiste.
- Dépistage génétique : Test génétique avec recherche de mutations, notamment pour les familles à risque.
- Dépistage universel (DANU) : Dans certains pays, le dépistage est rendu obligatoire à la naissance comme c'est le cas pour la France, les  tats-Unis, le Canada est bien d'autres.

1.6 Impact santé publique

L'impact de santé publique des enfants sourds est multidimensionnel. De ce fait, une approche globale est nécessaire dans notre prise en charge.

La surdité a non seulement un impact physique mais également un impact économique à prendre en compte :

- Développement linguistique

Chez l'enfant, la surdité est un facteur de risque du retard d'acquisition du langage (entre 18 mois et 2 ans). Ce retard est d'autant plus marqué si la surdité est importante et bilatérale [7].

En effet, les enfants atteints de surdité vont acquérir un retard dans leur développement linguistique que ce soit au niveau de l'expression ou de la compréhension orale mais également au niveau de l'écrit comme la conjugaison des verbes ou la morphosyntaxe des phrases où des lacunes seront plus facilement retrouvées chez les enfants sourds que chez les enfants entendants.[15]

Perte en dB	Appellation de la surdité	Conséquences	
20-40	Légère	Défaut de prononciation des consonnes Gêne scolaire	Le langage oral est acquis spontanément Un retard peut exister
40-70	Moyenne	Parle tard et mal Langage imparfait Nombreuses confusions des voyelles et consonnes	
70-90	Sévère	Ne perçoit que les voix et les bruits forts	Le langage oral n'est pas acquis spontanément Le retard est majeur
>90	Profonde ou totale (cophose)	Aucunes paroles n'est perçue	

Tableau 1 : Classification des surdités suivant leur intensité sur les fréquences dites « conversationnelles » (500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz)

Des séances d'orthophonie sont nécessaires pour le bon développement linguistique de ces enfants. Des cours de langue des signes française (LSF) doivent également être mis en place au besoin, nécessitant la formation de personnes qualifiées.

La plupart du temps, une formation en LSF des parents entendants est également nécessaire afin de pouvoir communiquer plus facilement avec leurs enfants.

- Développement émotionnel et psychosocial

Les enfants souffrant de surdité peuvent éprouver des difficultés émotionnelles liées à leur identité et à leur perception de soi.

Le soutien de leur famille, de leurs amis et de leurs enseignants revêt une importance cruciale pour éviter qu'ils ne se sentent exclus de la société.

L'éducation des pairs sur la surdité et les besoins spécifiques de ces enfants peut également contribuer à créer un environnement inclusif et à réduire les stigmatisations comme en enseignant aux enfants entendants comment communiquer avec leurs camarades sourds ce qui favorisera également leur développement social.

- Autonomie

L'intégration de dispositifs d'alerte visuelle est cruciale pour assurer un niveau optimal d'autonomie et de sécurité aux enfants sourds.

En effet, des équipements tels qu'un réveil à domicile ou une alarme incendie à l'école risquent de ne pas être détectés par ces enfants, leur entraînant une situation de stress additionnel, une vigilance accrue et des risques accrus.

En l'absence de ces dispositifs d'alerte visuelle, ces enfants dépendront de l'aide de leurs parents ou d'autres personnes en cas de situations nécessitant une réponse auditive.

- Système scolaire

La performance scolaire d'un enfant sourd est influencée par les caractéristiques de sa surdité, la manière dont elle est compensée ou non par des dispositifs tels que des audioprothèses, aides auditives ou implants cochléaires, son mode de communication tel que la langue des signes française :

LSF (reconnue officiellement comme étant une langue à part entière depuis 2005) ou le français parlé accompagné de LSF.

D'après une enquête menée par la DSDEN en 2019, parmi les 7700 enfants sourds scolarisés en France, seulement 27% poursuivent leur scolarité dans des pôles d'enseignement pour jeunes sourds contre 73% dans un établissement classique.⁵

Parmi ceux évoluant dans un enseignement éducatif qualifié comme classique, de l'absentéisme scolaire est souvent décelé, traduisant le manque de moyens mis en œuvre pour l'accompagnement scolaire de ces enfants, le manque de formation professionnelle à la prise en charge d'un enfant sourd et aux problèmes d'inclusion de ces enfants.

Une fois adulte, le taux de chômage est plus élevé chez la population sourde.

- Accès aux services de santé

Les enfants atteints de surdité requièrent un suivi médical à long terme.

En effet, ils bénéficieront d'un suivi continu tout au long de leur vie comprenant des rendez-vous r guli rs avec des médecins ORL, des audioprothésistes en fonction de la mise en place, de l'utilisation et des ajustements éventuels de leur appareillage auditif.

Ce suivi inclut également des consultations avec des professionnels paramédicaux tels que les orthophonistes, des séances avec des psychologues ainsi que des consultations pour les parents auprès d'assistantes sociales.

La prise en charge de ces enfants implique la collaboration de nombreux acteurs professionnels tout au long de leur vie.

- Inclusion sociale

En étroite relation avec l'inclusion scolaire, les enfants sourds, notamment ceux suivant une scolarité ordinaire, peuvent éprouver des situations d'isolement social au sein de leur établissement.

Cette situation d'isolement peut également se manifester en dehors des heures de cours, en période périscolaire lors d'activités physiques ou de loisirs où l'enfant peut rencontrer des difficultés à communiquer avec ses pairs.

Ce sentiment d'isolement social peut donner lieu à un désintérêt de l'apprentissage par l'enfant.

Au-delà du contexte scolaire, cette difficulté d'inclusion peut également se faire ressentir dans l'accès à l'information, que ce soit dans un contexte médical ou autre comme dans lors de la prise de rendez-vous. [11]

⁵ https://www.reseau-canope.fr/fileadmin/user_upload/Projets/conseil_scientifique_education_nationale/WEB_La_scolarisation_des_eleves_sourds_en_France.pdf

1.7 Embryogénèse de l'appareil auditif

Afin de comprendre le lien entre la surdité et l'atteinte du système vestibulaire il est important de comprendre le déroulement du développement embryogénique de l'appareil auditif.

Le développement embryologique de l'appareil auditif est un processus complexe qui se déroule au cours des premières semaines de la vie fœtale. [16]

Les cellules de la crête neurale jouent un rôle crucial en formant les futures structures auditives.

À la 4^{ème} semaine se différencient au niveau de l'extrémité céphalique de l'embryon, les placodes sensorielles et l'appareil branchial à partir desquels vont se développer les principales composantes de l'oreille. Les 3 feuillets primitifs et les cellules de la crête neurale participent aux stades initiaux de l'embryogénèse. [17]

Le développement de l'oreille externe, moyenne et interne n'est pas initié de la même manière : L'oreille moyenne et l'oreille externe se développent à partir de l'appareil branchial.

D'un point de vue embryologique, les oreilles externes et moyennes dérivent des premier et deuxième arcs branchiaux, de la première fente ectodermique et de la première poche endodermique

La première ébauche de l'oreille interne correspond quant à elle à la placode otique. Il s'agit d'un épaissement de l'épiblaste céphalique qui apparaît chez l'embryon humain entre le 19^{ème} et le 21^{ème} jour.

Cette placode otique donne origine au labyrinthe à l'aide de divers gènes et molécules d'induction jouant un rôle dans sa morphogénèse.[18]

Le labyrinthe finit sa maturation vers la 17 à 18^{ème} semaine de gestation.

Les vésicules otiques se développent pour former les trois parties de l'oreille interne que sont la cochlée, le vestibule et les canaux semi-circulaires.

Nous retrouvons également les cellules ciliées, spécifiques à l'audition qui commencent à se différencier dans la cochlée.

De la 4^{ème} à la 8^{ème} semaine nous avons donc la formation de l'oreille interne.

Le cartilage de Meckel donne naissance à la tête du marteau et au corps de l'enclume.

Le cartilage de Reichert génère le manche du marteau, la longue apophyse de l'enclume et l'étrier. [16]

A partir de la 8^{ème} semaine les cellules ciliées vont commencer à établir des connexions synaptiques avec les fibres nerveuses auditives venant du nerf vestibulocochléaire. Ces connexions vont continuer à se renforcer durant toute la grossesse et après la naissance.

Après la naissance, l'exposition à divers stimuli sonores joue un rôle crucial dans le bon développement du système auditif.

1.8 Rappels succincts de l'appareil auditif

L'oreille est un organe neurosensoriel, bilatéral et complexe assurant un double rôle d'audition (oreille externe, moyenne et interne) et d'équilibration (oreille interne) sous la dépendance du nerf vestibulocochléaire VIII.[6]

Elle est divisée en trois parties principales :

- L'oreille externe[19]

Comprenant le pavillon de l'oreille, le méat acoustique externe et la membrane tympanique.

Son rôle dans l'audition est la réception des sons grâce à l'auricule de l'oreille puis leur augmentation avec le méat acoustique externe qui agit comme un résonateur. Ces sons sont ensuite transmis à l'oreille moyenne.

- L'oreille moyenne

Comprenant la cavité tympanique, la trompe auditive et les cavités mastoïdiennes.[20]

La cavité tympanique est comprise entre le méat acoustique externe et l'oreille interne. Elle est traversée de dehors en dedans par la chaîne des osselets de l'oreille : Marteau, enclume et étrier qui transmettent les vibrations sonores de la membrane tympanique à la cochlée.

- L'oreille interne

Située dans la partie pétreuse de l'os temporal, l'oreille interne est un organe bilatéral.[20][18]

Les principaux éléments sensoriels de l'oreille sont répartis à ce niveau :

- La cochlée

Partie antérieure du labyrinthe osseux, elle est responsable de la transformation des vibrations sonores en signaux électrique et réagit aux sons de 100 à 1000Hz.

Le nerf auditif lui est accolé.

- Le système vestibulaire

Élément essentiel de l'équilibre, il détecte les mouvements de la tête via les canaux semi-circulaires, l'utricule et le saccule.

Les canaux semi-circulaires, situés à la partie postéro-supérieure du labyrinthe osseux perçoivent les accélérations angulaires tandis que les otolithes perçoivent les accélérations linéaires. [18] ce qui permet une détection des mouvements de la tête dans les trois dimensions de l'espace.

Le vestibule, organe de l'équilibre est situé entre la caisse du tympan en dehors et le conduit auditif interne en dedans, au niveau de la partie moyenne du labyrinthe osseux.⁶ Il est rattaché au noyau vestibulaire sur lequel s'insère le nerf vestibulocochléaire VIII.

Le noyau vestibulaire se situe au plancher du IVème ventricule. Les informations provenant des cellules cillées, organes sensoriels de l'oreille interne, sont transmises au noyau vestibulaire via le nerf vestibulaire.

Il est également impliqué dans les réflexes vestibulo-oculaires et dans la régulation du contrôle postural.

Le noyau vestibulaire permet à l'information sensitive de cheminer fournissant une perception précise de la position du corps dans l'espace et contribuant au maintien de l'équilibre via ses réflexes.

⁶ <https://www.vestib.org/conduit.html>

L'oreille interne contribue ainsi à la stabilisation de l'équilibre, de la posture et du mouvement.

Le système vestibulaire et l'oreille interne étant étroitement liés au niveau anatomique et fonctionnel, un déficit auditif peut avoir un impact sur le système vestibulaire et donc sur l'équilibre de l'enfant.[21]

1.9 L'appareillage de l'enfant sourd

L'appareillage de l'enfant sourd est un processus encadré par un arrêté du 14 Novembre 2018 et publié au journal officiel de la République Française.

Appareiller un enfant atteint de surdité n'est pas obligatoire et se décide en concertation avec les parents.

Cependant, un appareillage précoce offre une amélioration significative de la qualité de vie de l'enfant.[22]

Le développement du langage sera par exemple favorisé par un appareillage précoce.[23] [24]

Il est essentiel de maintenir des stimulations auditives tout au long de la période de maturation du cortex auditif qui se déroule jusqu'à l'âge de six ans. C'est pourquoi il est nécessaire d'appareiller les enfants sourds dès que possible afin d'éviter que les zones dédiées à l'audition ne soient compensées par d'autres modalités sensorielles pouvant entraîner des difficultés auditives chez les personnes appareillées à l'âge adulte.

Plusieurs appareils existent et leur utilisation varie en fonction de l'âge, du besoin et du niveau de surdité de l'enfant.

1.9.1 Accessibilité

Pour les enfants de plus de 6 ans, la prise en charge d'un appareil auditif est soumise à prescription médicale par un médecin ORL ou par un médecin généraliste ayant un parcours de développement professionnel continu (DPC) en Otologie médicale attestée par le Collège de médecine générale selon l'article R. 4021-4.-I. du code de la santé publique.

En plus de la prescription médicale, le médecin prescripteur est dans l'obligation de réaliser préalablement un bilan otologique et audiométrique tonal mais également un bilan vocal.

Chez les enfants de moins de 6 ans, la prise en charge d'un appareil auditif est également soumise à prescription médicale par un ORL ayant été formé en audiophonologie infantile.

Un bilan adapté à l'âge est également réalisé comportant une audiométrie comportementale, une audiométrie tonale et vocale si possible ainsi que des tests d'électrophysiologie auditive.⁷

⁷ <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000037615111>

1.9.2 Prises en charge des aides auditives

En France, la prise en charge des aides auditives dépend de la classe de celle-ci et de l'âge du demandeur.

Pour les personnes de moins de 20 ans, ou souffrant en complément d'un handicap visuel sans limite d'âge, le prix est plafonné à 1400€ par oreille pour des aides auditives de classe I avec un remboursement total selon la réforme 100% santé du 1^{er} janvier 2021.

Pour les aides auditives de classe II, le plafond est le même mais l'assurance maladie couvre uniquement 60% du remboursement, le reste à charge étant potentiellement pris en charge par la mutuelle du patient.⁸

Concernant les accessoires tels que les piles, coques etc, ils sont remboursés à la hauteur de 60% également à condition d'être inscrit dans la liste des produits et prestations remboursables par l'assurance maladie.

La différence entre les classes I et II réside dans le nombre de canaux de réglage (minimum 6 pour la classe I et 12 pour la classe II) ainsi que la possibilité d'options avancées disponibles dans la classe II permettant un plus large éventail d'outils complémentaires.

1.9.3 Les différents type d'appareillages

Les différents types d'appareillages varient en fonction de l'âge de l'enfant, de la nature de sa surdité, de ses éventuelles pathologies associées, de ses besoins individuels et du contexte familial.

Comme mentionné précédemment, l'âge auquel l'appareillage est initié doit être d'autant plus précoce que la surdité est sévère.

En effet, dans le cas d'une surdité sévère à profonde l'impact lié à une absence de stimulation de l'appareil auditif est significatif.[8]

Ainsi, dès qu'une surdité chronique non traitable médicalement ou chirurgicalement est confirmée, l'appareillage est fortement recommandé.

La démarche de prise en charge prothétique se situe généralement entre 3 et 6 mois pour les enfants diagnostiqués avec une surdité sévère à profonde, entre 6 et 9 mois pour les surdités moyennes et entre 9 et 12 mois pour les surdités légères concernant l'appareillage non invasif.

En ce qui concerne l'appareillage invasif, il est préférable d'attendre entre 9 et 24 mois pour la pose d'implants cochléaires. [8]

Nous pouvons séparer ces appareillages en deux catégories :

Les appareillages non-invasifs et les appareillages invasifs

Ces appareils vont capter, traiter et amplifier les signaux sonores afin de les transmettre directement à l'oreille interne.

⁸ <https://www.ameli.fr/bouches-du-rhone/assure/remboursements/rembourse/soins-protheses-dentaires-optique-audition/protheses-auditives>

Voici un tableau représentant les appareillages non-invasifs

Produit	 <p>Appareil auditif contours d'oreilles : BTE (behind the ear)</p>	 <p>Appareil auditif intra-auriculaire : ITE (in the ear)</p>	 <p>Appareil auditif micro-contours d'oreilles : RIC (receiver in canal)</p>
Caractéristiques	<p>Utilisé pour les surdités sévères à profondes Il peut être ajusté en termes de fréquence et d'amplification pour correspondre à chaque utilisateur Il est composé en deux parties : un tube dans le conduit auditif et la partie électronique derrière l'oreille.</p>	<p>Utilisé pour les surdités légères à moyennes Ils sont conçus pour tenir à l'intérieur du pavillon de l'oreille.</p>	<p>Utilisé pour les surdités légères à sévères La partie principale est situé derrière l'oreille tandis que le récepteur est placé dans le conduit auditif.</p>
Avantages	<p>Facilité d'utilisation et longue durée de vie de la batterie. Puissance et durabilité de l'appareil</p>	<p>Esthétique, facile d'utilisation et réduction naturelle du bruit du vent</p>	<p>Esthétique, confortable, réduction naturelle du bruit du vent, connectivité sans fil, amplification du son personnalisé</p>
Inconvénients	<p>Visible et volumineux</p>	<p>N'est pas adapté pour les pertes auditives trop importantes Durée de vie de la batterie plus courte Entretien régulier</p>	<p>N'est pas adapté pour les pertes auditives trop importantes L'appareil est sensible à l'humidité et nécessite un entretien régulier.</p>

Tableau II : Caractéristiques des appareillages non invasifs chez les enfants [25]

Voici un tableau concernant les appareillages invasifs

Produit	 <p>Implant cochléaire [8]</p>	 <p>Prothèse auditive à ancrage osseux : BAHA[8]</p>
Caractéristiques	<p>Implantés chirurgicalement, ils convertissent les signaux sonores en impulsion électrique stimulant directement le nerf auditif. Utilisés surtout chez les enfants atteints d'une surdité sévère à profonde.</p>	<p>Ces prothèses utilisent la conduction osseuse pour transmettre le son directement à l'oreille interne. Utilisés le plus souvent chez les enfants atteints d'une surdité de transmission avec notamment des malformations de l'oreille externe ou moyenne.</p>
Avantages	<p>Les enfants implantés tôt peuvent développer des compétences auditives et orales similaires à leur pairs entendants.</p>	<p>Cette prothèse peut être mise en place sur les nourrissons, elle participe à l'amélioration des sons et de la communication chez ces enfants.</p>
Inconvénients	<p>Opération chirurgicale nécessaire moyennant des frais supplémentaires pas toujours couverts par la mutuelle. Une réadaptation auditive doit être menée en parallèle.</p>	<p>Opération chirurgicale, prothèse pas couverte par toutes les mutuelles, ne convient pas à tous les types de surdité, nécessite un entretien régulier.</p>

Tableau III : Caractéristiques des appareillages invasifs chez les enfants [25]

1.9.4 Les conséquences de l'appareillage sur l'équilibre

De nombreuses études ont été conduites afin de comparer l'équilibre entre les enfants sourds équipés d'appareils auditifs, ceux présentant une surdité non appareillée et ceux n'ayant pas de déficience auditive. [26] [27] [28]

Parmi ces études, plusieurs études et revues de littérature ont été réalisées démontrant une amélioration de la fonction d'équilibre chez les enfants étant appareillés.

Il a été démontré que l'appareillage précoce de ces enfants favorise une meilleure intégration sensorielle les rendant plus conscients de leur environnement et améliorant leur perception et leur contrôle postural.

Une adaptation du système vestibulaire est également notable avec l'apparition d'appareils auditifs, contribuant ainsi à l'amélioration de l'équilibre chez ses enfants.

Cependant, malgré des résultats encourageants, un certain déficit d'équilibre persiste en comparaison avec les enfants sains.

1.10 Lien présupposé entre la surdité et l'atteinte de l'équilibre

Comme nous venons l'avons vu précédemment, la surdité de perception concerne l'oreille interne qui contient le vestibule, organe de l'équilibre.

Nous pouvons donc nous demander si l'équilibre de ces enfants va être plus ou moins affecté par leur surdité et si une rééducation kinésithérapique peut être favorable pour la réhabilitation de leur équilibre et de leur contrôle postural.

Depuis quelques années, plusieurs études ont cherché à démontrer le lien entre la surdité et l'atteinte de l'équilibre.[29]

La surdité pouvant se référer à un dysfonctionnement vestibulaire, il a été mis en évidence le lien entre l'altération de celui-ci lors de la perte auditive et les déficits d'équilibre associés. [30]

Les enfants souffrant de surdité présentent une probabilité accrue située entre 25 et 72% de développer une altération vestibulaire. [31][32]

Ceux qui conservent une fonction vestibulaire normale affichent des résultats d'équilibre similaires à des enfants sans problème de surdité.

En revanche, les enfants présentant un déficit vestibulaire ont démontré des difficultés d'équilibre plus prononcées que la population saine. [33]

Le contrôle postural de ces enfants va plus être affecté que celui des enfants sains dû au déficit vestibulaire souvent concomitant à leur surdité.[34]

En effet, parmi les symptômes lors d'atteintes du système vestibulaire, les troubles posturaux y sont fréquents⁹.

1.11 Équilibre et contrôle postural

L'équilibre est un processus complexe entraînant la notion d'intégration sensorimotrice, notion pouvant être perturbée chez les enfants atteints de surdité.

La régulation de l'équilibre postural engage des boucles de régulation complexes associant des éléments du système afférent tels que l'appareil vestibulaire, la vision et la proprioception.

Elle implique également un système intégrateur composé du tronc cérébral, du cervelet, des noyaux gris centraux et de la moelle épinière, ainsi qu'un système effecteur permettant la correction de la posture, composé des muscles striés squelettiques.

Les informations provenant de la vision, du vestibule et de la semelle plantaire parviennent aux noyaux gris et au tronc cérébral.

Ces informations sont essentielles pour la correction volontaire de la posture par les muscles effecteurs.

Le système vestibulaire est omniprésent dans ces réactions d'adaptation grâce à son appréciation du déplacement et de la position de la tête dans l'espace par rapport à la posture.

En ce qui concerne le contrôle postural, il renvoie à la capacité du système neuromusculaire à maintenir, ajuster et réguler l'équilibre du corps lors de diverses postures, mouvements ou activités. Cela implique une coordination complexe des systèmes somatosensoriels, moteurs et cognitifs afin de garantir une stabilité adéquate et prévenir les chutes. [35]

⁹ <https://www.cen-neurologie.fr/fr/premier-cycle/s%C3%A9miologie-analytique/syndrome-myogène-myopathique/syndrome-myogène-myopathique-12>

Les stratégies de contrôle postural se réfèrent aux différentes approches que le système neuromusculaire met en place pour maintenir l'équilibre du corps.

Nous pourrions distinguer deux types de stratégies :

1. Les stratégies réactives

Compensatoires, elles entrent en jeu suite une perturbation imprévue de l'équilibre.

Elles consistent en un mouvement ou une réponse musculaire rapide afin de contrer la perturbation et rétablir son équilibre.

2. Les stratégies prédictives

Anticipatrices, elles sont mises en œuvre avant l'apparition d'une perturbation prévue.

Elles impliquent des ajustements musculaires ou des mouvements volontaires afin d'anticiper et de prévenir les perturbations de l'équilibre attendu.

Ces stratégies peuvent également varier avec le choix des muscles et articulations impliqués dans cette stabilisation. Quatre stratégies peuvent être mises en place

- Stratégie de cheville
- Stratégie de hanche
- Stratégie de pas
- Stratégie de saisie avec une main

Les stratégies de cheville et de hanche sont qualifiées de stratégie de soutien fixe tandis que la stratégie de pas et de saisie avec une main sont qualifiées de stratégie de changement de soutien. [36]

Ces capacités d'anticipation posturales sont similaires à celles d'adultes en bonne santé chez les enfants à partir de sept ans en dehors de toute pathologie associée. [37]

Le contrôle postural peut donc tout comme l'équilibre devenir d'autant plus efficace avec un entraînement régulier. C'est pourquoi il est intéressant de le travailler chez les enfants sourds présentant des déficits.

1.12 Les différentes mesures de l'équilibre et du contrôle postural

- La plateforme de stabilométrie

Afin d'évaluer la stabilité posturale, une plateforme de stabilométrie peut être utilisée.

Le principe de la stabilométrie est de mesurer la longueur des oscillations générées par la station debout ainsi que leur fréquence en enregistrant les variations de pressions sous la semelle plantaire.[38]

Ces différents capteurs de pression transmettent en temps réel les données perçues au système informatique lié à la plateforme.

Le centre de pression, fortement lié au centre de gravité présente des oscillations rapides autour des oscillations plus lentes du centre de masse.¹⁰ Le mouvement du centre de pression est utilisé comme indicateur des ajustements posturaux réalisés par la personne afin de maintenir son équilibre. Ceux-ci indiquent la stratégie du sujet afin de maintenir son centre de gravité dans une position de stabilité.[39]

¹⁰ <https://ada-posturologie.fr/MesureEnPosturologie.htm>

Les données recueillies vont être comparés aux normes : « Norme 85 » déterminée par l'AFP (Association Française de Posturographie) de 1984, maintenant connue sous le nom d'Association Posture et Equilibre.

Plusieurs données peuvent être analysées telles que :

- La position moyenne de la verticale de gravité X-moyen et Y-moyen
 - L'écart-type par rapport à cette position moyenne
 - L'amplitude des oscillations posturales en fonction des fréquences
 - L'intégration ou non des afférences visuelles dans le contrôle postural, évaluées par le quotient du Romberg
 - La fonction d'intercorrélation entre les oscillations posturales frontales et sagittales
-
- Tests d'évaluation de l'équilibre

Différentes échelles peuvent être utilisées pour l'évaluation de l'équilibre.

Certaines sont spécifiques à la pédiatrie et d'autres sont adaptables des adultes aux enfants.

Les tests d'évaluation de l'équilibre peuvent évaluer différentes composantes telles que l'équilibre statique ou dynamique dans différentes conditions (absence visuelle, support instable etc)

Parmi ces tests, nous pouvons retrouver le Bruininks-Oseretsky Test of Motor Proficiency (BOT-2), le Pediatric Reach Test (PRT), le One leg standing balance Test (OLS), le Time up and Go Test (TUG) ainsi que plusieurs autres. [40]

Ces tests sont validés en fonction de l'âge de la population étudiée.

Par exemple, le TUG est valide pour les enfants de 3 à 9 ans. Cependant, une autre version du test nommé Time Up and Down Stairs Test est valide pour les enfants de 8 à 14 ans.

Concernant le One leg standing balance Test, il est valide pour les enfants de 3 à 14ans. [40]

Il est donc important de cibler l'âge précis de la population testée pour la réalisation de ces tests.

Le type de population testé va également être important à identifier.

Le Functional reach test va pouvoir tester l'équilibre des enfants ne présentant pas de pathologies spécifiques connues. Cependant, son autre version nommée la Pediatric Balance Scale va quant à elle évaluer l'équilibre des enfants sains mais également des enfants ayant un problème d'équilibre connu dû à une pathologie. [41]

Ils peuvent être réalisés dans différentes conditions et être spécifiques à une composante de l'équilibre comme avec le One leg standing balance Test qui évalue uniquement l'équilibre statique, le Functional Reach Test, plus complet évaluant l'équilibre dynamique, la biomécanique, la proprioception, les mécanismes vestibulaires et le développement moteur ou alors le Pediatric Reach Test qui évalue l'équilibre statique et dynamique avec une prédisposition pour les enfants paralysés cérébraux.[42]

Les différents tests sont ensuite comparés à des valeurs de référence calculées chez des enfants sains.[43][44]

1.13 Les différentes méthodes de rééducation

Plusieurs stratégies sont mises en place dans le but de réduire les déficits d'équilibre pouvant être observés.

- La rééducation de l'oreille interne

Plus spécifique que la rééducation globale, elle comprend dans son arsenal thérapeutique la rééducation vestibulaire qui comme son nom l'indique est une technique de rééducation s'intéressant au vestibule, organe de l'équilibre.

En pédiatrie, la rééducation vestibulaire peut se décliner sous forme d'exercices d'équilibre et de contrôle postural, par de la posturographie, par de la stabilisation du regard lors des mouvements de tête, par de l'habituation.[45]

Elle utilise les mêmes principes que chez l'adulte mais en s'adaptant au stade de développement posturo-moteur de l'enfant. [45]

Concernant les enfants atteints de surdité, peu d'études ont été réalisées à ce sujet et la qualité des études actuelles ne permet pas d'affirmer l'efficacité de la rééducation vestibulaire sur l'équilibre des enfants sourds avec certitude.[32]

Une analyse plus approfondie avec des études de meilleure qualité devrait être réalisée.

- La rééducation globale de l'équilibre

Plusieurs moyens peuvent être mis en œuvre afin de retrouver un équilibre fonctionnel.

Le choix des techniques de rééducation variera en fonction de l'âge du patient, de ses capacités, de ses besoins et de sa pathologie.

La rééducation peut se centrer sur l'équilibre fonctionnel, la rééducation de la proprioception, une rééducation avec ou sans feedback visuel, avec ou sans perception visuelle etc.

Des exercices isolés ou un programme d'exercice peut également être proposé.

Celui-ci variera en fonction de ses objectifs, de sa durée et de ses modalités de réalisation.

Le Masso-kinésithérapeute est libre de ses techniques si elles ont un intérêt pour le patient.

1.14 Intérêt pour la profession de Masso-Kinésithérapeute

Cette revue présente un double intérêt.

Tout d'abord elle vise à mettre en avant le rôle du Masso-kinésithérapeute dans la prise en charge des enfants sourds.

En effet, lorsqu'un enfant atteint de surdité est diagnostiqué, les parents sont généralement orientés vers des professionnels tels que des orthophonistes, psychomotriciennes et d'autres acteurs du domaine médico-social et social sans nécessairement considérer le rôle du Masso-kinésithérapeute. Le rôle et l'impact des Masso-kinésithérapeutes dans la prise en charge des personnes sourdes demeurent encore mal connus.

En conséquence, ces enfants vont moins fréquemment être pris en charge spécifiquement pour des problèmes découlant de leur surdité mais plutôt pour d'autres atteintes.

Il est donc essentiel de démontrer à travers cette revue que le Masso-kinésithérapeute peut également jouer un rôle crucial dans la prise en charge de ces enfants, influant positivement sur leur qualité de vie.

Le deuxième intérêt de cette revue réside dans le rôle préventif que les Masso-kinésithérapeutes peuvent jouer lors de la prise en charge de ces enfants.

Malgré l'importance du dépistage précoce, de la rééducation des troubles de l'équilibre et de la motricité chez les enfants atteints de surdité, l'évaluation du contrôle postural et de l'équilibre n'est pas encore systématiquement intégrée aux évaluations de routine pour ces enfants. [31]

Bien que la plupart d'entre eux consultent pour d'autres pathologies, il est important de ne pas négliger le risque de survenue de ces problèmes d'équilibre et de contrôle postural qui prévaut chez ces enfants.

Il serait judicieux de prendre en compte ces aspects et de les intégrer en adaptant notre méthode de r education de manière optimale aux problématiques spécifiques de chaque enfant.

1.15 Objectifs de la revue de littérature

L'objectif de cette revue de littérature est d'évaluer l'efficacité d'une r education de l'équilibre et du contrôle postural chez les enfants sourds compte tenu du lien établi entre la surdité, la perte d'équilibre et le contrôle postural.

L'objectif secondaire consistera à comparer les différentes méthodes de r education de l'équilibre afin d'identifier celle étant la plus pertinente et offrant le meilleur résultat de r education même si une revue de littérature supplémentaire serait nécessaire pour identifier de manière consciencieuse la méthode de r education la mieux adaptée.

Pour ce faire, nous utiliserons le modèle PICO [46] afin de cibler notre population et nos moyens de traitement pour la r education de l'équilibre et du contrôle postural chez les enfants atteints d'une surdité de perception moyenne à profonde ce qui définira notre question de recherche.

2. Méthode

L'objectif fondamental d'une revue de littérature est de synthétiser les connaissances existantes dans la littérature scientifique afin de répondre à une question clinique spécifique en s'appuyant sur les données actuelles de la science.

S'engager dans la lecture ou la rédaction d'une revue de littérature offre l'opportunité d'ancrer sa pratique professionnelle dans une démarche basée sur les preuves, l'Evidence Based Practice (EBP) [47].

Pour assurer la transparence de la revue, il est crucial de souligner que la méthodologie de recherche a été préalablement définie avant sa mise en œuvre.

2.1 Critères d'éligibilités des études pour cette revue

La ligne directrice de cette revue sera réalisée en suivant les directives du modèle PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis) [48] [49]

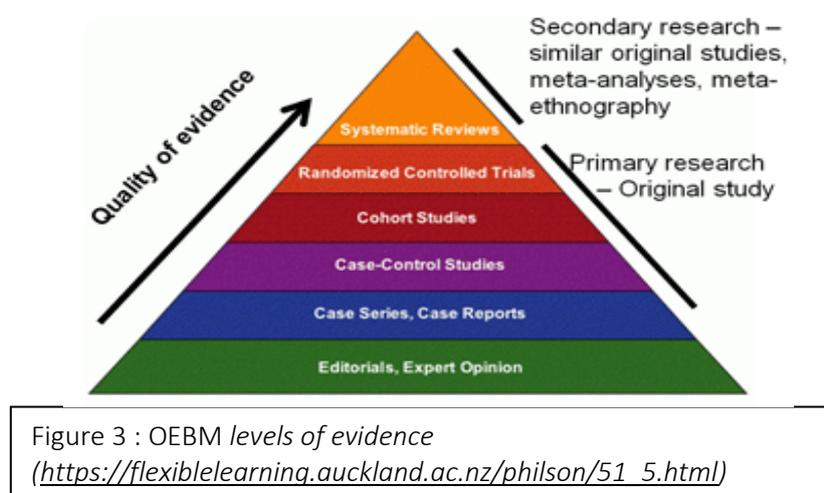
2.1.1 Schéma d'étude

Cette revue de littérature porte sur l'intérêt de la rééducation kinésithérapique de l'équilibre et du contrôle postural chez les enfants sourds.

Parmi les 4 types de questions de premier plan ou foreground, nous sommes en présence d'une question clinique de type thérapeutique, c'est-à-dire ayant pour but d'étudier l'efficacité ou non d'un traitement par rapport à un placebo ou à un traitement contrôlé.

Pour répondre à une question clinique de type thérapeutique, les essais contrôlés randomisés (ECR) sont privilégiés. [50]

En effet, selon l'*OEBM levels of evidence* qui est le système de classement de niveau de preuve le plus utilisé et le plus reconnu, les essais contrôlés randomisés sont priorités en raison de leur schéma d'étude plus approprié. [51]



L'ECR est une étude évaluative visant à déterminer quelle intervention ou traitement est le plus efficace parmi plusieurs hypothèses. [50] On parle également d'études interventionnelles ou expérimentales où l'expérimentateur peut contrôler l'administration de l'intervention évaluée. Cette étude expérimentale peut être randomisée en plusieurs groupes (ECR) ou en un seul groupe (ECR en Cross-over).

Elle peut également ne pas être randomisée, avec un choix arbitraire (étude contrôlée non randomisée) ou non arbitraire (étude contrôlée quasi-randomisée). [52]

Lors de l'inclusion des différentes études dans notre revue de littérature, nous accepterons également les études quasi-expérimentales présentant une randomisation des groupes contrôle et expérimental car elles pourront fournir une perspective plus holistique concernant l'efficacité du protocole dans la pratique clinique.

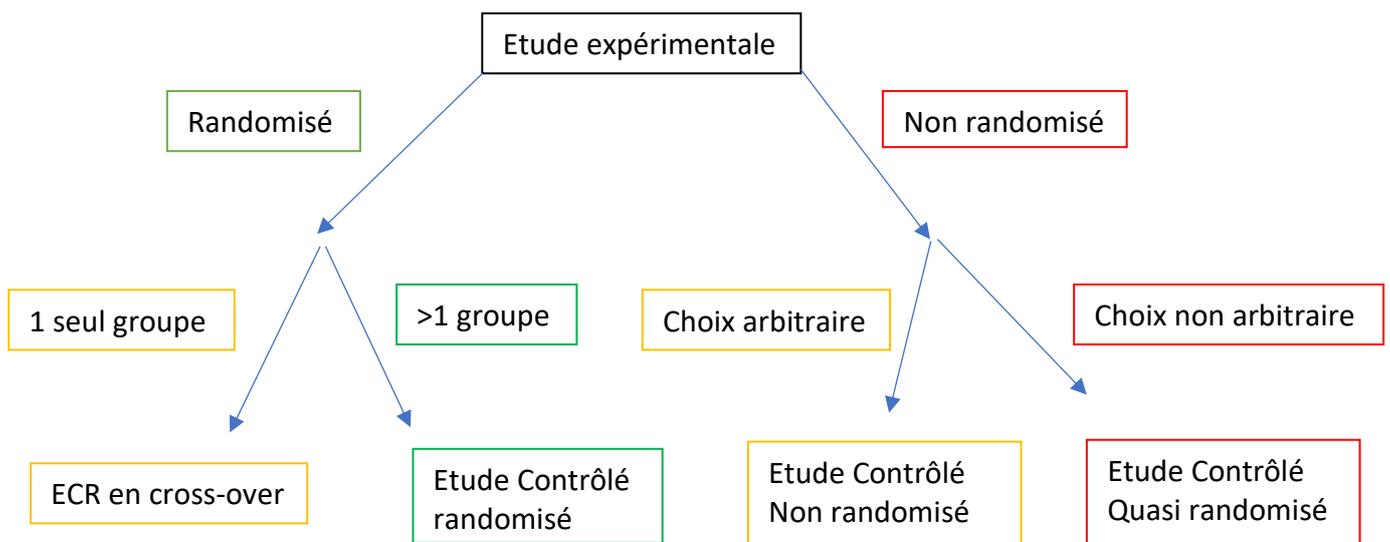


Figure 4 : Schéma d'étude des études expérimentales, réalisé par l'auteur

2.1.2 Population et Pathologie

Dans l'optique d'inclure le plus d'articles possibles, l'âge de la population étudiée sera élargi à l'ensemble de la population pédiatrique c'est-à-dire de la naissance à 18 ans sous réserve d'un accord formel de leurs tuteurs légaux.

Tous les enfants inclus dans l'étude devront présenter une surdité sévère à profonde soit une perte auditive supérieure à 71dB. Cette surdité sera caractérisée comme une surdité de perception, impliquant une atteinte de l'oreille interne, du nerf auditif ou des centres auditifs. Les autres degrés de surdité, qui n'engendrent pas de handicap majeur pour l'enfant ainsi que les surdités de transmission seront exclues de l'étude. Les atteintes pourront être uni ou bilatérales.

L'utilisation ou non d'un implant cochléaire ne constituera pas une limitation dans la sélection des articles, dans le but d'obtenir un échantillon le plus représentatif possible.

Aucun critère d'exclusion ne sera retenu en ce qui concerne l'origine, le milieu social de l'enfant et des parents, l'ethnicité, les croyances, le niveau scolaire et les activités extrascolaires de l'enfant.

En revanche, toutes les affections associées en plus de la surdité, quelle que soit leur origine seront des critères d'exclusion des enfants dans l'étude, incluant n'importe quel problème de vue.

La cause de la surdité des enfants inclus dans l'étude ne devra pas être spécifiée, afin d'éviter délibérément d'inclure des enfants atteints d'une pathologie spécifique pouvant engendrer d'autres troubles que ceux étudiés et potentiellement biaiser les résultats obtenus.

2.1.3 Intervention

Cette revue de littérature cherche à étudier l'effet d'une rééducation de l'équilibre chez les enfants atteints d'une surdité de perception sévère à profonde.

Pour ce faire, nous allons étudier l'effet d'un programme de rééducation axé sur des exercices d'équilibre, de rééducation vestibulaire et de stabilité posturale dans le but d'évaluer l'amélioration ou non de l'équilibre et du contrôle postural des groupes expérimentaux par rapport aux groupes contrôles.

Entre les deux groupes, les enfants seront de la même tranche d'âge et présenteront une surdité identique (sévère à profonde)

2.1.4 Comparateur

Le comparateur sera les mesures du groupe expérimental par rapport au groupe contrôle n'ayant pas bénéficié de programme de rééducation.

Si les données nous le permettent, nous comparerons également les résultats pré et post tests de chaque groupe d'enfants.

Ainsi, les mesures de l'équilibre et/ou du contrôle postural avant et après le programme de rééducation seront comparées entre les enfants du groupe expérimental par rapport aux enfants du groupe contrôle n'ayant pas bénéficié de ce programme de rééducation.

2.1.5 Critère de jugement

Les principaux critères de jugement de cette revue comprendront :

1. Mesure de l'équilibre chez les enfants :
 - Cette mesure du temps d'appui unipodal (en seconde) pourra être réalisée dans diverses conditions (yeux ouverts ou fermés), sur différentes surfaces (stable, instable, plateforme) et à l'aide de différents tests validés.
2. Mesure du contrôle postural.
 - Cette évaluation pourra être réalisée à l'aide d'une plateforme de posturographie, en mesurant le balancement postural antéro-postérieur et médio-latérale dans diverses conditions.

Dans le cadre de cette revue, les études traitant le contrôle postural en tant que critère de jugement secondaire et non principal seront également prises en compte.

2.2 Méthodologie de recherche des études

2.2.1 Sources documentaires investiguées

Afin de réaliser une recherche exhaustive, plusieurs bases de données seront explorées.

Les investigations débuteront au 20 septembre.

Les bases de données prioritaires seront PubMed, PEDro[53] et Cochrane Library suivies de Prospero.

Des recherches seront également étendues à la littérature grise incluant Dumas, These.fr, Kinésithérapie La Revue ainsi que des ouvrages de la bibliothèque universitaire.

2.2.2 Equation de recherche utilisée

La formulation de l'équation de recherche constitue une étape cruciale visant à optimiser la sélection des articles pertinents pour notre revue de littérature. [54]

Par conséquent, elle doit être précise, en évitant tout excédent de bruit par rapport au silence.

En d'autres termes, le bruit correspond à un surplus de références inutiles pouvant submerger les informations ayant de l'importance dans notre étude tandis que le silence se réfère à un manque de résultats pouvant pourtant être intéressant dans notre étude.

Le bruit et le silence vont pouvoir être maîtrisés à l'aide d'opérateurs booléens, notamment « OR » et « AND » [55].

L'équation de recherche finale sera réalisée environ un mois après et ne fera l'objet d'aucune modification par la suite.

Nos critères de sélection pour cette équation de recherche seront donc :

Population	Enfants atteints d'une surdité sévère à profonde
Intervention	Programme de rééducation de l'équilibre ou du contrôle postural
Comparateur	Différence de résultats entre les mesures du groupe expérimental et les mesures du groupe contrôle et si possible les mesures pré et post test de l'équilibre ou du contrôle postural
Outcome	Mesure de l'équilibre et mesure du contrôle postural
Schéma d'étude	Essai contrôlé randomisé, quasi-randomisé ou étude quasi-expérimentale

Tableau IV : Critères de sélection basés sur le modèle PICO [46]

À la suite de cela, plusieurs mots clés seront définis et ces termes seront traduits en anglais pour maximiser le nombre d'articles potentiellement disponibles.

Dans un premier temps, l'opérateur booléen « OR » sera employé pour accroître les résultats de la recherche en tirant parti du bruit créé par les synonymes.

Les mots clés seront identifiés en fonction de l'intervention (#1), du critère de jugement (#2) et de la population (#3 et #4).

Les termes associés au comparateur ne seront pas énoncés étant donné que celui-ci représente l'absence de recours à de la rééducation.

Search	Query	Results
#4	Search: ((deafness) OR (hearing loss)) OR (deaf)	117,238
#3	Search: (children) OR (pediatric)	3,540,802
#2	Search: ((physiotherapy) OR (rehabilitation)) OR (recovery) OR (rehab)	1,410,654
#1	Search: ((physical activity) OR (exercises)) OR (balance)	1,131,200

Dans un second temps, nous connecterons ces mots-clés entre eux à l'aide de l'opérateur booléen « AND » en veillant à éviter la création d'un silence excessif afin de maximiser le nombre de résultats pertinents.

Au cours de la recherche, aucun filtre ne sera appliqué afin de potentialiser le maximum de résultats compte tenu des ressources limitées disponibles sur le sujet.

La formulation définitive de l'équation de recherche sera la suivante :

(((physical activity) OR (exercices)) OR (balance)) AND (((physiotherapy) OR (rehabilitation)) OR (recovery)) OR (rehab)) AND ((children) OR (pediatric))) AND (((deafness) OR (hearing loss)) OR (deaf))

2.3 Méthode de sélection des études

La sélection des études sera effectuée de manière rigoureuse en plusieurs étapes afin de minimiser tout risque d'omission au cours de celle-ci. [54]

En premier lieu, une lecture des titres de chaque base de données utilisées sera entreprise. Cette première étape nous permettra d'exclure les articles ne correspondant pas à notre thématique, notamment ceux mentionnant des pathologies spécifiques, la population adulte ou des affections sans lien avec la surdité.

De plus, cela nous permettra également d'exclure les doublons présents entre les différentes bases de données.

Dans un second temps nous procéderons à l'analyse des résumés, également appelé abstract des articles retenus.

La synthèse de ces résumés nous permettra de confirmer ou d'infirmer l'inclusion de l'étude en fonction des critères d'éligibilité préétablis. En cas d'incertitude sur certaines informations non précisées dans l'abstract, l'article sera mis de côté en vue d'une lecture complète ultérieure.

Pour conclure la sélection de nos études, une lecture complète et approfondie des articles présélectionnés sera effectuée dans le but de retenir exclusivement les articles correspondant à nos critères d'inclusion et d'exclusion.

Concernant les articles dont l'accès intégral ne sera pas accessible via les différentes bases de données, des courriels seront directement adressés à l'auteur en anglais afin de solliciter l'obtention de leur accès.

2.4 Méthode d'extraction et d'analyse des données

L'extraction des données constitue une étape cruciale visant à recueillir l'ensemble des informations de chaque étude, facilitant ainsi leurs comparaisons ultérieures, que ce soit dans la population étudiée, les méthodes employées ou dans l'analyse des résultats.

Cette extraction se déroulera en trois étapes. Tout d'abord, nous élaborerons un tableau regroupant toutes les données relatives à la population étudiée.

Ces données correspondront à :

- L'âge de la population
- L'effectif des enfants inclus dans l'étude
- La répartition entre les filles et les garçons dans chaque groupe
- Le niveau de surdité
- La cause de la surdité
- L'atteinte uni ou bilatérale de la surdité
- L'utilisation d'implant cochléaire
- Les critères d'inclusion
- Les critères d'exclusion

À l'aide de ce tableau, nous pourrons repérer d'éventuelles variations dans le processus de recrutement des participants des différentes études, ce qui pourra potentiellement influencer les résultats ultérieurs.

En second lieu, un tableau distinct sera réalisé concernant l'intervention des études.

Celui-ci inclura les éléments suivants :

- Nom du programme de rééducation
- La durée et la fréquence du protocole
- L'activité ciblée (équilibre, proprioception, maintien sur une jambe, etc)
- La description précise ou non du protocole
- Le nombre d'exercices ou d'activités différentes proposées avec la méthode utilisée

Pour finir, un tableau répertoriant les données sur le comparateur de l'étude sera réalisé. Ce tableau comprendra :

- Les tests utilisés
- Les modalités de réalisation des tests (en antéro-post, appui monopodal etc)
- Les conditions dans lesquelles les tests ont été réalisés (yeux ouverts, fermés, plan stable...)
- Le mode de répartition des enfants (groupe expérimental/contrôle)
- Le programme proposé au groupe contrôle

2.5 Evaluation de la qualité méthodologique des études sélectionnées

2.5.1 Grille de lecture utilisée

Notre revue de littérature, centrée sur une question thérapeutique, impliquera l'évaluation des études sélectionnées à l'aide de l'échelle PEDro (Physiotherapy Evidence Database).[56]

Cette échelle, composée de 11 items, évalue des aspects spécifiques de la méthodologie des essais cliniques contrôlés.¹¹

Les études sont ensuite classées en fonction de leur score PEDro, pouvant varier de 0 à 10 points où un score plus élevé indique une étude de haute qualité.

Les scores entre 0 et 4 sont associés à un faible niveau de preuve.

Entre 4 et 6, le score est associé à un niveau de preuve modéré.

Un score entre 6 et 10 est considéré comme étant un haut niveau de preuve.

En complément de l'échelle PEDro, nous envisageons d'utiliser le système GRADE (Grading of Recommendations, Assessment, Development, and Evaluation) qui est un outil méthodologique employé pour l'évaluation de la qualité des preuves et de la force des recommandations dans les revues de littérature [57].

¹¹ [https://pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_french\(france\).pdf](https://pedro.org.au/wp-content/uploads/PEDro_scale_french(france).pdf)

Ce système classe les preuves en quatre niveaux pour trois grades de recommandations :

- Niveau 1 = grade A, indiquant une preuve scientifique établie
- Niveau 2 = grade B, correspondant à une présomption scientifique
- Niveau 3 et 4 = grade C, représentant un faible niveau de preuve scientifique

Le système GRADE prend en compte des aspects tels que le risque de biais qui peut influencer la qualité des preuves recueillies.

2.5.2 Types de biais recherchés

Différents types de biais peuvent intervenir dans un essai clinique randomisé pouvant ainsi influencer les résultats de ces études.[58]

Afin de minimiser ce risque, une recherche approfondie des divers biais énumérés ci-dessous sera entreprise et l'existence d'un de ces biais sera rapportée de manière critique.

- Biais de sélection

Il survient lorsque les groupes expérimentaux et témoins diffèrent initialement malgré la randomisation.

Cela peut fausser les résultats en attribuant à tort des différences entre les groupes à l'intervention plutôt qu'à la randomisation.

- Biais d'évaluation

Il se manifeste lorsque l'étude n'est pas réalisée en aveugle ce qui peut influencer la manière dont l'intervention est effectuée.

- Biais de détection

Il se produit lorsque les évaluateurs sont conscients du groupe d'intervention.

- Biais de publication

Il se matérialise lorsque les résultats d'une étude influent sur la décision de la publier ou non, donnant ainsi plus de chance de publication aux études ayant des résultats positifs.

- Biais d'attrition

Il correspond aux participants perdus de vues n'étant pas inclus dans les résultats ni analysés en intention de traiter créant ainsi un échantillon final non représentatif.

- Biais de performance des essais

Il survient lorsque la mise en œuvre de l'intervention diffère entre les groupes ce qui peut influencer les résultats

- Biais de reporting

Il se produit lorsque des données sont omises de façon délibérée ou non, faussant ainsi l'interprétation des résultats et conduisant à une perception erronée de l'efficacité de l'intervention.

- Biais de suivi

Il est pris en compte si moins de 85% des sujets inclus au départ ont terminé l'étude. Une faible taille d'échantillon majore le biais de suivi.

Pour évaluer les divers risques de biais dans les études incluses, nous pouvons utiliser l'échelle PEDro qui évalue les risques de biais dans les études expérimentales comme mentionné précédemment.

Pour les études suivant un schéma d'essai contrôlé randomisé nous pourrions également recourir à la Cochrane Risk Of Bias Tool qui évalue le risque de biais en tant qu'élevé, faible ou imprécis pour des éléments individuels de sept domaines (random sequence generation, concealment of allocation sequence, blinding of participants and personnel, blinding of outcome assessors, selective outcome reporting, incomplete outcome data, autre) [59]

Afin d'évaluer les risques de biais dans notre revue de littérature et méta-analyse, nous utiliserons l'AMSTAR-2 (A Measurement Tool To Assess Systematic Review) qui est un outil d'évaluation de la qualité méthodologique des revues systématiques comprenant des essais randomisés et non randomisés.

L'AMSTAR-2 conserve 10 domaines d'origine de l'AMSTAR et comporte 16 éléments contre 11 initialement.¹² Cet outil de mesure aide dans l'identification des revues systématiques de haute qualité.[60]

2.6 Méthode de synthèse des résultats

Les résultats seront examinés de manière approfondie avec une analyse tant qualitative que quantitative.

En premier lieu, nous élaborerons un tableau comprenant les données de chaque étude, offrant ainsi une perspective globale des divers résultats afin de faciliter leur analyse critique.

Dans le but d'obtenir une synthèse quantitative des données disponibles, une méta-analyse sera entreprise renforçant ainsi la validité et la généralisation des résultats au-delà des études individuelles[61]. Cependant, il est crucial de noter que la qualité des résultats de la méta-analyse dépend également de la qualité des études individuelles incluses dans celle-ci.

Cette méta-analyse pourra se faire uniquement dans la mesure où les auteurs des articles nous ont fourni les données suffisantes afin de calculer la taille d'effet et l'intervalle de confiance telles que la moyenne, l'écart-type et l'effectif de la population.

Dans le cas contraire, une analyse qualitative aura lieu.

La taille d'effet déterminera en partie l'efficacité ou non de notre intervention. Elle correspond à la différence de résultat avant et après notre outcome.

Elle nous fournira une mesure quantitative concernant l'importance de cette différence dans la population étudiée.

Pour la calculer il suffira de diviser la différence de moyenne entre les groupes sur l'écart-type des deux groupes.

En fonction du résultat, la taille d'effet pourra être considérée comme faible si elle est de 0,2 ; moyenne à 0,5 et élevée à 0,8.

Une taille d'effet faible, proche de 0 indiquera une différence moins importante, signifiant que l'intervention aura un faible impact sur le critère de jugement.

À contrario, une taille d'effet importante suggèrera une différence plus importante avec un impact plus élevé sur le critère de jugement étudié.

L'intervalle de confiance à 95% est un outil statistique qui nous permettra d'estimer la fiabilité des résultats de l'étude.

¹² <https://amstar.ca/docs/AMSTAR-2.pdf>

C'est un intervalle qui sera calculé à partir d'un échantillon de données prélevées dans une séquence infinie dans laquelle 95% de ces intervalles contiendront le paramètre de la population et qui incluront à long terme la vraie moyenne de la population.¹³

Le calcul de cet intervalle de confiance se réalisera avec les résultats de la moyenne de l'échantillon, de l'effectif de la population et de l'écart-type.

Dans notre étude, les intervalles de confiance à 95% seront calculés à l'aide du logiciel Review Manager 5.4.1.

Les étapes générales d'une méta-analyse dans le contexte d'une revue de littérature sont [62]:

- Identification des études
- Sélection des études en fonction de leur qualité méthodologique, de la pertinence de l'étude et de la similitude des critères d'inclusion.
- Extraction des données telles que la taille de l'échantillon, la mesure des résultats, les caractéristiques des participants
- Calcul des mesures d'effet telles que les différences de moyenne
- L'estimation globale de l'effet grâce aux résultats individuels des études combinées statistiquement afin de produire une estimation globale de l'effet de l'intervention
- L'analyse de l'hétérogénéité des études entre elles afin de déterminer la variabilité des résultats
- Calcul des intervalles de confiance à 95% si les données nous le permettent
- L'interprétation des résultats en fonction de l'estimation globale, des intervalles de confiance et de l'hétérogénéité

Nous pourrions également réaliser un Forest-plot qui est une représentation graphique d'une méta-analyse.

Ce Forest plot ou diagramme en forêt nous permettra d'avoir une vision globale mais également individuelle de l'estimation de l'effet de l'étude.

Il pourra également nous permettre de repérer une hétérogénéité entre les études incluses.

L'hétérogénéité de l'étude est la mesure dans laquelle la taille des effets varie au sein de la méta-analyse.

Pour ceci, nous extrairons les données concernant le χ^2 , qui déterminera si les disparités entre les résultats sont plus importantes que ce qui est attendu avec la simple variabilité du hasard. Nous extrairons également les données concernant le I^2 qui est une valeur déterminant si la variabilité observée dans les études est attribuable à de réelles différences entre les résultats plutôt qu'à des erreurs de mesures ou variations aléatoires.

¹³ <https://datatab.fr/tutorial/confidence-interval>

3. Résultats

3.1 Processus de sélection des études

Les études sélectionnées ont été choisies en utilisant l'équation de recherche citée précédemment. Les résultats variants en fonction des différentes bases de données consultées nous retrouvons : 236 résultats pour PubMed, 4 pour Pedro, 27 pour Cochrane et 25 pour Prospero aboutissant à un total de 292 articles sélectionnés.

Cette recherche a été menée du 1^{er} septembre au 1^{er} octobre 2023 inclus.

3.1.1 Études exclues

Plusieurs critères ont été appliqués afin de procéder à l'exclusion des études ne rentrant pas dans notre question thérapeutique.

En premier lieu, les doublons, au nombre de 9 ont été écartés. Nous avons par la suite examiné les titres et résumés de chacune des études restantes.

3.1.1.1 Articles exclus après lecture du titre et de l'abstract

À la suite de l'exclusion des doublons, les titres et abstracts des 283 articles restants ont été examinés. Au cours de cette lecture, quatre principaux critères de non-sélection ont émergé :

- une population inappropriée (adulte, pathologie autre que la surdité...)
- une intervention incorrecte (absence de programme de rééducation)
- un comparateur inadéquat (comparaison entre des enfants sourds et des enfants entendants)
- un schéma d'étude inapproprié (absence d'étude randomisée)

Au total, 270 articles ont été exclus après lecture car ils présentaient au moins l'un des critères de non-sélection mentionnés précédemment

Un tableau détaillant le nombre d'articles exclus pour chaque critère de jugement dans chaque base de données est joint ci-dessous.

Base de données	Population	Intervention	Comparateur	Schéma d'étude
PubMed	80	91	22	34
Pedro	0	0	0	0
Cochrane	8	10	0	0
Prospero	14	4	0	7

Tableau V : Nombres d'articles exclus après lecture du titre et de l'abstract avec leurs bases de données correspondantes

3.1.1.2 Articles exclus après lecture complète

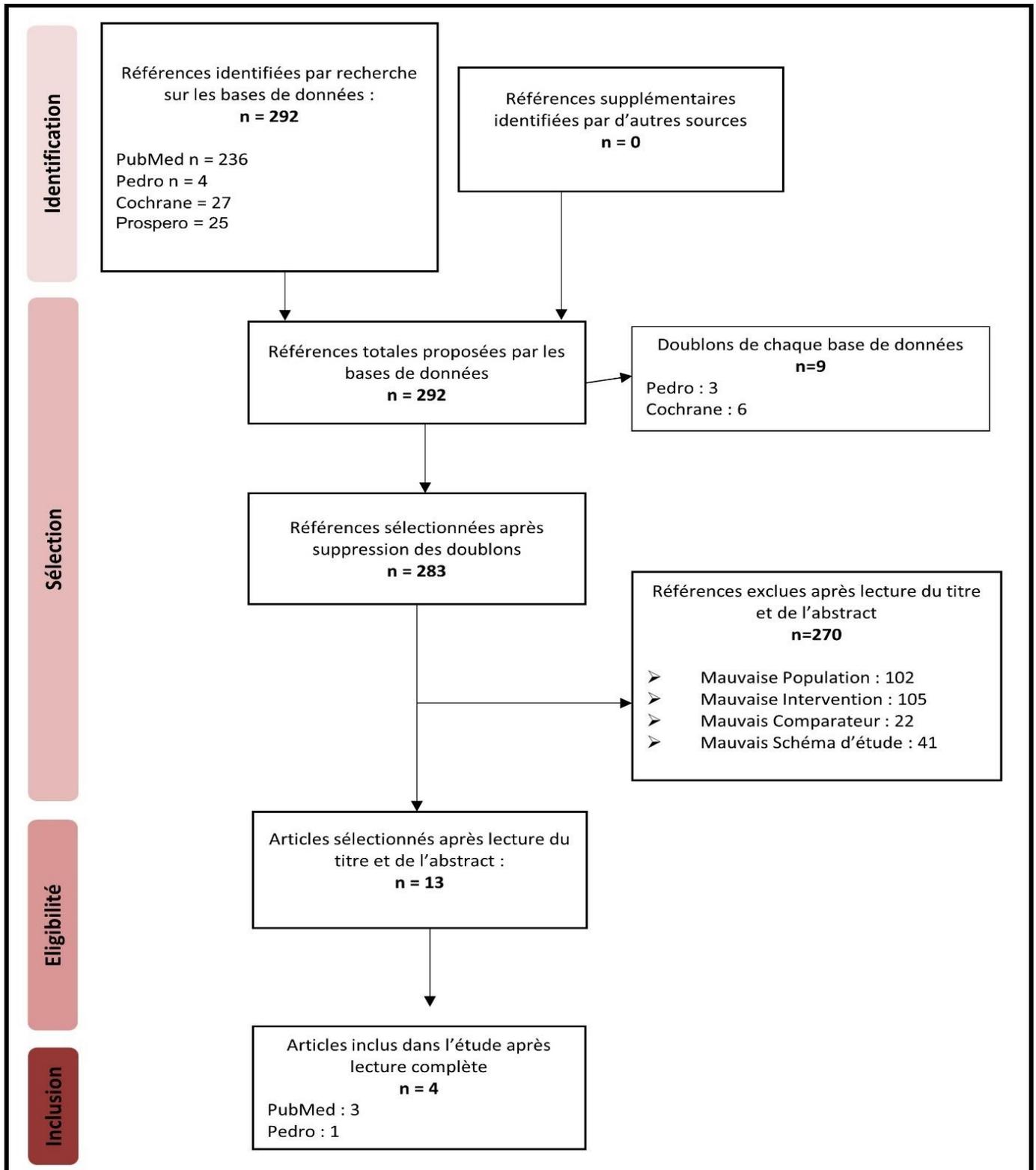
À la suite de la première sélection, 13 articles ont été pré-sélectionnés. Une deuxième lecture plus approfondie des articles a été effectuée afin de déterminer leur inclusion ou non dans notre étude. Cette évaluation a été réalisée en utilisant les mêmes critères d'exclusion que précédemment.

Base de données	Population	Intervention	Comparateur	Schéma d'étude
PubMed	1	2	0	1
Pedro	0	0	0	0
Cochrane	0	0	0	0
Prospero	0	0	0	0

Tableau VI : Nombres d'articles exclus après lecture complète avec leurs bases de données correspondantes

3.1.2 Diagramme de Flux

Un diagramme de flux synthétisant le déroulement de la sélection des articles est représenté ci-dessous.



Les articles exclus après lecture complète sont donc au nombre de 9.

Parmi ces 9 articles, 5 ont été exclus car l'étude n'était pas accessible sans financement.

3 étaient présents sur PubMed et 2 sur Cochrane.

Nous avons envoyé un mail aux auteurs de ces 5 articles afin de leur en demander l'accès mais aucune réponse n'a été donnée de leur part.

Concernant les 4 articles restants, la raison de leur exclusion est détaillée dans le tableau ci-dessous sachant que 2 articles ont été exclus à la suite d'une mauvaise intervention, 1 suite à une mauvaise population et 1 autre pour un mauvais schéma d'étude.

Titre de l'article	Raison de l'exclusion
improvement of motor development and postural control following intervention in children with sensorineural hearing loss and vestibular impairment.	Parmi les enfants inclus dans l'étude, il existe 4 enfants étant atteints de surdité modérée sur une des deux oreilles en plus de leur surdité sévère et profonde. De plus, un enfant atteint d'une pathologie neurologique a été inclus dans l'étude.
Preliminary evidence of improved gaze stability following exercise in two children with vestibular hypofunction	Ne mesure pas le temps d'appui unipodal ni la mesure du balancement postural mais l'acuité visuelle dynamique et l'acuité de lecture
Pediatric vestibular evaluation: two children with sensorineural hearing loss.	L'intervention de cette étude ne correspond pas à nos attentes car aucun programme de rééducation n'est mis en place, seule la réalisation de tests a été effectuée. De plus, un des deux enfants présents dans cette étude souffre d'une surdité moyenne à sévère n'étant donc pas éligible à nos critères d'inclusion correspondant aux enfants atteints de surdité sévère à profonde.
Development of an exercise program to improve the static and dynamic balance of profoundly hearing-impaired children.	L'étude est une étude pilote ne faisant pas partie des schémas d'études acceptés dans cette revue de littérature. De plus, la population de l'étude contient deux enfants atteints de problèmes neurologiques.

Tableau VII : Études exclues après lecture complète de l'article et raison de leur exclusion

3.1.3 Études incluses

À la suite de la lecture complète des articles, 4 ont répondu à tous les critères d'inclusion. Ceux-ci ont été inclus dans notre revue de littérature.

Base de données	Nombre d'études incluses
PubMed	3
Pedro	1
Cochrane	0
Prospero	0

Tableau VIII : Études incluses et bases de données correspondantes

Un résumé concis des données clés de chaque article a été réalisé sous la forme d'un tableau synthétique.

Des tableaux plus détaillés concernant l'extraction des données de chaque étude sont disponibles en annexe 2.

Auteurs et année	Schéma d'étude	Effectif	Moyenne d'âge	Programme	Durée	Outcome
Susan K. Effgen, 1981[63]	ECR	Groupe contrôle : 10 filles et 14 garçons Groupe expérimental : 10 filles et 15 garçons Total : 49	Groupe contrôle : 9.083 Groupe expérimental : 9.08	The 15 minute static balance exercice program venant d'un site en ligne par Armheim et Pestolesi.	10 jours d'affilés, pendant 15 minutes	Equilibre : plateforme de force
Venkadesan Rajendran, 2012[64]	ECR	Groupe contrôle : 4 filles et 6 garçons Groupe expérimental : 3 filles et 8 garçons Total : 21	Groupe contrôle : 8.1 Groupe expérimental : 7.5	The vestibular-specific neuromuscular training program	Session de 45 minutes, 3 fois par semaine pendant 6 semaines	contrôle postural: pediatric reach test, postural sway meter, one leg standing test

Amir Abbas Ebrahimi, 2017[65]	Étude quasi-expérimentale	Groupe contrôle : 2 filles et 10 garçons Groupe expérimental : 1 filles et 11 garçons Total : 24	Groupe contrôle : 9.75±1.28 Groupe expérimental : 10.08±1.62	The vestibular rehabilitation therapy program = exercices d'adaptation et de substitution pour l'entraînement de la stabilité du regard et de l'équilibre.	3 séances par semaine de 45 minutes pendant 8 semaines.	Control postural : SOT (sensory organization test) Limite de stabilité (LOS)
Hamed Zarei, 2019[66]	ECR	Groupe contrôle : 10 garçons Groupe expérimental : 10 garçons Total : 20	Groupe contrôle : 16.09±0.87 Groupe expérimental : 16.4±1.17	Programme combinant 3 protocoles d'entraînement proposés par Martinez-Amat et al 2013, Clark et Burden 2005, Carmeli et al 2005)	16 exercices de proprioceptions 3x par semaine pendant 8 semaines de 10 à 11h dans le gymnase de l'école.	Proprioception : AART Equilibre : SLS

Tableau IX : Données synthétiques des études incluses, réalisé par l'auteur

3.2 Risques de biais des études incluses

Le risque de biais de nos études va être analysé grâce à l'échelle PEDro comme mentionné dans la partie méthodologie.

Pour rappel, l'échelle PEDro est une échelle comportant 11 items.

Le premier item concerne la validité externe de l'étude en déterminant la généralisabilité de l'essai.

Bien qu'il soit inclus dans l'échelle PEDro pour refléter l'ensemble de la liste Delphi, il n'est pas pris en compte dans le calcul du score PEDro.

Les items 2 à 11 concernent la validité interne.

Item 2 : répartition aléatoire

Item 3 : assignation secrète

Item 4 : similarité des groupes au regard des indicateurs pronostics les plus importants

Item 5 : sujets en aveugle

Item 6 : thérapeutes en aveugle

Item 7 : examinateur en aveugle

Item 8 : perdu de vue par rapport au jugement principal

Item 9 : tous les sujets dont les résultats sont disponibles ont reçu le traitement ou dans le cas contraire ont été en analysés en intention de traiter

Item 10 : résultats des comparaisons statistiques intergroupes indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiel

Item 11 : indication de l'estimation des effets et de leur variabilité pour au moins un des critères de jugement

Échelle PEDro	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Score
Susan K. Effgen, 1981	X	V	X	X	X	X	X	V	X	V	V	4/10
Venkadesan Rajendran, 2012	V	V	X	V	X	X	X	X	X	V	V	4/10
Amir Abbas Ebrahimi, 2017	X	V	X	V	X	X	X	X	X	V	V	4/10
Hamed Zarei, 2019	V	V	V	V	X	X	V	X	X	V	V	6/10

Tableau X : Évaluation des biais des études incluses (échelle PEDro)

Les biais identifiés par ces études sont énumérés et expliqués ci-dessous :

Item 1 : Les études de Susan K. Effgen (1981) et Amir Abbas Ebrahimi (2017) n'ont pas précisé leurs critères d'inclusion. De plus, l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi n'indique pas comment les sujets présents dans l'étude ont été recrutés.

Bien que cet aspect n'impacte pas le score total de l'échelle PEDro, celui-ci ne peut être validé pour cette étude.

Item 3 : À l'exception de l'étude d'Hamed Zarei (2019), toutes les autres études n'ont pas suivi une assignation secrète ce qui signifie que la personne chargée de déterminer l'admission d'un enfant en fonction des critères d'inclusion connaissait le groupe dans lequel il serait assigné.

Le biais potentiel associé est le **biais de connaissance** qui se produit lorsque les investigateurs ou les participants connaissent à l'avance le groupe de traitement assigné, ce qui peut avoir une influence sur les résultats.

Item 4 : L'étude de Susan K. Effgen (1981) est la seule présentant une hétérogénéité des groupes au regard des indicateurs pronostics les plus importants amenant à un **biais de sélection**.

Item 5 et 6 : Aucune des études n'a eu recours à des sujets ou des thérapeutes en aveugle car ceux-ci étaient conscients de leur inclusion ou non dans un programme de rééducation comparé au groupe témoin qui n'a pas réalisé pas de protocole de rééducation.

Ces deux items constituent un **biais d'évaluation**

Item 7 : Il constitue également un **biais d'évaluation** cependant seule l'étude d'Hamed Zarei (2019) ne présente pas ce biais car l'examineur reste en aveugle. Cependant, pour les trois autres études l'examineur n'a pas pu être en aveugle.

Item 8 : Toutes les études mis à part celle de Suzan K. Effgen (1981) comportent un nombre de patients dans la synthèse finale inférieur à 85% du nombre de patients inclus au départ de l'étude pour un critère de jugement principal ou ne spécifient pas s'ils ont des perdus de vue. Par exemple, Hamed Zarei (2019) comporte 6 perdus de vues au cours de son étude durant la phase de traitement, ne permettant pas d'avoir le nombre suffisant de participants afin de valider cet item. Celui-ci constitue un **biais de suivi**.

Item 9 : Aucune des études n’a validé cet item. Un **biais d’attrition** est présent, les études comportant des sujets perdus de vue n’ont pas été analysées en intention de traiter.

Parmi les 4 études sélectionnées, Suzan K. Effgen (1981), Venkadesan Rajendran (2012) et Amir Abbas Ebrahimi (2017) ont obtenu un score PEDro de 4/10 associé à un faible niveau de preuve.

L’étude de Hamed Zarei (2019) a quant à elle obtenu un score de 6/10 traduisant un niveau de preuve modéré.

En complément de l’échelle PEDro, l’échelle Risk of Bias Tools[67] évalue les biais des études incluses de manière moins stricte en ayant la possibilité d’intégrer une information qui va être décrite de manière explicite.

Cette échelle nous permet également de cataloguer d’autres biais pouvant être rencontrés et n’étant pas présents dans l’échelle PEDro.

Susan K. Effgen, 1981	Venkadesan Rajendran, 2012	Amir Abbas Ebrahimi, 2017	Hamed Zarei, 2019	
Low Risk	Low Risk	Unclear Risk	Low Risk	Random sequence generation (selection bias)
Unclear Risk	Low Risk	Unclear Risk	Low Risk	Allocation concealment (selection bias)
High Risk	High Risk	High Risk	Low Risk	Blinding of participants and personnel (performance bias)
Unclear Risk	Unclear Risk	Unclear Risk	Low Risk	Blinding of outcome assessment (detection bias)
High Risk	Unclear Risk	Unclear Risk	Unclear Risk	Incomplete outcome data (attrition bias)
High Risk	Unclear Risk	Unclear Risk	Unclear risk	Selective reporting (reporting bias)
High Risk	Unclear Risk	High Risk	Low Risk	Other bias

Tableau XI : Évaluation des biais des études à l’aide de l’échelle Risk of Bias Tools

3.3 Effets de l’intervention sur les critères de jugement

3.3.1 Les différents critères de jugement

Il a été décidé que les critères de jugement seraient la mesure de l’équilibre et du contrôle postural, réalisé à travers la mesure du balancement postural antéro-postérieur et médio-latéral ainsi que l’évaluation de l’équilibre unipodal.

Ces mesures pourront être effectuées à l'aide d'une plateforme de posturographie, ou en chronométrant le temps d'appui en unipodal.

Le balancement postural est la capacité à garder une posture stable par le corps lors de perturbations externes afin d'ajuster son centre de gravité et de maintenir un équilibre dans des conditions statiques ou dynamiques.

Ce maintien en équilibre de la station debout contre la pesanteur est également réalisé à l'aide des muscles posturaux et de boucles réflexes modulés en permanence.

En clinique, le balancement postural peut être réalisé à l'aide d'une plateforme de posturographie qui est une méthode d'exploration de la voie vestibulospinale.

Cette plateforme est dotée d'un plateau équipé de capteurs de pressions ou de forces qui enregistrent la pression émise sous les pieds des patients durant la session.

Des capteurs de mouvements peuvent également être intégrés afin d'enregistrer les déplacements segmentaires.

Les données recueillies sont ensuite analysées informatiquement, fournissant des informations détaillées concernant le déplacement du centre de pression, l'amplitude et la vitesse des oscillations ce qui permet d'évaluer l'utilisation de chaque entrée sensorielle impliquée dans le contrôle postural et également les stratégies compensatoires qui peuvent en découler.

La posturographie peut être évaluée de manière statique ou dynamique permettant d'analyser la réactivité du système postural face aux perturbations et changement de conditions.

3.3.2 Résultats par études

Toutes nos études présentent un niveau significatif fixé à $p < 0,05$.

Le risque alpha ou risque de première espèce correspond à la probabilité de conclure à une différence entre les groupes alors qu'elle n'existe pas.

Plus on souhaite un risque alpha faible, plus il faut inclure de patients.

3.3.2.1 Mesure du balancement postural

Seule l'étude d'Hamed Zarei (2019) ne réalise pas de mesure du balancement postural.

Les autres études le mesurent mais avec diverses conditions représentées dans les tableaux ci-contre.

- Venkadesan Rajendran (2012)

Les résultats de cette étude sont présentés en utilisant la médiane avec l'étendue plutôt que la moyenne, limitant ainsi notre capacité à effectuer une analyse quantitative comme mentionné dans la partie méthodologie.

Cependant une analyse qualitative des résultats est réalisable.

La mesure du balancement postural a été réalisée sur une surface en mousse.

Mesure du balancement antéro-postérieur

	Contrôle	Expérimental	Valeur p
Yeux ouverts	43,5 (24-53)	40 (23-53)	0,007
Yeux fermés	52 (38-72)	50 (36-70)	0,03

Tableau XII : Résultats en pré-test du balancement antéro-postérieur, Venkadesan Rajendran

	Contrôle	Expérimental
Yeux ouverts	43,5 (23-55)	31 (20-44)
Yeux fermés	54,5 (36-70)	41 (30-60)

Tableau XIII : Résultat en post-test du balancement antéro-postérieur, Venkadesan Rajendran

Mesure du balancement médio-latéral

	Contrôle	Expérimental	Valeur p
Yeux ouverts	71 (45-82)	70 (40-80)	0,014
Yeux fermés	101,5 (62-128)	98 (60-125)	0,017

Tableau XIV : Résultats en pré-test du balancement médio-latéral, Venkadesan Rajendran

	Contrôle	Expérimental
Yeux ouverts	70 (45-85)	54 (35-70)
Yeux fermés	102 (65-134)	86 (55-98)

Tableau XV : Résultats en post-test du balancement médio-latéral, Venkadesan Rajendran

La **médiane diminue** entre le groupe expérimental et le groupe contrôle en post-test.

Elle diminue également pour le groupe expérimental du pré au post-test tandis qu'elle fluctue entre légère augmentation et diminution pour le groupe contrôle.

L'**étendue** fait de même avec des **valeurs maximales et minimales plus larges** entre le groupe contrôle et le groupe expérimental en post-test tout comme au niveau de la différence de résultats entre les groupes expérimental et contrôle en pré et post test.

		Médiane	Étendue minimum	Étendue maximum
Antéro-postérieur	Yeux ouverts	-28.7%	-13.0%	-20%
	Yeux fermés	-24.7%	-16.6%	-14.2%
Médio-latéral	Yeux ouverts	-22.8%	-22.2%	-17.6%
	Yeux fermés	-15.6%	-15.3%	-26.8%

Tableau XVI : Pourcentage de diminution entre le groupe contrôle et le groupe expérimental, Venkadesan Rajendran

			Contrôle	Expérimental
Antéro-postérieur	Yeux ouverts	Médiane	0%	-22.5%
		Étendue minimum	-5%	-13.0%
		Étendue maximum	3.7%	-16.9%
	Yeux fermés	Médiane	4.8%	-18%
		Étendue minimum	-5.2%	-16.6%
		Étendue maximum	-2.7%	-14.2%
Médio-latéral	Yeux ouverts	Médiane	-1.4%	-22.8%
		Étendue minimum	0%	-12.5%
		Étendue maximum	3.6%	-12.5%
	Yeux fermés	Médiane	0.4%	-12.2%
		Étendue minimum	4.8%	-8.3%
		Étendue maximum	4.6%	-21.6%

Tableau XVII : Pourcentage de diminution entre les mesures pré et post test, Venkadesan Rajendran

Une **forte diminution** est observée pour le **groupe expérimental**.

- Suzan K. Effgen (1981)

La mesure a été réalisée sur une surface stable.

L'étude ne nous donne pas de mesures pré-test mais uniquement les mesures post-test.

Mesure du balancement antéro-postérieur

	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%
Yeux ouverts	0.24	[-0.32 ; 0.80]
Yeux fermés	0.09	[-0.47 ; 0.65]
Jambe droite	-0.19	[-0.76 ; 0.38]
Jambe gauche	0.40	[-0.20 ; 1,00]

Tableau XVIII : Résultats en post-test du balancement antéro-postérieur, Suzan K. Effgen

Mesure du balancement médio-latéral

	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%
Yeux ouverts	0.30	[-0.26 ; 0.87]
Yeux fermés	0.12	[-0,44 ; 0,68]
Jambe droite	-0.23	[-0.81 ; 0.34]
Jambe gauche	-0.29	[-0.88 ; 0.31]

Tableau XIX : Résultats en post-test du balancement médio-latéral, Suzan K. Effgen

La **taille d'effet** est considérée comme **faible** pour toutes les conditions concernant le balancement antéro-postérieur et médio-latéral.

Pour toutes les conditions, l'**intervalle de confiance à 95%** passe par la **valeur nulle**.

Concernant la valeur exacte de p pour chaque condition, celle-ci n'est pas rapportée sur le tableau des résultats cependant il est mentionné dans la partie résultat de l'étude que la **valeur p** n'est **pas statistiquement significative (<0.05)** pour toutes les conditions.

- Amir Abbas Ebrahimi (2017)

Pré-test

Conditions ¹⁴ (Antéro-post)	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%
1	0.07	[-0.73 ; 0.87]
2	-0.22	[-1.03 ; 0.58]
3	-0.77	[-1.61 ; 0.06]
4	0.00	[-0.80 ; 0.80]
5	-0.57	[-1.39 ; 0.25]

Tableau XX : Résultats en pré-test du balancement antéro-postérieur, Amir Abbas Ebrahimi

¹⁴ Les conditions 1 à 5 correspondent respectivement à la mesure de l'équilibre avec entrée somatosensorielle, visuelle, vestibulaire, préférentiel et global.

Conditions (Médio-latéral)	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%
1	0.17	[-0.63 ; 0.97]
2	-0.05	[-0.85 ; 0.75]
3	-0.24	[-1.04 ; 0.56]
4	0.15	[-0.65 ; 0.95]
5	-0.05	[-0.85 ; 0.75]

Tableau XXI : Résultats en pré-test du balancement médio-latéral, Amir Abbas Ebrahimi

La **taille d'effet** est **faible** pour toutes les conditions que ce soit dans la mesure antéro-postérieure ou médio-latérale.

L'**intervalle de confiance à 95%** croise la **valeur nulle** pour toutes les conditions.

Post-test

Conditions (Antéro-post)	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%
1	0.00	[-0.80 ; 0.80]
2	0.06	[-0.74 ; 0.86]
3	2.12	[1.09 ; 3.16]
4	0.00	[-0.80 ; 0.80]
5	1.10	[0.23 ; 1.96]

Tableau XXII : Résultats en post-test du balancement antéro-postérieur, Amir Abbas Ebrahimi

Conditions (Médio-latéral)	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%
1	-0.40	[-1.21 ; 0.41]
2	0.11	[-0.69 ; 0.91]
3	2.27	[1.20 ; 3.33]
4	-0.08	[-0.88 ; 0.72]
5	1.51	[0.58 ; 2.43]

Tableau XXIII : Résultats en post-test du balancement médio-latéral, Amir Abbas Ebrahimi

La **taille d'effet** est **faible** pour les **conditions 1,2 et 4** mais elle est **élevée** pour les **conditions 3 et 5** que ce soit dans la mesure antéro-postérieure ou médio-latérale.

L'**intervalle de confiance à 95%** croise la **valeur nulle** pour les **conditions 1,2 et 4**.

Cependant, pour les **conditions 3 et 5** correspondant à l'équilibre avec une entrée vestibulaire et globale, l'intervalle de confiance **ne croise plus la valeur nulle**.

3.3.2.2 Mesure de l'équilibre unipodal

L'étude menée par Amir Abbas Ebrahimi (2017) est la seule qui n'évalue pas la capacité d'équilibre unipodal en termes de maintien dans le temps.

- Venkadesan Rajendran (2012)

Comme pour la mesure du balancement postural, l'étude de Venkadesan Rajendran (2012) utilise la médiane et non la moyenne dans les résultats de l'équilibre unipodal. Une analyse qualitative est de nouveau réalisée.

Pré-test

	Contrôle	Expérimental	Valeur p
Yeux ouverts	76,8 (68,1-92,1)	75,4 (65,1-92,1)	0,03
Yeux fermés	20,0 (10,1-39,1)	20,8 (9,2-38,4)	0,001
Total	95,9 (81,6 -131,2)	91,3 (80,6-130,5)	0,03

Tableau XXIV : Mesure du temps d'appuis unipodal en pré-test, Venkadesan Rajendran

Post-test

	Contrôle	Expérimental
Yeux ouverts	78,0 (70,2-93,1)	87,1 (75,2-98,2)
Yeux fermés	20,3 (11,5-40,1)	24,1 (15,4-44,5)
Total	96,2 (84,9 -132,1)	107,0 (92,9-142,6)

Tableau XXV : Mesure du temps d'appuis unipodal en post-test, Venkadesan Rajendran

Nous pouvons constater que les **valeurs extrêmes** de l'**étendue** ont **augmenté** pour toutes les conditions entre le pré et post test.

La valeur de la **médiane** est également **plus haute** pour les trois conditions en post-test, se rapprochant de la valeur maximale de l'étendue.

	Médiane	Étendue minimum	Étendue maximum
Yeux ouverts	11.6%	7.1%	5.4%
Yeux fermés	18.7%	33.9%	10.9%
Total	11.2%	9.4%	7.9%

Tableau XXVI : Pourcentage d'augmentation entre le groupe contrôle et expérimental en post-test, Venkadesan Rajendran

		Contrôle	Expérimental
Yeux ouverts	Médiane	1.7%	15.5%
	Étendue minimum	2.9%	15.5%
	Étendue maximum	1.0%	6.6%
Yeux fermés	Médiane	1.5%	15.8%
	Étendue minimum	13.8%	67.3%
	Étendue maximum	2.5%	15.8%
Total	Médiane	0.3%	17.1%
	Étendue minimum	4.0%	15.2%
	Étendue maximum	0.6%	9.2%

Tableau XXVII : Pourcentage d'augmentation entre les mesures pré et post test, Venkadesan Rajendran

Nous pouvons également constater que la **valeur p** est **statistiquement significative** pour toutes les conditions ($p < 0,05$).

- Hamed Zarei (2019)

Pré-test

Conditions* ¹⁵	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%
1	-0.07	[-0.95 ; 0.81]
2	-0.05	[-0.93 ; 0.82]
3	-0.26	[-1.15 ; 0.62]
4	-0.90	[-1.83 ; 0.03]

Tableau XXVIII : Mesure du temps d'appuis unipodal en pré-test, Hamed Zarei

En pré-test, la **taille d'effet** est considérée comme **faible** pour **toutes les conditions**.
L'**intervalle de confiance à 95%** croise la **valeur nulle** pour les quatre conditions.

Post-test

Conditions*	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%	Valeur p
1	0.54	[-0.35 ; 1.44]	0.03
2	1.87	[0.78 ; 2.95]	0.001
3	0.38	[-0.50 ; 1.27]	0.41
4	-0.53	[-1.42 ; 0.37]	0.22

Tableau XXIX : Mesure du temps d'appuis unipodal en post-test, Hamed Zarei

En post-test, la **taille d'effet** est **faible** pour les **conditions 3 et 4**, **moyenne** pour la **condition 1** et **élevée** pour la **condition 2**.

L'**intervalle de confiance à 95%** n'est **concluant** que pour la **2^{ème} condition** où nous retrouvons une valeur au-delà de la valeur nulle.

La valeur p est statistiquement significative ($p < 0,05$) pour les **conditions 1 et 2** mais pas statistiquement significative ($p > 0,05$) pour les **conditions 3 et 4**.

¹⁵ * pour rappel : Condition 1= surface stable, yeux ouverts ; condition 2= surface stable, yeux fermés ; condition 3= surface en mousse, yeux ouverts ; condition 4 =surface en mousse, yeux fermés

- Suzan K. Effgen (1981)

Dans l'étude de Suzan K. Effgen (1981), seuls les résultats post-test sont indiqués.

Post-test

	Taille d'effet	Intervalle de confiance à 95%	Valeur p
Jambe droite	0.58	[0.00 ; 1.16]	0,025
Jambe gauche	0.74	[0.15 ; 1.33]	0,01

Tableau XXX : Mesure du temps d'appuis unipodal en post-test, Suzan K. Effgen

La **taille d'effet** est **moyenne** pour les deux tests jambe droite et jambe gauche.

L'**intervalle de confiance à 95%** croise la **valeur nulle** pour la **jambe droite**.

Pendant, concernant la **jambe gauche**, l'**intervalle de confiance à 95%** ne croise plus la valeur nulle.

La **valeur p** est quant à elle **statistiquement significative**.

3.3.3 Méta-analyse

Une méta-analyse va être conduite pour les deux critères de jugement.

Cette analyse quantitative va être réalisée uniquement pour les études le permettant c'est-à-dire ayant les bonnes données telles que la moyenne, l'écart-type et l'effectif dans chaque population et étant compatible au niveau de leur outcome.

De ce fait, un Forest plot qui est une représentation graphique d'une méta-analyse, a été réalisé pour 4 études : deux pour le critère de jugement concernant le balancement postural et deux pour le critère de jugement concernant le temps d'appui unipodal.

3.3.3.1 Forest plot du balancement postural

L'étude d'Amir Abbas Ebrahimi (2017) et Suzan K. Effgen (1981) ont toutes les deux mesuré le balancement postural en antéro-postérieur et médio-latéral dans différentes conditions.

Pour rappel, dans l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi (2017), les conditions 1 à 5 correspondent respectivement à la mesure de l'équilibre avec les entrées somatosensorielle, visuelles, vestibulaires, préférentielles et globales.

Ces deux études mesurant le balancement postural, nous recherchons une diminution de celui-ci donc une valeur négative, tendant vers la gauche du Forest plot en faveur du groupe expérimental. Les mesures ont donc été inversées afin d'avoir un meilleur aperçu visuel de cette diminution dans nos deux études.

3.3.3.1.1 Balancement antéro-postérieur

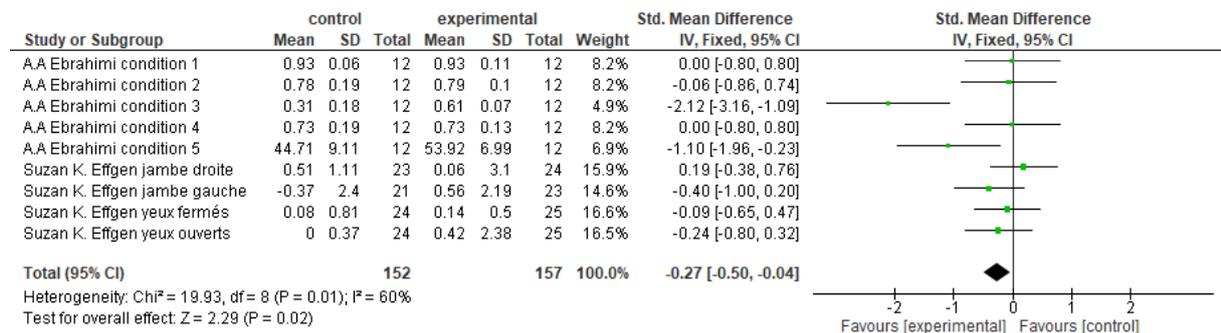


Figure 5 : Forest Plot du balancement postural antéro-postérieur

Les **conditions 1,2 et 4** d'Amir Abbas Ebrahimi ainsi que les sous-groupes de l'étude de Suzan K. Effgen chevauche la ligne de non-effet traduisant qu'individuellement, ces études ne sont **pas significatives**. À contrario, les **condition 3 et 5** d'Amir Abbas Ebrahimi ne franchissent pas la ligne de non-effet et sont en faveur du **groupe expérimental**, traduisant un **effet significatif** pour ces conditions de façon individuelle.

Les sous-groupes de **Suzan K. Effgen** sont ceux ayant le **poids** le plus **important (15.9%, 14.6%, 16.6% et 16.5%)**. Ce sont donc ces sous-groupes qui ont individuellement le plus d'influence sur l'effet global. Ce qui est en corrélation avec le fait que ce soient les sous-groupes ayant un **intervalle de confiance** légèrement **plus étroit**, traduisant une **meilleure précision**.

Concernant l'effet global, le diamant, représentant une **taille d'effet groupé** à **0,27** et un **intervalle de confiance à 95%** correspondant à **[0.04 ; 0.50]** ne franchis pas la ligne d'absence d'effet, nous pouvons conclure que **l'effet global est significatif**.

De plus, cet **intervalle est étroit** suggérant une **précision** dans notre estimation de l'**effet réel**.

La valeur **Z** est de **2.29**. Elle suggère une **différence significative** entre l'estimation globale de l'effet et la valeur nulle.

La valeur **p** associé est de **0.02 (<0.05)** ce qui suggère que l'estimation globale de l'effet est **statistiquement significative**.

Ces études présentent une **hétérogénéité importante**.

En effet, nous retrouvons une valeur de **chi²** de **19,93 avec 8 degrés de liberté** suggérant une hétérogénéité des résultats entre les études incluses.

La valeur **p** est de **0,01 (<0,05)** montrant une différence significative de l'effet examiné entre les études.

Le **I²** est de **60%** ce qui nous amène à penser que la variation observée entre les études est due à une véritable hétérogénéité.

3.3.3.1.2 Balancement médio-latéral

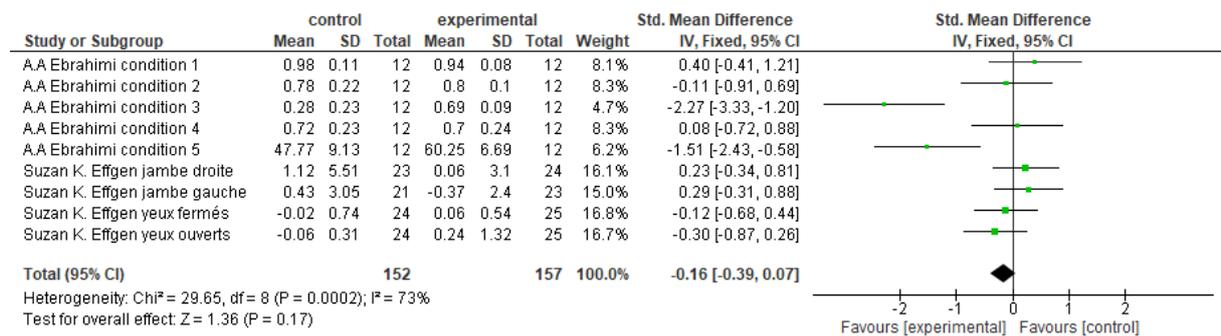


Figure 6 : Forest Plot du balancement postural médio-latéral

Les **conditions 1,2 et 4** d'Amir Abbas Ebrahimi ainsi que les sous-groupes de Suzan K. Effgen chevauche la ligne de non-effet traduisant qu'individuellement, ces études ne sont **pas significatives**. Les **conditions 3 et 5** d'Amir Abbas Ebrahimi ne franchissent pas la ligne de non-effet et sont en **faveur du groupe expérimental** se traduisant par un **effet significatif**.

Les sous-groupes de **Suzan K. Effgen** sont ceux ayant le **poids le plus important (16.1%, 15.0%, 16.8%, 16.7%)**. Ce sont donc ces sous-groupes qui ont individuellement le plus d'influence sur l'effet global. Ce qui est en corrélation avec le fait que ce soient les sous-groupes ayant un **intervalle de confiance plus étroit**, traduisant une **meilleure précision**.

Concernant l'effet global, le diamant, représentant une **taille d'effet groupé à 0,16** et un **intervalle de confiance à 95%** correspondant à **[-0.07 ; 0.39]** franchis la ligne d'absence d'effet, nous pouvons conclure que **l'effet global est non significatif**.

La valeur **Z** est de **1.36**. La valeur **p** associée est de **0.17** (<0.05) ce qui suggère que l'estimation globale de l'effet n'est **pas statistiquement significative**.

Ces études présentent une **hétérogénéité importante**.

En effet, nous retrouvons une valeur de **chi² de 29,65 avec 8 degrés de liberté** suggérant une hétérogénéité des résultats entre les études incluses.

La valeur **p** est de **0,0002** (<0,05) montrant une différence significative de l'effet examiné entre les études.

Le **I²** est de **73%** ce qui nous amène à penser que la variation observée entre les études est due à une véritable hétérogénéité.

3.3.3.2 Forest plot du temps d'appui unipodal

Les études de Hamed Zarei (2019) et Suzan K. Effgen (1981) ont fait l'objet du Forest plot ci-dessous concernant le temps d'appui unipodal.

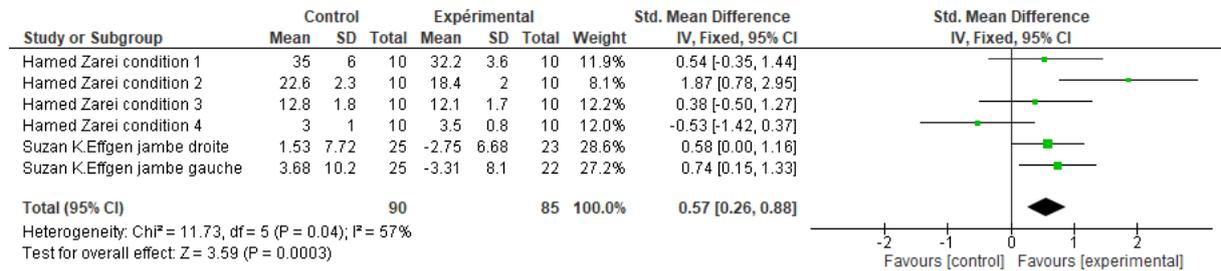


Figure 7 : Forest plot du temps d'appuis unipodal

Les **conditions 1,3 et 4** d'Hamed Zarei chevauche la ligne de non-effet traduisant qu'individuellement, ces études ne sont **pas significatives**.

Cependant, la **condition 2** d'Hamed Zarei et les deux critères de **Suzan K. Effgen** ne franchissent pas la ligne de non-effet, traduisant un **effet significatif** pour ces études de façon individuelle.

Les deux sous-groupes de **Suzan K. Effgen** sont ceux ayant le **poids** le plus important (**28.6% et 27.2%**). Ce sont donc ces deux sous-groupes qui ont individuellement le plus d'influence sur l'effet global. Ce qui est en corrélation avec le fait que ce soient les deux sous-groupes ayant un **intervalle de confiance plus étroit**, traduisant une **meilleure précision**.

Concernant l'effet global, le diamant, représentant une **taille d'effet groupé** à **0,57** et un **intervalle de confiance à 95%** correspondant à **[0.26 ; 0.88]** ne franchis pas la ligne d'absence d'effet, nous pouvons conclure que **l'effet global est significatif**.

De plus, cet **intervalle est étroit** suggérant une **précision** dans notre estimation de l'**effet réel**.

La valeur **Z** est de **3.59**. Elle est **élevée** et suggère une **différence significative** entre l'estimation globale de l'effet et la valeur nulle.

La valeur **p** associé est de **0.0003** (<0.05) ce qui suggère que l'estimation globale de l'effet est **statistiquement significative**.

Ces études présentent une **hétérogénéité importante**.

En effet, nous retrouvons une valeur de **chi²** de **11,73** avec **5 degrés de liberté** suggérant une hétérogénéité des résultats entre les études incluses.

La valeur **p** est de **0,04** (<0,05) montrant une différence significative de l'effet examiné entre les études.

Le **I²** est de **57%** ce qui nous amène à penser que la variation observée entre les études est due à une véritable hétérogénéité.

4. Discussion

Le but de ce mémoire était d'étudier l'effet d'un programme de rééducation, peu importe la méthode employée afin de pallier les déficits d'équilibre chez les enfants sourds.

4.1 Analyse des principaux résultats

4.1.1 Mesure du balancement postural

Trois des quatre études sélectionnées mesurent le balancement postural après leurs programmes de rééducation.

Il s'agit de l'étude de Venkadesan Rajendran (2012), Suzan K. Effgen (1981) et Amir Abbas Ebrahimi (2017).

Ces études mesurent toutes le balancement postural en antéro-postérieur et médio-latéral mais dans diverses conditions.

Nos résultats globaux montrent une amélioration statistiquement significative, notamment dans la condition yeux fermés.

Toutefois, il est essentiel de déterminer si ces résultats ont une portée clinique afin d'évaluer l'applicabilité pratique de ce protocole au quotidien.

Les résultats de l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi (2017) ont révélé une **amélioration du balancement postural** essentiellement pour les **conditions 3 et 5** correspondant à **l'équilibre avec entrée vestibulaire et globale**.

Il semble en être de même pour l'étude de Venkadesan Rajendran présentant une potentielle **amélioration de la mesure du balancement postural** dans les deux conditions testées, à savoir avec les yeux ouverts et les yeux fermés sur une surface en mousse. Pour rappel, nous n'avons pas assez de données dans cette étude pour affirmer une amélioration statistiquement significative.

En revanche, l'étude de Suzan K. Effgen est moins concluante, ne démontrant **aucune amélioration significative** concernant la mesure du balancement postural.

Plusieurs facteurs pourraient expliquer ces différences que nous examinerons par la suite.

Premièrement, parmi les études analysées, celle de Suzan K. Effgen est la seule présentant une **taille d'effet faible** (<0.2) ainsi qu'un **intervalle de confiance à 95% croisant la valeur nulle** pour toutes les conditions.

A l'inverse, l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi présente une **taille d'effet élevée** pour les conditions 3 et 5 ainsi qu'un **intervalle de confiance à 95%** qui est **statistiquement significatif** pour ces mêmes conditions en post-test.

Nous devons cependant rester prudent quant à l'interprétation de ces résultats en n'oubliant pas que nous avons affaire à une étude quasi-expérimental et non une ECR ce qui peut potentiellement entraîner un problème de contrôle de variable et de validité interne même si une randomisation des sujets a été effectuée afin de se rapprocher au maximum d'un schéma d'étude contrôlé randomisé.

Concernant l'étude de Venkadesan Rajendran, elle est la seule à ne pas nous avoir donné les résultats sous forme de moyenne et écart-type mais avec des médianes et des étendues.

De ce fait, malgré des résultats qui semblent concluant avec une **différence statistiquement significative**, nous ne pouvons pas les comparer directement aux autres études en ce qui concerne la significativité des résultats observés.

Néanmoins, nous pouvons noter une **diminution de la médiane** de 15.6% en médio-latéral yeux fermés jusqu'à **28.7% en antéro-postérieur yeux ouverts**, une **diminution de l'étendue minimum** de 13% yeux ouverts en antéro-postérieur jusqu'à **22.2% yeux ouverts en médio-latéral** ainsi qu'une **diminution de l'étendue maximum** de 14.2% en antéro-postérieur, yeux fermés jusqu'à **26.8% en médio-latéral, yeux fermés**.

Parmi ces études, celle de Suzan K. Effgen semble être la moins concluante.

Cependant, il n'est pas certain que malgré les résultats obtenus, cette étude n'ait pas montré une légère augmentation entre les résultats pré et post-test.

Cette tendance aurait pu suggérer une amélioration des résultats avec une durée plus longue du programme proposé.

En effet, nous sommes confrontés au seul cas où, les résultats pré-test n'ont pas été présentés sous forme de tableaux, nous privant ainsi de la possibilité d'analyser une éventuelle amélioration entre le groupe pré et post test malgré des résultats non concluants en post-test.

Toutefois, la partie « résultats » de l'étude mentionne une différence statistiquement significative ($p < 0.05$) dans les résultats pré-test entre les conditions debout en appuis bipodal (conditions 1 et 2) et debout en appuis unipodal (conditions 3 et 4).

Aucune différence significative n'a été trouvée entre les conditions yeux ouverts et yeux fermés en appuis bipodal (conditions 1 et 2).

De plus, il est précisé qu'il existe une importante différence d'écart-type entre les différentes conditions ainsi qu'entre les sujets du groupe contrôle et les sujets du groupe expérimental, une information que l'on retrouve également dans le tableau des résultats post-test.

En ce qui concerne l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi, la taille d'effet est passée de faible pour toutes les conditions en pré-test à élevée avec une taille d'effet de 1.35 et 0.53 en antéro-postérieur et 2.03 et 1.46 en médio-latéral pour les conditions 3 et 5. Il en va de même pour l'intervalle de confiance à 95% qui passe par la valeur nulle pour toutes les conditions en pré-test mais qui est statistiquement significatif pour les conditions 3 et 5 en post-test.

L'étude de Venkadesan Rajendran présente une **diminution de la médiane** entre la mesure pré et post-test, légèrement **plus importante** pour la condition **yeux ouverts** que ce soit en antéro-postérieur ou médio-latéral.

Antéro-postérieur	Yeux ouverts	-22.5%
	Yeux fermés	-18.0%
Médio-latéral	Yeux ouverts	-22.8%
	Yeux fermés	-12.2%

Tableau XXXI : Pourcentage de diminution de la médiane du balancement postural, Venkadesan Rajendran

Concernant les valeurs de l'**étendue**, nous pouvons également retrouver une **diminution** que ce soit pour la valeur de l'étendue minimum ou maximum avec une diminution d'au moins 8% pouvant aller jusqu'à 21%.

Antéro-postérieur	Yeux ouverts	-13.0%
	Yeux fermés	-16.6%
Médio-latéral	Yeux ouverts	-12.5%
	Yeux fermés	-8.3%

Tableau XXXII : Pourcentage de diminution de l'étendue minimum du balancement postural, Venkadesan Rajendran

Antéro-postérieur	Yeux ouverts	-16.9%
	Yeux fermés	-14.2%
Médio-latéral	Yeux ouverts	-12.5%
	Yeux fermés	-21.6%

Tableau XXXIII : Pourcentage de diminution de l'étendue maximum du balancement postural, Venkadesan Rajendran

Afin de mieux comprendre les divergences de résultats entre nos trois études, il est essentiel de comparer les méthodologies employées pour chaque étude.

En effet, plusieurs facteurs pourraient influencer positivement ou négativement ces résultats.

Tout d'abord, la taille de l'échantillon joue un rôle déterminant car elle permet de déterminer si la population étudiée et analysée reflète la population réelle.

Globalement, la taille de l'échantillon est faible dans l'ensemble de nos études.

L'étude de Venkadesan Rajendran inclut 21 enfants tandis que celle d'Amir Abbas Ebrahimi comporte 24 participants.

Seule l'étude de Suzan K. Effen se distingue avec un total de 49 participants initiaux. Cependant, elle comporte 7 perdu de vue : 2 lors de l'évaluation sur la jambe gauche et 5 lors de l'évaluation sur la jambe droite. Ces sujets n'ont pas été comptabilisé dans les résultats finaux car ils n'ont pas pu maintenir la position demandée pendant plus de 30 secondes. L'effectif total est alors de 42 participants car ceux-ci n'ont pas été analysé en intention de traiter.

Néanmoins, même si cette dernière présente un nombre de participants plus élevé, cela ne reste pas suffisant pour être représentatif de la population globale étudiée.

À noter que pour l'ensemble de nos autres études, aucun participant n'a été perdu de vue concernant ce critère de jugement, ce qui diminue leur risque de biais de suivi.

En ce qui concerne la population étudiée, on observe une disparité entre le nombre de garçons et de filles dans toutes les études. L'étude d'Amir Abbas Ebrahimi a étudié 18 garçons contre seulement 6 filles ; l'étude de Venkadesan Rajendran compte 14 garçons et 7 filles.

L'étude de Suzan K. Effen reste celle avec le moins de disparité même si elle en comporte quand même avec 29 garçons pour 20 filles.

Cette répartition inégale peut introduire un biais de sélection pouvant compromettre la qualité de preuve de nos études.

Concernant l'atteinte uni ou bilatérale de la surdité, seul Amir Abbas Ebrahimi nous apporte un renseignement en précisant que les enfants inclus ont une atteinte bilatérale.

Ceci peut constituer un biais dans la comparaison de nos études car il est possible que la localisation de l'atteinte influe sur les résultats.

Il en est de même pour le port d'implant cochléaire qui peut avoir une influence sur la mesure du balancement postural.

L'étude de Suzan a interdit l'utilisation d'implants pendant les mesures pré et post test ce qui nous laisse supposer que certains enfants en sont porteurs mais nous n'avons pas de nombre précis d'autant plus qu'il n'est pas précisé s'ils ont été autorisés à remettre leurs implants durant le programme ce qui pourrait entraîner des divergences dans l'effet réel de celui-ci.

L'étude de Venkadesan Rajendran inclus les enfants porteurs ou non d'implants cochléaires sans préciser également le nombre de personnes concernés dans l'étude, l'utilisation pendant les tests ou pendant le programme de rééducation.

Amir Abbas Ebrahimi n'aborde pas le sujet dans son étude.

Nos trois études ne sont donc pas assez précises quant à l'inclusion des participants ce qui diminue leur niveau de preuve et peut entraîner des biais dans l'interprétation des résultats.

Cependant, concernant l'âge moyen des participants, une similitude est observée entre les études : Suzan K. Effgen a étudié des enfants âgés de 7 à 11ans ; Venkadesan Rajendran de 6 à 11 ans et Amir Abbas Ebrahimi de 7 à 12 ans. Cette cohérence dans l'âge des participants nous permet d'écarter l'hypothèse que les différences de résultats observés pourraient être dues à une adaptation et une compensation de leur handicap avec l'âge.

Une différence importante entre les études réside dans la durée des programmes proposés. L'étude ayant le moins d'efficacité est celle de Suzan K. Effgen. C'est également elle qui a réalisé le programme le plus court, s'étendant sur seulement 10 jours consécutifs avec des sessions d'exercices de 15 minutes.

Cette courte durée pourrait constituer un frein à l'assimilation des exercices par les enfants et aux effets potentiels qu'un entraînement plus long aurait pu engendrer.

En effet, au plus un programme est réalisé de manière fréquente et prolongée, au plus l'organisme a le temps de s'adapter et de progresser. À contrario, un programme plus court limite la possibilité d'observer des effets biomécaniques mesurables chez les participants.

Les études d'Amir Abbas Ebrahimi et de Venkadesan Rajendran qui ont obtenu de meilleurs résultats ont opté pour des programmes avec une durée plus étendue.

En ce qui concerne le programme de Venkadesan Rajendran, il s'agit d'un programme de rééducation de 6 semaines, 3 fois par semaine avec des sessions de 45 minutes.

Le programme le plus long est celui d'Amir Abbas Ebrahimi avec une durée totale de 8 semaines.

Concernant l'intensité du programme, elle joue un rôle non négligeable et pourrait expliquer en partie les différences de résultats observées.

Dans l'étude de Suzan K. Effgen, l'intensité et la difficulté du programme demeurent constantes tout au long des différentes sessions, contrairement au programme d'Amir Abbas Ebrahimi.

En effet, ce dernier s'adapte au progrès individuel de chaque participant avec une augmentation de la difficulté des exercices.

Cette approche personnalisée et évolutive a peut-être pu permettre une amélioration des résultats dans l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi à la différence de l'étude de Suzan K. Effgen qui n'a pas montré d'amélioration.

En ce qui concerne l'étude de Venkadesan Rajendran, aucune information n'est fournie concernant l'intensité du programme. Par conséquent, il est impossible de déterminer si cette intensité aurait pu avoir un impact sur les résultats obtenus.

Une autre hypothèse expliquant les variations de résultats entre les études pourrait résider dans la spécificité des programmes de rééducation proposés.

En effet, les deux études ayant démontré la meilleure amélioration des résultats sont celles de Venkadesan Rajendran et d'Amir Abbas Ebrahimi.

Ce sont également les deux études utilisant un programme de rééducation centré sur l'oreille interne. L'étude de Venkadesan Rajendran présente un programme d'entraînement neuromusculaire vestibulaire axé sur la substitution par le développement des capacités visuelles et somatosensorielles ainsi que sur la coordination neuromusculaire, conformément la littérature.

De même, l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi se concentre principalement sur de la rééducation vestibulaire.

L'étude de Suzan K. Effgen est la seule à avoir utilisé un programme de rééducation classique, centré sur une rééducation générale de l'équilibre statique. Elle est également la seule à ne pas avoir montré d'impact significatif dans ses résultats post-test.

Ainsi, nous pouvons nous poser la question de savoir s'il ne serait pas plus approprié d'opter pour un programme de rééducation axé spécifiquement sur l'oreille interne afin de répondre à notre question initiale.

Cette hypothèse aurait pu être d'autant plus probante si les trois études avaient réalisé les mesures dans des conditions identiques.

Cependant, l'étude de Suzan K. Effgen est la seule à avoir effectué des mesures uniquement sur une surface stable tandis que Venkadesan Rajendran n'a utilisé qu'une surface instable. Là encore, le choix méthodologique de Suzan K. Effgen pourrait avoir influencé ses résultats. Mesurer uniquement l'équilibre statique ne reflète pas les situations quotidiennes des enfants participant à l'étude.

De plus, l'absence de résultats significatifs dans ces conditions pourrait confirmer le fait qu'avec un apport proprioceptif, le système vestibulaire est moins sollicité.

Ainsi, les conditions étudiées pourraient se rapprocher du programme de rééducation classique proposé plutôt que d'un programme centré sur l'oreille interne et ainsi accentuer le fait que la rééducation classique a moins d'impact sur la diminution du balancement postural.

En effet, l'étude de Venkadesan Rajendran qui, pour rappel, évalue seulement deux conditions avec surfaces instables présente des résultats semblant plus significatifs.

Une amélioration du balancement postural est observée dans ses deux conditions, notamment dans la condition yeux fermés, impliquant principalement le système vestibulaire.

Cette amélioration pourrait fortement être en corrélation avec le modèle de rééducation choisi par l'auteur de cette étude.

Toutefois, il aurait pu être pertinent de mesurer des conditions ne sollicitant pas principalement le système vestibulaire afin d'évaluer si l'efficacité de ce programme se limite à l'oreille interne.

Concernant l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi, elle propose le plus grand nombre de conditions différentes.

Parmi ses 5 conditions, seulement deux ont montré une amélioration en post-test : la condition yeux fermés sur une surface instable, similaire à celle de Venkadesan Rajendran et la condition dite « entrée vestibulaire » par l'auteur combinant une surface stable avec une scène visuelle en mouvement.

Les autres conditions incluant les yeux ouverts ou des surfaces stables n'ont pas révélé d'amélioration notable.

Ces résultats sont donc en corrélation tout comme l'étude de Venkadesan Rajendran avec le programme de rééducation proposé.

Différents outils de mesures ont été utilisés dans nos études pouvant entraîner une limite à la comparabilité de nos résultats.

Dans l'étude de Venkadesan Rajendran, la mesure du balancement postural a été effectuée à l'aide d'un Sway meter, un outil valide et fiable mesurant les déplacements du corps au niveau de la taille.

Bien que cet outil présente l'avantage d'être économique et facile à analyser, il est moins précis que l'utilisation d'une plateforme de posturographie. Cette moindre précision pourrait expliquer une différence de résultats par rapport à l'étude de Suzan K. Effgen qui utilisait une plateforme de posturographie tout comme l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi réduisant ainsi le risque de manque de sensibilité au niveau des résultats.

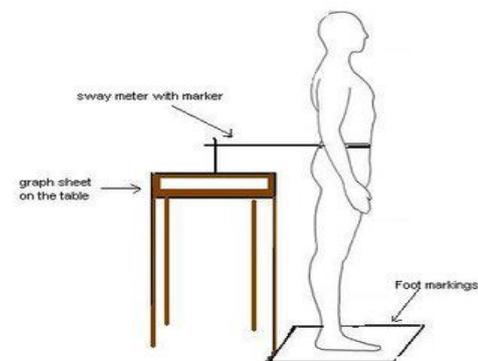


Figure 8 : Sway Meter

L'étude d'Amir Abbas Ebrahimi a utilisé le Sensory Organisation Test afin de réaliser ses mesures.

Nous finirons par l'analyse de la reproductibilité de nos programmes. Bien que cette reproductibilité n'ait pas nécessairement un impact majeur sur les résultats obtenus, elle revêt une importance cruciale pour les thérapeutes souhaitant appliquer ces programmes de rééducation à l'avenir. En effet, les thérapeutes privilégieront un programme facile à mettre en œuvre, accessible au plus grand nombre, peu coûteux et ne nécessitant pas de matériel ou de formation spécifique.

L'étude de Suzan K. Effgen est celle présentant son programme de manière le plus détaillé. Il s'agit d'un programme réalisé par Armheim et Pestolesi [68], comprenant cinq exercices disponibles en annexe 3.1.

Ces exercices sont simples de réalisation et ne requièrent aucun investissement financier supplémentaire pour les thérapeutes.

Pour l'étude de Venkadesan Rajendran, les détails du programme effectué ne nous ont pas été fournis rendant difficile l'évaluation de son accessibilité pour les Masso-kinésithérapeute en termes de facilité d'exécution.

L'étude d'Amir Abbas Ebrahimi nous offre légèrement plus de détails (disponible en annexe 2.2), bien que moins précis que l'étude de Suzan K. Effgen.

Voici un tableau récapitulatif des éléments essentiels concernant les données du balancement postural dans les études de Suzan K. Effgen, Venkadesan Rajendran et Amir Abbas Ebrahimi

Etude	Conditions de mesures	Résultats post-rééducation	Taille de l'échantillon	Durée du programme	Spécificité du programme	Outils de mesure
Suzan K. Effgen	Yeux ouverts Yeux fermés Jambe droite Jambe gauche	Pas d'amélioration significative (moyenne)	49 participants mais 42 analysés	10 jours consécutifs sans augmentation de la difficulté	Rééducation globale de l'équilibre	Plateforme de posturographie
Venkadesan Rajendran	Yeux ouverts Yeux fermés (Surface en mousse)	Amélioration potentiellement significative (médiane)	21 participants	6 semaines	Rééducation neuromusculaire vestibulaire	Sway meter
Amir Abbas Ebrahimi	Entrée somatosensorielle Entrée visuelle Entrée vestibulaire Entrée préférentielle Entrée globale	Amélioration significative (moyenne)	24 participants	8 semaines et augmentation de la difficulté en fonction des progrès individuels	Rééducation vestibulaire	Sensory Organisation Test

Tableau XXXIV : Résumé des études évaluant le balancement postural

4.1.2 Mesure de l'équilibre unipodal

Notre deuxième critère de jugement principal concerne la mesure de l'équilibre unipodal. Celui-ci intéresse également trois de quatre études. Il s'agit de l'étude de Suzan K. Effgen (1981), Venkadesan Rajendran (2012) et Hamed Zarei (2019).

Il serait intéressant de comparer l'efficacité des programmes de rééducation de Suzan K. Effgen et de Venkadesan Rajendran par rapport au critère de jugement concernant la mesure du balancement postural.

Pour rappel, l'étude de Suzan K. Effgen n'avait pas démontré de résultats statistiquement significatifs pour notre premier critère de jugement et comportait plusieurs biais.

L'étude de Venkadesan Rajendran avait quant à elle obtenue des résultats qui semblaient assez satisfaisants mais n'était pas exempte de biais.

En revanche, l'étude d'Hamed Zarei se concentre exclusivement sur ce critère de jugement, ce qui rend difficile une comparaison directe de son efficacité avec celle des autres études.

Ces trois études évaluent toutes l'équilibre unipodal mais selon différentes conditions et méthodes.

Les résultats globaux indiquent un effet statistiquement significatif des interventions de rééducation sur l'équilibre unipodal.

Cependant, tout comme la mesure du balancement postural, il est nécessaire de déterminer si ces résultats ont également une signification clinique afin de pouvoir appliquer ces programmes de rééducation de manière pertinente dans le quotidien des patients.

Les résultats de Suzan K. Effgen nous montrent une **taille d'effet moyenne** pour les deux jambes, un **intervalle de confiance à 95% statistiquement significatif** pour la **jambe gauche** mais croisant la **valeur nulle** pour la **jambe droite**.

L'étude de Venkadesan Rajendran présente quant à elle ses résultats à l'aide de médianes et d'étendues ne nous permettant pas de comparer de façon efficace ses résultats avec ceux obtenus dans les autres études et ne nous permettant pas d'affirmer toute amélioration significative au vu du manque de données.

Nous retrouvons néanmoins des résultats qui nous semble être **statistiquement significatifs** concernant **l'équilibre unipodal** avec une **augmentation** de la **médiane** de **18.7%**, de **l'étendue minimum** de **33.9%** et de **l'étendue maximum** de **10.9%** pour la condition yeux fermés.

L'étude d'Hamed Zarei présente quant à elle une **taille d'effet élevée** pour la **condition 2** avec un **intervalle de confiance à 95% statistiquement significatif** ainsi qu'une **taille d'effet moyenne** pour la **condition 1**. De plus, il est indiqué que la **valeur p** est **statistiquement significative** pour les **conditions 1 et 2**.

Tout comme pour la mesure du balancement postural, seule l'étude de Suzan K. Effgen ne présente pas de résultats pré-test, constituant un biais de reporting.

Ce manque de données nous empêche d'apprécier la différence de résultats entre les deux mesures contrairement aux autres études.

Cette distinction aurait pu nous permettre de déterminer le pourcentage d'augmentation du temps d'appui unipodal sur la jambe gauche et de comprendre si l'inefficacité observée sur la jambe droite était due à un manque d'entraînement, à une réelle inefficacité ou à d'autres facteurs de biais que nous aborderons par la suite dans cette revue.

L'étude de Venkadesan Rajendran nous montre **une augmentation de la médiane** de **15.8%** pour la condition **yeux fermés** entre les mesures pré et post-test du groupe expérimental. Concernant le groupe contrôle, la valeur maximale de l'augmentation de la médiane était de 1.7%.

Yeux ouverts	15.5%
Yeux fermés	15.8%
Total	17.1%

Tableau XXXV : Pourcentage d'augmentation de la médiane du temps d'appuis unipodal, Venkadesan Rajendran

Nous pouvons également retrouver une forte **augmentation** de la valeur de **l'étendue minimum**, jusqu'à **67.3%** pour la condition **yeux fermés** alors que le groupe contrôle n'a pu atteindre que 13.8% d'augmentation maximale.

Yeux ouverts	15.5%
Yeux fermés	67.3%
Total	15.2

Tableau XXXVI : Pourcentage d'augmentation de l'étendue minimum du temps d'appuis unipodal, Venkadesan Rajendran

Concernant **l'étendue maximum**, le même constat est effectué avec une **augmentation** de **15.8%** pour la condition **yeux fermés**. Le groupe contrôle n'ayant quant à lui augmenté que de 2.5%

Yeux ouverts	6.6%
Yeux fermés	15.8%
Total	9.2%

Tableau XXXVII : Pourcentage d'augmentation de l'étendue maximum du temps d'appuis unipodal, Venkadesan Rajendran

L'étude d'Hamed Zarei nous montre une augmentation dans toutes les conditions que ce soit au niveau de la taille d'effet ou de l'intervalle de confiance.

Cependant, seules les conditions 1 et 2 ont une augmentation significative avec une **taille d'effet** passant de -0.07 à 0.54 pour la condition 1 et de -0.05 à **1.87** pour la **condition 2**.

Il en est de même pour l'intervalle de confiance à 95% passant de [-0.93 ; 0.82] donc croisant la valeur nulle à **[0.78 ; 2.95]** pour la **condition 2**

Afin de déterminer l'applicabilité clinique de ces résultats, il est essentiel de déterminer les facteurs diminuant la qualité de preuve de ces études.

Le nombre de participants dans chacune de ces études peut être qualifié de faible en comparaison du nombre total d'enfants sourds dans le monde rendant la représentativité de ces effectifs discutable et diminuant ainsi le niveau de preuve de nos études.

L'étude de Suzan K. Effgen comptabilise 49 participants au début de son étude cependant, 3 participants n'ont pas réussi à maintenir l'appui unipodal de 30 secondes requis pour l'évaluation post-test, excluant ainsi leurs résultats de l'analyse.

Il en est de même pour Hamed Zarei qui a débuté avec 25 participants lors de la phase pré-test mais dont 5 participants ont été perdus de vue lors de la phase d'application du programme de rééducation. Ceci constitue un biais d'attrition pour ces deux études car tous les perdus de vue n'ont pas été analysés en intention de traiter.

De plus, nous pouvons nous demander si cette durée minimale d'appui unipodal de 30 secondes, imposé par Suzan K. Effgen ne pourrait pas introduire un biais de publication en excluant les participants ne présentant pas de résultats corrects.

Quant à l'étude de Venkadesan Rajendran, elle inclut 21 participants mais nous n'avons pas d'informations concernant l'intégrité de cet effectif à la fin de l'étude, ce qui pourrait donc également représenter un biais d'attrition.

En ce qui concerne la composition des groupes, l'étude de Suzan K. Effgen présente le ratio le plus équilibré avec 29 garçons pour 20 filles tandis que l'étude de Venkadesan Rajendran compte 14 garçons et 7 filles.

En revanche, l'étude d'Hamed Zarei est fortement biaisée en n'incluant que des garçons ce qui pourrait potentiellement expliquer des différences de résultats entre les études.

L'âge des participants est similaire entre deux des trois études. L'étude de Suzan K. Effgen a étudié des enfants âgés de 7 à 11 ans et l'étude de Venkadesan Rajendran a également étudié des enfants de 6 à 11 ans.

Cependant, l'étude d'Hamed Zarei se distingue par une moyenne d'âge beaucoup plus élevée que l'ensemble des études atteignant 16.8 ans. Cette différence d'âge pourrait constituer un biais dans l'étude car à cet âge, les enfants ont déjà pu développer des mécanismes de compensation pour pallier leur éventuelle perte d'équilibre grâce aux différents systèmes tels que le système vestibulaire ou proprioceptif.

Concernant le port d'implants cochléaires, il est notable que seule l'étude d'Hamed Zarei l'ait précisé comme critère d'exclusion, signifiant qu'aucun des participants n'en est porteur durant l'étude. Comme dit précédemment, l'étude de Suzan a interdit l'utilisation d'implants pendant les mesures pré et post test ce qui nous laisse supposer que certains enfants en sont porteurs mais nous n'avons pas de nombre précis. De plus, il n'est pas mentionné s'ils ont été autorisés à remettre leurs implants durant le programme ce qui pourrait entraîner des divergences dans l'effet réel de celui-ci. L'étude de Venkadesan Rajendran inclus les enfants porteurs ou non d'implants cochléaires sans préciser également le nombre de personnes concernées dans l'étude, l'utilisation pendant les tests ou pendant le programme de rééducation.

Une différence importante entre les études réside dans la durée des programmes proposés tout comme avec la mesure du balancement postural.

Pour rappel, l'étude de Suzan K. Effgen est celle ayant réalisé le programme le plus court sur seulement 10 jours consécutifs avec des sessions d'exercices de 15 minutes.

Les études de Venkadesan Rajendran et d'Hamed Zarei ont opté pour des programmes avec une durée plus longue.

En ce qui concerne le programme de Venkadesan Rajendran, il s'agit d'un programme de rééducation de 6 semaines, 3 fois par semaine avec des sessions de 45 minutes.

Le programme d'Hamed Zarei est réalisé sur 8 semaines, 3 fois par semaine pour des sessions de 60 minutes ce qui en fait le programme le plus long et le plus intense pour ce critère de jugement.

Concernant l'intensité du programme, nous rappelons qu'elle joue un rôle non négligeable et pourrait avoir des répercussions sur les résultats constatés.

Dans l'étude de Suzan K. Effgen, l'intensité et la difficulté du programme demeurent constantes tout au long des différentes sessions.

En ce qui concerne l'étude de Venkadesan Rajendran, aucune information n'est fournie concernant l'intensité du programme. Par conséquent, il est impossible de déterminer si l'intensité du programme aurait pu avoir un impact sur les résultats obtenus.

L'étude d'Hamed Zarei nous informe de la progression de ses exercices tout au long du programme. Ces exercices sont disponibles en annexe 3.2. Cette progression a pu être favorable à l'amélioration du temps d'appui unipodal obtenu car les enfants ont pu s'améliorer et s'adapter au fur et à mesure à la difficulté des exercices proposés.

Le programme de rééducation proposé est sensiblement le même entre l'étude de Suzan K. Effgen et celle d'Hamed Zarei. En effet, tous deux utilisent des méthodes de rééducation classique, centrées sur une rééducation globale de l'équilibre ce qui n'est pas le cas de l'étude de Venkadesan Rajendran qui présente un programme de rééducation centré sur l'oreille interne comme expliqué dans le critère de jugement précédent.

Il est donc pertinent d'analyser ces programmes et leurs résultats car dans le cas actuel, les trois études ont rapporté des résultats statistiquement significatifs et parmi ces trois études, deux utilisent une méthode de rééducation qui semblait inefficace selon le critère de jugement précédent. Cette amélioration pourrait suggérer que cette rééducation est plus adaptée à l'amélioration de l'équilibre unipodal mais moins efficace pour le balancement postural.

L'étude de Suzan K. Effgen présente les résultats les moins concluants malgré une amélioration notable sur la jambe gauche. Il faut donc rester prudent quant à l'interprétation de ces résultats. Il en est de même pour l'étude de Venkadesan Rajendran qui n'utilise pas de données nous permettant d'attester de l'efficacité statistique de son programme.

Cette divergence dans les résultats pourrait être due à des différences dans la méthodologie.

L'étude de Suzan K. Effgen a évalué l'équilibre unipodal bilatéralement sans préciser dans l'article les conditions dans lequel le test a été réalisé.

Au vu du titre et du but de notre article, nous considérons que l'équilibre unipodal a dû être maintenu sur un plan stable.

Étant donné l'absence d'informations, nous pouvons également supposer que cet examen a été réalisé les yeux ouverts mais nous n'en avons pas la certitude.

En plus des autres conditions, les études de Venkadesan Rajendran et d'Hamed Zarei ont quant à elles mesuré l'équilibre unipodal avec les yeux fermés sur un plan stable.

Cette condition a montré les meilleures améliorations parmi toutes celles testées et le fait que Suzan K. Effgen ne l'ait pas inclus pourrait expliquer l'absence d'amélioration significative dans son étude.

Notons également que l'étude d'Hamed Zarei est la seule à avoir évalué l'équilibre unipodal sur un plan instable. Même si les résultats obtenus n'ont pas été statistiquement significatifs concernant cette condition il aurait été intéressant de pouvoir les comparer avec l'étude de Venkadesan Rajendran qui n'utilise pas le même type de rééducation. Cependant celui-ci a réalisé des mesures sur plan instable uniquement pour l'évaluation du balancement postural mais pas pour la mesure du temps d'appui unipodal.

De plus, certains détails méthodologiques nous manquent dans l'exécution de ces tests. Par exemple, nous ne savons pas quel pied a été évalué dans l'étude de Venkadesan Rajendran ni si les mesures ont été prises sur le pied dominant. De même, l'étude d'Hamed Zarei a mesuré uniquement la jambe dominante des sujets sans préciser leur latéralité. Il aurait été intéressant de réaliser ce test en incluant les deux jambes afin d'évaluer une potentielle variation de résultats entre la jambe dominante et la jambe non dominante.

Il en est de même pour l'étude de Suzan K. Effgen qui ne nous informe pas de la jambe dominante des participants. La différence de résultats obtenue entre les deux jambes dans cette étude pourrait hypothétiquement venir de là.

Concernant les outils de mesures utilisés, il existe là aussi une divergence entre nos études pouvant avoir un impact sur les résultats.

Dans l'étude de Venkadesan Rajendran, la mesure de l'équilibre unipodal a été effectuée en utilisant le One Leg Standing Test en position statique. Cette mesure présente une bonne fiabilité inter-évaluateur ($r=0.87-0.99$)[64].

L'étude d'Hamed Zarei a utilisé le single-Limb standing test (SLS). Ce test présente une bonne fiabilité test-retest ($r=0.59-1.00$) ainsi qu'une bonne fiabilité inter-évaluateur ($r = 0.87-0.99$)[66]. Il évalue la stabilité posturale debout en position statique en mesurant le temps en seconde pendant lequel le participant maintient l'appui unipodal.

Concernant l'étude de Suzan K. Effgen, aucune indication ne nous est donnée quant à l'utilisation d'un test spécifique. Nous savons juste que le temps d'appui unipodal a été mesuré en seconde comme pour les autres tests et que les participants devaient tenir minimum 30 secondes afin que leurs résultats soient comptabilisés.

Dans l'ensemble de nos études, les résultats obtenus sont certes intéressants à récolter mais cliniquement, il aurait été plus pertinent de mesurer l'équilibre de façon dynamique afin de se rapprocher davantage des activités quotidiennes de ces enfants.

Concernant l'étude de Suzan K. Effgen, bien que l'équilibre unipodal ait légèrement progressé et en dépit des éléments que nous venons de mentionner, nous pouvons conclure à une faible importance clinique à tenir une position unipodale si nous retrouvons parallèlement un balancement excessif et des difficultés à la marche sur surface instable ou dans l'obscurité.

Un tableau récapitulatif a été réalisé dans le but de mettre en évidence les différences et similitudes rencontrées entre nos études concernant la mesure du temps d'appui unipodal.

Etude	Conditions de mesures	Résultats post-rééducation	Taille de l'échantillon	Durée du programme	Spécificité du programme	Outils de mesure
Suzan K. Effgen	Jambe droite Jambe gauche	Amélioration significative (moyenne)	49 participants mais 46 analysés	10 jours consécutifs sans augmentation de la difficulté	Rééducation globale de l'équilibre	Non spécifié
Venkadesan Rajendran	Yeux ouverts Yeux fermés (Surface stable)	Amélioration potentiellement significative (médiane)	21 participants	6 semaines	Rééducation neuromusculaire vestibulaire	One Leg Standing Test
Hamed Zarei	Yeux ouverts, surface stable Yeux fermés, surface stable Yeux ouverts, surface instable Yeux fermés, surface instable	Amélioration significative (moyenne)	25 participants mais 20 analysés	8 semaines et progression des exercices	Rééducation globale de l'équilibre	Single-Limb-Standing-Test

Tableau XXXVIII : Résumé des études évaluant le temps d'appui unipodal

4.2 Limites et biais des études incluses

Nous venons de voir que nos études comportaient de nombreux biais, de manière individuelle ou collective.

Le but étant d'analyser ces biais afin d'établir leur impact sur le niveau de preuve de nos études et sur leur qualité.

Nous pourrions également déterminer si ces biais auraient pu être évités et si cela aurait pu changer quelque chose dans l'interprétation de nos résultats.

Comme nous avons pu le voir précédemment, un biais est retrouvé dans **toutes nos études**. Il s'agit du **biais d'évaluation** qui est pratiquement inévitable dans cette revue.

En effet, les participants bien qu'étant encore des enfants vont nécessairement se rendre compte de leur participation ou non à un programme de rééducation.

Il en est de même pour les thérapeutes qui sont conscients que le programme de rééducation est destiné au groupe expérimental.

Il aurait été envisageable de fournir au groupe contrôle un programme de rééducation différent, axé sur autre chose que de l'équilibre afin de garantir une mise en aveugle des thérapeutes dans l'optique où ils ne connaîtraient pas le sujet de l'étude.

Cependant, cela aurait pu introduire plusieurs biais supplémentaires avec l'incertitude que les résultats obtenus ne soient pas également influencés par le programme du groupe contrôle.

De plus, nous pouvons retrouver un **biais de détection** dans trois de nos quatre études. Comme pour la mise en aveugle des sujets et des thérapeutes, l'étude de **Suzan K. Effgen** ne nous donne aucune information quant à la mise en aveugle des évaluateurs.

Les études de **Venkadesan Rajendran** et **Amir Abbas Ebrahimi** n'ont pas respecté la mise en aveugle des évaluateurs lors de l'évaluation des mesures pré et post-test.

Seule l'étude d'Hamed ne présente pas de biais de détection. En effet, les évaluateurs effectuent le même test pré et post programme que ce soit pour le groupe expérimental ou pour le groupe contrôle ce qui leur permet de ne pas connaître l'identité des deux groupes.

Cette même méthode aurait pu être employée dans les autres études afin de diminuer ce risque de biais et d'en augmenter la qualité.

À contrario, l'étude d'**Hamed Zarei** est celle présentant le **biais de sélection** le plus **élevé**. En effet, c'est la seule étude incluant uniquement des garçons et dont la moyenne d'âge dépasse largement celle des autres études.

Ce biais pourrait présenter un impact important dans les résultats obtenus.

Cependant nous pouvons noter que les études de **Suzan K. Effgen**, **Venkadesan Rajendran** et **Amir Abbas Ebrahimi** présentent également un **risque modéré** étant donné leur faible échantillon, non représentatif de notre population cible.

De plus, les études de **Suzan K. Effgen** et d'**Hamed Zarei** présentent toutes les deux un **biais d'attrition élevé**.

En effet, les enfants perdus de vue lors de l'évaluation du balancement postural et de l'équilibre unipodal de Suzan K. Effgen n'ont pas été inclus dans les résultats ni recensés en intention de traiter. Il en est de même pour les participants de l'étude d'Hamed Zarei qui ont été perdus de vue après les mesures pré-tests.

Concernant l'étude de **Venkadesan Rajendran** et d'**Amir Abbas Ebrahimi**, aucune information ni aucun diagramme ne nous a été fournis concernant des éventuels perdus de vue durant leur étude traduisant un **risque de biais modéré**.

En ce qui concerne l'enregistrement du protocole d'étude, seul Hamed Zarei nous le donne. Les études de **Venkadesan Rajendran** et d'**Amir Abbas Ebrahimi** nous indiquent juste que leur étude a été validé par des comités d'éthique mais aucun numéro de registre n'a été mentionné dans leur article traduisant un risque de **biais d'analyse modéré**.

L'étude de **Suzan K. Effgen** ne mentionne ni comité d'éthique ni protocole d'étude révélant un **risque élevé** de **biais d'analyse**.

L'enregistrement du protocole d'étude avant sa réalisation aurait pu permettre de garantir la transparence, l'intégrité et la reproductibilité des études.

Un **biais de reporting** peut également être souligné pour l'étude de **Suzan K. Effgen**. En effet, elle est la seule étude ne nous fournissant pas les résultats pré-test rendant ainsi impossible la comparaison pré et post test des deux groupes.

Concernant les limites de ces études, plusieurs ont pu être révélées.

En premier lieu nous pouvons retrouver une limite de qualité d'étude pour Amir Abbas Ebrahimi qui est le seul de cette revue à avoir réalisé une étude quasi-expérimental.

Nous pouvons néanmoins faire part d'une randomisation des participants dans cette étude, se rapprochant ainsi un peu plus d'une étude contrôlé randomisé.

Nous pouvons également retrouver une limite dans la mesure des critères de jugements.

L'ensemble de nos études n'utilisent pas les mêmes outils de mesure, elles n'ont donc pas la même sensibilité et la même spécificité dans l'interprétation des résultats. En effet il aurait fallu uniformiser les méthodes employées afin d'avoir des résultats les plus comparables possibles.

Ceci présente un biais plutôt modéré pouvant potentiellement expliquer les divergences entre les résultats.

De plus, les consignes données aux participants lors de la réalisation des différents tests ne sont pas les mêmes entre les études.

Il en est de même concernant les conditions de réalisation des tests dont la comparabilité n'est pas toujours présente et dont les conditions s'éloignent parfois du quotidien des enfants.

Du fait de cette méthodologie différente nous avons également un problème de comparaison des résultats qui ont pu fluctuer et nous orienter vers une amélioration non cliniquement significative.

Un dernier point concerne la méthode de rééducation employée par nos études.

Deux d'entre elles utilisent une méthode de rééducation globale de l'équilibre alors que les deux autres se concentrent sur une rééducation de l'oreille interne.

Cette divergence entre ces quatre études peut entraîner une différence importante dans les résultats nous demandant de rester encore plus prudent quant à leur interprétation.

Cependant, cette différence peut également être utilisée afin d'évaluer une différence d'efficacité entre les deux méthodes. Il faudra néanmoins faire attention aux risques de biais et limites citées précédemment.

4.2.1 Synthèse des biais retrouvés

De nombreux biais et limites sont retrouvés dans ces études diminuant ainsi leur qualité et leur niveau de preuve.

	Biais d'évaluation	Biais de détection	Biais de sélection	Biais d'attrition	Biais d'analyse	Biais de reporting
Suzan K. Effgen	+	+	+/-	+	+	+
Venkadesan Rajendran	+	+	+/-	+/-	+/-	X
Hamed Zarei	+	X	+	+	X	X
Amir Abbas Ebrahimi	+	+	+/-	+/-	+/-	X

Tableau XXXIX : Tableau synthétique des biais retrouvés dans l'ensemble de nos études.

L'étude de Suzan K. Effgen est celle présentant le plus de biais. C'est également la seule n'ayant pas montré de résultats statistiquement significatifs dans l'ensemble de ses critères de jugement.

Toutefois, l'étude d'Hamed Zarei et d'Amir Abbas Ebrahimi n'ont évalué qu'un seul critère de jugement sur les deux étudiés dans notre revue diminuant ainsi le nombre de biais et la possibilité que leurs programmes ne marchent pas sur l'autre critère de jugement.

Parmi les deux études évaluant l'ensemble des critères de jugement, l'étude de Venkadesan Rajendran est celle présentant le moins de biais et celle qui semblerait être la plus significative. Cependant, il est important de rappeler que les résultats ne sont pas comparables étant donné que l'étude de Venkadesan Rajendran n'utilise pas de moyenne ni d'écart-type ne nous permettant donc pas d'affirmer une éventuelle amélioration statistiquement significative.

4.3 Applicabilité des résultats en pratique clinique

Les résultats de cette revue nous ont globalement montré une amélioration statistiquement significative.

Afin de déterminer l'efficacité clinique de ces résultats nous devons nous demander si ces protocoles sont réalisables et si leurs résultats sont significatifs.

Pour ce faire, la première étape est de se demander si les critères de jugement étudiés sont utiles dans notre pratique clinique.

En ce qui concerne l'équilibre unipodal, nous retrouvons une amélioration statistiquement significative, surtout avec la condition yeux fermés. Cependant nous pouvons nous interroger sur la signification clinique de ces résultats.

En effet, seul l'équilibre statique a été mesuré et une mesure de l'équilibre dynamique aurait pu être plus pertinente et adaptée au quotidien des participants.

Concernant la mesure du balancement postural les études ayant montré le plus d'efficacité sont celles de Venkadesan Rajendran et d'Amir Abbas Ebrahimi qui ont toutes les deux suivis un programme de rééducation centré sur l'oreille interne.

L'étude de Venkadesan Rajendran est celle semblant présenter le plus d'amélioration toutefois nous n'avons pas assez de données pour l'affirmer. D'un point de vue matériel, elle utilise un Sway meter qui est un appareil facile d'utilisation et peu onéreux en comparaison avec l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi qui utilise une plateforme de posturographie.

Les deux études comportent les mêmes biais mais celle de Venkadesan Rajendran semble nous donner des résultats statistiquement significatifs sur les deux critères de jugement ce qui est important car nous pouvons nous demander si l'amélioration d'un des critères de jugement est pertinent si le second ne présente pas d'amélioration.

C'est en effet le cas avec l'étude de Suzan K. Effgen présentant un résultat moyen pour la mesure de l'équilibre unipodal et pas d'amélioration pour la mesure du balancement postural. Corrélié à ses nombreux biais, cette étude ne présente pas de forte signification clinique et n'est donc pas priorisé par les thérapeutes pour l'application de son protocole de rééducation.

Concernant la population étudiée dans cette revue de littérature, elle n'est pas atteinte de problèmes neurologiques secondaires ou d'autres déficits associés. Cependant, nous pouvons rencontrer au quotidien des personnes atteintes de surdité en plus d'autres pathologies. Ces pathologies, associées à la surdité pourraient avoir un impact sur l'équilibre des patients et discriminer l'effet observé dans cette revue.

De plus, parmi ces études, une a exclu les participants utilisant un implant, une autre n'a pas autorisé l'utilisation d'implants cochléaires durant la phase de test et les deux autres études n'ont pas précisé si les enfants en possédaient un et s'ils l'avaient utilisé durant l'étude. Cependant, les enfants sourds utilisent pour la plupart un appareillage dans leur quotidien pouvant influencer leur capacité d'équilibre comme ont pu le montrer certaines études.[69][70][71]

En ce qui concerne l'étude de Venkadesan Rajendran, elle est difficile de reproduction car c'est l'une des seules études à ne donner aucune information quant à la réalisation de son programme de rééducation. Seul le type d'activité proposé a été donné comme montré en annexe 2.2.

L'étude d'Hamed Zarei est quant à elle plus facilement reproductible pour les thérapeutes mais nous ne connaissons pas son effet sur le balancement postural.

4.4 Qualité des preuves de la revue

Afin d'évaluer la qualité des preuves de la revue, nous utiliserons le système Grade[72] qui est un outil permettant d'évaluer la qualité des preuves des revues de littérature et formuler des recommandations de pratique clinique.

Cette revue portant sur une question thérapeutique, le schéma d'étude conseillé est l'ECR. Parmi les quatre articles présents, trois sont des essais cliniques randomisés et un seul est une étude quasi-expérimentale mais dont l'assignation aux groupes contrôle et expérimental est faite de manière aléatoire.

Les preuves provenant d'essais contrôlés randomisés sont initialement de haute qualité comparativement aux études observationnelles qui débutent par des données de faible qualité.

Ce système GRADE comporte 4 niveaux de preuves également appelés certitude des preuves. Le niveau de preuve démarre donc à l'aide des schémas d'études puis il augmente, se stabilise ou diminue en fonction des niveaux de confiance des critères supplémentaires.

Ce système prend en compte 5 principaux critères qui sont le risque de biais, l'hétérogénéité, caractère indirect des preuves, imprécision et biais de publication qui peuvent diminuer le niveau d'incertitude d'un ou de deux niveaux (-1 ou -2)

Nous pourrions ensuite classer le niveau de preuve de cette revue dans une des quatre catégories proposées en fonction du score obtenu tel que :

- Niveau de preuve élevé avec un score de 4/4
- Niveau de preuve modéré avec un score de 3/4
- Niveau de preuve faible avec un score de 2/4
- Niveau de preuve très faible avec un score de 1/4

De plus, la haute autorité de santé (HAS) a proposé un système de gradation divisé en 3 catégories, fondé sur le niveau de preuve scientifique ainsi que sur l'interprétation des experts comme le montre le tableau ci-dessous

Grade des recommandations	Niveau de preuve scientifique fourni par la littérature
A Preuve scientifique établie	Niveau 1 - essais comparatifs randomisés de forte puissance ; - méta-analyse d'essais comparatifs randomisés ; - analyse de décision fondée sur des études bien menées.
B Présomption scientifique	Niveau 2 - essais comparatifs randomisés de faible puissance ; - études comparatives non randomisées bien menées ; - études de cohortes.
C Faible niveau de preuve scientifique	Niveau 3 - études cas-témoins.
	Niveau 4 - études comparatives comportant des biais importants ; - études rétrospectives ; - séries de cas ; - études épidémiologiques descriptives (transversale, longitudinale).

Figure 9 : Echelle des grades de recommandations et des niveaux de preuves associés, publié par la HAS en 2013

- Risque de biais

L'analyse du risque de biais a été réalisée à l'aide de l'échelle PEDro et de la Risk Of Bias Tool. Nous avons pu observer que trois des études ont eu un score de 4/10 à l'échelle PEDro et la quatrième étude a eu un score de 6/10 traduisant un faible niveau de qualité des données de manière générale.

- Hétérogénéité

La valeur de I^2 nous renseigne sur le risque d'hétérogénéité de nos études. Il a été introduit par Higgins et al en 2003 afin de mesurer le manque de concordance entre les études.[73]

$I^2 < 0.25$	Hétérogénéité faible
$0.25 < I^2 < 0.5$	Hétérogénéité modérée
$0.5 < I^2$	Hétérogénéité importante

Tableau XL : Valeur de I^2 corrélé au degré d'hétérogénéité correspondant

Concernant notre revue, les résultats de l'hétérogénéité en fonction des différents critères de jugement sont les suivants :

Balancement antéro-postérieur	$I^2 = 60\%$
Balancement médio-latéral	$I^2 = 73\%$
Temps d'appuis unipodal	$I^2 = 57\%$

Tableau XLI : Degrés d'hétérogénéité des différents critères de jugements

Nous pouvons donc constater une hétérogénéité importante pour l'ensemble de nos critères de jugement concernant les études incluses.

- Caractère indirect des données

Nous pouvons constater qu'il existe une bonne similitude entre les études concernant l'âge des participants et la taille de l'échantillon.

Cependant bien que l'objectif soit assez semblable et mesuré de manière presque identique, les études n'utilisent pas les mêmes tests pour évaluer les différentes mesures que ce soit pour le temps d'appui unipodal ou pour la mesure du balancement postural.

De plus, les programmes de rééducations diffèrent entre les études bien qu'ayant le même objectif commun.

- Imprécision

L'imprécision désigne l'incertitude entourant les estimations de l'effet d'une l'intervention.

Un intervalle de confiance plus étendu, incluant une large gamme de valeurs possible de l'effet réel reflète une imprécision plus importante.

De même, une petite taille d'échantillon traduit une plus grande imprécision car elle n'est pas suffisamment puissante pour identifier une différence significative entre les groupes.

Concernant nos intervalles de confiance, nous pouvons observer que la plupart sont larges.

De plus, le nombre de participants dans chaque étude est considéré comme faible compte tenu du nombre d'enfants sourds recensés en France. En effet, les études incluent un minimum de 20 enfants et un maximum de 49 ce qui est bien en deçà de la réalité observée, soit environ 700 enfants par an [2].

- Biais de publication

Le biais de publication désigne la préférence des auteurs à publier les résultats positifs par rapport aux résultats négatifs ou non significatifs.

Ce risque peut entraîner une surestimation de l'effet du protocole observé et conduire à une mauvaise applicabilité clinique des résultats pour les thérapeutes.

Il peut être difficile à interpréter car il nécessite de tirer des conclusions sur des preuves manquantes. Nous avons donc décidé de ne pas le prendre en compte dans notre analyse du système GRADE.

	Niveau de qualité de départ	
Types d'études	3 ECR ; 1 étude quasi-expérimental → certitude modéré	
	Niveau de qualité en moins	Confiance
Risque de biais	Très sérieux	-2
Hétérogénéité	Sérieux	-1
Caractère indirect des données	Sérieux	-1
Imprécision	Très sérieux	-2
Biais de publication	∅	∅

Tableau XLII : Cotation de nos articles d'après le système GRADE

Le niveau de preuve de notre revue de littérature conformément au système GRADE est un niveau de preuve faible et correspondant à une moyenne de GRADE B selon l'Haute autorité de santé (HAS).

4.5 Biais potentiels de la revue

Afin d'évaluer la qualité méthodologique de la revue et d'évaluer les potentiels biais qu'elle comporte, nous allons utiliser la grille AMSTAR2 [74] comme mentionné dans la partie méthodologie.

Cette grille se compose de 3 parties comprenant 16 items.

Chaque item est défini suivant plusieurs modalités à respecter afin de valider celui-ci.

En fonction de nos réponses, quatre principales cotations sont possibles :

- Oui
- Oui partiel
- Non
- Non évaluable.

	Items	Cotation	Justifications
1	La question de recherche et les critères d'inclusions de la revue incluaient-ils les critères PICO ?	Oui	Partie 2.2.2 Équation de recherche utilisée
2	Le rapport de la revue contient-il une déclaration explicite indiquant que la méthode a été établie avant de conduire la revue ? Le rapport justifie-t-il tout écart important par rapport au protocole ?	Oui partiel	Partie 2. Méthode
3	Le choix du schéma d'étude à inclure est-t-il expliqué ?	Oui	Partie 2.1.1 Schéma d'étude
4	Une stratégie de recherche documentaire exhaustive est-elle utilisée ?	Oui partiel	Partie 2.2.1 Sources documentaires investigués
5	La sélection des études est-elle effectuée en double ?	Non	La sélection des études a été uniquement réalisé par l'auteur de la revue.

6	L'extraction des données est-elle effectuée en double ?	Non	L'extraction des données a été réalisée uniquement par l'auteur de la revue.
7	Une liste des études exclues et leur justification est-elle fournie ?	Oui	Partie 3.1.2 Diagramme de flux
8	Les études incluses sont-elles décrites de manière suffisamment détaillée ?	Oui	Annexe 2 : Tableau de donnée sur les différents articles inclus
9	Une technique satisfaisante pour évaluer le risque de biais des études individuelles incluses dans la revue est-elle utilisée ?	Oui	Partie 3.2 Risque de biais des études incluses
10	Les sources de financement des études incluses sont-elles indiquées ?	Oui	Partie 4.6 Conflits d'intérêts
11	Si une méta-analyse est effectuée, des méthodes appropriées pour la combinaison statistique des résultats sont-elles utilisées ?	Oui	Partie 2.6 Méthode de synthèse des résultats
12	Si une méta-analyse est effectuée, l'impact potentiel des risques de biais des études individuelles sur les résultats de la méta-analyse ou d'une autre synthèse des preuves est-il évalué ?	Oui	Partie 3.2 Risque de biais des études incluses Partie 4.2 Limites et biais des études incluses Partie 4.4 Qualité des preuves de la revue
13	Le risque de biais des études individuelles est-il pris en compte lors de l'interprétation / de la discussion des résultats de la revue ?	Oui	Partie 4.2 Limites et biais des études incluses
14	Une explication satisfaisante est-elle fournie pour toute hétérogénéité observée dans les résultats de la revue, et une discussion sur celle-ci ?	Oui	Partie 3.3.3 Méta-analyse Partie 4.4 Qualité des preuves de la revue
15	Si une analyse quantitative est effectuée, une évaluation adéquate des biais de publication est-elle menée ? Son impact probable sur les résultats de la revue est-il discuté ?	Oui	Partie 4.2 Limites et biais des études incluses
16	Toute source potentielle de conflits d'intérêts, y compris tout fond reçu pour réaliser la revue sont-ils rapportés ?	Oui	Partie 4.6 Conflits d'intérêts

Tableau XLIII : Grille AMSTAR2 de la revue de littérature pour l'évaluation de la qualité méthodologique

4.6 Conflits d'intérêts

Seule l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi déclare ne pas avoir eu de conflit d'intérêts ni de sources de financement pour son étude.

L'étude d'Hamed Zarei déclare uniquement ne pas avoir eu de financement mais ne parle pas de conflit d'intérêt dans son étude.

Quant aux études de Venkadesan Rajendran et Suzan K. Effgen, rien n'est mentionné concernant un éventuel financement ou conflit d'intérêt dans leur étude.

Concernant ma propre revue de littérature, je ne déclare avoir eu recours à aucun financement ni aucun conflit d'intérêts

5. Conclusion

Le principal objectif de cette étude était d'évaluer l'efficacité d'un programme de rééducation sur l'équilibre et le contrôle postural des enfants sourds.

L'objectif secondaire était d'en dégager une méthode de rééducation pertinente et efficace.

Les résultats globaux de cette étude nous ont montré une amélioration statistiquement significative du temps d'appui unipodal et du balancement postural chez ces enfants.

Nous avons donc essayé d'extraire une pertinence clinique dans ces résultats afin de pouvoir les appliquer dans notre pratique professionnelle.

Il en est ressorti que l'étude qui semble avoir le plus d'effet sur nos deux critères de jugement est celle de Venkadesan Rajendran, axé sur la rééducation de l'oreille interne, cependant c'est également la seule à nous avoir donné ses résultats sous forme de médianes et d'étendues ne nous permettant donc pas de confirmer un effet statistiquement significatif de son programme de rééducation.

L'étude d'Amir Abbas Ebrahimi, elle aussi centrée sur l'oreille interne et l'étude d'Hamed Zarei axé sur de la rééducation globale ont également présenté des résultats concluants mais seulement sur un critère de jugement.

De plus, sur les trois études présentes ci-dessus, l'amélioration la plus importante a eu lieu pour la condition yeux fermés, privilégiant le système vestibulaire et proprioceptif dans l'étude d'Hamed Zarei et de Venkadesan Rajendran pour l'équilibre unipodal et le système vestibulaire dans l'étude d'Amir Abbas Ebrahimi et Venkadesan Rajendran pour le balancement postural.

Nous aurions donc tendance à suggérer que le programme de rééducation ayant le plus d'effet est celui se concentrant sur l'oreille interne.

De plus, l'étude d'Hamed Zarei n'a pas eu de résultats statistiquement significatifs dans la condition yeux fermés sur surface instable ce qui peut être corrélé au fait que la rééducation globale est peu d'effet sur cette condition.

L'étude de Suzan K. Effen peut confirmer cette hypothèse en ne nous montrant qu'une faible amélioration dans la mesure de l'équilibre unipodal sur une seule jambe seulement et pas d'amélioration dans la mesure du balancement postural.

Cette étude utilise tout comme celle d'Hamed Zarei une méthode de rééducation globale.

Il est important de rester prudent quant à l'interprétation de ces résultats en n'oubliant pas que nos études font part de la présence de divers biais et d'une faible puissance.

Voici un tableau récapitulatif de la conclusion de nos études

	Type de rééducation	Amélioration équilibre unipodal	Amélioration balancement postural	Cliniquement significatif
Suzan K. Effgen	Globale	+/- dans 1 condition	X	X
Venkadesan Rajendran	Oreille interne	Dans toutes ses conditions	Dans toutes ses conditions	+/-
Hamed Zarei	Globale	Dans 2 conditions sur 4	/	+/-
Amir Abbas Ebrahimi	Oreille interne	/	Dans 2 des 5 conditions	+/-

Tableau XLIV : Conclusion générale de nos études

Compte tenu des résultats actuels de la recherche, c'est un sujet qui est peu exploré et récent avec un nombre limité d'études disponibles. Il serait donc intéressant de poursuivre les investigations et d'entreprendre des études avec un échantillon plus important offrant une représentativité plus fidèle de la population concernée.

Il serait également pertinent d'examiner si l'inclusion d'une population sourde plus diversifiée donnerait des résultats aussi concluants.

À l'avenir, l'objectif serait d'appliquer ces résultats dans la pratique des kinésithérapeutes lors de leur prise en charge avec des enfants atteints de surdité.

Il serait également important d'informer davantage les autres professionnels de santé sur les orientations possibles de ces enfants chez un kinésithérapeute.

L'ambition serait d'initier une prise en charge précoce durant l'enfance, avant toute compensation de l'enfant.

Sommaire des figures

Figure 1 : Niveaux Auditifs en fonction des décibels

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0987798317301032>)

Figure 2 : Prévalence de la surdité invalidante par l'OMS (2011)

(<https://www.jim.fr/>)

Figure 3 : OEBM levels of evidence

(https://flexiblelearning.auckland.ac.nz/philson/51_5.html)

Figure 4 : Schéma d'étude des études expérimentales, réalisé par l'auteur

Figure 5 : Forest Plot du balancement postural antéro-postérieur, réalisé par l'auteur

Figure 6 : Forest Plot du balancement postural médio-latéral, réalisé par l'auteur

Figure 7 : Forest plot du temps d'appuis unipodal, réalisé par l'auteur

Figure 8 : Sway Meter

(https://www.researchgate.net/publication/265401377_Measurement_of_Postural_Sway_with_a_Sway_Meter-an_Analysis)

Figure 9 : Échelle des grades de recommandations et des niveaux de preuves associés, publié par la HAS en 2013

Sommaire des tableaux

Tableau I : *Classification des surdités suivant leur intensité sur les fréquences dites « conversationnelles » (500, 1 000, 2 000 et 4 000 Hz)*

Tableau II : *Caractéristiques des appareillages non invasifs chez les enfants*[25]

Tableau III : *Caractéristiques des appareillages invasifs chez les enfants*[25]

Tableau IV : *Critères de sélection basés sur le modèle PICO* [46]

Tableau V : *Nombres d'articles exclus après lecture du titre et de l'abstract avec leurs bases de données correspondantes*

Tableau VI : *Nombres d'articles exclus après lecture complète avec leurs bases de données correspondantes*

Tableau VII : *Études exclues après lecture complète de l'article et raison de leur exclusion*

Tableau VIII : *Études incluses et bases de données correspondantes*

Tableau IX : *Données synthétiques des études incluses*

Tableau X : *Évaluation des biais des études incluses (échelle PEDro)*

Tableau XI : *Évaluation des biais des études à l'aide de l'échelle Risk of Bias Tools*

Tableau XII : *Résultats en pré-test du balancement antéro-postérieur, Venkadesan Rajendran*

Tableau XIII : *Résultat en post-test du balancement antéro-postérieur, Venkadesan Rajendran*

Tableau XIV : *Résultats en pré-test du balancement médio-latéral, Venkadesan Rajendran*

Tableau XV : *Résultats en post-test du balancement médio-latéral, Venkadesan Rajendran*

Tableau XVI : *Pourcentage de diminution entre le groupe contrôle et le groupe expérimental, Venkadesan Rajendran*

Tableau XVII : *Pourcentage de diminution entre les mesures pré et post test, Venkadesan Rajendran*

Tableau XVIII : *Résultats en post-test du balancement antéro-postérieur, Suzan K. Effgen*

Tableau XIX : *Résultats en post-test du balancement médio-latéral, Suzan K. Effgen*

Tableau XX : *Résultats en pré-test du balancement antéro-postérieur, Amir Abbas Ebrahimi*

Tableau XXI : *Résultats en pré-test du balancement médio-latéral, Amir Abbas Ebrahimi*

Tableau XXII : *Résultats en post-test du balancement antéro-postérieur, Amir Abbas Ebrahimi*

Tableau XXIII : *Résultats en post-test du balancement médio-latéral, Amir Abbas Ebrahimi*

Tableau XXIV : *Mesure du temps d'appuis unipodal en pré-test, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXV : *Mesure du temps d'appuis unipodal en post-test, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXVI : *Pourcentage d'augmentation entre le groupe contrôle et expérimental en post-test, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXVII : *Pourcentage d'augmentation entre les mesures pré et post test, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXVIII : *Mesure du temps d'appuis unipodal en pré-test, Hamed Zarei*

Tableau XXIX : *Mesure du temps d'appuis unipodal en post-test, Hamed Zarei*

Tableau XXX : *Mesure du temps d'appuis unipodal en post-test, Suzan K. Effgen*

Tableau XXXI : *Pourcentage de diminution de la médiane du balancement postural, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXXII : *Pourcentage de diminution de l'étendu minimum du balancement postural, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXXIII : *Pourcentage de diminution de l'étendu maximum du balancement postural, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXXIV : *Résumé des études évaluant le balancement postural*

Tableau XXXV : *Pourcentage d'augmentation de la médiane du temps d'appuis unipodal, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXXVI : *Pourcentage d'augmentation de l'étendu minimum du temps d'appuis unipodal, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXXVII : *Pourcentage d'augmentation de l'étendu maximum du temps d'appuis unipodal, Venkadesan Rajendran*

Tableau XXXVIII : *Résumé des études évaluant le temps d'appui unipodal*

Tableau XXXIX : *Tableau synthétique des biais retrouvés dans l'ensemble de nos études.*

Tableau XL : *Valeur de I² corrélé au degré d'hétérogénéité correspondant*

Tableau XLI : *Degrés d'hétérogénéité des différents critères de jugements*

Tableau XLII : *Cotation de nos articles d'après le système GRADE*

Tableau XLIII : *Grille AMSTAR2 de la revue de littérature pour l'évaluation de la qualité méthodologique*

Tableau XLIV : *Conclusion générale de nos études*

Bibliographie

- [1] Prosser JD, Cohen AP, Greinwald JH. Diagnostic Evaluation of Children with Sensorineural Hearing Loss. *Otolaryngol Clin North Am* 2015;48:975–82. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2015.07.004>.
- [2] Katarzyna E Wroblewska-Seniuk, Dabrowski P, Szyfter W, Mazela J. Universal newborn hearing screening: methods and results, obstacles, and benefits. *Pediatr Res* 2016. <https://doi.org/10.1038/pr.2016.250>.
- [3] Dumont A. orthophonie et surdité. 1st ed. 2008.
- [4] Merch n A, Fernández García L, Gioiosa Maurno N, Ruiz Castañeda P, Daza González MT. Executive functions in deaf and hearing children: The mediating role of language skills in inhibitory control. *J Exp Child Psychol* 2022;218:105374. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2022.105374>.
- [5] Mondain M, Brun V. Les surdités de l'enfant. 1st ed. 2023.
- [6] Benoist G, Bourillon A, Delacourt C, Gras-Le Guen C. le référentiel des collèges pédiatrie. 8th ed. 2021.
- [7] Righini CA, Debry C, Mondain M. coll ge français d'ORL et de chirurgie cervico-faciale. 5th ed. 2017.
- [8] Lieu JEC, Kenna M, Anne S, Davidson L. Hearing Loss in Children: A Review. *JAMA - J Am Med Assoc* 2020;324:2195–205. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.17647>.
- [9] Tanaka-Ouyang L, Marlin S, Nevoux J. Genetic hearing loss. *Press Medicale* 2017;46:1089–96. <https://doi.org/10.1016/j.lpm.2017.09.005>.
- [10] François M, Marie P, Narcy P. Detection and treatment of deafness in children. *Rev Du Prat* 1990;40.
- [11] Chadha S, Cieza A. World Health Organization and Its Initiative for Ear and Hearing Care. *Otolaryngol Clin North Am* 2018;51:535–42. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2018.01.002>.
- [12] Epstein S, Reilly JS. Sensorineural hearing loss. *Pediatr Clin North Am* 1989;36:1501–20. [https://doi.org/10.1016/S0031-3955\(16\)36803-1](https://doi.org/10.1016/S0031-3955(16)36803-1).
- [13] Papacharalampous GX, Nikolopoulos TP, Davilis DI, Xenellis IE, Korres SG. Universal newborn hearing screening, a revolutionary diagnosis of deafness: Real benefits and limitations. *Eur Arch Oto-Rhino-Laryngology* 2011;268:1399–406. <https://doi.org/10.1007/s00405-011-1672-1>.
- [14] Yoshinaga-Itano C, Sedey AL, Coulter DK, Mehl AL. Language of early- and later-identified children with hearing loss. *Pediatrics* 1998;102:1161–71. <https://doi.org/10.1542/peds.102.5.1161>.
- [15] Werfel KL, Reynolds G, Fitton L. Oral Language Acquisition in Preschool Children Who are Deaf and Hard-of-Hearing. *J Deaf Stud Deaf Educ* 2022;27:166–78. <https://doi.org/10.1093/deafed/enab043>.
- [16] Fuchs JC, Tucker AS. Development and Integration of the Ear. *Curr. Top. Dev. Biol.*, vol. 115, *Curr Top Dev Biol*; 2015, p. 213–32. <https://doi.org/10.1016/bs.ctdb.2015.07.007>.
- [17] Charrier JB, Creuzet S. Embryologie de la face et dysplasies otomandibulaires. *Orthod Fr* 2007;78:7–24. <https://doi.org/10.1051/orthodfr:2006001>.
- [18] Graf W, Klam F. Le système vestibulaire : anatomie fonctionnelle et comparée,

- évolution et développement. *Comptes Rendus - Palevol* 2006;5:637–55.
<https://doi.org/10.1016/j.crvp.2005.12.009>.
- [19] Alvord LS, Farmer BL. Anatomy and orientation of the human external ear. *J Am Acad Audiol* 1997;8:383–90.
- [20] Rouvière H, Delmas A. *anatomie humaine descriptive, topographique et fonctionnelle* tome 1, tête et cou. 15th ed. 2002.
- [21] Selz PA, Girardi M, Konrad HR, Hughes LF. Vestibular deficits in deaf children. *Otolaryngol - Head Neck Surg* 1996;115:70–7. [https://doi.org/10.1016/S0194-5998\(96\)70139-0](https://doi.org/10.1016/S0194-5998(96)70139-0).
- [22] Crowson MG, Semenov YR, Tucci DL, Niparko JK. Quality of Life and Cost-Effectiveness of Cochlear Implants: A Narrative Review. *Audiol Neurotol* 2018;22:236–58.
<https://doi.org/10.1159/000481767>.
- [23] Yoon PJ. Pediatric cochlear implantation. *Curr Opin Pediatr* 2011;23:346–50.
<https://doi.org/10.1097/MOP.0b013e32834618ec>.
- [24] Mikic B, Miric D, Nikolic-Mikic M, Ostojic S, Asanovic M. Age at implantation and auditory memory in cochlear implanted children. *Cochlear Implants Int* 2014;15.
<https://doi.org/10.1179/1467010014Z.000000000191>.
- [25] Zheng Y, Swanson J, Koehnke J, Guan J. Sound Localization of Listeners With Normal Hearing, Impaired Hearing, Hearing Aids, Bone-Anchored Hearing Instruments, and Cochlear Implants: A Review. *Am J Audiol* 2022;31:819–34.
https://doi.org/10.1044/2022_AJA-22-00006.
- [26] Suarez H, Angeli S, Suarez A, Rosales B, Carrera X, Alonso R. Balance sensory organization in children with profound hearing loss and cochlear implants. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2007;71:629–37.
<https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2006.12.014>.
- [27] Vidranski T, Farkaš D. Motor Skills in Hearing Impaired Children with or without Cochlear Implant--A Systematic Review. *Coll Antropol* 2015;39 Suppl 1:173–9.
- [28] Borsetto D, Corazzi V, Franchella S, Bianchini C, Pelucchi S, Obholzer R, et al. The Influence of Hearing Aids on Balance Control: A Systematic Review. *Audiol Neurotol* 2021;26:209–17. <https://doi.org/10.1159/000511135>.
- [29] Melo R de S, Marinho SEDS, Freire MEA, Souza RA, Damasceno HAM, Raposo MCF. Static and dynamic balance of children and adolescents with sensorineural hearing loss. *Einstein (Sao Paulo)* 2017;15:262–8. <https://doi.org/10.1590/S1679-45082017AO3976>.
- [30] Singh A, Heet H, Guggenheim DS, Lim M, Garg B, Bao M, et al. A Systematic Review on the Association Between Vestibular Dysfunction and Balance Performance in Children With Hearing Loss. *Ear Hear* 2022;43:712–21.
<https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000001131>.
- [31] Karakoc K, Mujdeci B. Evaluation of balance in children with sensorineural hearing loss according to age. *Am J Otolaryngol - Head Neck Med Surg* 2021;42.
<https://doi.org/10.1016/j.amjoto.2020.102830>.
- [32] Melo RS, Lemos A, Paiva GS, Ithamar L, Lima MC, Eickmann SH, et al. Vestibular rehabilitation exercises programs to improve the postural control, balance and gait of children with sensorineural hearing loss: A systematic review. *Int J Pediatr Otorhinolaryngol* 2019;127:109650. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2019.109650>.
- [33] González del Pino B, Femia P, Pérez-Fernández N. Exploración vestibular de niños con

- alteraciones del equilibrio (II): Resultados por enfermedades. *Acta Otorrinolaringol Esp* 2011;62:385–91. <https://doi.org/10.1016/j.otorri.2011.01.004>.
- [34] Melo R de S, Lemos A, Macky CF da ST, Raposo MCF, Ferraz KM. Postural control assessment in students with normal hearing and sensorineural hearing loss. *Braz J Otorhinolaryngol* 2015;81:431–8. <https://doi.org/10.1016/j.bjorl.2014.08.014>.
- [35] Fong SSM, Tsang WWN, Ng GYF. Altered postural control strategies and sensory organization in children with developmental coordination disorder. *Hum Mov Sci* 2012;31:1317–27. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.11.003>.
- [36] Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ, Paul JP. What is balance? *Clin Rehabil* 2000;14:402–6. <https://doi.org/10.1191/0269215500cr342oa>.
- [37] Girolami GL, Shiratori T, Aruin AS. Anticipatory postural adjustments in children with typical motor development. *Exp Brain Res* 2010;205:153–65. <https://doi.org/10.1007/s00221-010-2347-7>.
- [38] Vankov A, Dunev S, Videnov S. Force platform for stabilographic studies. *Acta Physiol Pharmacol Bulg* 1990;16:63–8.
- [39] Ould-Slimane M, Luc F, Chastan N, Dujardin F, Michelin P, Tivolacci MP, et al. Static and dynamic stabilometric force platform study of spinopelvic anterior sagittal imbalance. *Orthop Traumatol Surg Res* 2022;108:103195. <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2021.103195>.
- [40] Sibley KM, Beauchamp MK, Van Ooteghem K, Paterson M, Wittmeier KD. Components of Standing Postural Control Evaluated in Pediatric Balance Measures: A Scoping Review. *Arch Phys Med Rehabil* 2017;98:2066–2078.e4. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.02.032>.
- [41] Donahoe B, Turner D, Worrell T. *The_Use_of_Functional_Reach_as_a_Measurement_of.4.pdf*. *Pediatr Phys Ther* 1994;6.
- [42] Bartlett D, Birmingham T. Validity and reliability of a pediatric reach test. *Pediatr Phys Ther* 2003;15:84–92. <https://doi.org/10.1097/01.PEP.0000067885.63909.5C>.
- [43] Condon C, Cremin K. Static balance norms in children. *Physiother Res Int* 2014;19:1–7. <https://doi.org/10.1002/pri.1549>.
- [44] Libardoni T de C, Silveira CB da, Sinhorim LMB, Oliveira AS de, Santos MJ dos, Santos GM. Reference values and equations reference of balance for children of 8 to 12 years. *Gait Posture* 2018;60:122–7. <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.11.004>.
- [45] Solis JO, Reynard P, Bécaud C, Thai-Van H. Interest and principles of vestibular physiotherapy in children. *Kinesitherapie* 2023;23:105–12. <https://doi.org/10.1016/j.kine.2023.05.015>.
- [46] Stylianou N, Razis G, Goulis DG, Vlahavas I. EBM+: Advancing Evidence-Based Medicine via two level automatic identification of Populations, Interventions, Outcomes in medical literature. *Artif Intell Med* 2020;108. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2020.101949>.
- [47] Snöljung Å, Gustafsson LK. Physiotherapy: How to work with evidence in daily practice. *J Eval Clin Pract* 2019;25:216–23. <https://doi.org/10.1111/jep.13035>.
- [48] 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. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>.
- [49] Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The

- PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate healthcare interventions: explanation and elaboration. *BMJ* 2009;339. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2700>.
- [50] Bhide A, Shah PS, Acharya G. A simplified guide to randomized controlled trials. *Acta Obstet Gynecol Scand* 2018;97:380–7. <https://doi.org/10.1111/aogs.13309>.
- [51] [OCEBM levels of evidence system] - PubMed n.d. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24564030/> (accessed December 15, 2023).
- [52] Lim CY, In J. Randomization in clinical studies. *Korean J Anesthesiol* 2019;72:221–32. <https://doi.org/10.4097/kja.19049>.
- [53] Sherrington C, Herbert RD, Maher CG, Moseley AM. PEDro. A database of randomized trials and systematic reviews in physiotherapy. *Man Ther* 2000;5:223–6. <https://doi.org/10.1054/math.2000.0372>.
- [54] Linares-Espinós E, Hernández V, Domínguez-Escrig JL, Fernández-Pello S, Hevia V, Mayor J, et al. Methodology of a systematic review. *Actas Urol Esp* 2018;42:499–506. <https://doi.org/10.1016/j.acuro.2018.01.010>.
- [55] Bartlett SJ, Yung YL. Boolean logic by convective obstacle flows. *Proc R Soc A Math Phys Eng Sci* 2019;475. <https://doi.org/10.1098/rspa.2019.0192>.
- [56] de Morton NA. The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *Aust J Physiother* 2009;55:129–33. [https://doi.org/10.1016/S0004-9514\(09\)70043-1](https://doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70043-1).
- [57] Brugnolli A, Cavada L, Saiani L. Il sistema GRADE. *Assist Inferm Ric* 2014;33:219–26. <https://doi.org/10.1702/1702.18564>.
- [58] Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration’s tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ* 2011;343. <https://doi.org/10.1136/bmj.d5928>.
- [59] Munder T, Barth J. Cochrane’s risk of bias tool in the context of psychotherapy outcome research. *Psychother Res* 2018;28:347–55. <https://doi.org/10.1080/10503307.2017.1411628>.
- [60] Shea BJ, Reeves BC, Wells G, Thuku M, Hamel C, Moran J, et al. AMSTAR 2: A critical appraisal tool for systematic reviews that include randomised or non-randomised studies of healthcare interventions, or both. *BMJ* 2017;358. <https://doi.org/10.1136/bmj.j4008>.
- [61] Lee YH. An overview of meta-analysis for clinicians. *Korean J Intern Med* 2018;33:277–83. <https://doi.org/10.3904/kjim.2016.195>.
- [62] Noordzij M, Hooft L, Dekker FW, Zoccali C, Jager KJ. Systematic reviews and meta-analyses: When they are useful and when to be careful. *Kidney Int* 2009;76:1130–6. <https://doi.org/10.1038/ki.2009.339>.
- [63] Effgen SK. Effect of an exercise program on the static balance of deaf children. *Phys Ther* 1981;61:873–7. <https://doi.org/10.1093/ptj/61.6.873>.
- [64] Rajendran V, Roy FG, Jeevanantham D. A preliminary randomized controlled study on the effectiveness of vestibular-specific neuromuscular training in children with hearing impairment. *Clin Rehabil* 2013;27:459–67. <https://doi.org/10.1177/0269215512462909>.
- [65] Ebrahimi AA, Jamshidi AA, Movallali G, Rahgozar M, Haghgoo HA. The effect of vestibular rehabilitation therapy program on sensory organization of deaf children with bilateral vestibular dysfunction. *Acta Med Iran* 2017;55:683–9.

- [66] Zarei H, Norasteh AA. The effect of 8 weeks proprioception training without visual input on single-limb standing balance time in deaf students: A randomized controlled trial. *J Bodyw Mov Ther* 2020;24:63–8. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2019.09.002>.
- [67] Sterne JAC, Savović J, Page MJ, Elbers RG, Blencowe NS, Boutron I, et al. RoB 2: A revised tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ* 2019;366. <https://doi.org/10.1136/bmj.l4898>.
- [68] Arnheim DD, Pestolesi RA. Developing motor behavior in children : a balanced approach to elementary physical education. 1973.
- [69] Yong M, Young E, Lea J, Foggin H, Zaia E, Kozak FK, et al. Subjective and objective vestibular changes that occur following paediatric cochlear implantation: Systematic review and meta-analysis. *J Otolaryngol - Head Neck Surg* 2019;48. <https://doi.org/10.1186/s40463-019-0341-z>.
- [70] Vidranski T, Farkaš D. Motor Skills in Hearing Impaired Children with or without Cochlear Implant--A Systematic Review. *Coll Antropol* 2015;39 Suppl 1:173–9.
- [71] Carpenter MG, Campos JL. The Effects of Hearing Loss on Balance: A Critical Review. *Ear Hear* 2020;41:107S-119S. <https://doi.org/10.1097/AUD.0000000000000929>.
- [72] Guyatt G, Oxman AD, Akl EA, Kunz R, Vist G, Brozek J, et al. GRADE guidelines: 1. Introduction - GRADE evidence profiles and summary of findings tables. *J Clin Epidemiol* 2011;64:383–94. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2010.04.026>.
- [73] Higgins JPT, Thompson SG, Deeks JJ, Altman DG. Measuring inconsistency in meta-analyses. *Br Med J* 2003;327:557–60. <https://doi.org/10.1136/bmj.327.7414.557>.
- [74] Perry R, Whitmarsh A, Leach V, Davies P. A comparison of two assessment tools used in overviews of systematic reviews: ROBIS versus AMSTAR-2. *Syst Rev* 2021;10. <https://doi.org/10.1186/s13643-021-01819-x>.

Annexes

Annexe 1 : résultats de recherche par base de données

Annexe 1.1 : PubMed

Search	Query	Results
#5	Search: (((((physical activity) OR (exercises)) OR (balance)) AND (((physiotherapy) OR (rehabilitation)) OR (recovery)) OR (rehab))) AND ((children) OR (pediatric))) AND (((deafness) OR (hearing loss)) OR (deaf))	236

Annexe 1.2 : Pedro



[Home](#) [Display Selected Records](#) [New Search \(Simple\)](#) [Continue Searching \(Advanced\)](#) [New Search \(Advanced\)](#) [Search Help](#)

Search Results

Click on a title to view details of that record. If your search has returned many records you may need to move to the next page (at the top or bottom of the list of records). To display a list of records from one or a series of searches, click on **Select** and then **Display Selected Records**

Found 4 records

Title	Method	Score (/10)	Select Record
Effects of core stability training program on trunk muscle endurance in deaf children: a preliminary study [with consumer summary]	clinical trial	7/10	Select
The effect of 8 weeks proprioception training without visual input on single-limb standing balance time in deaf students: a randomized controlled trial	clinical trial	6/10	Select
Aerobic exercise intervention alters executive function and white matter integrity in deaf children: a randomized controlled study	clinical trial	4/10	Select
Effect of an exercise program on the static balance of deaf children	clinical trial	4/10	Select



Annexe 1.3 : Cochrane

Cochrane Reviews ▾ Trials ▾ Clinical Answers ▾ About ▾ Help ▾ About Cochrane ▶

We noticed your browser language is French. You can select your preferred language at the top of any page, and you will see translated Cochrane Review sections in this language. Change to **French**. ✕

Cochrane Reviews	Cochrane Protocols	Trials	Editorials	Special Collections	Clinical Answers	More
0	0	27	0	0	0	▼

Filter your results

Year i

Year first published

2023 5

2022 1

▲ For COVID-19 related studies, please also see the [Cochrane COVID-19 Study Register](#)

27 Trials matching (((((physical activity) OR (exercises)) OR (balance)) AND (((physiotherapy) OR (rehabilitation)) OR (recovery)) OR (rehab))) AND ((children) OR (pediatric))) AND (((deafness) OR (hearing loss)) OR (deaf)) in Title Abstract Keyword

Cochrane Central Register of Controlled Trials

Annexe 1.4 : Prospero

NIHR | National Institute for Health and Care Research

PROSPERO
International prospective register of systematic reviews

Home | About PROSPERO | How to register | Service information Search | Log in | Join

Click to **show your search history and hide search results**. Open the **Filters** panel to find records with specific characteristics (e.g. all reviews about cancer or all diagnostic reviews etc). See our **Guide to Searching** for more details.

Click to **hide the standard search and use the Covid-19 filters**.

Q (((((physical activity) OR (exercises)) OR (balance)) AND ((MeSH))) AND (((physiotherapy) OR (rehabilitation)) OR (recovery)) OR (rehab))) AND ((children) OR (pediatric))) AND (((deafness) OR (hearing loss)) OR (deaf)) Go MeSH Clear filters Show filters

First Previous Next Last (page 1 of 1)

25 records found for (((((physical activity) OR (exercises)) OR (balance)) AND (((physiotherapy) OR (rehabilitation)) OR (recovery)) OR (rehab))) AND ((children) OR (pediatric))) AND (((deafness) OR (hearing loss)) OR (deaf)) Show checked records only | Export

Annexe 2 : Tableaux de données sur les différents articles inclus

Annexe 2.1 : Population des études

Tableau de données sur la population des études

Etude	Effectif de la population	Age de la population	Niveau de surdité	Cause de la surdité et atteinte uni ou bilatérale de la surdité	Utilisation d'implant cochléaire	Critères d'inclusions	Critères d'exclusions
Susan K. Effgen	49 enfants sourds (29 garçons et 20 filles)	7 à 10 ans	Sévère à profonde (>75dB)	Non renseigné	Doit être enlevé pour réaliser les tests	Non renseigné	Absence de déficience neurologique secondaire
Venkadesan Rajendran	21 enfants sourds (14 garçons et 7 filles)	6 à 11 ans	Surdité profonde (>90 dB)	Non renseigné	Oui et non (mais pas de nombre renseigné)	Capable de comprendre de simples instructions Capable de se mettre debout et de marcher seul	Handicap cognitif, physique ou visuel associé Problème neurologique, orthopédique ou cardiovasculaire
Amir Abbas Ebrahimi	24 enfants sourds (6 filles et 18 garçons)	7 à 12 ans Contrôle : 9.75 ± 1.28 Exp : 10.08 ± 1.62	Surdité profonde (>90dB)	Cause de la surdité non renseignée Atteinte vestibulaire bilatérale	Non renseigné	Non renseigné	Problème cognitif, physique, visuel ou neurologique
Hamed Zarei	20 enfants sourds (20 garçons)	Contrôle : 16.0 ± 0.87 Exp : 16.4 ± 1.17	Sévère à profonde (>75dB)	Non renseigné	Non	Squelette mature	Médicaments pouvant influencer l'équilibre, implant cochléaire, antécédents de blessures du membre inférieur au cours des 6 derniers mois, maladie neuromusculaire, problème visuel, problème de posture au niveau des membres supérieurs, chirurgie ou fracture datant de

							moins d'1 ans, diabète insulinodépendant, arthrose, problème cérébrovasculaire, problème pouvant altérer la sensibilité.
--	--	--	--	--	--	--	--

Annexe 2.2 : intervention des études

Tableau de données sur l'intervention des études

Etude	PROGRAMME	DUREE	METHODE	Informations du programme
Susan K. Effgen	The 15 minute static balance exercise program venant d'un site en ligne par Armheim et Pestolesi.	10 jours d'affilés, pendant 15 minutes.	Chaque exercice a d'abord été démontré. Ils ont dû être fait 3 fois chacun pendant 10 secondes avec une bref pause entre chaque répétition et une pause d'1 minute entre chaque nouvel exercice. En cas d'absence, les exercices étaient rattrapés le lendemain en plus des exercices journaliers, avec l'investigateur. Les enfants ont dû enlever leur chaussure et leur chaussette avant de faire les exercices.	5 étapes : 1 : pointe des pieds, pieds écartés 2 : pointes des pieds, pieds joints 3 : debout sur la jambe droite 4 : debout sur la jambe gauche 5 : debout, pieds l'un devant l'autre
Venkadesan Rajendran	The vestibular-specific neuromuscular training program	Session de 45 minutes, 3 fois par semaine pendant 6 semaines	Chaque activité a été réalisé autant de fois. Les exercices ont d'abord été montré aux enfants puis expliqués jusqu'à ce qu'ils comprennent bien la consigne. Durant le programme, les enfants ont reçu du renforcement positif afin qu'il donne le meilleur d'eux-mêmes.	3 catégories d'activités : exercices de coordination yeux-main, exercices de rééducation de l'équilibre, exercices de motricité.
Amir Abbas Ebrahimi	The vestibular rehabilitation therapy program Le programme consiste à la fois à des exercices d'adaptation et de	3 séances par semaine de 45 minutes pendant 8 semaines. Des séances de rattrapage ont été	Les activités de chaque session sont basées sur les progrès individuels et le niveau de difficulté.	Exercices progressifs d'adaptation, de coordination yeux-tête, d'exercices de substitution pour améliorer le regard

	substitution pour l'entraînement de la stabilité du regard et de l'équilibre.	réalisés en cas d'absence pour que chaque enfant participe à au moins 24 séances pendant les 2 mois.		et la stabilité posturale. Les exercices ont été effectués dans différentes positions de tête et différentes fréquences. La durée à commencer à 1 minutes puis 2 minutes ; distraction et arrière-plan simple à conflictuel ; cible proche à éloigner ; vitesse lente à rapide ; d'une position debout simple à sur une planche d'équilibre.
Hamed Zarei	Programme combinant 3 protocoles d'entraînement proposés par Martinez-Amat et al 2013, Clark et Burden 2005, Carmeli et al 2005)	3x par semaine pendant 8 semaines de 10 à 11h dans le gymnase de l'école.	16 exercices en progressions Chaque session dure 60 minutes avec 5 minutes d'échauffement, 50 minutes d'exercices et 5 minutes de récupération Les sujets ont réalisé le programme yeux ouvert puis yeux fermés. Il a été demandé aux sujets de ne pas réaliser d'activité physique intense pendant la durée de l'étude	Le programme des 16 exercices de proprioceptions et la répartition et réalisation de ces exercices sur les 8 semaines est disponible en annexe de l'étude.

Annexe 2.3 : Comparateur des études

Tableau de données sur le comparateur des études

Etudes	Groupe comparé	Activité du groupe comparé	Méthode de comparaison	Procédure
Susan K. Effgen	Groupe contrôle avec 14 garçons et 10 filles de 7 à 10 ans	Activités quotidiennes normales	Mesure pré et post test de la plateforme de force dans les 4 positions proposées (pieds joints yeux ouverts et fermé puis sur une jambe yeux ouverts)	<p>Les enfants ont dû enlever leurs chaussures, chaussettes et potentiel appareils auditifs avant de faire le test.</p> <p>Tirage au hasard d'une séquence de position/24 séquences possibles. Chaque position doit être tenu 30 secondes et les séquences post test sont identiques au prétest.</p> <p>Communication aux participants en langue des signes ou en langage oral. Puis démonstration des positions aux enfants par les investigateurs.</p>
Venkadesan Rajendran	Groupe contrôle avec 4 filles et 6 garçons âgés de 6 à 11 ans	Activités quotidiennes normales	Mesures pré et post test du control postural (Pediatric Reach test, postural Sway meter, one leg standing test), développement moteur et questionnaire de qualité de vie.	<p>pediatric reach test : Test en position debout. Procédure expliqué et démontré aux enfants. Ils ont dû aller le plus loin possible en avant et en latéral sans bouger leur pied. 3 essais ont été réalisés et la moyenne des 3 a été utilisée. Période de repos de minimum 1 minute entre chaque essai.</p> <p>One leg standing test : Tenu debout en unipodal le plus longtemps possible avec un maximum de 20 secondes yeux ouverts et yeux fermés. Procédure expliquée et démontrée. Entraînement possible une fois, yeux ouverts pendant 10 secondes.</p>

				<p>Trois essais yeux ouverts et yeux fermés et les scores ont été additionnées</p> <p>Postural Sway : Test effectué pieds nu, yeux ouverts et yeux fermés sur une surface en mousse de 15 cm d'épaisseur. Position tenue pendant 30 secondes si possible. Mesure du balancement antéropostérieure et médio latérale.</p>
Amir Abbas Ebrahimi	Groupe control avec 10 garçons et 2 filles de 9.75 ± 1.28	Non renseigné. Ils bénéficieront du programme une fois le contrôle post-test passé.	Mesure pré et post test à l'aide du SOT (sensory organisation test) qui est un sous-test de posturographie dynamique qui permet la mesure du balancement postural du sujet en antéro-post et médio-latérale.	<p>6 conditions sont testées pour évaluer la coordination et l'interaction des systèmes visuels, somatosensoriel et vestibulaire lors de ces changements posturaux. Les enfants été pieds nu, bras le long du corps, jambes à 30° l'une de l'autre.</p> <p>Chaque condition a durée 20 secondes, deux essais ont été réalisés et seul le deuxième a été gardé</p> <p>Dans les 3 premières conditions, l'enfant est debout sur une surface stable.</p> <p>Condition 1 : yeux ouverts, l'enfant doit regarder la cible placée à 2,5m</p> <p>Condition 2 : yeux fermés (à l'aide d'un bandeau)</p> <p>Condition 3 : la scène visuelle bouge.</p> <p>Dans les 3 dernières conditions, la surface est instable (mousse)</p> <p>Condition 4 : yeux ouverts</p> <p>Condition 5 : yeux fermés</p> <p>Condition 6 : scène visuelle bouge</p> <p>L'évaluation de LOS a été effectué dans la condition 1 pendant 30 secondes après un entrainement pour effectuer correctement le balancement de leur corps.</p>

<p>Hamed Zarei</p>	<p>Groupe contrôle de 10 garçons de 16.9 ± 0.87</p>	<p>Activité quotidienne sans aucun entraînement</p>	<p>Mesure pré et post test de la proprioception et de l'équilibre</p> <p>Proprioception: the activated angle reconstruction test (AART)</p> <p>Equilibre: the single limb standing test (SLS)</p>	<p>Les tests ont été réalisés dans le même ordre par les mêmes investigateurs.</p> <p>Les mesures ont été prises sur la jambe dominante (test en tirant dans un ballon)</p> <p>AART : sujet sur une chaise, genou à 90°, pied dans le vide et yeux bandés ; l'examineur lève passivement la jambe du sujet à 45° de flexion de genou, 10° de flexion dorsale de cheville et 20° de flexion plantaire de cheville.</p> <p>Le sujet à ensuite trois essais pour reproduire ces mouvements en actif. La moyenne de ces trois essais est enregistrée.</p> <p>SLS : testé dans 4 conditions :</p> <p>Condition 1 : surface stable, yeux ouverts (fixe un point au niveau du mur, à hauteur des yeux)</p> <p>Condition 2 : surface stable, yeux fermés (par un bandeau)</p> <p>Condition 3 : surface en mousse, yeux ouverts (fixe un point au niveau du mur, à hauteur des yeux)</p> <p>Condition 4 : surface en mousse, yeux fermés (par un bandeau)</p> <p>Les tests ont été expliqués et démontrés afin que tous les sujets comprennent.</p> <p>Deux essais yeux ouverts et deux essais yeux fermés ont été réalisés. La meilleure performance a été enregistrée (le but étant de tenir le plus longtemps possible sans poser le pied, utiliser ses bras, déplacer son pied porteur ou ouvrir les yeux si on est dans la condition yeux fermés).</p> <p>1 minute de pause minimum entre chaque essai.</p>
--------------------	--	---	---	---

Annexe 3 : Programme d'exercices proposés par les études

Annexe 3.1 : Suzan K . Effgen

1. **Stand on toes, feet apart.**
2. **Stand on toes, feet together.**
3. **Stand on right foot unsupported, with left foot behind right knee.**
4. **Stand on left foot unsupported, with right foot behind left knee.**
5. **Stand with right heel touching left toe, feet in a straight line.**

Annexe 3.2 : Hamed Zarei

Table 2. Proprioception training exercises

Exercise number	Instructions
1	The subject sits between parallel bars on a Swiss ball. With an upright trunk, he performs knee flexion and extension.
2	The subject sits between parallel bars and moves a tilt board forward and backward.
3	The subject sits between parallel bars and moves a tilt board sideways.
4	The subject stands between parallel bars on a tilt board and maintains his balance for 15 sec.
5	The subject moves between parallel bars on a Bosu ball with alternative legs.
6	Repetition of exercises 2, 3, and 4 with bent knees.
7	The subject stands with the dominant leg on a wobble board and maintains his balance for 15 sec.
8	The subject stands between parallel bars on a Bosu ball for 15 sec.
9	The subject stands with the dominant leg on a Bosu ball and maintains his balance for 15 sec.
10	Repetition of exercises 7, 8, and 9 with bent knees.
11	The subject lies down supine with his legs on a Swiss ball, moving up his hips and back and maintaining his balance with his hands.
12	Exercise 11 is repeated with the subject's hands on his stomach.
13	The subject leans against a Swiss ball on the wall. With an upright trunk, he bends his knees slightly and returns his back to his initial position.
14	Exercise 13 is repeated with knees bent 90°.
15	Walking forward, walking on heels, tandem gate, sideway walking, and walking on toes (2 sets of 15 repetitions on a 10 m path).
16	Exercise 15 is repeated on a rough path.

Time-oriented exercises were performed in 2 sets of 15 sec with 1 min of rest between each set.
Repetition-oriented exercises were performed in 2 sets of 10-15 repetitions with 1 min of rest between each set.
The patients utilized both legs for exercises.

Un programme de rééducation améliore-t-il l'équilibre et le contrôle postural chez les enfants atteints d'une surdité de perception sévère à profonde : une revue systématique de littérature et une méta-analyse.

Does a rehabilitation program improve balance and postural control in children with severe to profound perceptive deaf : a systematic review of the literature and a meta-analysis.

Nombres de pages : 91

Directeur du mémoire : Mr Pimenta Afonso Sergio

Résumé :

Introduction : la surdité concerne 466 millions de personnes dans le monde et 4 à 6 millions en France. Elle est l'une des anomalies congénitales la plus fréquente chez les nouveau-nés touchant 1 à 3 bébés sur 1000 à la naissance. Cette surdité peut avoir un impact au niveau de l'oreille interne pouvant ainsi entraîner des situations de déséquilibre chez ces enfants. Par conséquent, il est essentiel en tant que thérapeute de savoir prendre en charge ce type de pathologie. **Objectifs :** l'objectif de cette revue est d'évaluer si un programme de rééducation axé sur la fonction de l'équilibre permet d'améliorer le contrôle postural et l'équilibre chez les enfants atteints de surdité. **Méthode :** les recherches ont été effectuées sur les bases de données de PubMed, Pedro, Cochrane et Prospero. Afin de réaliser la sélection de nos articles nous avons établis des critères d'inclusions et d'exclusion basées sur le modèle PICO. Une méta-analyse et une évaluation à l'aide du système GRADE sont également réalisés. **Résultats :** parmi les 292 articles identifiés, seuls 4 ont satisfait à nos critères d'inclusions. L'extraction des données et la méta-analyse ont été effectués en analysant le temps d'appui unipodal et le balancement postural qui constituent nos critères de jugement principaux. **Discussion :** les résultats indiquent une amélioration des critères de jugement dans 3 des 4 articles, principalement pour la condition yeux fermés. Cependant la présence de nombreux biais dans nos études nous incite à faire preuve de prudence quant à la conclusion de cette revue. **Conclusion :** Bien que les résultats soient prometteurs, compte tenue de la qualité de preuve de la revue et des biais identifiés, il est nécessaire de réaliser des études de meilleures qualités avant d'affirmer une réelle amélioration.

Abstract :

Introduction: deafness affects 466 million people worldwide and 4 to 6 million in France. It is one of the most common congenital anomalies in newborns, affecting 1 to 3 babies in 1000 at birth. This deafness can have an impact on the inner ear, thus leading to situations of imbalance in these children. Therefore, it is essential as a therapist to know how to manage this type of pathology. **Objectives:** the objective of this review is to evaluate whether a rehabilitation program focuses on balance function can improve postural control and balance in children with deafness. **Method :** searches were carried out on the PubMed, Pedro, Cochrane, and Prospero databases. In order to select our articles, we established inclusion and exclusion criteria based on the PICO model. A meta-analysis and an evaluation using the GRADE system are also carried out. **Results:** among the 292 articles identified, only 4 met our inclusion criteria. Data extraction and meta-analysis were carried out by analyzing the unipodal support time and postural sway which constitute our main outcome. **Discussion:** the results indicate an improvement in the outcome in 3 of the 4 articles, mainly for the eyes closed condition. However, the presence of numerous biases in our studies prompts us to be cautious about the conclusion of this review. **Conclusion:** Although the results are promising, given the quality of evidence of the review and the biases identified, it is necessary to carry out better quality studies before asserting a real improvement.

Mots clés : enfants sourds, équilibre, contrôle postural, programme de rééducation

Keywords : deaf children, balance, postural control, rehabilitation program