



Avertissement

Ce document est le fruit d'un long travail et a été validé par l'auteur et son directeur de mémoire en vue de l'obtention de l'UE 28, Unité d'Enseignement intégrée à la formation initiale de masseur kinésithérapeute.

L'IFMK de Nancy n'est pas garant du contenu de ce mémoire mais le met à disposition de la communauté scientifique élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : secretariat@kine-nancy.eu

Liens utiles

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<https://www.service-public.fr/professionnels-entreprises/vosdroits/F23431>

MINISTERE DE LA SANTE
REGION GRAND EST
INSTITUT LORRAIN DE FORMATION DE MASSO-KINESITHERAPIE DE NANCY

**EXISTE-T-IL UNE REEDUCATION KINESITHERAPIQUE
SPECIFIQUE DE LA PROPRIOCEPTION POUR UN
ENFANT DYSLEXIQUE ?
Sous la direction de Monsieur Frédéric MOMPEURT**

Mémoire présenté par **Hélène CALONNE**
étudiante en 4^{ème} année de masso-
kinésithérapie, en vue de valider l'UE 28
dans le cadre de la formation initiale du
Diplôme d'Etat de Masseur-
Kinésithérapeute

Promotion 2017-2021



UE 28 - MÉMOIRE
DÉCLARATION SUR L'HONNEUR CONTRE LE PLAGIAT

Je soussigné(e),*Hélène CALAUNE*.....

Certifie qu'il s'agit d'un travail original et que toutes les sources utilisées ont été indiquées dans leur totalité. Je certifie, de surcroît, que je n'ai ni recopié ni utilisé des idées ou des formulations tirées d'un ouvrage, article ou mémoire, en version imprimée ou électronique, sans mentionner précisément leur origine et que les citations intégrales sont signalées entre guillemets.

Conformément à la loi, le non-respect de ces dispositions me rend passible de poursuites devant le conseil de discipline de l'ILFMK et les tribunaux de la République Française.

Fait à Nancy, le *18/04/2021*.....

Signature

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont contribué à la rédaction de ce mémoire et au succès de ma formation.

Résumé

Introduction : Le but de cette revue est de déterminer s'il existe une rééducation spécifique de la proprioception pour un enfant dyslexique. Notre choix se porte sur une revue de la littérature, recensant l'ensemble des articles en lien avec la dyslexie et la proprioception.

Matériel et Méthode : Nous avons effectué une recherche informatique de 2015 à 2020 sur les bases de données PubMed, Science Direct, PEDro, the Cochrane Library. Le critère primaire est l'évaluation de la qualité de la proprioception de l'enfant dyslexique. Celle-ci est objectivée par le biais des mesures du balancement postural et des mouvements oculaires. Nous relèverons également les éléments pouvant servir de leviers dans le cadre de la rééducation.

Résultats : Au terme du diagramme de flux, nous incluons dix articles qui regroupent une soixantaine d'enfants et d'adolescents. Notre revue est composée de huit études transversales observationnelles, une étude de cohorte et un essai contrôlé randomisé.

Discussion : Nous avons classé les résultats selon deux catégories : les éléments influant sur la stabilité posturale, et les pistes de rééducation masso-kinésithérapiques.

Conclusion : Une rééducation spécifique existe. Cependant, les données scientifiques restent de qualité médiocre. Il n'existe pas encore de consensus international validant un lien entre proprioception et dyslexie. Notre rééducation réside dans un parcours évolutif qui allie le remodelage du cervelet (par le biais de l'imagerie motrice), l'utilisation de mouvements oculaires guidés, le renforcement musculaire. Le format pourra se faire sous forme d'entraînement postural court ainsi que d'auto rééducation.

Mots clés : balancement postural, dyslexie, proprioception

Introduction: The aim of this review determine if there is a specific proprioception rehabilitation for a dyslexic child. Our choice is a review of the literature, listing all articles related to dyslexia and proprioception.

Material and Method: We performed a computer search from 2015 to 2020 on the databases PubMed, Science Direct, PEDro, the Cochrane Library. The primary criterion is the evaluation of the quality of proprioception of the dyslexic child. This is objectified using measurements of postural sway and eye movements. We will also note the elements which can be used as levers within the framework of the rehabilitation.

Results: At the end of the flow chart, we include ten articles that regroup about sixty children and adolescents. Our review is composed of eight observational cross-sectional studies, a cohort study and a randomized controlled trials.

Discussion: We classified the results according to two categories: the elements influencing postural stability, and the masso-kinésithérapiques rehabilitation tracks.

Conclusion: Specific rehabilitation exists. However, the scientific data remain of poor quality. There is still no international consensus validating a link between proprioception and dyslexia. Our re-education is based on an evolutionary pathway which combines remodelling of the cerebellum (through motor imagery), the use of guided eye movements, and muscle strengthening. The format can be done in the form of short postural training as well as self-education.

Keywords: postural sway, dyslexia, proprioception.

Table des matières

1. INTRODUCTION	1
1.1. Définition de la proprioception.....	3
1.1.1. Proprioception musculo-tendineuse et articulaire.	3
1.1.1.1. Les récepteurs musculaires.	4
1.1.1.2. Les récepteurs articulaires	5
1.1.1.3. Les voies nerveuses.	5
1.1.2. Proprioception vestibulaire	6
1.1.2.1. L'oreille interne	6
1.1.2.2. Les voies nerveuses.	7
1.1.3. Proprioception oculaire.....	7
1.2. Définition de la dyslexie de développement.....	8
1.2.1. Les critères d'exclusions	9
1.2.2. Les critères d'inclusions.....	9
1.2.3. Bilan du diagnostic de « DYS »	10
1.2.4. Etiologie	10
1.2.5. Scolarisation et prise en charge.....	11
1.3. Lien entre dyslexie et trouble de la proprioception.....	11
1.3.1. Anomalies cérébrales	11
1.3.2. Hypothèse Cérébello vestibulaire.....	12
1.3.3. Hypothèse Syndrome de Déficience Postural (SDP).....	13
1.3.4. Dyslexie et hétérophories verticales.....	13
1.3.5. Théorie phonologique	15
2. MATERIEL ET METHODE	16
2.1. Stratégie de recherche documentaire	16
2.1.1. Equation de recherche	17
2.1.2. Sélection des articles	17
2.2. Méthodologie de recherche.....	18
2.2.1. Critères d'éligibilités.....	18
2.2.2. Critères d'évaluation	18
2.2.3. Analyse des biais des articles retenus.....	19

3. RESULTATS	20
3.1. Articles sélectionnés	20
3.2. Extraction des données	21
3.2.1. Analyse de la population	21
3.2.2. Analyse des paramètres posturaux étudiés	23
3.2.3. Études observationnelles transversales : les mouvements oculaires et contrôle de la posture.	23
3.2.4. Étude observationnelle sur le contrôle postural des enfants dyslexiques	26
3.2.5. Études observationnelles : facteurs influençant le contrôle postural	27
3.2.6. Image motrice et adolescents dyslexiques	29
4. DISCUSSION	30
4.1. Synthèse de la recherche bibliographique	30
4.2. Éléments d'explications	31
4.2.1. Une stabilité posturale déficiente	31
4.2.2. Mouvements oculaires et stabilité posturale	32
4.2.3. Déficience cérébelleuse et repondération sensori-motrice	33
4.3. Pistes de rééducation kinésithérapiques	34
4.3.1. Une rééducation par palier de difficultés	35
4.3.2. Utilisation de l'imagerie mentale en rééducation	36
4.3.3. Un entraînement postural court	37
4.3.4. Rééducation avec mouvements oculaires guidés	38
4.3.5. Information somatosensorielle : les capteurs plantaires	39
4.3.6. Rôle de l'état émotionnel du patient	39
4.4. Biais et limites	40
4.4.1. Analyse des biais	40
4.4.2. Limites	42
4.5. Réflexions autour de ce travail	42
4.5.1. Les domaines de validité des résultats	43
4.5.2. Les apports personnels	43
5 CONCLUSION	44

Glossaire :

AP : antéro-postérieur

Atcd: Antécédent

AVC : Accident cardio-vasculaire

CdP : Centre de pression

CIM 10 : Classification internationale des maladies, 10^e révision

CSC : Canaux semi-circulaires

DD : Dyslexie développementale

D.S.M 5 : Diagnostic and statistical Manuel of mental disorders

Dys : Dyslexie

FNM : fuseaux neuromusculaires

HAS : Haute autorité de santé

MDPH : Maison départementale des personnes handicapées

ML : Médio-latéral

QI :Quotient intellectuel

QR: Quotient de Romberg

SDP : Syndrome de déficience posturale

SNC : Système nerveux central

VS: Versus

WISC-V: Echelle d'intelligence de Wechsler pour enfants et adolescents -5^{ème} édition

1. INTRODUCTION

Le terme « Dys » regroupe l'ensemble des troubles spécifiques du langage et des apprentissages (TSLA), soit « *une anomalie dans le développement cognitif de l'enfant* » selon HAS (1). Parmi les troubles des apprentissages, la dyslexie est définie, comme « *un trouble de l'identification des mots écrits* »(2). Cependant, au vu de la complexité et de l'avancée des travaux de recherche dans le domaine de la neuropsychologie, il en existe de nombreuses définitions. Cette « *difficulté d'apprentissage d'origine cérébrale atteint spécifiquement la capacité de la personne à lire. Ces individus ont un niveau de lecture significativement inférieur à celui attendu malgré une intelligence normale. Les difficultés communes aux sujets dyslexiques sont des difficultés dans le traitement phonologique (manipulation des sons), pour l'orthographe et/ou une conversion visuospatiale rapide des mots.* »(3). La dyslexie est complexe. En effet, elle présente un polymorphisme de tableaux cliniques ainsi qu'une association de comorbidités très variables d'un enfant à un autre. De nombreuses théories sur l'étiologie de cette déficience existent. C'est un véritable problème de santé publique, on trouve dans la littérature des chiffres de prévalence différents. Il existe un consensus autour de 5 à 8%(4), l'Inserm propose d'aller jusqu'à 8 à 10% en France(2). Ces variations spatiales du nombre d'enfants dyslexiques s'expliquent par la complexité syllabique et le niveau de transparence de la langue. Le français est considéré comme une langue opaque (faible correspondance entre lettres et sons).

La proprioception, c'est notre sens premier, celui qui donne du sens à nos autres sens(5). C'est un terme générique qui désigne plusieurs modalités sensorielles, la perception de la position ou du déplacement d'une partie du corps par rapport aux autres ou la perception de la position ou du déplacement du corps dans son ensemble par rapport à l'espace environnant.

Elle repose sur l'existence de fuseaux neuromusculaires qui, associés à d'autres mécanorécepteurs, permettent d'obtenir une réponse rapide lors d'un étirement musculaire, grâce au réflexe myotatique. C'est l'examen de la posture qui permet de suspecter si la proprioception est normale ou non. Son rôle est crucial dans le système postural. Elle permet de maintenir le centre de gravité dans le polygone de sustentation, que l'on soit statique ou en mouvement. En examinant les anomalies posturales d'un patient, on obtient des informations pour estimer s'il existe un dysfonctionnement proprioceptif(6). Pour le kinésithérapeute, ces observations peuvent être faites lors d'un bilan et la rééducation de ces troubles fait partie de son champ de compétence.

Depuis une dizaine d'années, des groupes de chercheurs travaillent sur le lien qui relie « l'enfant dyslexique et les troubles de la proprioception ». L'Inserm remet un rapport en juillet 2016 sur l'état des recherches scientifiques actuelles. Les conclusions valident l'efficacité du traitement proprioceptif dans la dyslexie (7). Les premiers chercheurs qui s'y intéressent proposent une nouvelle approche de la dyslexie. Elle résulterait d'un syndrome de déficience posturale. Mais cette hypothèse ne met pas tout le monde d'accord. Par exemple, pour le Dr Guez, la dyslexie serait un signe fonctionnel de la dysfonction de la proprioception. Alors que pour le Dr Quercia, la dyslexie « est une dysfonction proprioceptive, la « *Dys-proprioception* » qui provoquerait des pseudo-scotomes visuels ainsi que des anomalies du tonus musculaire et de la programmation motrice. Pour d'autres auteurs, c'est une déficience du cervelet qui provoque des troubles posturaux et d'équilibre. Le point commun à toutes ces théories c'est le lien réel entre dyslexie et proprioception.

L'objectif principal de ce mémoire est de recenser l'ensemble des articles en lien avec la dyslexie et la proprioception. Cette revue se veut ciblée afin de créer un lien entre plusieurs champs disciplinaires en incluant les données issues du champ de l'ophtalmologie, de l'orthophonie, et de la neurologie.

Deux objectifs secondaires sont définis. Le premier établit un constat relevant les éléments fondamentaux d'une rééducation des troubles de la proprioception chez l'enfant dyslexique par un kinésithérapeute. Le deuxième objectif secondaire est de proposer les grandes lignes de cette prise en charge.

Notre hypothèse principale est que la rééducation de la proprioception est un élément essentiel dans la prise en charge pluridisciplinaire d'un enfant dyslexique. De plus, cette rééducation fait partie du champ de compétence du kinésithérapeute.

Après avoir présenté l'ensemble des éléments justifiant et structurant ce raisonnement, voici la problématique :

Existe-t-il une kinésithérapie spécifique de la proprioception chez un enfant dyslexique ?

Nous partons du postulat selon lequel la recherche à continué ses avancées durant les cinq années dernières années. Cette revue de la littérature aura pour but de mettre en évidence les dernières parutions scientifiques en lien avec notre sujet afin de répondre à notre question.

Voici le cadre théorique, il définit les contours de notre sujet.

1.1. Définition de la proprioception.

La proprioception signifie littéralement « la perception de soi ». Le vocable fut introduit au début des années 1900 par Charles Scott Sherrington. C'est l'appréciation de la position, de l'équilibre et de ses modifications par le système musculaire (8). Cette définition va évoluer au cours du temps et de l'avancée des recherches. Durant la deuxième moitié du XX^e siècle, une notion supplémentaire apparaît, cette information peut être inconsciente. Elle est à l'origine du sens des positions et des mouvements des membres et du tronc. Puis, Bastian (9) introduit le terme de « kinesthèse » (kinesthésie), ce terme désigne les sensations que nous ressentons lorsque nos membres sont en mouvement. Plus récemment, le professeur Alain Berthoz donne une définition plus restreinte. Il indique que « *des récepteurs situés dans les muscles mesurent les mouvements des membres entre eux. Ils constituent la proprioception* »(10). L'école « Berthoz » propose alors de rééduquer les troubles proprioceptifs en tenant compte à la fois des informations connues, de leurs interactions et de leurs intégrations dans l'organisation gestuelle, soit la réunion des informations extéroceptives et proprioceptives comme le souligne Le Métayer dans son article(11). La définition continue d'évoluer avec JP. Roll (5). Pour lui, « *les sensibilités kinesthésiques (ou proprioceptives) ont un rôle fondateur de toute connaissance et notamment de la représentation du corps propre au travers des actions qu'il accomplit* ». L'ensemble des récepteurs sensoriels est mis à contribution dans tout le corps. On en trouve dans les yeux (récepteurs visuels), dans chaque oreille interne (récepteurs vestibulaires), dans la peau (les récepteurs cutanés), dans les articulations (les récepteurs musculo-articulaires) ainsi que dans les muscles (récepteurs musculaires).

Envisageons quels sont les mécanismes mis en jeu pour aboutir à cette sensibilité proprioceptive.

1.1.1. Proprioception musculo-tendineuse et articulaire.

La proprioception dépend d'informations provenant des propriocepteurs, comme l'a démontré Sherrington. Ces capteurs permettent la transduction d'informations mécaniques (le toucher, les vibrations, la pression, les étirements) en signaux électriques afférents. Ils répondent de façon permanente et codent la position des différentes parties du corps propre. Puis, les messages nerveux informent le système nerveux central (SNC) de l'état du corps. La proprioception est qualifiée de « sens musculaire, car les récepteurs ne sont pas inclus dans un organe bien défini, mais diffus dans tous les muscles de l'organisme »(6). Ces

récepteurs permettent la perception de la position (statesthésie) et du mouvement (kinesthésie). C. Collet (12) propose une explication claire et précise dont la suite du texte s'inspire largement, tout comme le site d'anatomie 3D de Lyon.

Commençons par décrire les mécanorécepteurs. Ils se divisent en deux groupes.

1.1.1.1. Les récepteurs musculaires.

Les récepteurs musculaires sont au nombre de deux.

Les fuseaux neuromusculaires (FNM) : ils sont présents au sein des muscles striés et sont constitués de petites structures fibreuses dont la partie centrale est entourée d'une terminaison nerveuse en spirale. Ils codent la longueur et les variations de longueur des muscles. Les FNM sont constitués par deux types de fibres. Les fibres à sac permettent la perception de l'étirement du muscle. Ce sont des récepteurs dynamiques ou phasiques. Ils donnent naissance à une fibre nerveuse de type Ia. Et les fibres à chaîne permettent la perception de la longueur du muscle c'est-à-dire la position de l'articulation ou du segment corporel dans l'espace. Ce sont des récepteurs statiques ou toniques, ils donnent naissance à une fibre nerveuse de type II.

Les récepteurs tendineux de Golgi : situés au niveau du tendon, ils sont sensibles à la force exercée par le muscle qui, en se contractant, active le récepteur de manière proportionnelle à la force développée. Ils codent les variations de tension/force, celles des muscles antigravitationnels. La fibre afférente est appelée Ib.

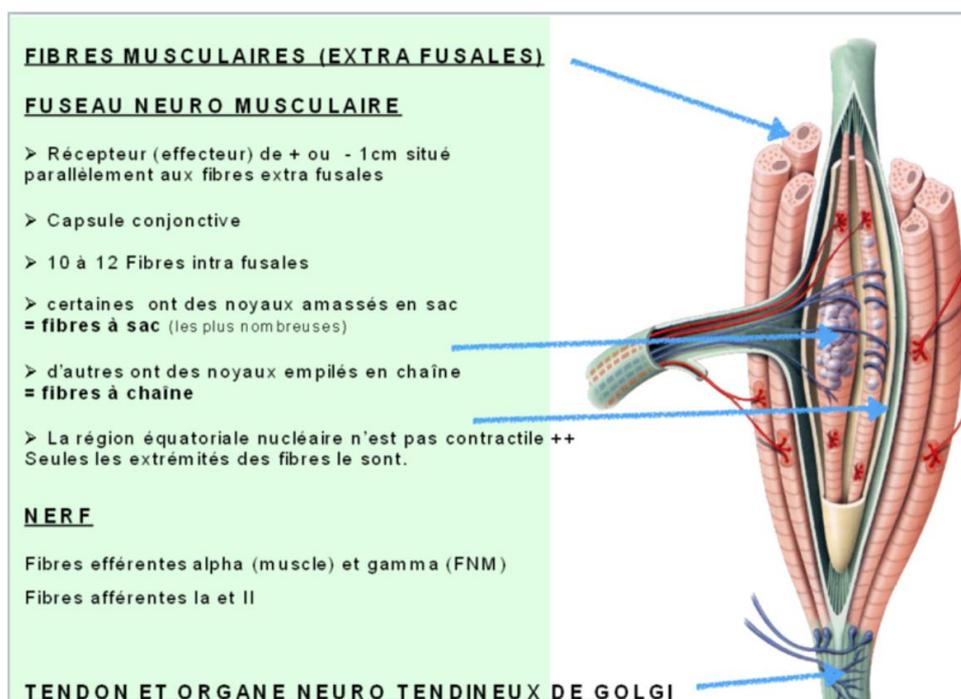


Figure 1: fuseaux neuromusculaires et organes tendineux de Golgi (source Xavier Barbier)

1.1.1.2. Les récepteurs articulaires

Les corpuscules de Ruffini sont sensibles à la position. Ils permettent de connaître l'amplitude articulaire fixe. Ce sont des récepteurs statiques ou toniques.

Les corpuscules de Pacini sont sensibles au mouvement de la capsule articulaire et des ligaments, surtout lorsque l'amplitude est maximale. Ce sont des récepteurs dynamiques ou phasiques. Pour Wang et al. (2016) ce sont les seuls récepteurs rapides, leur délai de réaction à un stimulus externe est court. Ils sont sensibles à l'accélération et à la décélération, ainsi qu'à la fin et au début d'un mouvement. Par opposition, les récepteurs lents sont sensibles aux changements de position et aux positions articulaires durant le geste (corpuscules de Ruffini, organes de Golgi et les FNM).

L'ensemble des récepteurs a donc une fonction complémentaire. Leur but est d'informer le système nerveux, à la fois, de l'état (longueur) et des changements d'état du muscle.

Ce terme générique d'après Richard D. et Orsal (13) désigne donc plusieurs modalités sensorielles. C'est la « *perception de la position ou du déplacement d'une partie du corps par rapport aux autres ; la perception de la position ou du déplacement du corps dans son ensemble par rapport à l'espace environnant* ».

1.1.1.3. Les voies nerveuses.

Les voies nerveuses permettent le lien entre les informations provenant des capteurs proprioceptifs et le SNC, le codage s'effectue par le biais des voies nerveuses sous forme de potentiel d'action. Il existe une répartition géographique des voies nerveuses.

Les récepteurs de la partie inférieure du corps donnent naissance à des nerfs qui se rejoignent dans la corne postérieure de la moelle épinière. Les informations proprioceptives passent par la voie de Goll. Les informations de la partie supérieure du corps passent par la voie de Burdach. Les voies afférentes se croisent au-dessus du tronc cérébral pour se connecter au côté controlatéral via le thalamus. Puis, les informations sont enregistrées dans l'aire pariétale primaire, en arrière du sillon de Rolando (aire 1,2 3). Plus particulièrement, les informations de la partie inférieure du corps seront enregistrées dans la partie supérieure du cortex pariétal, alors que les informations de la partie supérieure sont enregistrées dans la partie inférieure du cortex pariétal.

Nous soulignons que la proprioception a également pour vocation de réguler les réponses motrices. Ainsi, sur le plan fonctionnel, c'est un système informatif, elle constitue la partie sensorielle du contrôle moteur.

1.1.2. La proprioception vestibulaire

Vision et proprioception entretiennent une relation privilégiée. Cette relation nous donne la sensation d'habiter un corps et nous permet, à tout instant, d'interagir avec le monde qui nous entoure(14). Cette relation permet de se repérer dans l'espace lorsque les repères habituels sont perdus.

L'oreille est l'organe de la proprioception vestibulaire. Les sons sont acheminés depuis l'oreille externe jusqu'au tympan. Puis, la vibration est transmise mécaniquement à la chaîne des osselets (marteau, enclume et étrier) dans l'oreille moyenne, pour se terminer dans l'oreille interne.

Nous allons détailler les composants de la proprioception vestibulaire.

1.1.2.1. L'oreille interne

L'oreille interne comprend deux types de capteurs sensoriels placés en miroir à droite et à gauche : les capteurs auditifs et les capteurs vestibulaires.

Voyons plus en détail la composition des récepteurs vestibulaires situés dans le labyrinthe vestibulaire. Ils sont formés de trois canaux semi-circulaires (CSC) ainsi que de l'utricle et du saccule.

Les canaux semi-circulaires : ils sont placés orthogonalement dans les trois plans de l'espace. Ils ont pour rôle de détecter les accélérations angulaires de la tête dans les trois plans de l'espace. Ils permettent la perception de la rotation de la tête. Les paires de canaux (antérieur, postérieur et horizontal) droits et gauches se coordonnent pour s'activer ou s'inhiber en fonction de la position de la tête. Chaque CSC se termine par un renflement appelé ampoule. Cette ampoule est composée d'un épithélium sensoriel ou crête ampullaire qui comprend des cellules ciliées accolées aux cellules de soutien. Chaque CSC est rempli d'endolymphe. Celle-ci se déplace en sens inverse du mouvement effectué par la tête. La crête ampullaire se courbe et les cellules ciliées sont activées du côté de la rotation.

Les organes otolithiques : l'utricle, cavité orientée dans le plan horizontal. Elle est spécialisée dans la détection des accélérations linéaires. La cavité ou macula est composée de cellules ciliées. Chaque cellule a une orientation différente, cela permet d'obtenir un codage très précis de la direction de l'accélération de la tête. Au-dessus de chaque cellule ciliée, il existe des cils sensitifs recouverts d'une membrane gélatineuse

sur laquelle reposent des otolithes (concrétions calcaires). Il existe deux types de cils sensitifs, les stéréocils (courts) et les kinocils (longs). L'inclinaison de la tête active les cellules qui s'inclinent du côté du kinocil et inhibent le stéréocil. Lorsque la vitesse est constante, les cellules ciliées sont dans la même position qu'au repos d'où la notion de sensibilité à l'accélération ou à la décélération. Le deuxième organe otolithique est le saccule ; c'est une cavité dont la macula est verticale. Les cils sont inclinés vers le bas du fait de la pesanteur. Les cils détectent les mouvements verticaux, par exemple, un saut inclinera davantage les cils des cellules ciliées vers le bas. Ce sont les cellules qui sont à l'origine de la transduction des déplacements en potentiels d'action. C'est là que naît l'information vestibulaire.

1.1.2.2. Les voies nerveuses.

Les cellules ciliées de chaque partie de l'oreille interne codent les mouvements perçus. On sait qu'une inclinaison du côté du kinocil augmente la fréquence de décharge de la cellule réceptrice. L'ensemble des récepteurs vestibulaires donne naissance à des fibres sensibles afférentes formant le nerf vestibulaire. Les corps cellulaires se regroupent et forment le ganglion vestibulaire ou de Scarpa. Les fibres nerveuses gagnent le tronc cérébral en passant par le noyau vestibulaire. Les informations arrivant aux parties inférieure, médiane et latérale du noyau vestibulaire entrent dans des organisations qui régulent la posture. Les autres font relais dans la partie supérieure du noyau vestibulaire et cheminent vers le thalamus puis le cortex cérébral. Ce sont ces fibres qui permettent la perception de la position et des mouvements de la tête.

Les informations vestibulaires seront traitées au niveau du cortex pariétal et du cortex insulaire. Les centres nerveux synthétisent alors l'ensemble des activations et inhibitions reçues. C'est ainsi que la perception des mouvements de la tête dans les trois plans de l'espace est possible.

1.1.3. Proprioception oculaire

Le système postural fait également appel aux capteurs oculaires. Les réactions posturales dépendent des variations de contrastes et de mouvements perçus par la rétine périphérique.

Il existe des récepteurs proprioceptifs dans les muscles oculomoteurs. Ces récepteurs se prolongent par les nerfs oculomoteurs, puis le nerf trijumeau jusqu'au noyau mésencéphalique. Ils se projettent sur le thalamus jusqu'au cortex somatosensoriel. Ce système complète le système vestibulaire dont le colliculus supérieur est une « centrale ».

En effet, le colliculus supérieur contrôle la direction des saccades oculaires en fonction de la représentation de l'espace environnant. Ce système repose sur la voie magnocellulaire rétinienne.

Les travaux de Sparling et al. suggèrent que le trouble visuel perceptif de l'enfant dyslexique peut être lié à une exclusion du bruit de fond visuel, dont dépend également la qualité des réactions posturales(15).

En conclusion, la proprioception est une composante sensorielle du système postural. Il n'existe pas un système, mais des systèmes qui régissent la posture. Le système est appelé « système postural d'aplomb », il permet à l'homme de se tenir en position érigée, de lutter contre la pesanteur, de rester stable par rapport à un environnement qui peut être mobile ou dans lequel il peut bouger. La stabilité posturale chez l'homme dépend de l'intégration des entrées sensorielles convergentes des systèmes vestibulaires, visuel et proprioceptif(16).

1.2. Définition de la dyslexie de développement

La dyslexie est décrite dans la Classification internationale des maladies et dans le Manuel diagnostique et statistique des troubles mentaux (DSM-5), tous deux utilisés par les médecins comme outils pour diagnostiquer des conditions cliniques ou des maladies. Cependant, proposer une définition unique de la dyslexie de développement est impossible, car c'est une pathologie complexe dont l'étiologie fait encore débat. Selon la CIM-10 (Organisation Mondiale de la Santé, 2001), la dyslexie de développement se caractérise par « une altération spécifique et significative de l'acquisition de la lecture, non imputable exclusivement à un âge mental bas, à des troubles de l'acuité visuelle ou à une scolarisation inadéquate. Les capacités de compréhension de la lecture, la reconnaissance des mots, la lecture orale et les performances dans les tâches nécessitant la lecture, peuvent toutes être atteintes. Le trouble spécifique de la lecture s'accompagne fréquemment de difficultés en orthographe, persistant souvent à l'adolescence, même quand l'enfant a pu faire quelques progrès en lecture. Les enfants présentant un trouble spécifique de la lecture ont souvent des antécédents de troubles de la parole ou du langage. Le trouble s'accompagne fréquemment de troubles émotionnels et de perturbations du comportement pendant l'âge scolaire. »

Voyons ensemble les critères validant ou non la présence d'un trouble des apprentissages de la lecture.

1.2.1. Les critères d'exclusions

La définition étant relativement complexe, définir des critères d'exclusion permet d'éviter la confusion entre un trouble et une difficulté.

La notion de difficultés renvoie à des causes liées au contexte (familial, scolaire, social). Il faut pouvoir dissocier un faible talent pour un domaine spécifique, dans notre cas la lecture, d'un réel trouble des apprentissages. La difficulté apparaît parfois lorsque l'enfant évolue dans un environnement sous stimulant ou défaillant, ou bien si lors de sa scolarisation, il bénéficie d'une pédagogie inadaptée. On ne parle pas alors de dyslexie, mais bien de difficulté.

Ensuite, il faut écarter la présence d'une déficience intellectuelle à l'aide d'une psychométrie. Lors des tests de WISC V réalisés sur un enfant dyslexique, on s'intéresse particulièrement à 4 épreuves (similitude, matrices, cubes et balances). Les résultats peuvent être hétérogènes sur chaque partie, mais il ne s'agit en aucun cas d'un retard mental. La passation des échelles de Wechsler permet d'éliminer un trouble cognitif global ou un trouble sensoriel.

Puis, il s'agira d'écarter un trouble du spectre de l'autisme TSA ou un trouble envahissant du développement(17).

1.2.2. Les critères d'inclusions

Ils sont au nombre de trois.

Le premier critère concerne le caractère durable du trouble. En effet, ce dernier sera stable et définitif même si cela n'empêche pas la notion d'amélioration. Lors du diagnostic, il faut qu'il soit présent depuis au moins 6 mois.

Le deuxième critère concerne l'intensité du trouble. Il s'agira d'objectiver la plainte et d'évaluer la performance dans le domaine de la plainte telle que la lecture pour la dyslexie. On évalue le niveau de lecture en testant la précision de lecture, la vitesse et la compréhension de texte. Le seuil de lecture est de -1,6 ou -2 déviation standard de la norme pour reconnaître un handicap dans un environnement donné.

Enfin, le troisième critère est la recherche des signes positifs. Ils ne sont pas toujours présents, mais attestent, lorsqu'ils le sont, du diagnostic de dyslexie. On recherchera alors des dissociations internes à un domaine cognitif, certains sous-systèmes seront déficitaires et d'autres non. On pourra également rechercher des contrastes de performances à une même tâche(17). On peut facilement associer certains facteurs avec ce trouble des apprentissages, tels que le retard de langage, les troubles de la latéralisation.

1.2.3. Bilan du diagnostic de « DYS »

Le bilan neuropsychologique est réalisé à partir des plaintes et des symptômes de l'enfant. Ce bilan est qualifié de complexe, il est en pluridisciplinarité. « *C'est une analyse fine du fonctionnement cognitif au moyen de tests normés et étalonnés en fonction de l'âge* »(18). La plupart du temps, ce sont les symptômes qui font consulter (ex : dyslexie). Le but est de rechercher le mécanisme causal au sein des fonctions cognitives. Le bilan pourra mettre en évidence des comorbidités ou autres troubles associés (association d'autres « *dys-symptômes* »)(17).

Voici les signes d'appel : l'enfant peut présenter des troubles du langage oral avant l'apprentissage de la lecture. Mais les difficultés peuvent ne se présenter qu'à l'entrée à l'école (fin CP-CE1). Parfois, c'est plus tardivement, lorsque l'enfant est en échec scolaire répété, ou bien encore, lorsque des adultes se reconnaissent dans le profil de difficulté de leur enfant. La moyenne d'âge de la première consultation est entre 4 et 8 ans.

Le diagnostic précisera le type de dyslexie développementale : soit phonologique, dite profonde, Visio-attentionnelle (de surface) ou mixte. On ne peut parler de dyslexie avant 7 ans, soit après deux ans d'apprentissage de la lecture.

1.2.4. Etiologie

L'origine de la dyslexie est inconnue. Cependant, depuis les années 2000, on peut envisager qu'il y aurait un facteur génétique. En effet, certains gènes favoriseraient une susceptibilité particulière, par leur rôle dans les aires concernées par l'apprentissage de l'écrit. L'hypothèse d'un dysfonctionnement des réseaux dédiés à la lecture dans l'hémisphère gauche est confortée par les données des IRMf. Cette idée est soulignée par la notion de sex-ratio en défaveur des garçons, ainsi que des notions de filiation.

Il faut toujours relativiser la théorie génétique avec cette notion « que dans une société sans école, la lecture donc la dyslexie n'existe pas »(18). Les souffrances néonatales récurrentes lors des bilans peuvent conduire à une souffrance cérébrale engendrant des troubles de l'apprentissage. Les troubles perceptifs visant l'oculomotricité soulignent l'existence d'une dyspraxie oculaire, ou non-latéralisation du regard.

L'équilibre psychoaffectif peut également être mentionné, souvent l'enfant a une faible confiance en lui . En temps normal, lors de l'apprentissage de la lecture les conflits psychoaffectifs sont apaisés pour laisser place à l'apprentissage scolaire. Dans ce cas présent, l'état conflictuel est maintenu et rend l'apprentissage plus aléatoire.

1.2.5. Scolarisation et prise en charge

La dyslexie est reconnue comme un handicap par la M.D.P.H et ouvre donc des droits à des rééducations et des aménagements pédagogiques pour la scolarité. Ces enfants, en situation de handicap, bénéficient d'une prise en charge scolaire déclinée par la « loi sur l'égalité des droits et des chances, la participation à la citoyenneté des personnes handicapées » du 11 février 2005. Doucement, l'école inclusive voit le jour. L'enfant est inscrit à l'école du secteur et le lien se forme entre milieu ordinaire et milieu adapté. Les enseignants sont sensibilisés par des formations spécifiques lors de leur formation initiale.

Établir un lien avec l'éducation nationale demande des adaptations qui se font au fur et à mesure. Le décret n°2005-1752 du 30 décembre 2005 encadre le projet personnalisé de scolarisation (PPS), mis en place par une équipe pluridisciplinaire. L'éducation nationale désigne un enseignant référent qui accompagnera le parcours de l'enfant, c'est le lien entre le système scolaire, la M.D.P.H et les parents. Différents aménagements scolaires seront mis en place, comme la présence d'une aide de vie scolaire (AVS), matériels pédagogiques adaptés, aménagement des programmes(18).

En conclusion, la dyslexie est « un trouble d'acquisition et/ou de maîtrise de la lecture en lien avec un déficit de la reconnaissance rapide des mots écrits. Ce trouble est sans lien avec l'histoire médicale neurologique ou psychiatrique de l'enfant qui est doté d'une intelligence normale (QI supérieur ou égal à 80). Ce trouble est sévère et durable. Bien qu'indispensables pour bâtir une rééducation ciblée et adaptée, les déficits cognitifs causaux n'entrent pas dans la définition de la dyslexie.

1.3. Lien entre dyslexie et trouble de la proprioception

Les premières observations de rapports existants entre posture et troubles d'apprentissage scolaire datent de 35 ans. L'avancée des recherches dans le domaine des neurosciences amène de nouvelles connaissances et précise les contours de pathologies jusque-là inconnues. Il serait donc intéressant de les décrire avant de réaliser notre travail de recherche.

1.3.1. Anomalies cérébrales

Deux types d'anomalies cérébrales sont observées chez l'enfant dyslexique.

Les microscopiques : La première est une malformation des neurones au niveau du relais thalamique sur les voies sensorielles. La deuxième est un dysfonctionnement du magno-système, mis en évidence par les études de Livingstone *et al* (19). Cette voie « magnocellulaire » est sensible aux informations rapides et de bas contraste. La réunion des deux provoque chez les dyslexiques, un déficit de discrimination des informations rapides présentées dans toutes les modalités sensorielles.

La macroscopique : La symétrie du planum temporale (structure péri sylvienne formant la face supérieure de l'aire de Wernicke) a été mise en évidence par les travaux de monsieur Galaburda.

1.3.2. Hypothèse Cérébello vestibulaire

Quelle est la place du cervelet dans la régulation du système postural ? C'est le maillon qui fait le lien entre posture, proprioception et dyslexie. Le cervelet est le centre de régulation du système postural. En effet, il reçoit l'ensemble des afférences sensorielles de toutes les modalités sensorielles y compris proprioceptives. Il a un rôle majeur dans le maintien du tonus musculaire, la coordination du mouvement et la mise en place des automatismes. Le cervelet compare le mouvement prédit et le mouvement réalisé, qui mènera à l'automatisation du mouvement. Cette automatisation ne sera possible qu'en l'absence d'erreur entre mouvement prédit et mouvement réalisé.

Des chercheurs s'intéressent plus précisément aux interactions entre posture et cervelet. En imagerie, le cervelet est actionné pour des tâches nécessitant l'utilisation du langage, en lecture, et lors de travaux de mémoire verbale. Il est activé également lorsqu'un dyslexique apprend une tâche ou exécute une tâche automatisée. La double tâche est difficilement réalisable, ainsi que son automatisation (motrice ou à fort contenu cognitif).

Nicolson *et al* remarquent également une anomalie de la taille et de la morphologie des cellules cérébelleuses, ainsi qu'une connexion particulière entre cervelet et aire du langage de Broca (20).

De plus, Levinston observe chez ses clients dyslexiques le syndrome suivant : anomalies aux examens électronystagmographiques, test de Romberg unipodal positif, symptôme cérébelleux à l'examen neurologique, seuil bas de fusion sur le test « Blurring speed ». Il formule la théorie sur l'origine cérébelleuse vestibulaire de la dyslexie (21). Tous ces éléments sont à confirmer et à explorer, ils conduisent à de vastes pistes de recherches.

1.3.3. Hypothèse Syndrome de Déficience Postural (SDP)

C'est la proprioception oculaire qui est au cœur de la définition du SDP. La première évocation possible entre proprioception et trouble de la lecture apparait avec Martins da Cunha. Le SDP surviendrait lorsque les centres de régulation ne parviennent pas à réaliser une « synthèse congruente des informations reçues par les différents capteurs proprioceptifs ». On peut comparer ce syndrome à un « conflit d'information au niveau de l'intégration cérébrale »(6). Ce conflit se traduit par « une altération de l'équilibre tonique, oculaire et posturale et une partie de leur symptomatologie est liée à un déficit qui semble affecter également le système d'information proprioceptive et le système d'information visuelle »(22). Il observe une attitude corporelle stéréotypée, scoliotique, une hypertonie musculaire paravertébrale et thoracique asymétrique ainsi qu'un appui plantaire asymétrique dominé par une déviation du regard à droite et à gauche.

Il faut dépister l'occurrence du SDP chez le sujet dyslexique. La fréquence de 100% de signes cliniques de SDP chez 60 enfants dyslexiques laisse supposer une association entre ces deux pathologies (23). Cette notion sous-tend l'intégration des ophtalmologistes dans la prise en charge du dyslexique afin de proposer des corrections avec des prismes.

1.3.4. Dyslexie et hétérophories verticales

Le but est de mettre en évidence le poids de cette entrée déficiente du système postural dans la dyslexie et à évaluer les modifications qu'entraîne son traitement, c'est le cas pour la recherche des Hétérophories Verticales ; C'est un moyen simple pour détecter et orienter le traitement de certaines entrées du système postural pouvant entretenir un SDP.

Éric Matheron, kinésithérapeute, rédige une thèse sur l'incidence des phories verticales sur le contrôle postural en vision binoculaire. Il souhaite objectiver le lien entre phories verticales, équilibre postural et stabilité posturale. Ceci afin de mieux appréhender les mécanismes et les interactions complexes entre oculomotricité, vision et contrôle postural. L'hétérophorie est une déviation latente entre les deux yeux dans le plan vertical, soit le placement d'un œil par rapport à l'autre. Elle apparait lorsque l'on dissocie les images rétiniennes, et n'est donc pas présente en vision binoculaire « anomalies mineures qui peut être le signe somatosensoriels/proprioceptif requis dans le contrôle de l'équilibre en position debout. Les phories verticales pourraient indiquer la capacité du SNC à intégrer de façon optimale les signaux proprioceptifs ».

Hétérophories Verticales

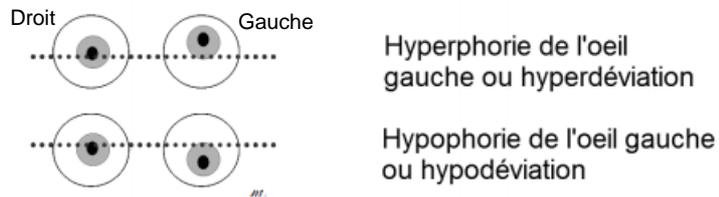


Figure 2: hétérophories verticales

Cette HV est repérée par le test de Maddox ; c'est un test qualitatif subjectif qui permet d'interrompre la fusion sensorielle. Il utilise la baguette de Maddox, soit une baguette comportant une série d'hémicylindres transparents rouges placés en parallèle. Le patient observe un point lumineux au travers, perçu comme une ligne rouge, perpendiculaire à la direction des hémicylindres. Lorsque la ligne n'est pas exactement alignée avec le point, on parle de HV. La puissance du prisme utilisé pour rétablir l'alignement indique la mesure de la déviation. On peut mettre en évidence une dysfonction de l'intégration neurologique centrale des afférences sensibles et/ou sensorielles, une dysrégulation sensorimotrice lors du contrôle de la posture, de l'équilibre et du mouvement. Le médecin généraliste orientera vers une rééducation spécifique avec un orthoptiste.

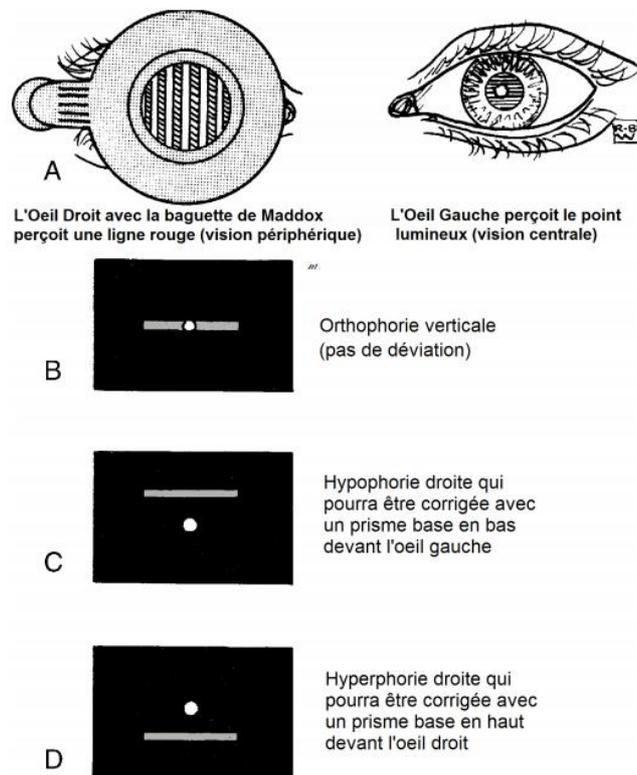


Figure 3: test de Maddox (baguette appliquée sur l'œil droit)

Ce test peut être utilisé comme un élément clinique d'appréciation de la qualité de la proprioception oculaire.

1.3.5. Théorie phonologique

On emploie le terme de conscience phonologique pour désigner un ensemble de phénomènes qui surviennent de manière automatique et inconsciente lors de l'apprentissage de la lecture. C'est un précurseur indispensable à l'apprentissage de la lecture. Il se révèle également comme un marqueur de trouble de l'apprentissage. Il s'explique par un défaut d'activation d'un ensemble de régions hémisphériques gauches superposables à l'aire corticale du langage. En effet, la lecture suppose une conversion entre informations visuelles et phonologiques.

Les capacités phonologiques font partie des prérequis pour l'apprentissage de la lecture. On convertit une unité de l'écrit (graphème) en une unité de l'oral (phonème).

La théorie phonologique décrit une atteinte au niveau de la mémoire phonologique, ou de la conscience phonologique ou des traitements des variations acoustiques brèves. Cette action se fait au niveau du gyrus supramarginal de la région temporo-pariétale. Grâce à l'étude par IRMf, chez l'enfant Dys, les informations phonologiques seraient traitées de façon marginale. Les progrès en IRMf montrent des anomalies avant l'âge de l'apprentissage de la lecture, soit un rôle causal plutôt qu'une conséquence. En résumé, il existerait un défaut de connectivité entre les différentes zones cérébrales impliquées dans la lecture.

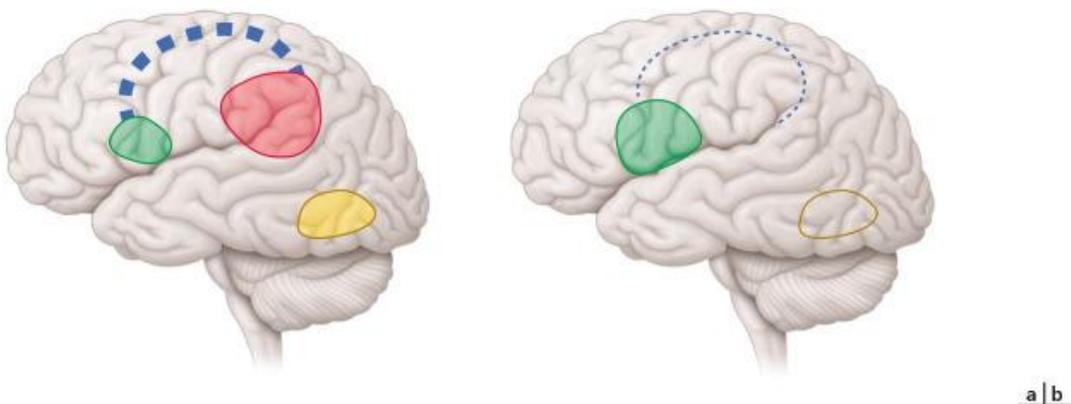


Figure 4: activation corticales de l'hémisphère gauche lors de la lecture de mots chez un sujet dyslexique(a) et chez un sujet témoin(b) d'après Demonet et al (24) et Richlan et al (25). En jaune, aire de la forme visuelle des mots, en vert cortex aire de Broca, en rouge carrefour temporo-pariétal, en pointillé, trajet sous-cortical du faisceau arqué (sous-développé chez les dyslexiques).

Le lien entre la dyslexie et les troubles de la proprioception est établi. Les auteurs comme Da Cunha, Da Silva, DR Quercia ou Marino l'ont baptisée « Dysproprioception ».

Elle se compose d'une triade qui regroupe un trouble de l'intégration multisensorielle, un trouble de la localisation spatiale (HV) et un trouble du tonus musculaire.

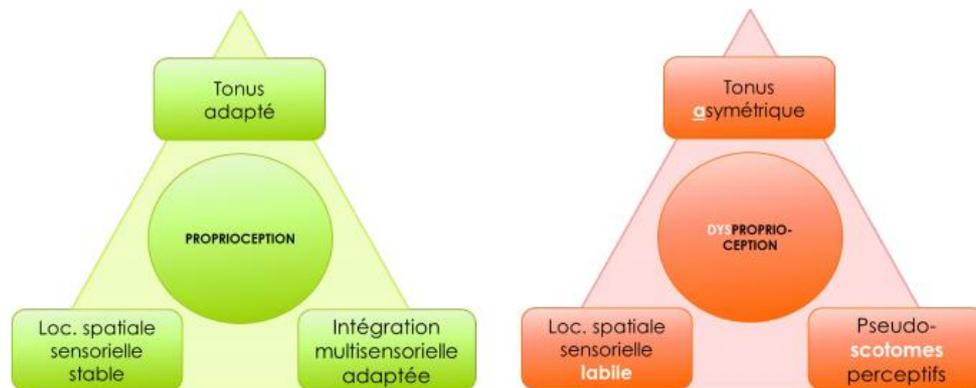


Figure 5: la dysproprioception ,auteur : Dr Luc -Marie Virlet, médecin, PhD Student université de Lille SCALab -UMR CRS 9193, 8 octobre 2020

2. MATERIEL ET METHODE

Cette revue de la littérature a été réalisée en s'appuyant sur les lignes directrices PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses guidelines) en version traduite en français par M. Gedda.

C'est une revue qui se veut courte, ciblée sur les 5 années antérieures et dont le nombre de mots clés est limité. Elle se veut également intégrative, dans le sens où elle s'attache à trouver les idées et concepts communs afin de trouver une/des réponse(s) à la question de recherche.

2.1.Stratégie de recherche documentaire

Une première recherche bibliographique, non datée et précurseur à notre travail, est réalisée afin de se familiariser avec la définition de l'enfant dyslexique et d'affiner nos connaissances sur la notion de proprioception. Le choix des mots de recherche doit être pertinent et en lien avec le sujet. Les deux mots de recherche choisis pour notre revue de la littérature sont « dyslexie » et « proprioception ». Ils sont entrés dans les bases de données PubMed, Pedro, Science Direct, Cochrane Library, Google Scholar, Kiné doc.

Cette première recherche nous permet d'enregistrer les articles sur le logiciel Zotero. Nous utiliserons plusieurs de ces articles pour rédiger notre introduction.

2.1.1. Equation de recherche

Nous effectuons une recherche avancée afin de mieux cibler les études retenues pour notre revue de la littérature. Nous réinterrogeons l'ensemble des bases de données : MEDLINE via l'interface PubMed, PEDro, et Embase via l'interface sciences direct. Ces trois bases de recherche proposent la lecture des articles scientifiques dont l'accès aux résumés est gratuit. Pour cette recherche plus spécifique, il s'agit de rédiger une équation de recherche. Celle-ci peut être différente en fonction des interfaces interrogées.

Voici le processus détaillé sur l'interface PubMed pour aboutir à notre équation de recherche. Nous réalisons une recherche élargie au moyen du thésaurus Médical Subjects heading (MeSH). L'utilisation du site HeTOP permet à partir de mot français de trouver la concordance en anglais et le terme MeSH associé. Ce terme MeSH est à privilégier, les mots-clés sont classés hiérarchiquement entre eux. Les termes retenus sont « dyslex* » et « proprioception ». Le choix de la troncature permet d'élargir notre recherche en remplaçant une ou plusieurs lettres du mot. Puis, chaque terme MeSH est connecté avec des articles booléens. Lorsque la recherche des revues indexées n'est pas suffisante avec le terme MeSH, on ajoute à l'équation de recherche les mots contenus dans le titre ou le résumé.

L'équation de recherche est la suivante :

```
("proprioception"[MeSH Terms] OR "proprioception*"[Title/Abstract] OR "postural
contrôle"[Title/Abstract]) AND ("dyslex*"[MeSH Terms] OR "dyslexic children"[Title/Abstract]))
AND (y_5[Filter])
```

Nous obtenons un résultat de 8 revues indexées. Les autres équations de recherche utilisées pour les autres bases de données sont disponibles en annexe I.

Au total, nous obtenons 35 références scientifiques correspondant à notre thème de recherche.

2.1.2. Sélection des articles

Après une recherche sur l'ensemble des interfaces, nous obtenons un nombre suffisant d'articles correspondant à la question de recherche. Ces 35 résultats sont enregistrés pour notre sélection. Nous n'obtenons pas de résultats sur la base PeDro.

Au final, nous retenons 10 articles à inclure dans notre revue de la littérature. La sélection commence avec la lecture des titres. Les articles dont le titre ne correspond pas à notre recherche sont exclus, les doublons sont supprimés.

Puis, une lecture du résumé affine notre recherche et permet d'exclure les articles hors sujet. Enfin si un doute subsiste, on regarde si les critères d'éligibilité (inclusion ou

exclusion) sont en correspondance avec notre méthodologie. Sur les 10 références sélectionnées : 1 essai contrôlé randomisé, 1 étude pilote et 8 études transversales observationnelles. Les études transversales observationnelles correspondent à une image de la population étudiée à un instant t. Elles permettent d'avoir une bonne vision de la reproductibilité des résultats observés sur une plus large population.

2.2 Méthodologie de recherche

Notre recherche s'étale sur 4 mois, de septembre à décembre 2020. Elle se poursuit par une veille littéraire qui permet de garder les connaissances à jour.

2.2.1 Critères d'éligibilités

Voici les critères d'inclusion :

La population cible correspond à celle sur laquelle on souhaite faire l'analyse. Il s'agit d'enfant dont le diagnostic de dyslexie est posé.

Le critère d'âge retenu regroupe les populations de 6 à 19 ans. On choisit le terme MeSH « enfant » ou « child » (6 à 12 ans) et « adulte jeune » ou « young adult » (19 à 23 ans).

Les enfants dyslexiques sont comparés à un groupe d'enfant normo lecteurs.

Les études sont rédigées en français ou en anglais et leur date de publication est comprise entre 2015 et 2020. Nous limitons les publications aux 5 dernières années. Le choix de cette période se justifie par le fait que les données concernant ce thème sont très récentes pour réaliser une analyse finale pertinente qui puisse répondre à notre question de recherche.

Voici les critères d'exclusion :

Nous excluons les études où le groupe de patient contrôle est composé d'enfants ayant d'autres troubles des apprentissages comme la dyspraxie, la dysorthographe, ainsi que les enfants avec une déficience intellectuelle. De plus, les articles publiés avant 2015 et dans une autre langue que le français et l'anglais ne seront pas retenus ainsi que les sujets dont l'âge est supérieur à 18 ans.

2.2.2 Critères d'évaluation

Le critère d'évaluation primaire est le contrôle postural. Il permet de rendre compte de la qualité de la proprioception chez l'enfant dyslexique. Les troubles posturaux et les troubles perceptifs auditivo visuels ont une même origine, une proprioception déviante.

2.2.3 Analyse des biais des articles retenus

Notre sélection comporte 10 articles scientifiques répondant à l'ensemble des critères détaillés ci-dessus.

L'analyse des biais est faite à partir du cours de madame Buatois S. Elle est retranscrite au bas de la fiche résumée de chacune des études mises en annexe II.

Dans le cas des études transversales observationnelles, nous évaluons la qualité de la méthodologie grâce à une grille spécifique. Cette grille est subjective, car elle est réalisée selon l'appréciation personnelle de l'évaluateur. Elle est créée par le CHU de Québec, dans l'unité d'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (UETMIS). On obtient deux qualificatifs une fois la grille finie. Premier qualificatif : satisfaisante « l'étude répond à la plupart des critères de qualité. Pour les critères auxquels l'étude ne répond pas ou pour lesquels il manque de l'information, il paraît peu probable que les conclusions de l'étude en soient affectées ». Deuxième qualificatif : insatisfaisante « l'étude ne répond à peu de critères de qualité. En conséquence, les conclusions de l'étude sont questionnables. » Cette analyse se trouve en annexe III.

Dans le cas de l'essai contrôlé randomisé, c'est la grille d'évaluation des articles de causalité de HAS qui est choisie.

Nous définissons pour chaque référence, une gradation de Has ainsi qu'un niveau de preuve, selon l'arbre décisionnel de Has. Ces deux éléments sont inscrits dans la première partie de la fiche résumée des articles (annexe II).

3 RESULTATS

3.1. Articles sélectionnés

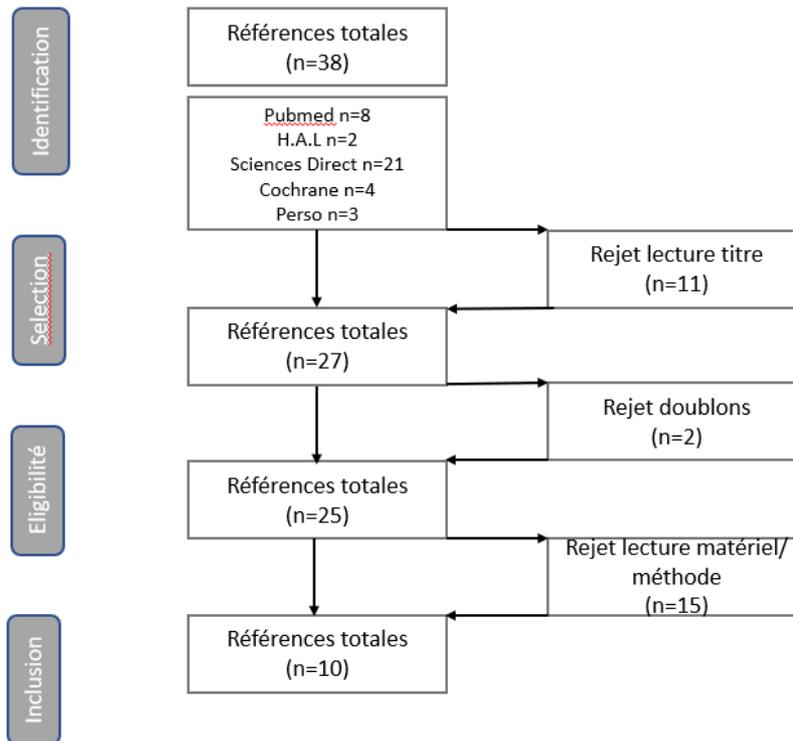


Figure 6: diagramme de flux

La sélection finale est détaillée sur le diagramme de flux (fig.6).

Au départ, 35 articles proviennent des bases de recherche (PubMed, Cochrane, sciences Direct, HAL). Une première sélection par une lecture du titre des articles permet de conserver 27 références. Puis, l'élimination des doublons élimine 2 références supplémentaires. Enfin, une lecture plus approfondie du matériel et méthode permet de sélectionner 10 références finales.

Après application des différents filtres, il reste 10 articles. Parmi ces 10 articles, 3 d'entre eux sont issus du fruit de recherches personnelles (trouvées lors des premières recherches sur le net).

Voici les 10 études sélectionnées pour cette revue de la littérature.

Tableau 1 : Liste des références sélectionnées

Auteur	Titre	Année
Goulème et al	Influence of both cutaneous input from the foot soles and visual information on the control of postural stability in dyslexic children	2017
	Spatial and temporal analysis of postural control in dyslexic children	2015
	Postural control in dyslexic children: effects of emotional stimuli in a dual task environnement	2017
	The effect of training on postural control in dyslexic children	2015
Razuk et al	Eye movement and postural sway in dyslexic children during sitting and standing	2018
	Eye movement and postural control in dyslexic children performing different visual task	2018
	Dyslexic children need more robust information to resolve conflicting sensory situations	2020
Barelaa et al	Visually guided eye movements reduce postural sway in dyslexic children	2020
Patti et al	Evaluation of podalic support and monitoring of balance control in children with and without dyslexia: a pilot study	2020
Van de Walle de Ghelcke	Action representation deficits in adolescents with developmental dyslexia	2020

3.2. Extraction des données

3.2.1. Analyse de la population

Dans notre partie méthodologie, nous avons émis des critères spécifiques stricts d'inclusion et d'exclusion concernant les enfants dyslexiques. Nous les retrouvons en étudiant les caractéristiques de la population retenue dans les 10 articles. Au total, 404 enfants sont recrutés sur la totalité des articles.

En analysant la population sélectionnée, nous pouvons mettre en avant certains éléments. Cette population est relativement homogène. Lorsque nous observons la répartition de l'âge moyen entre les enfants dyslexiques et les normo lecteurs sur le graphique I, nous voyons qu'il existe peu de différences entre chacune. L'âge moyen est compris entre 9 et 14 ans avec de faibles écarts-types. Nous notons le choix d'adolescent dans l'article de Van De Walle de Ghelcke et al lorsque le but est d'étudier l'imagerie motrice.

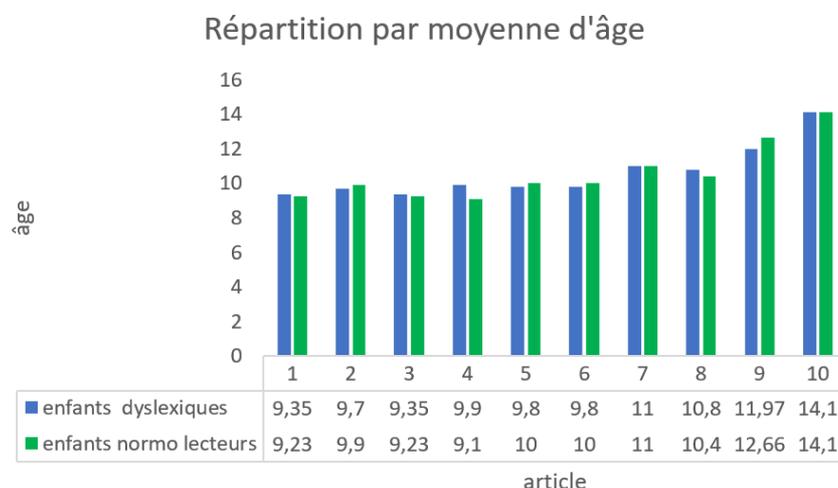


Figure 7: répartition des enfants dyslexiques pour chaque étude par moyenne d'âge

Nous pouvons également souligner une répartition du sexe-ratio qui est en accord avec les données retrouvées dans la littérature. Cette supériorité masculine dans le recrutement des enfants dyslexiques est en corrélation avec la prédominance du sexe masculin dans le diagnostic de la dyslexie. La répartition est illustrée dans la figure ci-dessous. Elle est réalisée à partir des données de 4 des références sélectionnées.

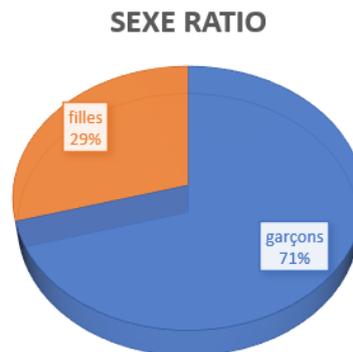


Figure 8: répartition par âge de la population d'enfants dyslexiques

La dyslexie se définit par des critères objectifs. On retrouve une homogénéité des critères d'inclusion de l'enfant. Le score à la L2MA varie entre +2 et 1.5 écart-type inférieur à la moyenne. Le quotient intellectuel est compris entre 85 et 115 selon le WISC-IV (ce n'est pas encore le WISC V). L'acuité visuelle est de 20/20. Les enfants n'ont pas d'anomalies orthopédiques et ne sont pas en cours de traitement médicamenteux. Cependant, dans l'article de Barelaa et al, on ne sait pas quelles sont les normes définies par l'association brésilienne de la dyslexie, tout comme l'article de Patti et al ou les critères de dyslexie ne sont pas spécifiés, mais sont certifiés par le gouvernement italien.

Il y a peu de critères d'exclusions précisés dans l'ensemble des articles. L'acuité visuelle doit être bonne, et l'enfant ne doit pas avoir de déficit neurologique. Van De Walle de Gheckle et al précisent que les troubles de l'attention, de la motricité, du langage, ou le déficit intellectuel sont exclus.

Nous préciserons que la méthode d'échantillonnage est unicentrique pour 7 articles sur dix, les enfants dyslexiques sont recrutés dans un seul centre hospitalier (biais d'admission lorsqu'il s'agit d'un centre hospitalier). Pour les trois autres études (Razuk et al 2020, Barella et al., Van. De Walle et al. 2020), la sélection est effectuée respectivement par l'association brésilienne de dyslexie, des écoles de Palerme et des lycées belges francophones.

3.2.2. Analyse des paramètres posturaux étudiés

Les enregistrements Stabilo métriques sont précis et bien détaillés pour l'ensemble des références. Cette précision minimise le risque de biais entre deux mesures ou entre deux sujets. Cela évite que les conditions d'enregistrement varient d'une étude à une autre, alors que notre but est de les comparer. Les fréquences d'échantillonnage sont spécifiées, ainsi que la position des pieds sur la plateforme, la distance des yeux par rapport à l'objectif. Les consignes sont clairement définies dans les protocoles. L'environnement visuel varie en fonction du paramètre que l'auteur souhaite étudier.

Voyons maintenant l'ensemble des références sélectionnées.

3.2.3. Études observationnelles transversales : les mouvements oculaires et contrôle de la posture.

Quatre articles font un focus sur l'étude des mouvements oculaires et la balance posturale.

Le premier article, écrit par Razuk et al. en 2018 se nomme « mouvement oculaire et balancement postural chez les enfants dyslexiques en position assise et debout »(26). L'objectif de l'étude est d'examiner l'interaction entre les mouvements oculaires et la performance du contrôle postural chez les enfants dyslexiques en lisant un texte ou en effectuant une tâche de lecture Landolt en position assise et debout. L'analyse permet d'observer la performance des mouvements oculaires et du contrôle postural. Les principaux résultats soulignent une lecture plus lente pour le groupe d'enfants dyslexiques significatif ($p < 0,01$), ainsi que de la tâche visuelle (Landolt $p < 0,01$). En analyse post-hoc, la durée de fixation est plus longue pour les enfants dyslexiques dans la tâche de lecture ainsi que dans la position assise. Les enfants dyslexiques effectuent des plus petites saccades dans les deux tâches visuelles ($p < 0,01$). Dans les conditions de contrôle postural debout sur la plateforme instable, les enfants dyslexiques ont une surface du centre de pression (CdP) plus grande ($p < 0,01$) avec une interaction significative entre le groupe et la tâche de vision ($p < 0,05$). En analyse post-hoc, la zone de CdP est plus grande pour les enfants dyslexiques dans les deux tâches visuelles avec une différence encore plus marquée dans la tâche de lecture Landolt. Les résultats clés apportent des preuves supplémentaires de l'altération des mouvements oculaires des enfants dyslexiques dans la tâche de lecture. Et les enfants dyslexiques ont également besoin d'une fixation plus longue pour lire un texte ce qui nuit aux

performances de lecture. Enfin, ils sont plus instables indépendamment de la tâche. La performance posturale n'est pas liée aux exigences lexicales et sémantiques. La tâche de lecture Landolt altère la qualité posturale chez l'enfant dyslexique.

Les auteurs soulignent la faible importance de l'échantillon de la population ainsi que le manque de comparaison directe des performances de contrôle postural en position assise et debout.(26)

Le deuxième article est écrit par Razuk et al. également en 2018, « mouvements oculaires et contrôle postural des enfants dyslexiques effectuant différentes tâches visuelles »(27). L'objectif de l'étude est d'examiner les mouvements oculaires et la performance du contrôle postural chez les enfants dyslexiques lors de la lecture d'un texte et lors de la tâche de lecture Landolt. Les deux critères principaux sont la performance de lecture/les mouvements oculaires et la performance du contrôle postural. Les résultats montrent que les enfants dyslexiques mettent plus de temps à lire un texte, ce n'est pas le cas dans la tâche de lecture Landolt. Les stratégies visuelles des enfants dyslexiques sont différentes. Pour la lecture, la durée de fixation est plus longue, il y a plus de pro-saccades et les amplitudes sont plus petites. Dans la tâche de lecture Landolt, ils font plus de pro et rétro-saccades pour avancer et repositionner les yeux en recherche visuelle. Les enfants dyslexiques ont une performance posturale affaiblie dans une tâche non familière. Les difficultés de lecture chez les enfants dyslexiques ne sont pas observées dans les tâches visuelles qui ne nécessitent pas de traitement sémantique et lexical. Les performances sont améliorées dans les tâches de lecture grâce à différentes stratégies des mouvements oculaires. Les mauvaises performances du contrôle postural chez les enfants dyslexiques ne semblent pas liées à une exigence sémantique ou lexicale. Cette étude souligne l'intérêt d'enregistrer simultanément les mouvements des yeux et le contrôle postural pour découvrir les différents mécanismes sous-jacents à la lecture et au contrôle postural(27).

Le troisième article est écrit par Barelaa *et al.* en 2020, « les mouvements oculaires guidés visuellement réduisent le balancement postural chez les enfants dyslexiques »(28). L'objectif de l'étude est d'examiner l'effet des mouvements oculaires guidés sur la performance du contrôle postural et d'observer les mouvements oculaires des enfants dyslexiques en position debout. L'hypothèse formulée est que les enfants dyslexiques pourraient utiliser les mouvements oculaires guidés pour réduire l'ampleur du balancement postural et qu'ils utiliseraient un nombre plus élevé de fixations et de saccades par rapport aux enfants non dyslexiques. Les critères de jugements principaux sont l'amplitude moyenne

du balancement corporel et la fréquence de ce balancement. Les résultats clés montrent que les enfants dyslexiques utilisent des mouvements oculaires guidés pour améliorer et réduire leur amplitude de balancement dans la direction antéro-postérieure par rapport à la condition de fixation. En revanche, il n'existe pas de différence entre les deux groupes dans la réduction de l'amplitude du balancement corporel dans la direction antéro-postérieure quand les mouvements oculaires sont guidés. Les informations posturales acquises sont utilisées pour améliorer la dynamique du contrôle postural. On sait alors que les mouvements oculaires guidés fournissent des signaux sensoriels supplémentaires pour le système nerveux central. Les enfants dyslexiques ont moins besoin de corriger le balancement corporel. Les enfants dyslexiques se balancent avec une plus grande amplitude dans les conditions de fixation et mouvement oculaire guidés que les enfants non dyslexiques. Les deux groupes d'enfants ont réduit l'amplitude du balancement postural sous la condition guidée versus la condition de fixation. Tous les enfants ont pu moduler leurs mouvements oculaires et aucune différence n'est observée entre les 2 groupes. Les enfants dyslexiques sont capables d'utiliser les informations visuelles disponibles pendant les mouvements oculaires pour améliorer leur contrôle postural. Et les schémas de mouvements oculaires des enfants dyslexiques ne semblent pas liés à une mauvaise performance du contrôle postural(28).

Le quatrième article est une étude observationnelle transversale réalisée par Goulème et al., en 2017 (29). Elle se nomme « contrôle postural chez les enfants dyslexiques : effets des stimuli émotionnels dans un environnement à double tâche ». L'objectif de cette étude est de comparer les stratégies visuelles lors d'une tâche de contrôle postural chez des participants avec et sans dyslexie en prenant comme hypothèse de départ que cette exploration visuelle est différente selon le type d'émotion sur le visage exploré. De plus, l'enfant dyslexique qui effectue une tâche simultanée peut moduler son contrôle postural, en diminuant ou en augmentant ses performances de stabilité posturale. Le critère principal est la mesure du contrôle postural et des mouvements oculaires. Les résultats clés sont : le contrôle postural est plus variable chez les enfants dyslexiques avec une surface du CdP augmentée surtout lors de la tâche de la reconnaissance du visage en colère. Les schémas d'explorations visuelles des visages sont différents pour les 2 groupes. La précision et l'identification émotionnelle du visage sont plus faibles chez les enfants dyslexiques surtout lorsqu'il s'agit d'identifier une émotion désagréable. En effet, le visage en colère exige une attention supplémentaire considérée comme un travail en double tâche, cette attention supplémentaire induit une plus grande emprise posturale comparativement aux

autres visages émotionnels. Les résultats suggèrent un lien fort entre mouvement des yeux et processus émotionnel, qui demande des recherches approfondies(29).

3.2.4. Étude observationnelle sur le contrôle postural des enfants dyslexiques.

Deux études proposent une analyse du contrôle postural des enfants dyslexiques.

La première étude est une étude transversale observationnelle de Gouleme *et al.*, datant de 2015. C'est une « analyse spatiale et temporelle du contrôle postural chez les enfants dyslexiques »(30). L'objectif de l'étude est d'examiner le contrôle postural des enfants dyslexiques en utilisant à la fois l'analyse spatiale et temporelle dans différentes conditions (yeux ouverts et yeux fermés) sur plateforme stable et instable. Les hypothèses de départ soulignent que les déficits posturaux des enfants dyslexiques pourraient être mieux compris par une analyse temporelle en donnant un aperçu des différents types d'informations sensorielles utilisées pour le contrôle de la posture. Le critère de jugement principal est la performance posturale. Les résultats clés montrent une faible stabilité posturale de l'enfant dyslexique lors de l'analyse spatiale et temporelle. Pour les deux groupes, le contrôle postural dépend de l'état et s'améliore les yeux ouverts sur plateforme stable. Les enfants dyslexiques ont un indice de puissance spectrale plus élevé que les normo lecteur et un temps d'annulation plus court. Le mauvais contrôle postural pourrait être dû à un déficit d'utilisation des informations sensorielles probablement causé par une déficience de l'activité cérébelleuse. La fiabilité des schémas d'activation cérébrale (entrées sensorielles & cérébelleuses) peut expliquer le déficit de contrôle postural chez les enfants dyslexiques. Les auteurs proposent une ouverture vers l'entraînement postural pour développer l'adaptation cérébelleuse et accroître l'intégration des informations chez les enfants dyslexiques pour apprendre à pondérer et à intégrer les informations sensorielles.(30)

La deuxième référence est également une étude observationnelle transversale, écrite par Razuk *et al.*, en 2020. Il s'agit de « les enfants dyslexiques ont besoin d'informations plus solides pour résoudre des situations sensorielles conflictuelles ». Les objectifs de cette étude sont : comment l'expérience dans un environnement en constante évolution peut modifier la dynamique de la repondération sensori-motrice dans le contrôle postural des enfants dyslexiques ? Comment les enfants dyslexiques répondent à la manipulation des signaux visuels et somato-sensoriels indépendants et avec quelle réponse posturale ? Les auteurs

formulent deux hypothèses. La première est que les enfants dyslexiques montrent une adaptation aux changements des signaux sensoriels. La deuxième est que ces adaptations lorsqu'elles existent ne sont pas aussi calibrées que celles observées chez des enfants non dyslexiques.

L'examen systématique de la repondération sensorielle est appliqué pour découvrir la dynamique de l'intégration sensorielle chez enfant dyslexique. Le critère de jugement principal est le balancement postural. Les résultats clés indiquent que les enfants dyslexiques sont moins efficaces dans le traitement des informations multi sensorielles par rapport à des informations uniquement visuelles, les informations pouvant être altérées du fait des changements de la couche magnocellulaire. Tous les systèmes sensoriels doivent être pris en compte pour réaliser des changements comportementaux. L'importance du cervelet est soulignée pour le contrôle moteur. Les processus de perception de légers déficits peuvent entraîner des modifications motrices et sensorielles. Le constat final est que les enfants dyslexiques ont besoin de signaux sensoriels plus robustes pour améliorer leur comportement et résoudre des situations sensorielles conflictuelles afin d'améliorer leur contrôle postural(31).

3.2.5. Études observationnelles : facteurs influençant le contrôle postural.

Nous analysons les trois dernières études aux profils hétérogènes : une étude pilote, un essai contrôlé randomisé et une étude transversale observationnelle.

Le premier article est un essai contrôlé randomisé réalisé par Gouleme et al., en 2015, dont le titre est « l'effet de l'entraînement sur le contrôle postural chez les enfants dyslexiques »(32). L'objectif de cette étude est d'explorer si une courte période d'entraînement postural peut affecter la stabilité posturale chez les enfants dyslexiques. Une hypothèse de départ est formulée, l'enfant dyslexique peut compenser son déficit postural grâce à la plasticité du cervelet. C'est l'entraînement qui améliore le repesage des entrées sensorielles afin d'augmenter l'intégration somato-sensorielle et conduire à un meilleur contrôle postural. Le but est d'obtenir une amélioration des paramètres posturaux spatiaux et temporels après entraînement. Ces résultats suggéreront alors une meilleure utilisation des entrées sensorielles, et ce grâce à la plasticité du cervelet chez les enfants dyslexiques. Les résultats clés de cet essai sont qu'une courte période d'entraînement améliore le contrôle postural. L'utilisation de schémas musculaires pertinents permet d'obtenir un contrôle postural efficace (rôle du cervelet avec la plasticité cérébrale). L'entraînement permet de

meilleures performances dans le processus d'intégration sensorielle (augmentation du niveau neuronal) et d'une intégration cérébelleuse(32).

Le deuxième article est une étude pilote de Patti et al, datant de février 2020. Elle se nomme « évaluation du soutien podologique et suivi du contrôle de l'équilibre chez les enfants avec et sans dyslexie : une étude pilote ». L'objectif de cette étude est d'évaluer les adaptations du pied et de la surface podale chez les enfants dyslexiques. Puis, ils analysent les résultats sur les déficits de contrôle de l'équilibre chez des enfants dyslexiques, ainsi que les effets de la dyslexie sur les relations interpersonnelles s'ils sont liés. Le critère de jugement principal est l'étude de l'équilibre. Les résultats clés sont que les enfants dyslexiques ont une tendance au pied plat suite à un déficit musculaire. Les courbes du pied sont atténuées, ce qui a un effet sur la biomécanique de la marche et influe sur les mécanorécepteurs de la plante du pied, donc a un effet sur l'équilibre. Le groupe dyslexique est significativement plus instable donc un équilibre moindre versus les enfants normo lecteurs avec des oscillations plus importantes vers la droite. Le test d'estime de soi a montré des auto-évaluations significativement plus faibles dans le groupe expérimental vs groupe contrôle. Les auteurs soulignent qu'il n'y a pas d'explication directe du lien entre dyslexie et pied plat (=déficit moteur). La puissance de l'échantillon est limitée pour extrapoler les données, il n'est pas possible d'expliquer le schéma neurophysiologique de l'hypotonie(33).

Le troisième et dernier article écrit par Goulème et al. se nomme « l'influence de l'apport cutané de la plante du pied et des informations visuelles sur le contrôle de la stabilité posturale chez les enfants dyslexiques. Il date de 2017. L'objectif est de tester l'influence de la plante de pied et des informations visuelles sur le contrôle postural des enfants dyslexiques ainsi que le quotient de Romberg afin d'explorer plus avant le rôle des entrées sensorielles visuelles sur le contrôle postural chez les enfants dyslexiques. Le critère de jugement principal est l'étude de la stabilité posturale dans trois conditions (yeux ouverts-yeux fermés-mousse). Les résultats clés montrent que la surface, la longueur et la vitesse du CdP sont plus importantes significativement chez les enfants dyslexiques versus les normo lecteurs. La condition avec la mousse et les yeux fermés détériorent encore plus les capacités posturales. Le QR est plus petit significativement chez les enfants dyslexiques et plus élevé avec la mousse que sans. Si les entrées sensorielles sont moins informatives (YF ou mousse), l'enfant dyslexique n'est pas en mesure de compenser avec d'autres entrées sensorielles disponibles. Cela engendre une mauvaise stabilité posturale. En général, une

modification de l'apport cutané de la plante des pieds et/ou de l'information visuelle entraîne un mauvais contrôle postural chez tous les enfants, cette déficience est plus marquée chez les enfants dyslexiques (incapacité à compenser et/ou repérer le système sensoriel par intégration cérébelleuse). L'utilisation d'entrées visuelles par les enfants dyslexiques pourrait être perturbée par un changement dans l'intégration de certaines entrées sensorielles(34).

3.2.6. Image motrice et adolescents dyslexiques

C'est l'unique référence analysée sur ce sujet. Il s'agit de l'article écrit par Van De Walle de Ghelcke et al., datant d'Aout 2020. L'objectif de cette étude est d'étudier la représentation mentale chez l'adolescent atteint de dyslexie développementale vs le lecteur typique. Le critère de jugement principal est la capacité d'imagerie motrice. Les résultats clés soulignent plusieurs points.

La lenteur des mouvements de bras réels et mentaux en DD : conforme à la théorie d'un déficit d'automatisation, avec une durée plus longue lors des mouvements mentaux, ces résultats sont inédits. L'hypothèse proposée est une altération des mécanismes cognitifs responsable de la représentation mentale des actions motrices. Parallèlement à celle observée dans l'exécution des mouvements, la DD influencera la génération et la manipulation d'image mentales-visuelles.

Un déficit de représentation des actions en DD : isochronie entre temps de mouvement réels et mentaux modulée par la difficulté de la tâche, une intégration incomplète de la contrainte de la tâche (taille de la cible et vitesse du mouvement). Il existe une plus grande différence entre l'exécution du mouvement réel et mental vs lecteur normo. Cette différence indique une faiblesse spécifique de la représentation de l'action mentale renforcée par le fait que la loi de FITTS est respectée dans les mouvements réels.

Enfin, l'étude du modèle d'action interne à la DD peut expliquer les conclusions. Si les représentations internes sont biaisées ou variables, une divergence entre l'estimation de l'état et l'état réel peut apparaître (dissimilitude entre mouvements de bras réels et mentaux peut-être due au fait que les informations sensorielles de la périphérie ne sont pas disponibles pour le système moteur pendant la simulation des mouvements mentaux). Le manque d'informations empêche de vérifier si le mouvement simulé est similaire à son équivalent réel et empêche l'étalonnage des actions simulées sur la base d'informations sensorimotrices fournies par l'exécution réelle. Par conséquent, le dysfonctionnement proprioceptif général identifié dans la dyslexie pourrait être à l'origine du déficit de représentation des actions. Interaction possible entre dysfonctionnements proprioceptifs

cérébelleux et pariétaux impliqués dans la cooccurrence des déficits cognitifs et sensorimoteurs de la dyslexie(35).

4. DISCUSSION

Dans le cadre de notre discussion, nous allons mettre en avant tous les points répondant à notre problématique : existe-t-il une rééducation spécifique de la proprioception pour l'enfant dyslexique. Suite à l'étude des dix articles sélectionnés, nous pouvons proposer des pistes de rééducation de la proprioception pour l'enfant dyslexique. Dans un premier temps, une synthèse de la recherche bibliographique est résumée et dans un deuxième temps, nous pointerons les éléments d'explications qui mettent en avant des facteurs importants dans la prise en charge du déficit de proprioception de l'enfant dyslexique. Alors, nous proposerons une prise en charge thérapeutique kinésithérapique. Enfin, nous soulignerons les principaux biais et limites de notre revue de littérature.

4.1. Synthèse de la recherche bibliographique

Pour répondre à notre hypothèse de départ, nous nous sommes confrontés à un travail de recherche et avons comparé les résultats observés avec ceux de la littérature scientifique récente. Notre hypothèse semble pertinente puisque le nombre d'enfants dyslexiques représente 7 à 9% de la population, c'est donc une fréquence élevée et nos résultats pourront avoir un impact et un intérêt sur la prise en charge de la proprioception en kinésithérapie. Notre hypothèse est vraisemblable. Cependant nous avons pu remarquer que le nombre d'articles sur le sujet est restreint et devient nul si on ajoute le mot physiothérapie ou kinésithérapie à notre équation de recherche. Cela peut laisser libre champ à des travaux dans le futur. L'hypothèse est également précise. Elle intéresse spécifiquement deux groupes de recherche principalement ; Razuk et al et Goulème et al, il existe un troisième groupe de travail autour du professeur Quercia mais nous n'avons pas sélectionné d'étude sur la vergence, les articles ne correspondaient pas à nos critères d'inclusion. Cependant, les travaux du Docteur Quercia et al. permettent d'améliorer nos connaissances et font partie de notre base de travail.

Sept des dix études sont observationnelles et transversales. Ce format est pratique, car peu coûteux, et il permet de dégager une piste de travail ou de rééducation, prémices d'études de plus grande envergure. On peut donc souligner une certaine homogénéité du design des études, des protocoles, de l'âge des participants ainsi que de la définition ou des critères de sélection de la dyslexie ainsi que des critères de jugement.

Cela permet de faire une analyse comparative des unes et des autres. La progression dans les fils conducteurs amène de nouvelles hypothèses, de nouvelles pistes de recherche, de nouvelles propositions.

4.2. Éléments d'explications

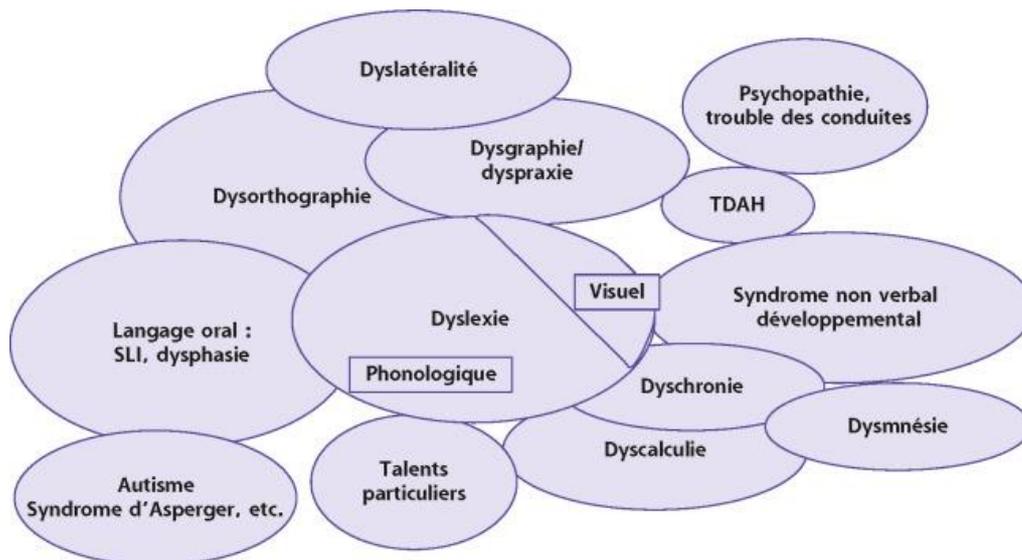


Figure 9: la constellation des « dys ».

Cette figure montre la complexité de la planète « dys ». L'ensemble des comorbidités y est représenté de manière imbriquée. Cette matérialisation de l'univers des troubles de l'apprentissage souligne l'importance de définir les limites et les paramètres sur lesquels nous pouvons agir. Lors de notre prise en charge, un bilan initial permet d'obtenir les informations générales de l'enfant, il paraît donc important de connaître s'il existe des comorbidités associées à la dyslexie afin de mieux évaluer les causes et les conséquences des troubles de la proprioception.

4.2.1. Une stabilité posturale déficiente

Mesurer les déplacements du CdP reflète le contrôle actif de l'équilibre corporel, dont les oscillations sont permanentes. Il correspond au point d'application des forces de réaction exercées par le sol sur la plante des pieds. Il est directement en lien avec les forces musculaires requises pour stabiliser le corps en position debout verticale.

Tous les articles sélectionnés donnent des résultats convergents, les enfants dyslexiques ont une stabilité posturale moins bonne que les enfants normo lecteurs. L'analyse par Stabilo gramme révèle les effets agissants sur le contrôle dynamique de la

posture qui ne sont pas montrés lors d'une analyse par la méthode de posturographie classique.

Nathalie Goulème et al en 2015 font une analyse dynamique de la posture afin de mieux discriminer les agents pathologiques influençant le contrôle postural. Cette analyse est spatiale et temporelle. En utilisant l'analyse temporelle, l'auteur donne un éclaircissement sur les différents types d'informations sensorielles utilisées par les enfants dyslexiques pour contrôler leur posture. L'analyse spatiale quantifiera la mauvaise qualité du contrôle postural. Leurs résultats montrent des oscillations plus importantes chez les enfants dyslexiques, ainsi qu'un temps d'annulation en médio-latéral plus court. Cette donnée prédit le temps nécessaire pour utiliser les entrées sensorielles afin de maintenir un bon contrôle postural. Le fait qu'il soit plus court chez l'enfant dyslexique montre une faible utilisation des informations sensorielles et donc une mauvaise efficacité des entrées sensorielles. La faible utilisation des informations sensorielles ou son utilisation corrigée (dans des conditions comme les yeux fermés ou de la mousse) souligne une faible capacité d'automatisation chez les enfants dyslexiques.

Ce paragraphe met en évidence un déficit d'intégration sensorielle par le cervelet ainsi qu'une moindre utilisation des informations sensorielles. On retient dès à présent que la rééducation doit permettre à l'enfant dyslexique de mieux utiliser ces informations sensorielles.

4.2.2. Mouvements oculaires et stabilité posturale

Suite au constat répété d'un contrôle postural défaillant chez les enfants dyslexiques, l'équipe de Razuk et al en 2018 étudie le lien entre les mouvements oculaires et le contrôle postural. En effet, les enfants dyslexiques ont une acuité visuelle normale alors que leur perception visuelle est perturbée. L'enfant ne perçoit pas tout ce que l'œil capte. Ces manques dépendent de la tension des muscles oculaires. Ils apparaissent lorsque l'enfant regarde vers le côté et le bas.

En général, les enfants dyslexiques ont des résultats inférieurs aux enfants normolecteurs dans le maintien de la position verticale et cela s'aggrave lorsque la tâche demandée n'est pas familière, c'est le cas dans la lecture Landolt. Pour se faire, l'enfant dyslexique doit réaliser une recherche visuelle correspondant à une tâche secondaire. La recherche visuelle nécessite des ressources attentionnelles. Elles sont considérées comme une tâche cognitive supplémentaire qui affecte le contrôle postural. Razuk et al démontrent également que les différences de contrôle postural sont plus importantes en condition assise

que debout (tâche simple et complexe). Debout, la tâche est exigeante, mais réalisable. Ils en déduisent que lorsque la tâche est moins informative les enfants dyslexiques ont plus de difficulté à utiliser et à intégrer les signaux sensoriels.

Gouleme et al en 2015, étudient la stratégie d'exploration visuelle dans une tâche de contrôle postural et l'exploration d'émotion sur des visages, c'est une activité en double tâche. Les stratégies d'exploration visuelles sont différentes en fonction du visage observé (sourire, triste, colère). Les résultats suggèrent un lien fort entre le mouvement des yeux et le processus émotionnel des enfants dyslexiques. Le déficit postural est plus important lors du visage émotionnel en colère. Ce déficit postural ne permet pas d'identifier correctement les visages émotionnels, la charge émotionnelle est plus importante surtout lorsque le visage est en colère.

Les résultats soulignent, dans les deux articles, que la détérioration du contrôle postural chez l'enfant dyslexique n'est pas due aux aspects sémantiques et lexicaux de la lecture. Lors d'exécution de tâches visuelles moins informatives, il est plus difficile pour l'enfant dyslexique d'intégrer et d'utiliser les signaux sensoriels dans une activité motrice requise.

4.2.3. Déficience cérébelleuse et repondération sensori-motrice

Quelle que soit la tâche motrice demandée, il existe une caractéristique commune : c'est le besoin de signaux sensoriels fiables qui informent le SNC. Ces signaux fournissent une base pour l'activation musculaire afin que celle-ci soit en cohérence avec les exigences de l'environnement et la tâche à accomplir. C'est grâce au mécanisme de repondération multisensoriel. Il consiste en une modification continue de la force de couplage entre stimuli sensoriels disponibles et activation motrice. Cela permet au système nerveux central d'attribuer un « poids » différent aux signaux sensoriels. Ce poids est variable en fonction de l'utilité de l'information pour arriver à un objectif. Lorsque les signaux sensoriels sont moins informatifs comme c'est le cas pour les enfants dyslexiques, la réponse aux changements somato-sensoriels nécessite des informations sensorielles améliorées pour obtenir une information précise.

En 2017, Nathalie Goulème *et al.* étudient le contrôle postural des enfants dyslexiques lorsque les entrées sensorielles sont moins informatives. Ils se demandent si l'enfant dyslexique peut compenser une moindre stabilité posturale avec d'autres entrées sensorielles disponibles. Pour cela, les enfants sont mis sur des mousses ou en condition yeux fermés. La mauvaise qualité de la stabilité posturale est confirmée dans ces deux conditions. La littérature fait état d'une mauvaise intégration multimodale sensorielle par le

cervelet chez les enfants dyslexiques. Dans le cadre d'une déficience de l'intégration cérébelleuse, toutes les entrées sensorielles sont responsables d'un déficit postural.

En rendant les deux entrées sensorielles non disponibles, on peut se demander si l'enfant dyslexique peut utiliser des stratégies compensatoires. Peut-il compenser ce manque d'information avec d'autres entrées sensorielles ? La somesthésie correspond à l'entrée visuelle associée aux capteurs de la plante des pieds. Cette somesthésie joue un rôle très important dans le contrôle postural. Les résultats de l'étude transversale ont démontré que l'oscillation du centre de pression est plus importante (plus grande) et reflète une plus grande instabilité avec la mousse (capteurs podaux) et yeux fermés versus les enfants normo lecteur. Et dans les conditions yeux ouverts, yeux fermés, les oscillations posturales sont plus grandes. Ces résultats démontrent qu'il y a un réel déficit dans l'utilisation des entrées visuelles chez l'enfant dyslexique. De même en modifiant l'apport sensoriel cutané plantaire, on modifie également l'intégration des informations sensorielles (le quotient de Romberg est plus petit pour les enfants dyslexiques dans toutes les conditions).

En conclusion, les enfants dyslexiques ne sont pas en état de compenser une entrée déficitaire comme c'est le cas normalement. Il subsiste un déficit de pondération des autres intrants disponibles. L'atteinte cérébelleuse chez les enfants dyslexiques provoque une incapacité à repondérer les entrées sensorielles disponibles.

D'autre part, Razuk et al, cherchent à comprendre la dynamique de l'intégration sensorielle chez l'enfant dyslexique. Ils provoquent des manipulations des signaux sensoriels par des changements brusques de l'amplitude et/ou de la vitesse du stimulus. Les enfants dyslexiques peuvent effectuer une repondération dynamique des stimuli visuels et somatosensoriels. Cependant la réponse posturale est moins efficace lorsque ce sont les stimuli visuels qui sont manipulés. Lorsque les indices sensoriels informatifs plus robustes sont fournis, le contrôle est meilleur. Dans ce cas, l'enfant avait un appui plus fort sur la barre avec les doigts. Il est bon de noter que d'une manière générale, c'est le cas pour tous les enfants.

On peut alors proposer une rééducation visant à mieux utiliser les apports sensoriels. L'enfant dyslexique est en capacité de compenser son déficit par des informations sensorielles plus robustes.

4.3. Pistes de rééducation kinésithérapiques

Suite à l'analyse des différents articles, nous pouvons proposer les principales lignes d'une rééducation spécifique des troubles de la proprioception chez l'enfant dyslexique. Elle

consiste donc à automatiser une tâche. Le rééducateur doit jongler « avec des informations sensorielles aléatoires et une référence d'origine centrale instable » comme le souligne le Dr Luc-Marie Virlet.

4.3.1. Une rééducation par palier de difficultés

Il existe un réel intérêt à proposer une progression dans la rééducation de la proprioception. En effet, nous relevons différents facteurs qui peuvent moduler la qualité de la proprioception. L'idée principale est de s'adapter et faire évoluer par paliers progressifs cette rééducation chez l'enfant dyslexique.

Chez l'enfant dyslexique, les exigences attentionnelles du contrôle de l'équilibre dépendent de la complexité de la tâche. En début de rééducation, nous pourrions proposer une tâche de contrôle postural simple où l'enfant est assis, puis faire évoluer cette rééducation avec une tâche plus compliquée où l'enfant est debout sur une plateforme instable ; la complexité du programme de rééducation réside dans le fait qu'il y a nécessité de proposer une tâche réalisable et exigeante(36) afin d'obtenir le meilleur ratio efficacité/progrès.

Un autre facteur peut moduler la difficulté du programme de rééducation, c'est le type de tâche secondaire effectuée(37). Nous savons que dyslexique et double tâche ne font pas bon ménage(38). En effet, réaliser un travail de proprioception et nommer des objets simples par exemple, diminue le contrôle postural.

Nous pouvons également varier les difficultés en demandant d'effectuer une tâche non familière ou une recherche visuelle. Tous ces éléments auront un impact sur le contrôle postural(39).

Les enfants dyslexiques ont une capacité moindre de compensation sensorielle. Dans un premier temps, nous proposerons une rééducation avec des informations sensorielles de qualité. Puis, nous pouvons moduler les informations somesthésiques. Par exemple, l'enfant doit se tenir debout en appui unipodal, il s'appuie plus ou moins avec les doigts pour maintenir son équilibre.

Nous pouvons également moduler l'importance du rôle des capteurs plantaires. Leur stimulation renforce la stabilité posturale. Dans un deuxième temps, nous les inhiberons en interposant une plaque de mousse pour obtenir le résultat inverse. L'utilisation de la mousse perturbe la pondération des entrées sensorielles et l'utilisation des autres entrées sensorielles disponibles. L'évolution de la rééducation pourra s'accompagner d'absence d'informations visuelles, les yeux fermés(40). C'est la condition la plus difficile(41). Les enfants dyslexiques sont plus dépendants des informations visuelles dès que les contraintes

d'équilibre augmentent (42). Ces paramètres sont donc à modifier en permanence afin de proposer le maximum de situation de rééducation de la proprioception.

4.3.2. Utilisation de l'imagerie mentale en rééducation

Cette technique de rééducation est bien connue du kinésithérapeute. Elle peut faire l'objet d'une rééducation post AVC par exemple. Il s'agit, dans notre cas, de l'adapter dans le cadre de la rééducation de la dyslexie.

Dans la publication de Alice Van De Walle de Ghelcke *et al.*, les auteurs soumettent l'hypothèse que l'adolescent dyslexique connaît un déficit de ses représentations mentales de l'action. Ce déficit est mis en évidence par la modulation des temps de déplacement de son bras lors d'une représentation mentale versus un déplacement de son bras réel. Plus la tâche est difficile, plus la représentation mentale est éloignée du geste réalisé réellement. En temps normal, cette représentation de l'action mentale permet de développer le contrôle moteur par anticipation. Ainsi, elle permet l'exécution automatisée de chaque mouvement prévu (43). Elle nécessite le codage et l'interprétation intermodale des informations sensorielles. Ces informations sensorielles doivent être de qualité lorsqu'elles sont collectées et transmises au cerveau. Ces deux éléments sont déficients chez DD(44).

En utilisant l'imagerie motrice, les individus réalisent mentalement des mouvements, il n'y a pas d'exécution réelle(45). Cette imagerie motrice du mouvement est basée sur la représentation interne du mouvement voulu, mais non exécuté(46). Le modèle interne a des caractéristiques biomécaniques inconscientes qui incluent les informations combinées des capteurs vestibulaires, visuels et proprioceptifs.

Nous objectivons le déficit d'automatisation sensorimotrice(20), en comparant le temps nécessaire à la réalisation d'un mouvement imaginé par rapport à celui réalisé, qui doit être identique (isochronie). Dans notre cas, il s'agit d'un mouvement de bras. Les résultats montrent que le temps mis lors de la représentation mentale est plus long. Les auteurs soulignent le déficit de représentation de l'action mentale.

Théoriquement, les informations de synchronisation du mouvement représenté mentalement sont fournies par le modèle interne avancé. Lorsque le SNC dispose d'une représentation interne précise à la fois de la dynamique des membres et de l'environnement, alors la prédiction du mouvement est très proche de la production du mouvement (isochronie et conformité à la loi de Fitts(47)). En revanche, si les représentations internes sont biaisées ou variables, cela engendre une divergence entre l'estimation de l'état et l'état réel. Dans cette étude, le déclin des actions mentales chez l'adolescent dyslexique peut être dû au fait que les informations sensorielles périphériques ne sont pas disponibles pour le système

moteur pendant la stimulation des mouvements mentaux. Les informations sensorimotrices sont fournies lors de l'exécution réelle d'un mouvement. Dans notre cas, les adolescents ne peuvent pas vérifier si le mouvement simulé est similaire à son équivalent réel. Il n'est pas possible de réaliser un étalonnage des actions simulées à partir des informations sensorimotrices fournies par leur exécution réelle. Le développement de modèles avancés nécessite le traitement et l'intégration d'un retour d'information sensorimotrice intermodale.

En proposant une rééducation qui utilise l'imagerie mentale, nous pouvons imaginer un gain dans les représentations internes des adolescents dyslexiques. Proposer cette rééducation peut faire intervenir les mécanismes sous-jacents des modèles internes avancés. Il s'agit de travailler sur le lien entre les signaux sensoriels (par exemple ici l'état réel du bras) et les commandes neurales afin de prédire les états futurs du bras.

4.3.3. Un entraînement postural court

Cette piste de rééducation est proposée dans l'article de Gouleme *et al.* 2015. En partant de l'hypothèse que les mauvaises performances posturales observées chez l'enfant dyslexique pourraient être dues à une moindre utilisation des entrées sensorielles et à un manque d'intégration cérébelleuse. En travaillant sur la plasticité corticale, qui améliore la connexion entre les neurones, l'entraînement postural dynamique pourrait avoir un rôle pertinent dans la rééducation des troubles proprioceptifs de l'enfant dyslexique. Une amélioration des paramètres posturaux spatiaux et temporels après entraînement suggère une meilleure utilisation des entrées sensorielles. Lorsque l'on observe les résultats pour le groupe des enfants dyslexiques sans entraînement postural, lors de la deuxième prise de mesure, le contrôle postural est moins bon. Nous imaginons que ces résultats sont liés à la fatigue et à la capacité des enfants dyslexiques à maintenir leur équilibre. De ce fait, les résultats améliorés du groupe d'enfants dyslexiques ayant subi un entraînement peuvent être encore plus corrélés à la réussite de cet entraînement. D'une manière générale, les résultats ont montré que l'entraînement postural court réduit la surface et la vitesse moyenne du CdP. Cette réduction s'observe dans les conditions les plus difficiles, en vision perturbée et instable. Les auteurs en déduisent que l'entraînement postural court améliore le contrôle moteur, permettant une meilleure utilisation de l'activité musculaire. Grâce à cette utilisation plus performante de l'activité musculaire, le mouvement est à moindre coût énergétique pour les activités de base. Une diminution du coût énergétique entraîne une réduction de la fatigue.

De plus, l'entraînement postural court permet un meilleur contrôle du degré de liberté fonctionnel entre muscle et articulation. Cette meilleure coordination motrice est directement

impliquée dans la stabilité posturale. On peut supposer, que l'entraînement aurait des effets sur une activité moins difficile. On voit donc que le court entraînement postural permet une meilleure utilisation de toutes les informations sensorielles ainsi qu'une meilleure intégration par le cervelet via la plasticité cérébrale.

Nathalie Goulème *et al*, mettent également en avant l'intérêt d'un entraînement basé sur des exercices moteurs effectués quotidiennement à la maison afin d'augmenter les capacités cognitives et motrices de jeunes enfants. Les exercices posturaux sont pertinents pour améliorer la stabilité du corps et sont en faveur de la plasticité du cerveau. À partir de l'ensemble de ces constats, on peut imaginer qu'une prise en charge régulière en kinésithérapie visant à améliorer la stabilité posturale ainsi qu'un travail en autonomie supervisé par les parents à domicile pourraient permettre une évolution positive de la proprioception chez l'enfant dyslexique.

4.3.4. Rééducation avec mouvements oculaires guidés

À la suite de plusieurs études montrant une altération du système visuel comme cause potentielle de la dyslexie, les enfants auraient des mouvements oculaires anormaux durant la fixation d'une cible, lors d'une recherche visuelle.

L'article de Barelaa et al zoom sur l'intérêt ou non de guider les mouvements oculaires pour diminuer l'instabilité posturale des enfants dyslexiques. Les résultats ont montré que l'amplitude du balancement postural diminue dans la condition oculaire guidée versus la condition de fixation oculaire dans le sens antéro-postérieur. Ces résultats corroborent ceux de BUCCI et al 2018. Ce n'est pas le cas en condition guidée pour la direction médio-latérale. Il n'y a pas de réduction du balancement postural. Même meilleur, le contrôle postural reste moins bon chez l'enfant dyslexique. On peut expliquer cette amélioration grâce aux mouvements oculaires guidés. Ils fournissent plus d'indices sensoriels. Ils contraignent le système nerveux central à utiliser les informations liées à la dynamique posturale.

Les auteurs ont montré que les enfants dyslexiques sont capables d'utiliser les informations visuelles disponibles pendant les mouvements oculaires guidés. Ils améliorent leur contrôle postural (toujours inférieur aux enfants normo lecteur). Tous les enfants utilisent des mouvements oculaires saccadés, pour diminuer l'amplitude du balancement postural. C'est également le cas pour les enfants dyslexiques.

Cette rééducation paraît difficile à mettre en place lors de séance de rééducation en libéral, cependant on peut noter que la fixation d'un point n'est pas un élément favorisant la diminution du balancement postural.

4.3.5. Information somatosensorielle : les capteurs plantaires

Le pied est un point d'accès aux informations posturales, il a été démontré que la sensibilité des mécanorécepteurs de la plante du pied est directement liée à l'équilibre(48). Lorsque l'enfant se tient en position érigée, les soles plantaires sont plaquées au sol et leurs mécanorécepteurs codent la position du CdP (interface entre le corps et le support).

Dans son étude pilote, Antonino Patti et al. évaluent les adaptations du pied et de la surface podale chez l'enfant dyslexique/normo lecteur. Ils confirment les données préexistantes dans la littérature : les enfants dyslexiques ont des troubles de l'équilibre et leur centre d'équilibre est plus antérieur. Les oscillations se font préférentiellement vers la droite alors que c'est à gauche chez les enfants sains.

Les résultats soulignent l'existence d'un critère distinctif chez l'enfant dyslexique, une tendance au pied plat. Il est noté dans la littérature que l'atténuation des courbes du pied peut entraîner un déficit postural dans les capacités d'équilibrage (49). Cette déformation est fréquente chez l'enfant. Il nait d'un développement musculaire insuffisant, d'une laxité ligamentaire, ou d'une augmentation du tissu adipeux ainsi que d'un contrôle neuromusculaire immature(50). Ce déficit peut entraîner une diminution des activités de routine, appauvrir les schémas moteurs et les capacités motrices. Parmi les éléments retrouvés dans la littérature actuelle, un déficit du contrôle neuro musculaire peut expliquer le pied plat. Les enfants dyslexiques présentent une altération du tonus musculaire et de la stabilité(51). Ces éléments sont en lien avec l'hypothèse d'un déficit cérébelleux. Cette hypothèse est renforcée par Jarl Flensmark. Il explique que la surface plantaire et les organes du tendon de Golgi sont liés à la fonction cérébelleuse. La conséquence réside dans le fait que le système postural n'est pas capable de trouver un appui stable, il corrige la position de manière continuelle.

Nous pouvons imaginer qu'un diagnostic précoce de dyslexie permet de proposer des outils compensatoires tels que des semelles orthopédiques. En kinésithérapie, on peut proposer un travail de renforcement des muscles intrinsèques du pied.

4.3.6. Rôle de l'état émotionnel du patient

Il existe peu de données qui étudient le lien entre dyslexie et estime de soi. Pourtant, cette notion de perception de soi, d'image de soi est primordiale dans une prise en charge en rééducation. Elle va agir sur la motivation de l'enfant. L'étude de Patti et al (33) met en lien l'incoordination motrice globale et l'estime de soi chez les enfants d'âge scolaire. Elle souligne que les enfants dyslexiques ont une auto-évaluation interpersonnelle assez

négative. Il l'évalue grâce au test d'évaluation multidimensionnelle de l'estime de soi(TMA) de Bracken qui permet une mesure de l'estime de soi en âge de développement(52) se compose de 6 sous-tests dont seul celui concernant les relations interpersonnelles a été utilisé. Les résultats semblent montrer que plus la stabilité posturale est faible et plus les relations interpersonnelles sont affectées négativement. Cela est en accord avec la littérature déjà existante qui confirme le lien entre dyslexie et symptôme de dépression ou d'anxiété(53).

A notre niveau, nous pouvons mettre en place des éléments favorisant un état psychologique positif. Il suffira de veiller à maintenir une attitude positive, des encouragements en cas de progrès. Une rééducation adaptée en lien avec les centres d'intérêts de l'enfant peut favoriser un climat de rééducation favorable. On connaît aujourd'hui l'impact de l'effet placebo dans une prise en charge rééducative. On peut également souligner que plus forte sera la confiance entre l'enfant et son thérapeute, plus il y aura d'adhésion à la rééducation proposée.

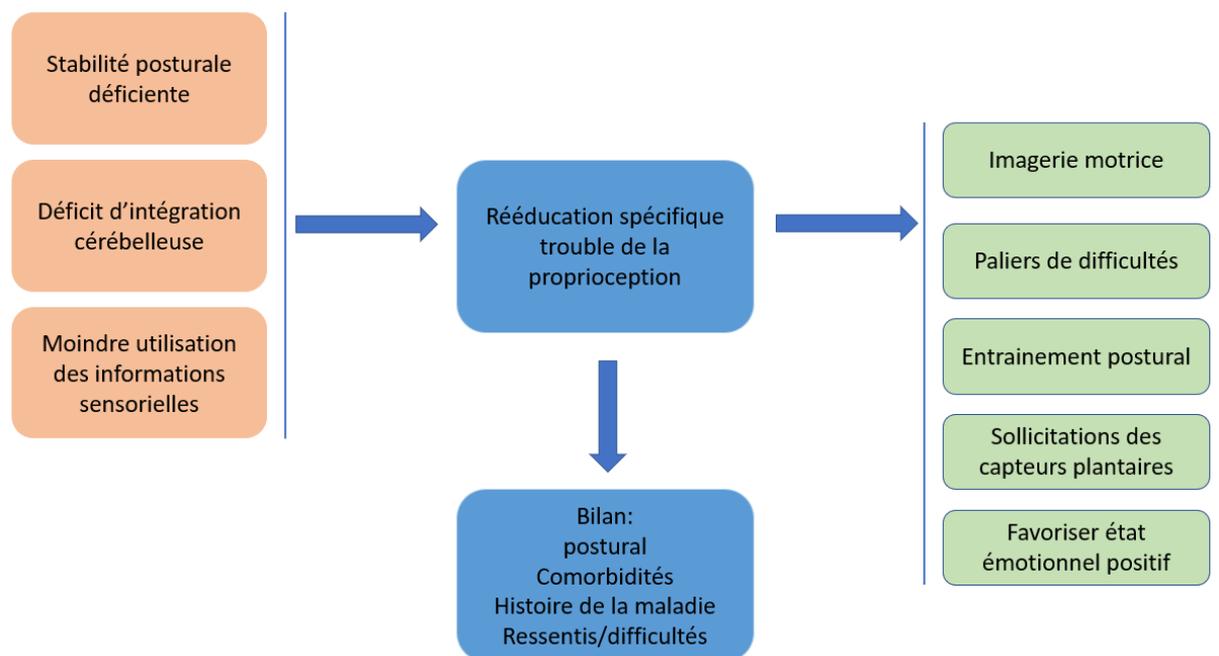


Figure 10: PEC Kinésithérapique du trouble de la proprioception

4.4. Biais et limites

4.4.1. Analyse des biais

En général, le risque de biais majeur commun à l'ensemble des articles retenus dans cette revue de la littérature est le biais de sélection. Il affecte la constitution de

l'échantillonnage pour l'ensemble des études sélectionnées. C'est un biais fréquent dans les études transversales. Le recrutement des enfants dyslexiques est fait dans un centre hospitalier unique dans 80% des cas. Et pour les 20% restant, c'est un critère géographique qui permet le recrutement des enfants. Nous soulignons également l'absence de randomisation, à l'exception de l'essai contrôlé randomisé.

Afin de limiter ce biais de sélection, les critères d'inclusion sont précis et quasi-semblables pour l'ensemble des études. La plupart utilise la batterie de test L2MA en Europe. Le Brésil utilise la batterie de test TDE. Pour l'Italie, la batterie de test utilisé n'est pas spécifiée.

Enfin, dans les études transversales observationnelles, il n'existe pas de perdus de vue, les mesures sont réalisées sur une même journée pour tous les enfants. Il n'y a que l'étude pilote de Patti et al. qui dure 7 mois. Le nombre de perdus de vue n'est pas précisé. Pour l'étude de Van De Walle et al., un enfant dans chaque groupe est retiré de la sélection, cela nous est précisé dans les conditions d'admissions.

De même, le risque est élevé pour le biais de confusion. Les critères d'inclusions ne spécifient pas si l'enfant a d'autres comorbidités. La présence de comorbidité peut engendrer des fluctuations importantes sur les résultats (mesure du contrôle postural) et donc sur les liens qui sont faits entre la variable dépendante et la variable indépendante.

Afin de réduire l'impact sur les résultats, l'analyse statistique calcule l'appariement. Il isole l'effet de groupe de la variable indépendante. Les auteurs ont relevé un problème de vergence oculaire. Il est rapporté et mesuré pour chaque enfant. L'impact réel de la vergence n'a pas pu être isolé dans les résultats des études.

Tableau I : Type, niveau de preuve H.A.S et évaluation de la qualité des articles

Titre des articles	Type d'étude	Niveau de preuve HAS	Grille du CHU Quebec	Biais majeur
Influence of both cutaneous input from the foot soles and visual information on the control of postural stability in dyslexic children (Goulème et al)	étude transversale observationnelle	4	satisfaisant	sélection confusion
Spatial and temporal analysis of postural control in dyslexic children (Goulème et al)	étude transversale observationnelle	4	satisfaisant	sélection confusion
Postural control in dyslexic children: effects of emotional stimuli in a dual task environnement (Goulème et al)	étude transversale observationnelle	4	satisfaisant	sélection confusion
The effect of training on postural control in dyslexic children (Goulème et al)	essai comparatif de faible puissance	2	satisfaisant	sélection confusion
Eye movement and postural sway in dyslexic children during sitting and standing (Razuk et al)	étude transversale observationnelle	4	satisfaisant	sélection confusion
Eye movement and postural control in dyslexic children performing different visual task (Razuk et al)	étude transversale observationnelle	4	satisfaisant	sélection confusion
Dyslexic children need more robust information to resolve conflicting sensory situations (Razuk et al)	étude transversale observationnelle	4	satisfaisant	sélection confusion
Visually guided eye movements reduce postural sway in dyslexic children (Barelaa et al)	étude transversale observationnelle	4	satisfaisant	confusion
Evaluation of podalic support and monitoring of balance control in children with and without dyslexia: a pilot study (Patti et al)	étude de cohorte longitudinale	2	satisfaisant	confusion
Action representation deficits in adolescents with developmental dyslexia(Van de walle de Ghelcke)	étude transversale observationnelle	4	satisfaisant	sélection confusion

4.4.2. Limites

La validité externe des résultats de cette revue de la littérature est difficile à mettre en avant. En effet, l'échantillon de population est limité, il ne permet pas de généraliser les résultats . En revanche, c'est souvent grâce à ce type de travaux que seront conduites des études contrôlées et randomisées par la suite. Le coût et l'investissement étant moindre, il permet de dégager des pistes de recherche et d'éventuels critères diagnostiques. D'ailleurs, l'ensemble des articles retenus dans cette revue concluent avec une ouverture vers une étude de plus grande envergure

Il existe une grande variabilité de méthodologie utilisée, comprenant soit les tâches à effectuer soit les mesures réalisées. De ce fait, les conclusions sont plus difficiles à généraliser.

4.5. Réflexions autour de ce travail

Nous pouvons analyser les apports personnels de ce travail, également préciser les domaines de validité de notre travail.

4.5.1. Les domaines de validité des résultats

Nous voyons que l'ensemble des recherches scientifiques propose de nombreuses hypothèses concernant l'origine du trouble de la proprioception chez l'enfant dyslexique. À la suite de ce travail, nous ne pouvons pas prendre position pour une hypothèse plutôt qu'une autre. Cependant, notre proposition de rééducation tient compte d'un maximum d'éléments influant sur la proprioception.

Nous n'avons pas tenu compte de la rééducation proposée par le port de prismes ou de semelles orthopédiques. Ce type de rééducation a fait l'objet de travaux antérieurs. Elle reste cependant d'actualité.

Les études transversales observationnelles sont majoritaires dans cette revue de la littérature. Elles n'ont pas un niveau de preuve élevée. Il est donc important de relativiser nos conclusions. Elles laissent la place à de futurs travaux de plus grande envergure. Cette piste reste encore à explorer.

4.5.2. Les apports personnels

Ils sont nombreux et permettent de mieux connaître les rouages de ce type de travail.

La première surprise réside dans la direction qu'a prise ce mémoire à la suite de ma rencontre avec Frédéric Mompeurt. Le choix de la dyslexie est venu suite à mon expérience personnelle. Il m'a permis de découvrir le lien entre dyslexie et proprioception. C'est un domaine particulièrement vaste et technique. Il m'aura fallu de nombreuses lectures ainsi qu'un soutien réel pour aborder ce thème surprenant.

D'un point de vue méthodologique, c'est le format des études qui a posé le plus de difficultés. Savoir définir précisément de quel type d'article il s'agissait, ainsi que la recherche des outils adéquats pour les analyser. Les difficultés ont pu être résolues avec de l'aide et de nombreuses recherches sur le net.

Le thème évoqué, la proprioception, fait partie de notre champ de compétence en kinésithérapie. Approfondir cette notion autour d'une pathologie spécifique peut tout à fait servir pour d'autres patients atteints de trouble de la proprioception.

5. CONCLUSION

Nous pouvons répondre par l'affirmatif à notre question de recherche. Effectivement, une kinésithérapie spécifique pour rééduquer les troubles de la proprioception chez un enfant dyslexique est possible. Elle tient compte de l'ensemble des propositions faites dans notre partie discussion.

En résumé, la proprioception est un système informatif, sensoriel du contrôle moteur. Elle est constituée de message nerveux provenant de toutes les régions périphériques internes du corps. Elle permet le contrôle de la posture, ainsi que la stabilité des articulations. La littérature confirme que le phénotype de la dyslexie englobe souvent de nombreux déficits de traitement de l'information qui vont bien au-delà du domaine phonologique(36).

Un mauvais contrôle postural chez les enfants dyslexiques est associé à un déficit d'utilisation des informations sensorielles causé par une déficience de l'activité cérébelleuse, mais pas seulement, car il existe également des anomalies extracérébelleuses qui coderaient des informations altérées vers le cervelet(54).

À partir de cet instant, la dyslexie est perçue comme un « simple symptôme d'une dysfonction proprioceptive générale provoquant une multitude d'autres signes » dicit Docteur Quercia, et non plus comme un trouble spécifique des apprentissages.

Cet aspect plurimodalitaire est essentiel si nous voulons proposer une rééducation favorisant l'activation simultanée de canaux sensoriels différents. Cette activation aura pour but de « multiplier les stimulations neuro sensorielles ». C'est donc en ayant une meilleure compréhension des déficiences sensorimotrices chez l'enfant dyslexique que l'on pourra proposer une réadaptation ciblée. Cette rééducation doit être proposée le plus précocement possible afin que celui-ci puisse développer des outils compensatoires. Ce bénéfice augmenterait la qualité de la proprioception de l'enfant, mais également son estime de soi.

Afin de se projeter dans l'avenir, la réalisation d'un SCED serait la suite logique à ce travail. Il évaluerait un programme de rééducation à partir des éléments de notre discussion sur une population d'enfants dyslexiques. Le but de cette étude pourrait être d'évaluer la performance de la proprioception avant et après une prise en charge kinésithérapique.

De plus, l'organisation de la prise en charge pluridisciplinaire dans ce type de pathologie est novatrice pour la kinésithérapie, la création d'un questionnaire autour de ce sujet pourrait aider le kinésithérapeute à trouver sa place parmi l'ensemble des professions de santé déjà concernées par la rééducation de l'enfant dyslexique.

BIBLIOGRAPHIE

1. HAS. Comment améliorer le parcours de santé d'un enfant avec des troubles spécifiques du langage et des apprentissages [Internet]. 2018.
https://www.has-sante.fr/jcms/c_2822893/fr/comment-ameliorer-le-parcours-de-sante-d-un-enfant-avec-troubles-specifiques-du-langage-et-des-apprentissages
2. Inserm. Dyslexie, dysorthographe, dyscalculie: bilan des données scientifiques. Rapport. In Paris: Les éditions Inserm; 2007. p. 842.
<http://hdl.handle.net/10608/110>
3. National Institute of neurological Disorders and stroke. Dyslexia information page [Internet]. 2011 [cité 30 sept 2020].
<https://www.ninds.nih.gov/Disorders/All-Disorders/Dyslexia-Information-Page>
4. Sprenger-Charolles L, Siegel LS, Béchenec D, Serniclaes W. Development of phonological and orthographic processing in reading aloud, in silent reading, and in spelling: A four-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*. mars 2003;84(3):194-217.
5. Roll J-P. 1.1. Physiologie de la kinesthèse. La proprioception musculaire : sixième sens, ou sens premier ? *intel*. 2003;36(1):49-66.
6. Quercia P, Seigneuric A, Chariot S, Vernet P, Pozzo T, Bron A, et al. Proprioception oculaire et dyslexie de développement. *Journal Français d'Ophtalmologie*. sept 2005;28(7):713-23.
7. Juliette Gueguen, Christine Hassler, Bruno Falissard. Evaluation de l'efficacité du traitement proprioceptif de la dyslexie.
8. Burke RE. Sir Charles Sherrington's The integrative action of the nervous system: a centenary appreciation. *Brain*. 21 nov 2006;130(4):887-94.
9. Bastian HC. THE "MUSCULAR SENSE"; ITS NATURE AND CORTICAL LOCALISATION. *Brain*. 1887;10(1):1-89.
10. Berthoz A. Le sens du mouvement. Paris: Editions O. Jacob; 1997. 345 p. (Sciences / Editions Odile Jacob).
11. Le Métayer M. Conception contemporaine de la proprioception – Évaluation et pratiques en rééducation. *Motricité Cérébrale*. oct 2018;39(3):74-82.
12. Collet C. Mouvements & cerveau: neurophysiologie des activités physiques et sportives. Bruxelles: De Boeck Université; 2002.
13. Richard D, Orsal D. Neurophysiologie. Paris: F. Nathan; 1994.
14. Breuil N. Vision, proprioception et orthoptie. *Revue Francophone d'Orthoptie*. avr 2014;7(2):130-3.
15. Sperling AJ, Lu Z-L, Manis FR, Seidenberg MS. Deficits in perceptual noise exclusion in developmental dyslexia. *Nat Neurosci*. juill 2005;8(7):862-3.
16. Brandt T. Vertigo: Its multisensory syndromes. In: Second ed. London: Springer; 2003. p. 503.
17. Mazeau M, Pouhet A. Neuropsychologie et troubles des apprentissages chez l'enfant: du développement typique aux dys-. 2016.
18. Troubles intellectuels et cognitifs de l'enfant et de l'adolescent: apprendre, connaître, penser. 2016.

19. Livingstone MS, Rosen GD, Drislane FW, Galaburda AM. Physiological and anatomical evidence for a magnocellular defect in developmental dyslexia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 15 sept 1991;88(18):7943-7.
20. Nicolson RI, Fawcett AJ, Dean P. Developmental dyslexia: the cerebellar deficit hypothesis. *Trends in Neurosciences*. sept 2001;24(9):508-11.
21. Levinson HN. The Diagnostic Value of Cerebellar-Vestibular Tests in Detecting Learning Disabilities, Dyslexia, and Attention Deficit Disorder. *Percept Mot Skills*. août 1990;71(1):67-82.
22. Martin Da Cunha H. Syndrome de déficience posturale. *Actualité en rééducation fonctionnelle et réadaptation*. Paris: Masson; 1979. 27-31 p.
23. Fawcett AJ, Nicolson RI, Dean P. Impaired performance of children with dyslexia on a range of cerebellar tasks. *Annals of Dyslexia*. janv 1996;46(1):259-83.
24. Démonet J-F, Taylor MJ, Chaix Y. Developmental dyslexia. *Lancet*. 1 mai 2004;363(9419):1451-60.
25. Richlan F, Kronbichler M, Wimmer H. Meta-analyzing brain dysfunctions in dyslexic children and adults. *Neuroimage*. 1 juin 2011;56(3):1735-42.
26. Razuk M, Barela JA, Peyre H, Gerard CL, Bucci MP. Eye movement and postural sway in dyslexic children during sitting and standing. *Neuroscience Letters*. nov 2018;686:53-8.
27. Razuk M, Barela JA, Peyre H, Gerard CL, Bucci MP. Eye movements and postural control in dyslexic children performing different visual tasks. Weng X, éditeur. *PLoS ONE*. 24 mai 2018;13(5):e0198001.
28. Barela JA, Tesima N, Amaral V da S, Figueiredo GA, Barela AMF. Visually guided eye movements reduce postural sway in dyslexic children. *Neuroscience Letters*. avr 2020;725:134890.
29. Goulème N, Gerard C-L, Bucci MP. Postural Control in Children with Dyslexia: Effects of Emotional Stimuli in a Dual-Task Environment: Postural Control and Emotion in Children with Dyslexia. *Dyslexia*. août 2017;23(3):283-95.
30. Goulème N, Gerard CL, Bui-Quoc E, Bucci MP. Spatial and temporal analysis of postural control in dyslexic children. *Clinical Neurophysiology*. juill 2015;126(7):1370-7.
31. Razuk M, Lukasova K, Bucci MP, Barela JA. Dyslexic children need more robust information to resolve conflicting sensory situations. *Dyslexia*. févr 2020;26(1):52-66.
32. Goulème N, Gérard C-L, Bucci MP. The Effect of Training on Postural Control in Dyslexic Children. Siegel A, éditeur. *PLoS ONE*. 10 juill 2015;10(7):e0130196.
33. Patti A, Bianco A, Messina G, Iovane A, Alesi M, Pepi A, et al. Evaluation of Podalic Support and Monitoring of Balance Control in Children with and without Dyslexia: A Pilot Study. *Sustainability*. 7 févr 2020;12(3):1191.
34. Goulème N, Villeneuve P, Gérard C-L, Bucci MP. Influence of both cutaneous input from the foot soles and visual information on the control of postural stability in dyslexic children. *Gait & Posture*. juill 2017;56:141-6.
35. van de Walle de Ghelcke A, Skoura X, Edwards MG, Quercia P, Papaxanthis C. Action representation deficits in adolescents with developmental dyslexia. *J Neuropsychol*. 20 août 2020;jnp.12220.
36. Huxhold O, Li S-C, Schmiedek F, Lindenberger U. Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Research Bulletin*. avr 2006;69(3):294-305.

37. Woollacott M, Shumway-Cook A. Attention and the control of posture and gait: a review of an emerging area of research. *Gait & Posture*. août 2002;16(1):1-14.
38. Bucci MP, Gerard CL, Bui-Quoc E. The effect of a cognitive task on the postural control of dyslexic children. *Research in Developmental Disabilities*. nov 2013;34(11):3727-35.
39. Bucci M-P, Legrand A, Gerard C-L, Bui-Quoc E, Lemoine C, Doré-Mazars K. Contrôle postural chez l'enfant dyslexique : effet d'une double tâche. *Neurophysiologie Clinique/Clinical Neurophysiology*. oct 2011;41(4):203.
40. Viana AR, Razuk M, de Freitas PB, Barela JA. Sensorimotor Integration in Dyslexic Children under Different Sensory Stimulations. Beeler JA, éditeur. *PLoS ONE*. 16 août 2013;8(8):e72719.
41. Moe-Nilssen R, Helbostad JL, Talcott JB, Toennesen FE. Balance and gait in children with dyslexia. *Exp Brain Res*. mai 2003;150(2):237-44.
42. Pozzo T, Vernet P, Creuzot-Garcher C, Robichon F, Bron A, Quercia P. Static postural control in children with developmental dyslexia. *Neuroscience Letters*. août 2006;403(3):211-5.
43. Gabbard C. Studying action representation in children via motor imagery. *Brain and Cognition*. déc 2009;71(3):234-9.
44. Quercia P, Pozzo T, Marino A, Guillemant AL, Cappe C, Gueugneau N. Children with Dyslexia Have Altered Cross-Modal Processing Linked to Binocular Fusion. A Pilot Study. *OPHTH*. févr 2020;Volume 14:437-48.
45. Demougeot L, Papaxanthis C. Muscle Fatigue Affects Mental Simulation of Action. *Journal of Neuroscience*. 20 juill 2011;31(29):10712-20.
46. Jeannerod M., Jeannerod M. *the cognitive neuroscience of action*. Oxford: Blackwell; 1997.
47. Fitts PM. The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*. 1954;47(6):381-91.
48. Perry SD, McIlroy WE, Maki BE. The role of plantar cutaneous mechanoreceptors in the control of compensatory stepping reactions evoked by unpredictable, multi-directional perturbation. *Brain Research*. sept 2000;877(2):401-6.
49. Williams III DS, McClay IS, Hamill J. Arch structure and injury patterns in runners. *Clinical Biomechanics*. mai 2001;16(4):341-7.
50. Nemeth B. The Diagnosis and Management of Common Childhood Orthopedic Disorders. *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*. janv 2011;41(1):2-28.
51. Fawcett AJ, Nicolson RI. Performance of Dyslexic Children on Cerebellar and Cognitive Tests. *Journal of Motor Behavior*. mars 1999;31(1):68-78.
52. Fiorenzo Laghi, Susanna Pallini. Valutazione dell'autostima e caratteristiche di personalità in adolescenza. *Giornale italiano di psicologia*. 2008;(3):679-700.
53. Nelson JM, Gregg N. Depression and anxiety among transitioning adolescents and college students with ADHD, dyslexia, or comorbid ADHD/dyslexia. *J Atten Disord*. avr 2012;16(3):244-54.
54. Zeffiro T, Eden G. The cerebellum and dyslexia: perpetrator or innocent bystander? *Trends in Neurosciences*. sept 2001;24(9):512-3.

ANNEXES

Annexe I : équation de recherche

Annexe II : fiches résumées des articles inclus dans la revue de la littérature

Annexe III : grilles d'évaluation méthodologique

Annexe I

Interface de recherche	Equation de recherche	Nombre de références
PubMed	(("proprioception"[MeSHTerms]OR"proprioception*"[Title/Abstract] OR "postural contrôle"[Title/Abstract]) AND ("dyslex*"[MeSH Terms] OR "dyslexic children"[Title/Abstract])) AND (y_5[Filter])	8
PEDro	Abstract and title : dyslexia proprioception	0
Cochrane library	dyslexia or learning disorder and proprioception or postural balance and children or young adult filtre : 2015 à 2020 et research article/review article	4
Sciences Direct	dyslexia and proprioception and children filtre : 2015 à 2020 et research article/review article	21
HAL	Dyslexi* and proprioception* Filtre : 2015 à 2020 ; articles	2

Annexe II

Eye movement and postural sway in dyslexic children during sitting and standing

Auteur : revue	Razuk M., Barela J-A., Peyre H., Gérard C. L., Bucci M. P./ Neuroscience Letters
volume/page /année DOI	volume 686, 11/2018, p 53-58, 2018 https://doi.org/10.1016/j.neulet.2018.08.042
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve 4 Grade C
Titre et résumé	donnent une information synthétique et objective du contenu de l'étude, les résultats clés sous forme de « Highlights » Pas de mention du type d'étude dans titre

Introduction	Objectif de l'étude	Examiner l'interaction entre les mouvements oculaires et la performance du contrôle postural chez les enfants dyslexiques tout en lisant un texte et en effectuant une tâche de lecture LANDOLT en position assis et debout. Le contexte est justifié ainsi que l'intérêt de l'étude. Les propositions du cadre conceptuel de l'étude sont argumentées en fonction des découvertes, chronologiquement. L'objectif de l'étude est clairement défini à la fin du paragraphe d'introduction.
	Question de recherche	Elle n'est pas formulée de cette manière. C'est l'objectif.
	Hypothèse de recherche	- les enfants dyslexiques afficheraient des mouvements oculaires et un mauvais contrôle postural lors de la lecture d'un texte par rapport aux enfants normo lecteurs - confirmer que les différences seraient aggravées dans la tâche debout par rapport à assis. <i>Les deux hypothèses sont formulées à priori, en même temps que l'objectif en fin d'introduction</i>
Matériel & Méthode	Type d'étude	Eude observationnelle transversale
	Population	2 groupes de 15 enfants : Groupe dyslexiques (âge =9,8ans +/-1,3ans) 2 filles et 13 garçons & groupe normo lecteurs (âge=10 ans +/-1,3) 2 filles et 13 garçons Recrutement après évaluation complète à l'hôpital Robert Debré (enfants Dyslexiques), les normo lecteurs sont recrutés dans la commune locale. Critères d'exclusion : difficultés d'équilibre évident (anomalies orthopédiques ou orthopédiques), atcd chirurgicaux ou traumatiques récents, prise de médicament, un strabisme, les refus de participation à l'étude. Critères d'inclusion : batterie de test L2MA avec un score supérieur à 2 écarts-type et un QI évalué avec WISC-IV entre 80 et 115, acuité visuelle normale (20/20), *Mauvaise amplitude de convergence et divergence significative dans le groupe dyslexique (Test de Maddox)
	Critère de jugement principal	Performance des mouvements oculaires et du contrôle postural.
	Variables	<u>dépendante de la performance visuelle</u> : temps total de lecture, durée moyenne de fixation (ms), nombre de pro-saccades et rétro-saccades, et l'amplitude des saccades (en degrés) <u>dépendante de la performance posturale</u> : déplacement de CdP

	Protocole	<p>Etalonnage des mouvements oculaires pour chaque condition posturale, réalisé dans une pièce sombre, écran à 60cm ajusté au niveau des yeux: Condition assise : chaise confortable, tête stabilisée (support front menton) pour éviter d'influencer les mouvements oculaires Condition debout : sur une plateforme instable, immobile, pied // sur les empreintes, bras le long du corps Réalisation de 2 tâches visuelles : lecture silencieuse et lecture de Landolt. (4 essais au total, ordre réalisé par hasard) -enregistrement des mouvements oculaires avec mobile Eyebrain Tracker : temps total de lecture (temps écoulé entre le 1^{er} et dernier mvt oculaire). Pour chaque saccade : durée de fixation (ms) et nbre de pro et retro saccades (en degrés). -performance de control postural= plate-forme instable Multitest equilibre Framiral. Enregistrement des variations du CdP, en AP et en ML. L'analyse des mouvements oculaires : logiciel MEYEAnalysis Le protocole est clairement défini et expliqué en amont aux enfants et parents. Un inspecteur réalise un contrôle visuel supplémentaire pour les mouvements oculaires.</p>
	Analyse statistiques	<p>Analyse de la variance : ANOVA Test de la normalité et de l'homogénéité des hypothèses de variance pour les groupes. Les taches visuelles, et les 2 conditions sont utilisés pour chaque variable dépendante avec les deux derniers facteurs comme mesures répétées. Comparaison post-hoc Tukey HSD. Logiciel SPSS. Niveau de signification $p < 0,05$ L'analyse statistique précise et normalité de la distribution + l'indépendance des échantillons sont étudiés. L'hypothèse nulle d'égalité des moyennes par le test de Fisher est définie ainsi que la valeur $p < 0,05$</p>
Résultats	Présentation, précision et lisibilité des résultats	<p>Population : identique Résultats principaux : <u>Performance de lecture en position assis et debout dans les deux taches de lecture</u> : lecture plus lente dans le groupe dyslexique, effet significatif ($F(1,28) = 10,058, p < 0,01$), de la tâche visuelle (lecture de texte) plus longue ($F(1,28) = 6,648, p < 0,01$) état significatif de l'état postural pour les deux groupes en position debout instable ($F(1,28) = 15,537, p < 0,001$). Interaction significative entre groupe et tâche visuelle ($F(1,28) = 24,597, p < 0,001$). post-hoc : pour la tâche de lecture de texte, les enfants dyslexiques lisent plus lentement que les enfants non dyslexiques, et quand il s'agit de la tâche de lecture de texte <u>Mouvement des yeux</u> : - durée moyenne de fixation : effet significatif du groupe dyslexique dans la durée de fixation plus longue ($F(1,28) = 12,066, p > 0,01$), de l'état postural pour les deux groupes ($F(1,28) = 9,227, p < 0,01$) la durée de fixation est plus longue assis et une interaction entre le groupe et la tâche visuelle ($F(1,28) = 31,127, p > 0,01$). Et interaction entre groupe et état postural ($F(1,28) = 6,520, p < 0,05$) post-hoc : durée de fixation des enfants dyslexiques plus longue vs enfants non dyslexiques dans la tâche de lecture les enfants dyslexiques manifestent une durée de fixation plus longue en position assise. - nombre de pro-saccades : nombre plus important groupe dyslexiques dans les deux taches visuelles effet significatif du groupe ($F(1,28) = 22,626, p < 0,01$) interaction entre les groupes et les tâches ($F(1,28) = 0,321, p > 0,05$). - le nombre de rétro-saccades : plus pour le groupe dyslexique dans les deux taches, effet significatif du groupe ($F(1,28) = 15,665, p < 0,01$), et plus de rétro-saccades dans les deux groupes dans la tâche Landolt effet significatif de la tâche visuelle ($F(1,28) = 6,812, p < 0,05$) - amplitude des pro-saccades : plus petites saccades dans les 2 tâches visuelles pour enfants dyslexiques, effet significatif du groupe ($F(1,28) = 23,669, p < 0,01$), de la tâche visuelle de lecture de Landolt pour les deux groupes. Contrôle postural debout sur la plateforme instable : plus grande surface de CdP pour enfants dyslexiques, effet significatif des groupes ($F(1,28) = 17,218, p < 0,001$), et interaction significative entre le groupe et la tâche de vision ($F(1,28) = 5,688, p < 0,05$). Post-hoc : la zone de CdP est plus grande pour les enfants dyslexiques dans les deux tâches visuelles, différence plus grande pour lecture Landolt <i>L'ensemble des résultats est présenté accompagné d'une figure qui illustre la moyenne des résultats pour chaque tâche, ainsi que pour chaque groupe, ainsi que l'écart-Type.</i></p>

Discussion	Résultats clés	<p>1. les enfants dyslexiques mettent plus de temps pour lire un texte ($p < 0,02$), besoin de temps pour décoder lettres ou unité syllabique. la durée de fixation correspond à un temps de pause pour le traitement sémantique. L'espace des saccades est plus petit pour réduire la quantité de lettres à traiter</p> <p>2. Aucune différence de performances visuelles dans la tâche de lecture Landolt entre les deux groupes ($p < 0,05$), Lorsque le traitement des capacités linguistiques et sémantiques n'est pas nécessaire.</p> <p>3. Pour les enfants dyslexiques fixations plus longues dans la condition assis ($p < 0,03$) si aucune exigence sémantique et linguistique impliquée dans la tâche de lecture, les enfants dyslexiques ont des performances similaires aux normo lecteurs, même dans des exigence de tâche différentes ($p > 0,05$) Une explication pourrait être modèle d'interaction non linéaire en forme de U (lecture en position debout plus exigeante, mais acceptable donc bien réalisé= accomplir la tâche avec de meilleure performance).</p> <p>4. durée de fixation plus longue en lecture assis pour les enfants dyslexiques. Hypothèse : immaturité des stratégies d'attention= réduction de la durée d'attention visuelle. Les enfants dyslexiques profitent de la tâche aux exigences complexes.</p> <p>5. les enfants dyslexiques sont plus instables indépendamment de la tâche. performance du contrôle posturale non lié aux exigences lexicales et sémantiques.</p> <p>6. lecture LANDOLT altère plus la qualité posturale chez enfant dyslexique. 2 hypothèses : - recherche visuelle demande des efforts cognitifs qui altèrent la performance posturale, - difficultés d'utilisation et d'intégration des signaux sensoriels dans l'activité motrice+ difficultés d'extraction et d'utilisation des indices sensoriels les plus informatifs = moins d'efficacité dans la performance posturale.</p> <p>Les résultats sont présentés dans le premier paragraphe, appuyés avec la littérature actuelle, accompagnés d'explications scientifiques.</p>
	Limitations	Manque de comparaison directe des performances de contrôle postural en position assise et debout, empêchant d'isoler les effets possibles des tâches posturales plus faciles à plus difficiles. Echantillon de population de faible importance.
	Biais	Majeur : - sélection : recrutement dans un seul hospitalier et les normo lecteurs dans la communauté locale - Confusion : pas de distinction sur le type de dyslexie et des comorbidités associés. Pas de distinctions faites sur les résultats dues aux vergences
	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante
Conclusion	Preuves supplémentaires de l'altération des mouvements oculaires chez enfant dyslexique en lecture de texte vs tâche de lecture Landolt. -Altération de la stabilité posturale chez l'enfant dyslexique dans les deux tâches visuelles, ++tâche de lecture Landolt. -les enfants dyslexiques ont besoin d'une fixation oculaire plus longue pour lire un texte , nuit aux performances de lecture -lecture Landolt temps de lecture et fixation sont similaires pour les deux groupes -les performances posturales des enfants ne sont pas liées aux exigences lexicales et sémantiques	
Bibliographie	32 références selon les normes Vancouver, actualisées et récentes .	

Eye movement and postural control in dyslexic children performing different visual task

Auteur/revue	Razuk M., Barela J-A., Peyre H., Gérard C. L., Bucci M. P./ PLOS ONE
Volume/page/année DOI	volume 686, 11/2018, p 53-58, 2018 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0198001
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve 4 Grade C
Titre et résumé	donne une information synthétique et objective du contenu de l'étude . Pas de mention du type d'étude dans le titre.

Introduction	Objectif de l'étude	Examiner les mouvements oculaires et la performance du contrôle postural chez les enfants dyslexiques lors de la lecture d'un texte et la tâche de lecture Landolt. <i>Le contexte est justifié ainsi que l'intérêt de l'étude. L'objectif de l'étude est clairement définie à la fin du paragraphe d'introduction.</i>
	Question de recherche	comprise dans l'objectif de l'étude
	Hypothèse de recherche	- les enfants dyslexiques ont des mouvements oculaires et un mauvais contrôle postural lors de la lecture d'un texte vs enfants non dyslexiques - les mouvements oculaires et les performances posturales sont similaires entre enfant dyslexiques et non dyslexiques. <i>Les deux hypothèses sont formulées à priori en même temps que l'objectif en fin d'introduction</i>
Matériel & Méthode	Type d'étude	Eude transversale observationnelle
	Population	2 groupes de 15 enfants enfants dyslexiques (âge =9,8ans +_1,3ans) 2 filles et 13 garçons et les normo lecteurs (âge=10 ans +_1,3) 2 filles et 13 garçons recrutement après évaluation complète à l'hôpital Robert Debré pour les enfants dyslexiques Critères d'inclusion : batterie de test L2MA avec un score supérieur à 2 écarts-type et un QI évalué avec WISC-IV entre 80 et 115, acuité visuelle normale (20/20), *Mauvaise amplitude de convergence et divergence significative dans le groupe dyslexique (Test de Maddox). Consentement éclairé des parents après une explication du déroulement de l'étude en respect avec l'éthique.
	Critère de jugement principal	- performance de lecture et mouvements oculaires -performance de contrôle postural
	variables	<u>Performance visuelle</u> : temps total de lecture, durée moyenne de fixation, nombre de pro et rétro saccades, amplitude des pro-saccades. <u>Performance posturale</u> : déplacement du CdP
	Protocole	Pièce sombre, debout sur la plateforme Framiral, pied // sur les empreintes, bras le long du corps, écran à 60cm au niveau des yeux Réalisation de 2 tâches visuelles : lecture silencieuse et lecture de Landolt. (4 essais , ordre réalisé par hasard) -enregistrement des mouvements oculaires par mobile Eyebrian Tracker et analyse par MeyeAnalysis. -temps total de lecture= temps écoulé entre le premier et le dernier mouvement oculaire. Pour chaque saccade, calcul de variable durée de fixation (ms) et nbre de pro et retro saccades (en degrés) -performance de contrôle postural= plateforme stable Multitest équilibre. Enregistrement des variations du CdP en AP et en ML, les 30 premières secondes de chaque taches visuelles. Le protocole est clairement défini et expliqué en amont aux enfants et parents. Un inspecteur réalise un contrôle visuel supplémentaire pour les mouvements oculaires.

	Analyse statistiques	<p>Analyse de la variance : ANOVA Test de la normalité et de l'homogénéité des hypothèses de variance pour les groupes (dyslexique et non dyslexique) et les tâches visuelles (lecture de Landolt et lecture silencieuse). Comparaison post-hoc : Tukey HSD, Logiciel SPSS, niveau de signification $p < 0,05$ L'analyse statistique précise. Étude de la normalité de la distribution + l'indépendance des échantillons. L'hypothèse nulle d'égalité des moyennes par le test de Fisher est définie ainsi que la valeur $p < 0,05$</p>
Résultats	Présentation, précision et lisibilité des résultats	<p><u>Performance de lecture</u> : effet significatif du groupe ($F(1,28) = 8,907, p < 0,01$), de la tâche ($F(1,28) = 4,981, p < 0,05$) et de l'interaction entre le groupe et la tâche ($F(1,28) = 21,087, p < 0,001$). post-hoc : les enfants dyslexiques lisent plus lentement un texte que les enfants non dyslexiques ($q(1,28) = 9,466, p < 0,001$). Aucune différence observée dans la tâche de lecture de Landolt pour 2 gr ($q(1,28) = 0,280, p > 0,05$). Les enfants dyslexiques lisent plus vite dans la tâche de lecture Landolt que dans la tâche de lecture de texte ($q(1,28) = 6,824, p < 0,001$)</p> <p><u>Mouvement des yeux</u> :</p> <ul style="list-style-type: none"> - durée moyenne de fixation : aucun effet significatif du groupe ($F(1,28) = 2,030, p > 0,05$) et de la tâche ($F(1,28) = 2,208, p > 0,05$), mais une interaction significative entre le groupe et la tâche ($F(1,28) = 6,265, p < 0,05$). post-hoc : durée de fixation des enfants dyslexiques plus longue que vs enfants normo lecteurs ($q(1,28) = 4,530, p < 0,03$), ce n'est pas le cas pour la lecture LANDOLT ($q(1,28) = 0,477, p > 0,05$). la durée de fixation pour les enfants non dyslexiques plus longue pendant la lecture Landolt ($q(1,28) = 3,989, p < 0,05$). durée de la fixation égale pour les enfants dyslexiques dans 2 tâches visuelles ($q(1,28) = 1,011, p > 0,05$). -nombre de pro-saccades : effet significatif du groupe ($F(1,28) = 11,079, p < 0,01$), mais aucun effet de la tâche ($F(1,28) = 0,029, p > 0,05$), et aucune interaction entre les groupes et les tâches ($F(1,28) = 0,321, p > 0,05$). Les enfants dyslexiques ont fait plus de pro-saccades que les enfants non dyslexiques. -le nombre de rétro-saccades : effet significatif du groupe ($F(1,28) = 4,977, p < 0,05$) et de la tâche ($F(1,28) = 12,289, p < 0,001$), aucune interaction entre le groupe et la tâche ($F(1,28) = 0,1853, p > 0,05$). Nombre plus élevé de rétro-saccades pour la tâche de lecture Landolt pour les 2 groupes. Les enfants dyslexiques faisaient plus de rétro-saccades dans les tâches de lecture de texte et de lecture Landolt. -amplitude des retro et pro saccades : effet significatif du groupe ($F(1,28) = 4,708, p < 0,05$), de la tâche ($F(1,28) = 7,400, p < 0,01$) et de l'interaction entre le groupe et la tâche ($F(1,28) = 5,035, p < 0,05$). post-hoc : la tâche de lecture de texte, l'amplitude des pro-saccades chez les enfants dyslexiques était inférieure à celle des enfants non dyslexiques ($q(1,28) = 5,434, p < 0,004$). Aucune différence n'a été observée dans la tâche de lecture Landolt entre les 2 groupes ($q(1,28) = 0,947, p > 0,05$), mais l'amplitude des pro-saccades chez les enfants dyslexiques était plus longue pendant la lecture Landolt tâche que dans la lecture de texte ($q(1,28) = 4,962, p < 0,01$). <p><u>Contrôle postural</u> : effet significatif du groupe ($F(1,28) = 11,802, p < 0,01$), aucun effet de la tâche ($F(1,28) = 2,252, p > 0,05$) et une interaction significative entre le groupe et la tâche ($F(1,28) = 6,255, p < 0,01$).</p> <ul style="list-style-type: none"> post-hoc : dans la tâche de lecture de texte, la zone CdP était plus grande pour les enfants dyslexiques que pour les enfants non dyslexiques ($q(1,28) = 5,861, p < 0,001$). Dans la lecture Landolt, la zone CdP pour les enfants dyslexiques était plus grande que celle des enfants non dyslexiques ($q(1,28) = 10,864, p < 0,001$). Et la zone CdP pour les dyslexiques était plus grande que celle des enfants non dyslexiques dans la tâche de lecture de texte ($q(1,28) = 9,863, p < 0,001$). <p>L'ensemble des résultats est présenté accompagné d'une figure qui illustre la moyenne des résultats pour chaque tâche, pour chaque groupe, ainsi que l'écart-Type.</p>

Discussion	Résultats clés	<p>1.les enfants dyslexiques mettent plus de temps pour lire un texte (<i>casi 2x plus</i>), mais pas pour la tache visuelle Landolt .</p> <p>2.les stratégies visuelles des enfants dyslexiques sont différentes. Pour la lecture = durée de fixation plus longue, plus de pro saccades et amplitudes plus petites , besoin d'une période de pause plus longue pour le traitement sémantique. Pour la tache Landolt, plus de pro et rétro saccades pour avancer et pour repositionner les yeux en recherche visuelle.</p> <p>- mêmes résultats pour la tache Landolt dans les 2 groupes pour les variables durée de fixation et amplitude= les non dyslexiques ne peuvent pas tirer parti des stratégies d'automatismes de lecture, et les dyslexiques ne peuvent traiter qu'un certain nombre de lettre à chaque fixation et pour les deux taches pas d'automatisme.</p> <p>3.les enfants dyslexiques ont moins bien réussi à se tenir droit pendant les tâches demandées. La performance posturale est affaiblie dans une tache non familière. La recherche visuelle requise devient une tache secondaire affectant le contrôle de la position verticale. les recherches visuelles auraient un impact sur les performances du contrôle postural.</p> <p>La mauvaise performance posturale ne semble pas liée aux exigences sémantiques ou lexicales. On l'observe dans les 4 conditions visuelles (la fixation et la poursuite ,la manipulation visuelle et absence de signaux visuels). Il se peut que les mouvements oculaires et le contrôle postural ne soient pas en lien direct.</p>
	Limitations	Elles sont évoquées par les auteurs, mais pas spécifiées.
	Biais	<p>Majeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sélection : recrutement dans un seul hospitalier -Confusion : pas de distinction sur le type de dyslexie et des comorbidités associés.
	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante
Conclusion	<p>Difficultés de lecture chez les enfants dyslexiques ne sont pas observées dans des tâches visuelles qui ne nécessitent pas de traitement sémantique et lexical.</p> <p>Amélioration des performances dans les taches de lecture grâce à différentes stratégies de mouvements oculaires.</p> <p>Mauvaises performances de contrôle postural chez enfants dyslexiques ne semblent pas liées à une exigence sémantique ou lexicale.</p> <p>Intérêt de l'étude malgré quelques limites : éléments nouveaux et provocateurs. La stratégie qui consiste à enregistrer simultanément mouvement des yeux et performances posturales semblent importante pour découvrir les différents points et répondre à la question : Quels sont les mécanismes sous-jacents à la lecture et au contrôle postural chez les enfants dyslexiques ?</p>	
Bibliographie	23 références au format Vancouver, actualisées et récentes.	

Postural control in dyslexic children : effects of emotionnal stimuli in dual task environnement

Auteur/revue	Goulème N.,Gerard C-L.,Bucci M-P./ Dyslexia
Volume/page /année DOI	volume 23 numéro 3, p283-295, Aout 2017 https://doi.org/10.1002/dys.1559
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve 4 Grade C
Titre et résumé	défini la population et l'objectif de l'étude, ne renseigne pas sur le type d'étude. Le résumé est clair et concis, il reprend les informations importantes.

Introduction	Objectif de l'étude	Comparer les stratégies d'explorations visuelles utilisées lors d'une tâche de contrôle postural chez des participants avec et sans dyslexie. L'objectif est bien défini dans la partie « résumé » de l'article, il l'est beaucoup moins dans le paragraphe d'introduction. L'introduction est bien structurée. Ils expliquent comment ils ont construit l'hypothèse (les ressources scientifiques à l'appui).
	Question de recherche	Absente formulée dans l'objectif
	Hypothèse de recherche	L'exploration visuelle diffèrerait selon l'exploration de différents types d'émotion sur le visage. Cette tâche simultanée pourrait moduler le contrôle postural, en diminuant ou en augmentant les performances de stabilité posturale.
Matériel & Méthode	Type d'étude	Étude transversale observationnelle
	Population	2 groupes de 22 enfants :dyslexiques âgés de 7,4 à 12 ans (âge moyen 10,09 +-0,3ans) recrutés dans un hôpital de Paris et normo lecteurs âgés de 7,3 à 12 ans (âge moyen 10,07 +-0,4 ans) <u>Critère inclusion groupe dyslexique</u> : batterie de test L2MA +2 écarts-types inférieur à la moyenne, QI entre 85 et 115 (WISC IV). Aucune anomalie orthopédique, scoliootique, atcd chirurgicaux, traumatiques pas de prise de médicaments. <u>Critère d'inclusion normo lecteurs</u> : aucune anomalie neurologique, psychiatrique connue, orthopédique, pas atcd de difficulté de lecture, pas de stress visuel ou difficultés de vision de près, fonction vestibulaire normale. Score moyen français, math et langue supérieur aux scores moyens (notes scolaires). Enquête respecte les déclarations d'Helsinki, approuvé par comité d'expérimentation humaine institutionnelle. Consentement des parents et des enfants après explication du protocole de l'étude. On ne sait pas au départ, s'il y a 22 enfants en totalité ou si c'est l'effectif de chaque groupe. Recrutement dans un seul centre pour les enfants dyslexiques. La comparaison des notes scolaires est aléatoire en fonction des écoles (critère peu fiable)
	Critère de jugement principal	Mesure du contrôle postural et des mouvements oculaires
	Variables	Posturale : surface, longueur, vitesse moyenne de CdP Visuelle : latence saccades, nombre de saccades, temps passé dans le ROI et % d'identification correcte des visages

Protocole	<p>Présentation dans ordre aléatoire de 5 visages émotionnels (heureux, agréable, triste, peur, colère) sur un écran PC.</p> <p>Enregistrement postural : Un seul visage, durée= 25,6s et temps de repos après chaque visage. étalonnage des mesures pour chaque enfant sur plateforme deux supports dynamométriques afin de relever les excursions CdP (fréquence 40Hz)</p> <p>Les enregistrements oculaires par Mobile Eyebrain Tracker (300HZ)</p> <p>Procédure : pièce sombre, debout sur la plate-forme les pieds sur les repères d’empreinte (talon 2cm, pied écartés symétrique à 30°), bras le long du corps. L’écran est placé à 60cm de l’enfant.</p> <p>Puis visualisation des 5 visages par enfant en l’explorant.</p> <p>Traitement de l’information : variabilité spatiale du CdP, des mouvements oculaires par ROI (nez, bouche, yeux) logiciel Meyeanalysis avec latence saccade, nombre de saccade, temps passé dans chaque ROI.</p> <p>Le protocole est bien défini et clair accompagné par des articles scientifiques pour justifier des choix effectués.</p>
Analyse statistique	<p>Multivariée (performance double tâche entre les 2 groupes)</p> <p>Analyse de variance : facteur inter sujet =2 groupes ; facteurs fixes= retour sur investissement + émotions</p> <p>variable dépendante : surface, longueur, vitesse moyenne de CdP, latence saccades, nombre de saccades, temps passé dans le ROI et % d’identification correcte des visages</p> <p>analyse post-hoc : test des différences les moins significatives de Fisher effet facteur significatif $p < 0,05$</p> <p>L’analyse statistiques est très détaillée. L’ensemble des paramètres présents limitent les biais de résultats.</p>

Résultats	<p>Présentation précision et lisibilité des résultats</p> <p>-Surface spécifique de la CdP plus grande pour le groupe dyslexique ($F(1,42)=7,31, p < 0,01$) avec interaction significative par état émotionnel du visage ($F(4,16)=3,58, p < 0,01$)</p> <p>Post-hoc : les enfants dyslexiques ont une plus grande surface de CdP lorsqu’il explore un visage en colère</p> <p>-durée de CdP est plus longue chez enfants dyslexique ($F(1,42)=4,66, p < 0,04$),</p> <p>-la vitesse moyenne de CdP est plus élevée significativement chez les enfants dyslexiques ($F(1,42)=6,60, p < 0,01$)</p> <p>-Latence saccades (ms) dans le ROI : plus courte pour les enfants Dyslexiques significativement, avec effet significatif du groupe seul ($F(1,42)=2,59, p < 0,01$)</p> <p>-nombre de saccade dans le ROI : moins de saccade pour les enfants dyslexiques effet groupe significatif ($F(1,42)=22,31, p < 0,01$), interaction entre le groupe et l’état émotionnel ($F(4,17)=7,60, p < 0,01$), nombre de saccades faites lors de l’exploration de visage désagréable est significativement plus faible dans le groupe dyslexique. Pour les visages heureux et neutre, pas de différence dans les 2 groupes. Interaction significative par ROI ($F(2,82)=20,62, p < 0,01$) moins de saccades dans le ROI oculaire pour les enfants dyslexiques. interaction entre groupe, état émotionnel du visage et retour sur investissement ($F(8,34)=4,09, p < 0,01$), les enfants dyslexiques ont fait moins de saccades dans le ROI lors de la visualisation de visage désagréable par rapport au visage heureux ou neutre</p> <p>-temps d’exploration passé dans chaque ROI : Les enfants dyslexiques ont passé moins de temps dans les yeux ROI des visages tristes, effrayés et en colère (tous $p < 0,02$).</p> <p>L’identification correcte des visages émotionnels : significativement plus faible chez les enfants dyslexiques ($F(1,42) = 5,46, p < 0,02$), les 2 groupes identifient plus facilement les visages heureux vs autres ($p < 0,01$) le % d’identification correcte de la peur, tristesse, colère est significativement plus faible pour le groupe dyslexique</p> <p>L’ensemble des résultats est analysé avec soit des histogrammes (1 pour chaque visage et pour chaque groupe) ou lorsqu’il s’agit de % une représentation par courbe sur un axe.</p>
-----------	--

Discussion	Résultats clés	<p>1. le contrôle postural est plus variable chez les enfants dyslexiques. surface de CdP est augmenté chez l'enfant dyslexique, surtout lors de la tâche de reconnaissance de visage en colère=la double tâche= moins bon contrôle postural. autre hypothèse :capacité cérébelleuse avec un plus petit nombre de saccade effectué lors de l'exploration des visages</p> <p>2. les schémas d'exploration visuelle des visages sont différents pour les 2 groupes. dû à un déficit d'attention visuelle et/ou une immaturité du système magnocellulaire visuel + un axe de recherche visuel gauche droit moins utilisé.</p> <p>3. la précision et l'identification émotionnelle du visage est plus faible chez les enfants dyslexiques surtout lors d'une émotion désagréable. Les enfants regardent les yeux pour percevoir les émotions et améliorer les relations sociales, ce serait moins le cas pour les enfants dyslexiques.</p> <p>Conclusion : le visage en colère exige une attention supplémentaire dans ce travail de double tâche. Les points nouveaux sont valorisés et il y a une ouverture faite sur l'intérêt de faire une recherche approfondie au vu des résultats. En revanche, pas d'analyse des biais, ni des limites de l'étude.</p>
	Limitations	Recherches approfondies pour valider les conclusions de l'étude
	Biais	<p>Majeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sélection recrutement unicentrique, sélection des cas témoins suivant des critères de lecture autres que enfants dys. -Confusion : pas de différenciation sur le type de dyslexie , ni sur la présence de comorbidité.
	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante
Conclusion	<p>-stabilité posturale plus faible chez enfant dyslexique + CdP augment bcp lorsque vision d'un visage désagréable</p> <p>- stratégies visuelles différentes lors de l'exploration visuelle vs normo lecteurs, ne permettent pas aux enfants dyslexiques d'identifier correctement les visages émotionnels. Le visage émotionnel en colère semble exiger une plus grande charge d'attention pour enfant dyslexique cela implique une plus grande emprise posturale par rapport aux autres visages émotionnels.</p> <p>Résultats qui suggèrent un lien fort entre mouvement des yeux et processus émotionnel.</p>	
Bibliographie	39 références au format Vancouver, actualisées et récentes	

Influence of both cutaneous input from soles and visual information on the control of postural stability in dyslexic children

Auteur/revue	Goulème N., Villeneuve P., Gérard C-L., Buci M-P./ Gait&Posture
Volume/page/année DOI	volume 56, p141-146, 07/2107 https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2017.04.039
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve 4 Grade C
Titre et résumé	Détaillé, place le contexte et la population concernée, pas d'information sur le format de l'étude choisie. Présentation des points forts/démontrés dans l'étude

Introduction	Objectif de l'étude	Tester l'influence de la plante de pied et des informations visuelles sur le contrôle postural des enfants dyslexiques vs enfants normo lecteurs. évaluation du Quotient de Romberg (QR) explorer le rôle des entrées sensorielles visuelles sur le contrôle postural des enfants dyslexiques. La structure de l'introduction est bien définie autour des différentes hypothèses et déductions des recherches sur le sujet. L'objectif est défini à la fin du paragraphe d'introduction. Il se présente sous la forme de deux questions + une évaluation.
	Question de recherche	absente
	Hypothèse de recherche	Il n'y a pas de formulation hypothèse de recherche
Matériel & méthode	Type d'étude	Eude transversale observationnelle
	Population	48 enfants en 2 groupes : 24 enfants dyslexiques âgé de 6,9 à 11,7 ans (âge moyen :9,35+/-2,9 (âge moyen 9,23ans +/- 0,36 ans) recrutés dans un hôpital pédiatrique (évaluation dyslexie) et 24 enfants normo lecteurs recrutés dans les familles du personnel de l'hôpital ou des bénévoles (après un examen de routine) Critère d'inclusion: aucun tt médicament, pas anomalie orthopédiques, 1,5 écart type (L2MA) quotient intellectuel moyen entre 85 et 115(WISC-IV), examen neurologique normal et les enfants sont naïfs de tout traitement psychotrope, aucun déficit vestibulaire ou visuel, neurologique ou psychiatrique. Enquête adhère à la déclaration d'Helsinki, soumis à approbation du comité institutionnel d'expérimentation humaine. Consentement obtenu auprès des parents après explication de la procédure expérimentale. La population est détaillée, avec les critères d'inclusion définis (pas d'exclusion). Un tableau reprend les données de chacun.
	Critère de jugement principal	Stabilité posturale dans trois conditions (YO-YF-mousse)
	Variables	Variables spatiales du CdP : surface, longueur et vitesse moyenne du centre de pression Quotient de Romberg (avec et sans mousse).

	Protocole	<p>Position des enfants : debout sur la plate-forme, sur les empreintes de pas (talons distants de 3cm, pieds écartés symétriquement avec rotation latéral de 30°, bras le long du corps)</p> <p>La mesure du déplacement du CdP sur plateforme avec 2 sabots dynamométriques pendant 25,6s. (40Hz).</p> <p>Expérimentation : instructions simples et identiques pour chaque enfant. « rester aussi stable et détendus sur la plateforme que possible ».</p> <p>Conditions d'enregistrements : Yeux ouverts (YO)= regarder un point rouge à 200cm devant eux, Yeux fermés (YF) par patch, avec de la mousse (-F-) 4mm pour changer les conditions posturales et augmenter le changement d'entrées sensorielles de la plante des pieds.</p> <p>Nombre d'essais : 3 pour chaque condition dans un ordre aléatoire.</p>
	Analyse statistiques	<p>Test d'analyse de Variance multivarié à plan mixte (MANOVA) pour analyser les différences entre les deux groupes + test sur les effets des différentes conditions (YO-YF- avec/sans mousse) analyse statistique mesures répétées (ANOVA)</p> <p>Logiciel Statistica avec Général Linear Models</p> <p>Facteur inter-enfants= les deux groupes d'enfants</p> <p>Comparaison post-hoc= test de Fischer (LSD) avec un $p < 0,05$ significatif</p>
Résultats	Présentation, précision et lisibilité des résultats	<p>corrélation entre sévérité des troubles et surface de la CdP non significatif</p> <p>Effet significatif du groupe testé dans chaque condition ($F(1,48)=3,96, p < 0,05$), surface du CdP supérieur du groupe dyslexique</p> <p>Effet significatif des conditions posturales ($F(1,48)=5,58, p < 0,02$), surface plus grande de la CdP avec mousse que sans mousse</p> <p>Effet significatif des conditions visuelles ($F(1,48)=12,44, p < 0,01$, surface plus grande significativement les yeux fermés.</p> <p>Les enfants dyslexique ont une surface de CdP significativement plus longue ($P < 0,04$), avec de la mousse (significatif dans les conditions posturales $p < 0,01$) et les yeux fermés (significatif $p < 0,01$)</p> <p>Les enfants dyslexiques ont une vitesse moyenne de CdP plus élevée (significatif $p < 0,04$), dans l'état postural avec mousse ($p < 0,01$) et aussi dans les conditions visuelle YF ($p < 0,01$)</p> <p>Romberg : effet de groupe significatif ($F(1,48)=3,79, p < 0,05$) plus faible pour les enfants dyslexiques, ainsi que pour l'état postural il diminué significativement avec la mousse ($p < 0,05$)</p> <p>Les résultats sont objectivés par des graphiques en annexes, soit des histogrammes.</p>
Discussion	Résultats clés	<ol style="list-style-type: none"> 1. Les oscillations du CdP sont plus importantes pour les enfants dyslexiques vs les enfant non dyslexiques. 2. La surface, la longueur, et la vitesse moyenne du CdP changent en fonction des conditions visuelles ou posturales. importance de l'entrée sensorielle de la plante cutanée du pied, et de l'information visuelle dans le contrôle postural, les enfants dyslexiques sont plus instables en l'absence de vision. 3. Le QR est significativement plus petit chez les enfants dyslexiques et dépend des conditions posturales. Instabilité dû à la difficulté de compenser l'apport sensoriel cutané perturbé ou diminué. Les entrées cutanées de la plante du pied peuvent entrainer un changement dans l'intégration des entrées visuelles. La diminution des apports de la plante du pied (mousse) = contrôle postural plus faible (déficit de pondération des autres entrées sensorielles disponibles). 4. Une insuffisance cérébelleuse chez enfant dyslexique pourrait conduire à un mauvais contrôle postural. Mieux utiliser les apports sensoriels chez l'enfant dyslexique. Les exercices posturaux sont pertinents pour améliorer la stabilité du corps et sont en faveur de la plasticité cérébrale <p>Dans cette partie, les éléments sont repris par l'auteur et associés aux références scientifiques existantes. Plusieurs hypothèses sont formulées et proposées.</p>
	Limitations	Recherches supplémentaires nécessaires pour explorer les capacités à peser les entrées sensorielles par adaptation du cervelet
	Biais	<p>Majeur :</p> <ul style="list-style-type: none"> - sélection : recrutement dans un seul hospitalier et non dys base de volontariat - Confusion : pas de distinction sur le type de dyslexie et des comorbidités associés

	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante
Conclusion	<p>-surface, longueur, et vitesse moyenne du CdP plus importante significativement chez les enfants dyslexiques (mousse et YF++)= mauvaise stabilité posturale</p> <p>-Le QR plus petit significativement chez les enfants dyslexiques et plus élevé avec mousse. Si les entrées sensorielles sont moins informatives (mousse ou YF) l'enfant dyslexique n'est pas en mesure de compenser avec d'autres entrées sensorielles disponibles.</p> <p>-Une modifications de l'apport cutané de la plante des pieds et/ou de l'information visuelle entraine un mauvais contrôle posturale chez enfant, déficience plus marquée chez les enfants dyslexiques (incapacité à compenser et/ou à repenser le système sensoriel par intégration cérébelleuse).</p> <p>L'utilisation d'entrées visuelles par les enfants dyslexiques pourraient être perturbée par un changement dans l'intégration de certaines entrées sensorielles.</p>	
Bibliographie	39 références bibliographiques format Vancouver, récentes et actualisées	

Dyslexic children need more robust information to resolve conflicting sensory situations

Auteur/revue	Razuk M., Lukasova K., Bucci M-P., Barela J-A.
Volume/page/année DOI	Dyslexia vol 26 n°1, p 52-66. février 2020 https://doi.org/10.1002/dys.1641
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve :4 Grade C
Titre et résumé	Le titre est une affirmation. Il décrit la population, l'intervention. Il ne précise pas la nature de l'étude. Le résumé reprend l'ensemble des résultats significatifs de l'étude, et explique également les grandes notions utilisées pour baser l'objectif de l'étude.

Introduction	Objectif de l'étude	Comment l'expérience dans un environnement en constante évolution peut modifier la dynamique de la repondération sensori-motrice dans le contrôle postural des enfants dyslexiques ? Comment les enfants dyslexiques répondent à la manipulation des signaux visuels et somato-sensoriels indépendant, et avec quelle réponse posturale ? C'est une succession chronologique des preuves et données disponibles sur le sujet étudié afin de poser les 2 objectifs (dans le dernier paragraphe). On ne sait pas trop au départ si c'est le même objectif redéfini avec d'autres mots ou si c'est un autre objectif.
	Question de recherche	Pas formulée en tant que telle
	Hypothèse de recherche	Les enfants dyslexiques montrent une adaptation aux changements des signaux sensoriels, mais pas aussi calibrés que ceux observés chez des enfants non dyslexiques. L'examen systématique de la repondération sensorielle est appliqué pour découvrir la dynamique de l'intégration sensorielle chez enfant dyslexique.
Matériel & Méthode	Type d'étude	Eude transversale observationnelle
	Population	39 enfants répartis en 2 groupes : 20 enfants dyslexiques (11 ans +/-0,4) recrutés par association brésilienne de dyslexie et 19 enfants normo lecteurs (11 ans +/-0,5 ans) de même âge, même sexe, sans difficultés de lecture, troubles neurologiques, orthopédiques ou musculosquelettiques, recrutés parmi la communauté locale (contact d'amis) Critère d'inclusion enfant dyslexique: 1 ou plusieurs écarts-type inférieur à la performance normale d'après le test scolaire (TDE) et un ou plusieurs écarts-types sur conscience phonologique et la dénomination rapide, plage normale sur l'attention sélective et le raisonnement logique Critère d'inclusion enfant non dyslexique :se situer sur la plage normale de performance sur toutes les compétences testées. Critère d'exclusion : ATCD d'absentéisme à l'école, traumatisme ou traumatisme crânien, aucun signe de TDHA ou tout autre trouble du dev (DSM-5) + un entretien individuel avec les parents. Tous les tests sont des tests brésiliens validés. Signature du consentement éclairé des parents après explication de la procédure de l'étude certifié par le comité d'examen institutionnel local.
	Critère de jugement principal	Balancement postural.
	Variables dépendantes	-quantité de force verticale appliquée, amplitude de balancement moyen pour les informations visuelles, amplitude moyenne de balancement pour infos somato-sensoriels, gain d'informations visuelles, gain des informations somato-sensoriels, phase d'information visuelle, phase d'information somatosensorielle

	Protocole	<p>Session expérimentale d'1 journée</p> <p>Se tenir debout le plus tranquillement dans une pièce en mouvement les bras suspendus le long du corps</p> <p>Description de la pièce : trois murs et un plafond mobiles, seul le sol est immobile, mur avec des rayures noires et blanches.</p> <p>Barre tactile noire réglable qui sera placée à hauteur de hanche des enfants dans la pièce avec un système de capteur de force (info sur la force horizontale et verticale). Les données sont collectées par convertisseur analogique/numérique (Fréquence de 100Hz)</p> <p>Les enfants effectuent deux essais de 4 min, (soit avec la salle en mouvement soit avec la barre tactile en mouvement) en fixant une cible à 150cm, les essais sont randomisés</p> <p>-essai salle mobile: oscillations continus d'avant en arrière (0,2Hz) pdt 0 à 1 min=0,6cm amplitude vitesse de 0,6cm/s, 1 à 2 min=2,9cm amplitude, vitesse de 1,86cm/s, 2 à 4 min= 0,6 cm amplitude, vitesse de 0,6 cm/s</p> <p>-essai barre mobile: placer leur index droit sans bouger. la force appliquée limiter à 1N sous surveillance, si c'est dépassé, on demande à l'enfant de diminuer la force exercée tout en maintenant l'index en contact. Oscillations vers l'arrière et l'avant (fréquence 0,2Hz) de 0 à 1 min= 0,6 cm amplitude et la vitesse =0,4cm/s ; de 1 à 2 min= 2,9 cm d'amplitude et vitesse= 1,75cm/s ; de 2 à 4 minutes= 0,6cm d'amplitude et vitesse= 0,4cm/s.</p> <p>Pour les deux conditions : la première minute= pré-transition, la minute suivante= transition ; et les deux dernières minutes= post-transition.</p> <p>Le balancement du tronc est enregistré par 3 capteurs mis sur le corps de l'enfant.</p> <p><i>L'analyse des données pour chaque paramètre est clairement définie</i></p>
	Analyse statistiques	<p>Test de l'homogénéité et de la normalité des hypothèses de variance.</p> <p>ANOVA= effet de groupe (enfant dyslexique ou non), de l'état (pré, transition, post) et le dernier facteur traité comme un facteur répété sur les variables dépendantes</p> <p>Analyse uni-variée si nécessaire et post-hoc de différence significative de Tukey.</p> <p>Utilisation du logiciel SPSS P<0,05</p> <p>L'analyse statistique est bien détaillée. Il y a un très grand nombre de variables à prendre en compte. Toutes les données sont définies et permettent de comprendre comment l'analyse a eu lieu.</p>
Résultats	Présentation , précision et lisibilité des résultats	<p>-Force moyenne appliquée : Les enfants dyslexiques appliquent un niveau de force plus élevé, significatif pour la condition (pré-transition-post) ($F(1,37)=6,735$, $p<0,005$), mais aucun effet de la condition, aucun effet entre de l'interaction entre groupe et condition. Pour les trois conditions les valeurs de forces appliquées étaient plus élevées pour les enfants dyslexiques.</p> <p>-Ampleur du balancement du corps :différence pour les enfants dyslexiques en fonction de l'état de la manipulation visuelle et somatosensorielle. Pour le stimulus visuel, effet significatif de groupe ($F(1,37)=11,253$, $p<0,01$), condition ($F(1,37)=9,225$, $p<0,05$) et interaction entre groupe et les conditions.</p> <p>Test post-hoc= le balancement corporel est similaire dans les trois conditions pour les enfants non dyslexiques, pour les enfants dyslexiques le balancement corporel a augmenté dans les conditions de transition et de post transition et étaient plus élevé dans les conditions VS enfants non dyslexiques.</p> <p>Pour le stimulus somato-sensoriel, effet significatif du groupe des conditions et interaction entre le groupe et la condition ($p<0,05$). Le balancement du corps était similaire pour les enfants non dyslexiques alors que pour les enfants dyslexiques le balancement du corps a augmenté pour les conditions de transition et post transition et étaient plus élevé dans ces conditions VS enfants non dyslexiques.</p> <p>-couplage entre stimulus sensoriel et balancement corporel. Série chronologique du gain pour chaque salle mobile et cycle tactile pour les enfant dys et normo lecteurs. Augmentation de l'amplitude du stimulus (transition) conduit à une forte diminution des valeurs de gain. Une fois l'amplitude du stimulus diminuée, les valeurs de gain augmentent à nouveau pour les enfants dyslexiques.</p>

Discussion	Résultats clés	<p>-présence de repondération dynamique des stimuli visuels et somato-sensoriels/tactiles pour les enfants dyslexiques. Ils sont moins efficaces dans les réponses posturales de sous-pondération/de surpoids lors de variations brusques du stimulus visuel (pas pour le stimulus somato-sensoriels) . Le niveau de force appliquée plus importante chez l'enfant dyslexique. Difficile de repondérer dynamiquement les signaux sensoriels (surmontés si les signaux informatifs supplémentaires sont fournis). Pour réduire/augmenter les réponses posturales en raison des augmentations/diminutions brusques des stimulus visuels sont dû à pondération sensorielle adaptative moins calibrée (condition de transition) et pas d'expérience adaptative lorsqu'ils sont exposés à un environnement similaire (condition post transition)</p> <p>-les enfants dyslexiques sont efficaces pour réduire/augmenter les réponses posturales en raison d'augmentation/diminution brusque de stimulus somato-sensoriel =lié à la robustesse des signaux visuels disponibles.</p> <p>-les enfants dyslexiques appliquent des niveaux de force plus élevé dans toutes les conditions de touchés légers. La surface de contact interprétée comme information d'arrière-plan.. Les enfants dyslexiques nécessitent des indices sensoriels plus robustes pour améliorer la qualité des informations sensorielles fournis par les signaux et améliorer ses performances posturales.</p> <p>-plus de balancement postural à travers la manipulation visuelle et somato-sensorielle. La dyslexie est potentiellement associé à un spectre de plus en plus large de mécanismes sous-jacents (pas juste une cause spécifique et unique). hypothèse de la voie magnocellulaire liés aux entrées inappropriées provenant de ce système spécifique. Conclusion : les enfants dyslexiques ont besoin de signaux sensoriels plus robuste quand cela est possible (ex : niveau de force appliquée plus élevé sur la surface de la barre tactile) por résoudre des situations sensorielles conflictuelles et lorsque les informations plus solides sont fournies, les enfants dyslexiques peuvent améliorer leur performances posturales.</p>
	Limitations	explications insuffisantes pour tous les changements dans toutes les taches sensori-motrice vécues par les enfants dyslexiques.
	Biais	<p>Majeur: sélection :on ne connaît pas le mode de recrutement des enfants normo lecteur ni la répartition géographique du recrutement faite par l'association brésilienne de dyslexie</p> <p>Confusion : test de la dyslexie bien détaillé, mais pas de correspondance avec système international</p>
	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante.
Conclusion	<p>Enfants dyslexiques moins efficaces dans le traitement des informations multisensorielles (vs seulement visuelle) utilisation indices visuels altérés par chgt spécifiques de la couche magnocellulaire, prendre en compte tous les systèmes sensoriels pour réaliser les changements comportementaux.</p> <p>Cervelet important pour contrôle moteur. Dans le processus perceptuel, de légers déficits peuvent entrainer des modifications motrices et sensorielles</p> <p>Constat : enfants dyslexique ont besoin de signaux sensoriels plus robustes pour améliorer leur comportement et résoudre des situations sensorielles conflictuelles afin d'améliorer leur contrôle postural</p>	
Bibliographie	58 références au format Vancouver, actualisées et récentes	

The effect of training on postural control in Dyslexic children

Auteur/revue	Goulème N., Gérard C-L., Bucci M-P., Siegel A./ Plos one
Volume/page/année DOI	volume 10 n°7, 2015 https://doi.org/10.1371/journal.pone.0130196
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau 2 Grade B
Titre et résumé	Le titre est clair et concis, il ne comprend pas le type d'étude réalisée.

Introduction	Objectif de l'étude	Explorer si une courte période d'entraînement postural pouvait affecter la stabilité posturale chez les enfants dyslexiques.
	Question de recherche	Correspond à l'objectif de l'étude P=enfants dyslexiques I=période d'entraînement courte C= enfants sans entraînement O= stabilité posturale
	Hypothèse de recherche	Grâce la plasticité du cervelet, l'entraînement peut améliorer le repesage des entrées sensorielles afin d'augmenter l'intégration somato-sensorielle et conduire à un meilleur contrôle postural. Amélioration des paramètres posturaux spatiaux et temporels après entraînement, suggérant une meilleure utilisation des entrées sensorielles liée à la plasticité du cervelet chez les enfants dyslexiques Reformulations des hypothèses plusieurs fois à la fin du paragraphe. soulignez les éléments pris en compte qui amène à une hypothèse unique.
Matériel & Méthode	Type d'étude	Étude comparatif de faible puissance : étude clinique randomisée
	Population	2 groupes d'enfants dyslexiques randomisés, recrutés dans 1 hôpital. G1= 16 (âge moyen 9,9 +/-0,3 ans) avec entraînement postural court G2=16 (âge moyen 9,1 +/-0,3 ans) sans entraînement postural Critère d'inclusion : ni tt médicamenteux , ni lésion orthopédique, score supérieur à 1,5 écart-type (L2MA), QI entre 85 et 115 (WISC-IV) L'enquête respecte la déclaration d'Helsinki et approuvé par le comité institutionnel d'expérimentation humaine. Le consentement des parents est obtenu après explication de la procédure. La population est clairement identifiée. Les critères d'inclusions sont équivalents pour les deux groupes. L'âge de la population et les résultats aux tests sont homogènes. On ne sait pas comment la procédure de randomisation a été faite, et le recrutement est sur 1 seul centre hospitalier.
	Critère de jugement principal	Performance posturale.
	Variables	-analyse spatiale : Surface (cm ²), la vitesse moyenne (mm/s) du CdP. -analyse temporelle : Indices de puissance spectrale, temps d'annulation (AL et ML) fréquence de déplacement (analyse en ondelette)pour trois niveau de fréquence (basse-moyenne- haute)

	Protocole	<p>Procédure d'enregistrement postural : plate-forme Multitest Equilibre de Framiral, avec un support statique et un dynamique de Micromedical Technologies. Déplacement du CdP enregistré de 40 à 100 Hz en condition statique et dynamique numérisé en 16 Bits.</p> <p>Conditions : une pièce sombre, les pieds sur les empreintes de pas de la plate-forme, les bras le long du corps.</p> <p>3 conditions : YO fixant une cible (point rouge à une distance de 250 cm), YF, et YO perturbée par stimulation optocinétique (boule optocinétique projeté sur mur à 250cm)</p> <p>Sur des surfaces d'appui stable (S) et instable (U)</p> <p>G1 : enregistrement postural avant et après une courte période d'entraînement postural. Entre période de repos de 5 min.</p> <p>G2 : enregistrement postural 2 fois entre les deux 5 minutes de repos</p> <p>Simulation d'entraînement= pendant 3 minutes, le but est d'éviter les personnes qui marchent vers l'enfant. (test 30s pour voir si compréhension ok)</p>
	Analyse statistiques	<p>Logiciel Statistica</p> <p>Analyse de variance sur premier enregistrement postural pour G1 et G2 s'assurer que les paramètres posturaux sont similaires. Test t student individuel pour comparer 2 mesures individuelles effectuée. Avec effet d'un facteur positif si $p < 0,05$</p>
Résultats	Présentation, précision et lisibilité des résultats	<p>Analyse spatiale : aucune différence statistique sur les paramètres posturaux spatiaux entre les 2 groupes ($F(1,30) = 0,33, p = 0,56$ et $F(1,30) = 0,19, p = 0,66$)</p> <p>-surface du CdP : test t montre un effet d'entraînement significatif, la surface diminue après entraînement en condition de vision perturbée avec support instable ($p < 0,03$), pour G2 elle augmente significativement pendant la 2ième mesure ($p < 0,01$).</p> <p>-vitesse moyenne : pour G1, l'analyse du test t pour la vitesse moyenne du CdP diminue significativement après l'entraînement, sur surface d'appui instable instable en condition optocinétique perturbée ($p < 0,01$). Pour G2 il n'y a pas de différence significative entre les 2 mesures.</p> <p>Analyse temporelle : pour G1 analyse test t montre un effet significatif sur les indices spectrales après l'entraînement en diminuant considérablement dans la direction médio-latéral pour toutes les fréquences en vision perturbée sur support instable. Pour G2, analyse test t montre une augmentation significative des indices de puissance spectrale dans la direction médio-latérale YO sur surface d'appui stable dans les moyennes et hautes fréquences ($p < 0,03$) et YF pour toutes les fréquences et YO avec support instable pour les hautes fréquences.</p> <p>-pour G1 : effet de l'entraînement significatif dans la direction antéro-postérieure, sa valeur diminue significativement après entraînement dans les conditions vision perturbée sur surface instable pour toute les fréquences</p> <p>-pour G2 pas de différence statistique entre les deux mesures en antéro-postérieur.</p> <p>- temps d'annulation en direction antéro-postérieur : pour G1 pas de Différence alors que pour G2 diminution significative les YF sur une surface instable pour les basses fréquence uniquement. ($p < 0,03$). Effet d'entraînement significatif pour G1 valeur qui augmente YO sur support stable en haute fréquence uniquement et en vision perturbée sur surface instable pour basse fréquence uniquement. Pour G2, diminution YO avec support stable en fréquence moyenne uniquement ($p < 0,01$).</p> <p>L'ensemble des résultats est accompagné par un histogramme qui reprend les variables pour chacun des deux groupes.</p>
Discussion	Résultats clés	<p>1. entraînement postural court a diminué la surface et la vitesse moyenne du CdP lorsque la vision est perturbée dans les conditions instables. Données scientifiques ont montré que l'entraînement permet une meilleure utilisation des activités musculaires donc postural à moindre coût énergétique. L'entraînement postural pourrait permettre un meilleur contrôle du degré de liberté fonctionnelle entre les muscles et les articulations pour une meilleure coordination motrice. L'amélioration se produit dans les condition la plus difficile (vision perturbée, instabilité). L'entraînement pourrait permettre de stimuler les participants à utiliser toutes les informations sensorielles et à mieux les intégrer via le cervelet (via la plasticité cérébrale). On a montré que effet est important durant le début de la phase d'apprentissage donc courte période d'entraînement propice sur la plasticité cérébrale et sur le processus d'apprentissage.</p> <p>2. entraînement postural court a changé les paramètres de l'analyse temporelle du CdP suggérant une amélioration du contrôle postural.</p> <p>3. pour le groupe 2, peu de variable posturale ont changé de manière significative et pas de manière corrigée. Soit un moins bon contrôle postural la deuxième fois probablement dû à la fatigue et à de faibles capacités à maintenir l'équilibre.</p>

	Limitations	<p>Peut-être qu'un entraînement posturale plusieurs fois par semaine pourrait améliorer la stabilité posturale dans les conditions plus faciles. = proposition de faire une étude sur le thème Période d'entraînement plus court = quelle durée sur le maintien de bonnes capacités posturales ? d'où intérêt d'étude longitudinale sur la persistance de l'effet de la formation ainsi que des tests sur les capacités de lecture avant/après la formation. (aucune corrélation entre mesures posturales et capacités de lecture chez les enfants dyslexiques n'a été trouvé) Étude sur un plus large échantillon de patients dyslexiques sur différentes formations amélioreraient les connaissances sur la manière dont la formation affecterait le contrôle postural. Un tel type d'entraînement pourrait être généralisable à d'autres troubles d'étiologie cérébelleuse.</p>
	Biais	<p>Majeur : -sélection : le recrutement c'est fait pour les cas dans un centre hospitalier donc pas forcément représentatif de population dyslexique générale, il faudrait qu'elle soit multicentrique. De même pour les cas témoins, on ne connaît pas le lieu de leur recrutement. La procédure de randomisation n'a pas été expliquée. Le nombre de cas et de témoins est fixé au départ par expérimentateur, cela fausse la fréquence de la maladie au départ. -d'information : les analyses ne sont pas réalisées en simple aveugle ou double aveugle. En revanche les mesures sont standardisées, identiques avec un protocole défini à l'avance. -de confusion : très limité, l'analyse statistique a caractérisé les groupes comme étant homogène, l'appariement a été effectué afin d'isoler l'effet de variable indépendante ainsi que la randomisation (distribution dans chaque groupe) cependant l'insu n'est pas mis en place.</p>
	Grille Québec	<p>La qualité de l'étude est satisfaisante.</p>
Conclusion	<p>Une courte période d'entraînement améliore le contrôle postural. L'utilisation de schéma musculaire pertinent permet d'obtenir un contrôle postural efficace (rôle du cervelet avec la plasticité cérébrale) Entraînement = meilleures performances dans le processus d'intégration sensoriel (augmentation du niveau neuronal)+ intégration cérébelleuse</p>	
Bibliographie	<p>45 références au format Vancouver, actualisées et récentes</p>	

Visually guided eye movements reduce postural sway in dyslexic children

Auteur/revue	Barrela J., Tesima N., Amaral VdS, Figueiredo G.A., Barela A-M./ Neuroscience Letters
Volume/page/année DOI	Volume 725 ,04/2020 https://doi.org/10.1016/j.neulet.2020.134890
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve 4 Grade C
Titre et résumé	Le titre et le résumé donnent une information synthétique et objective du contenu de l'étude . Le titre ne mentionne pas le type d'étude. C'est une affirmation qui est formulée à partir des découvertes déjà faites autour des mouvements oculaires des enfants dyslexiques.

Introduction	Objectif de l'étude	Examiner l'effet des mouvements oculaires guidés sur la performance du contrôle postural et les mouvements oculaires des enfants dyslexiques en position debout.
	Question de recherche	Correspond à l'objectif de l'étude
	Hypothèse de recherche	Les enfants dyslexiques pourraient utiliser les mouvements oculaires guidés pour réduire l'ampleur du balancement postural, et qu'ils utiliseraient un nombre plus élevé de fixations et de saccades par rapport aux enfants normo lecteurs.
Matériel & Méthode	Type d'étude	Eude transversale observationnelle
	Population	-12 enfants dyslexiques, 5 filles et 7 garçons (âge= 10,8 +_1,1an, intervalle 9,0-12,3 ans) recrutés par l'association brésilienne de dyslexie (évaluation complète dépistage de la dyslexie). -12 enfants non dyslexiques, même âge même sexe (âge=10,4 +_1,5 ans, intervalle 8,9-12,8 ans) recrutés dans la communauté locale. Participation soumis à l'autorisation des parents (consentement éclairé), protocole approuvé par le comité d'examen institutionnel.
	Critère de jugement principal	balancement corporel (fréquence de coupure 5Hz) :amplitude moyenne et fréquence moyenne
	Variables	Par saccade dans les deux conditions : nombre de fixations, nombre de saccades Par saccade dans la condition guidée uniquement : durée, amplitude et vitesse de saccades
	Protocole	Chaque participant est familiarisé avec les installations du laboratoire. Port de lunette de suivi oculaire (déplacement oculaire) Eye Tracking Glasses étalonnage des mesures. Mesure du balancement corporelle médio latéral (ML), antéro postérieur (AP), verticale (V) avec marqueur IRED fixé sur le dos verticale. participant se tient verticale dans une pièce noire, le plus immobile possible, les pieds parallèles et espacés largeur bassin, bras le long du corps. Les deux conditions expérimentales : - la fixation : se fixer sur une cible (cercle noire de 1,5cm) affiché au centre d'un écran à 1m et placé à hauteur des yeux. - le mouvement des yeux guidés : fixer une cible qui apparaissait et disparaissait sur les côtés droit ou gauche de l'ordinateur, avec un angle visuel de 11° à une fréquence de 0,5Hz (pas besoin de bouger la tête), contrôlé par un logiciel (Flash Mx) -chaque essais dure 60s, et randomisé par 2 (chaque condition), chaque condition est répétée 3 fois= 6 essais. Analyse des mouvements oculaires par le logiciel BeGaze + en visuel par un inspecteur (début et fin de chaque saccade) Chaque variable a été moyenné pour chaque condition et chaque participant.

	Analyse statistiques	analyse de la normalité et de l'homogénéité des hypothèses de variance 6 analyse de variance avec groupe (dyslexique/non), état (fixation/œil guidé) traité comme une mesure répétée. Variables dépendantes : amplitude moyenne de balancement ML et AP, fréquence dans les directions ML et AP, nombre de fixation et nombre de saccades. -uniquement pour la condition guidée : 3 ANOVA avec groupe comme facteur et variable dépendantes (durée, amplitude et vitesse des saccades) Logiciel SPSS avec un niveau de significativité $p < 0,05$
Résultats	Présentation, précision et lisibilité des résultats	amplitude du balancement posturale : pas d'effet de groupe pour la direction ML ($F(1,22) = 0,95, p < 0,05$) ou la condition ($F(1,22) = 0,61, p > 0,05$) et aucune interaction entre groupe et condition ($F(1,22) = 2,39, p > 0,05$). Effet de groupe pour la direction AP ($F(1,22) = 5,71, p < 0,05$) et l'état ($F(1,22) = 5,71, p < 0,05$), mais aucune interaction groupe état ($F(1,22) = 0,36, p > 0,05$). Les enfants dyslexique se balançaient avec une plus grande amplitude dans la direction AP VS non dyslexique, et les deux groupes réduisaient l'amplitude du balancement avec la condition visuelle guidée -fréquence moyennes de balancement pour les 2 groupes dans les 2 conditions : pour la direction ML, aucune effet pour le groupe, ou la condition et aucune interaction entre le groupe et la condition. Pour la direction AP, effet pour le groupe ($F(1,22) = 9,61, p < 0,005$) aucun effet pour la condition et aucune interaction entre groupe et condition. Les enfants dyslexiques se balançaient avec une fréquence moyenne plus faible dans la direction AP VS non dyslexiques. -mouvement des yeux : les deux groupes sont capable de modifier les schémas des mouvement des yeux en fonction de la tâche visuelle. (fixation= petits déplacement) en condition guidée, les mouvement sont de plus grande amplitude pour le suivi dans le sens ML ou verticale. Les enfants dyslexiques et non dyslexiques ont fait plus de fixations dans la condition guidée que dans la condition de fixation. Les enfants dyslexiques et normo lecteurs ont fait plus de saccades sous la condition guidée que dans la condition de fixation. Les enfants dyslexiques et non dyslexiques ont effectué les saccades avec le même schéma sous la condition guidée.
Discussion	Résultats clés	Enfants dyslexiques ont utilisé des mouvements oculaires guidés pour améliorer et réduire leur amplitude de balancement dans la direction AP par rapport à la condition de fixation. Aucune différence observée entre dyslexiques et non dyslexique réduction d'amplitude du balancement corporelle dans la direction AP durant un mvt oculaire guidée. Hypothèse : dû à l'effet de tache supra-posturale (mécanisme afférent/efférent) ou alors le mécanisme guidé oblige à fonctionner en synergie (dynamique oculomotrice et posturale) pour atteindre l'objectif de la tâche. - informations posturales acquises sont utilisées pour améliorer la dynamique du contrôle postural : les mouvements oculaires guidés fournissent des signaux sensoriels supplémentaires pour le SNC -les enfants dyslexiques utilisent moins de correction de balancement corporel durant la fixation et guidée VS normo lecteurs , révélé par une fréquence moyenne de balancement plus faible. Pas d'explication pour zéro effet visuel dans les 2 conditions pour les 2 groupes d'enfant. Le manque de modulation du balancement corporelle entre ces deux conditions visuelles est un problème qui nécessite plus d'enquête. -les mouvements des yeux : aucune différences entre les deux groupes (plus de fixation et occurrence saccadique pour condition guidée) donc l'hypothèse de départ est réfutée.
	Limitations	Les modèles de mouvements oculaires dépendent de la tâche et sans aucun doute des études et des analyses plus détaillées devraient être utilisées pour approfondir la compréhension de l'utilisation des mouvements oculaires saccadés par les enfants dyslexiques dans différentes conditions visuelles.
	Biais	Majeur: confusion: pas de distinction sur le type de dyslexie , et des comorbidités associées.
	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante.
Conclusion	-Les enfants dyslexiques se balancent avec une plus grande amplitude dans les conditions de fixation et mouvement oculaire guidés que les enfants non dyslexiques -les deux groupes d'enfants ont réduit l'amplitude du balancement postural sous la condition guidée vs fixation -tous les enfants ont pu moduler leurs mouvements oculaires et aucune différence n'est observée entre les 2 groupes -les enfants dyslexiques sont capables d'utiliser les informations visuelles disponibles pendant les mouvements oculaires pour améliorer leur contrôle postural. -les schémas de mouvements oculaires des enfants dyslexiques ne semblent pas liés à une mauvaise performance du contrôle postural	
Bibliographie	25 références au format Vancouver, actualisées et récentes.	

Evaluation of podalic support and monitoring of balance control in children with dyslexia : a pilot study

Auteur/revue	Patti A., Bianco A., Messina G., Iovane A., Alesi M, Pepi A., Palma A./ Sustainability
Volume/page/année DOI	volume 12 numéro 3 Page 1191, 07/02/2020 10.3390/su12031191
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve 2 Grade B
Titre et résumé	Le titre et le résumé donne une information synthétique et objective du contenu de l'étude. Le type d'étude est mentionné dans le titre

Introduction	Objectif de l'étude	évaluer les adaptations du pied et la surface podale et confirmer les résultats sur les déficits de contrôle de l'équilibre chez enfants dyslexiques. Et les effets s'ils existent de la dyslexie sur les relations interpersonnelles
	Question de recherche	N'est pas formulée.
	Hypothèse de recherche	
Matériel & Méthode	Type d'étude	Eude de cohorte longitudinale
	Population	57 sujets recrutés dans les écoles de Palerme en Italie séparé en 2 groupes -expérimental :22 enfants dyslexiques certifié par le système de santé publique italien (âge : 11,97 +/- 1,57 ; taille :148 +/- 11,62 cm ; poids :47,32 +/- 11,03kg) -témoin : 35 enfants avec capacité de lecture normale (âge : 12,66 +/-0,63 ans ; taille : 150,8 +/- 9,13 cm ; poids : 45,6 +/- 11,26kg) Les mesures sont effectuées à 2 reprises, on retient la moyenne. <u>Critères d'inclusion</u> :âge comparable, même origine géographique, ne pas avoir participé à un programme structuré d'activités motrices pendant au moins un an. <u>Critères d'exclusion</u> : déficit auditif ou visuel (sauf corrigé par lentilles/verres), déficit moteur des membres inférieurs, diagnostic positif de maladie influençant l'équilibre. Critères approuvés par l'université de Palerme , étude menée conformément à la déclaration Helsinki et les principes de la loi italienne sur la protection des données. Les parents ont donné leurs consentements éclairés. Analyse de l'échantillon entre Janvier 2017 et juillet 2017 au département de psychologie et de sciences de l'éducation de l'université de Palerme. Pour le groupe témoin, les données sont collectées au même moment par la même unité de recherche au centre de sport de l'université de Palerme
	Critère de jugement principal	Étude de l'équilibre
	Variables	Equilibre : surface droite (DX) surface gauche (SX), surface avant pied droit(DX) surface avant pied gauche(SX) Analyse postural : CoP , longueur de la trajectoire du balancement (mm), surface de l'ellipse (mm ²) moyenne, vitesse moyenne du mouvement Statokinesigramme : condition œil ouvert, longueur de la trajectoire du CoP, surface de l'ellipse, vitesse moyenne du mouvement, coordonnées du CoP le long des plans frontal et sagittal TMA de Bracken: test d'évaluation multidimensionnelle de l'estime de soi que le premier domaines (relation interpersonnelle)

	Protocole	Analyse barométrique logiciel FreeMed Position test de Romberg pour analyse podale sur la plateforme (enregistrement des réglages pour toutes les mesures) 2 tests par échantillon seul meilleure performance est conservée. Le système est calibré pour échantillonner le balancement postural 25Hz Test TMA de Bracken : chaque item comprends une note de 1 à 4 (données brute comparée avec le groupe contrôle et corrélées avec les paramètres posturo graphiques.
	Analyse statistiques	Analyse de baropodométrie avec le logiciel FreeMed en utilisant la position du test de Romberg. 2 tests sont effectués sur chaque échantillon et le meilleur est retenu.
Résultats	Présentation, précision et lisibilité des résultats	Analyse anthropométrique ne montre pas de différences significatives Test de normalité de Shapiro-Wilk (hors TMA et moyenne) a montré une distribution non gaussienne donc test de student ou Mann Whitney utilisé. Indice de corrélation de Pearson montre une forte corrélation entre ellipse de surface vs TMA et entre longueur de la trajectoire de balancement vs vitesse moyenne de déplacement
Discussion	Résultats clés	Enfants dyslexiques ont montré une tendance au pied plat. (déficit postural dans lequel les courbes du pied sont atténués donc il entre en contact avec le sol= action sur la biomécanique de la marche et risque de blessure du Membre inf. la sensibilité des mécanorécepteurs de la plante du pied impacte l'équilibre. -analyse de l'équilibre montre un contrôle de l'instabilité chez enfant dyslexique, le groupe dyslexique est significativement plus instable (P<0,001) Les enfants dyslexiques ont un centre de gravité plus antérieur et ont tendance à avoir des oscillations moyennes à droite de l'axe transversal (c'est l'inverse pour le groupe sain) -l'auto-évaluation est significativement inférieur pour le groupe enfant dyslexique (p<0,05), plus la stabilité posturale est négative, plus les relations interpersonnelles sont négatives - en cas d'instabilité posturale, la vitesse de soutien du pied augmente dû à la correction continue pour trouver un appui stable.et donc la vitesse de l'appui tend à augmenter chez sujet instable. - pas de différences significative pour la vitesse du CdP qui ds la littérature était plus élevé chez l'enfant dyslexique .
	Limitations	Absence d'explication pour un lien direct entre déficit moteur (dyslexie et pied plat) est une limite à cette étude -échantillon limité pour extrapoler les données -impossible d'expliquer le schéma neurophysio de l'hypotonie
	Biais	Mineur :sélection : pas de randomisation, les critères de définition de la dyslexie sont peu détaillées Majeur :Confusion : pas de distinction sur le type de dyslexie et des comorbidités associés. Lien entre hypotonie et dyslexie pas expliquer. Résultats : utilisation de la batterie de test TMA = auto-évaluation=subjectivité des résultats
	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante.
Conclusion	Etudier de la représentation mentale chez adolescent atteint de Dyslexie développementale (DD)et de lecteur typique adaptés à leur âge. Le déficit d'automatisme sensorimoteur observé dans la DD pourrait provenir d'un déficit de représentation mentale (rédiger sous forme d'hypothèse)	
Bibliographie	50 références selon les normes Vancouver, actualisées et récentes .	

Spatial and temporal analysis of control in dyslexic children

Auteur/revue	Gouleme N., Gerard C-L., Bui-Quoc E., Bucci M-P / Clinical Neurophysiology
Volume/page/année DOI	vol 126 N°7 page 1370-1377 07/2015 10.1016/j.clinph.2014.10.016
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve 4 Grade C
Titre et résumé	Le titre est une affirmation. Il décrit la population, l'intervention. Il ne précise pas la nature de l'étude. Le résumé reprend l'ensemble des résultats significatifs de l'étude, et explique également les grandes notions utilisées pour baser l'objectif de l'étude.

Introduction	Objectif de l'étude	Examiner le contrôle postural des enfants dyslexiques en utilisant à la fois l'analyse spatiale et temporelle dans différentes conditions (YO/YFF) sur des plateforme stable et instable
	Question de recherche	Pas en tant que telle
	Hypothèse de recherche	Les déficits posturaux des enfants dyslexiques pourraient être mieux compris par une analyse temporelle. L'analyse temporelle peut-elle donner un aperçu des différents types d'informations sensorielles utilisées par les enfants dyslexiques pour contrôler leur posture.
Matériel & Méthode	Type d'étude	Eude transversale observationnelle
	Population	30 enfants dyslexiques âge moyen= 9,7 +/- 0,4 ans ; 23 garçons et 7 filles 30 enfants non dyslexiques âge moyen= 9,9 +/- 0,4 ans ; 21 garçons et 9 filles <u>Critères d'inclusion</u> : sup à 1,5 écart-type (L2MA) ; 85<QI<115 (WISC-IV) enfants dyslexiques recruté sur un centre hospitalier Pour normo lecteur : pas d'anomalie de neurologique/psychiatrique, pas d'atcd de difficulté de lecture, pas de stress visuel ou difficulté de vision, résultats scolaire au dessus de la moyenne de leur classe. Tous : acuité visuelle normale, vision binoculaire normale, une amplitude de convergence plus faible chez les enfants dyslexiques Respect de la déclaration d'Helsinki, approuvé par le comité de protection des personnes. Le consentement éclairé écrit et éclairé des parents.
	Critère de jugement principal	Performance posturale
	Variables	-analyse spatiale du CoP : surface (cm ²) , vitesse moyenne (mm/s) -analyse temporelle par ondelette : indice de puissance spectrale (oscillation antéro-postérieur et médio-latérale), temps d'annulation
	Protocole	Matériel : Multitest Equilibre avec une plateforme statique et dynamique . Le déplacement du CoP échantillonné entre 40 et 100 Hz numérisé Enregistrement postural : enfant positionné sur la plateforme dans une chambre noire (grande pour empêcher l'orientation spatiale acoustique), pied // sur les empreintes de pas, bras le long du corps. 4 conditions d'enregistrement : 2 sur plateforme stable (YO fixant une cble / YF) 2 sur plateforme instable (YO fixant une cible / YF). Dans la condition YO fixant une cible , c'est un point lumineux rouge fixé à 250 cm. Durée de l'enregistrement : 30s avec repos de 15 s entre chaque (éviter la fatigue) L'ordre de l'enregistrement est aléatoire)
	Analyse statistiques	Logiciel statistica avec analyse GLM (Advanced Linear Models) : Facteur inter-sujets : deux groupes d'enfants Facteurs intra-sujets : paramètres posturaux Analyse post-hoc : test de Fischer, le LSD(Least Significant Difference) p<0,05 significatif

Résultats	Présentation, précision et lisibilité des résultats	<p><u>Analyse spatiale</u> :</p> <p>-surface de CoP : effet de groupe significatif ($p < 0,004$), la surface du CoP est plus importante chez les enfants dyslexiques, de l'état postural indépendant du groupe avec une surface plus importante dans les condition plateforme instable ($p < 0,003$), surface du CoP plus grande sur la plateforme instable dans les 2 conditions (YO ou YF) $p < 0,003$; effet significatif de la vision avec une surface plus grande YF ($p < 0,005$) et une interaction significative entre groupe et état postural, la surface de CoP chez les enfants dyslexiques est significativement supérieure sur une plateforme stable et instable dans toute les conditions testées vs enfants non dyslexiques.</p> <p>-vitesse moyenne de CoP: la vitesse moyenne est significativement plus élevée ds le groupe dyslexique ($p < 0,006$) ; effet significatif de l'état postural, vitesse moyenne significativement plus faible dans les conditions stable vs instable, et une effet significatif de la vision avec vitesse moyenne de la CoP plus grande YF vs YO pour les 2 groupes ($p < 0,005$), une interaction significative entre le groupe et la condition posturale, vitesse moyenne de la CoP chez les enfants dyslexiques dans les 2 conditions (YO/YF) est significativement supérieure à celle sur plateforme stable et à celle des enfants non dyslexiques dans toutes les conditions ($p < 0,001$)</p> <p><u>Analyse temporelle</u> :</p> <p>Indice de puissance spectrale : dans les deux directions AP et ML l'indice est significativement plus élevé chez les enfants dyslexiques vs non dyslexiques (tous $p < 0,05$), effet significatif pour les basses fréquences pour les deux sens pour les enfants dyslexiques significativement plus élevé ($p < 0,05$), IPS basse fréquence plus élevé > IPS moyenne fréquence > IPS haute fréquence ($p < 0,001$) et IPS est significativement plus faible en ML dans les conditions stables (YO/YF) pour les 2 groupes et IPS en ML est significativement plus élevé chez enfant dyslexique sur support instable (YO/YF) que ceux en condition stable (YO/YF) $p < 0,001$; Effet de la vision avec IPS significativement plus faible YO que YF ($p < 0,002$)</p> <p>Annulation du temps : le temps d'annulation ds sens AP est significativement plus long dans les moyennes fréquences que dans les basses et hautes fréquences ($p < 0,001$) ; YO ou YF sur support instable les enfants dyslexiques ont un temps d'annulation plus court significativement ds sens AP en fréquence moyenne que les enfants non dyslexiques.</p> <p>En ML, le temps d'annulation est plus court significativement chez les enfants dyslexiques que les enfants non dyslexiques ($p < 0,05$), il est significativement plus long en basse fréquence > moyenne fréquence > haute fréquence ($p < 0,001$), le temps d'annulation en ML pour la basse fréquence chez les enfants dyslexiques est significativement plus court que celui pour les enfants non dyslexiques ($p < 0,001$)</p>
Discussion	Résultats clés	<p>-contrôle postural médiocre par rapport aux enfants normo lecteurs : apport de l'analyse temporelle du CoP, les enfants dyslexiques font des oscillations plus importantes vs non dyslexiques, le temps d'annulation plus court peut révéler une faible utilisation des informations sensorielles et donc un mauvais contrôle postural. Autre suggestion : les enfants dyslexiques utilisent moins d'infos sensorielles ou de manière non corrigée pour contrôler leur balancement corporel en accord avec une faible capacité d'automatisme chez ces enfants.</p> <p>-contrôle postural dépend de la condition : stabilité meilleure YO sur une plateforme stable pour les 2 groupes. Sur une plateforme stable les infos sensorielles (visuel/vestibulaire/somesthésique) restent disponible de ce fait le contrôle postural est plus efficace, avec une notion comme quoi les enfants dépendent davantage de la vue que les adultes. Sur une plateforme instable les informations somesthésiques sont trompeuses, il faut avoir des stratégies compensatoires en pondérant les entrées visuelles.</p> <p>-différentes stratégies sont utilisées par les enfants dyslexiques vs normo lecteurs, suggèrent que les enfants dyslexiques utilisent moins bien les données sensorielles que les enfants non dyslexiques pour contrôler le balancement corporelle, ainsi qu'une moindre intégration cérébelleuse et un manque d'utilisation des informations visuelles .</p>
	Limitations	Explorer si des activités d'entraînement postural pourrait dev. l'adaptation cérébelleuse et accroître l'intégration des informations chez les enfants dyslexiques pour apprendre à pondérer et intégrer toutes les informations sensorielles.
	Biais	Majeur : sélection : recrutement dans un seul centre hospitalier et pas d'information recrutement normo-lecteur Confusion : faible capacité de vergence chez les enfants dyslexiques., pas de différenciation sur le type de dyslexie et les comorbidités associées
	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante.

Conclusion	<p>Faible stabilité posturale chez les enfants dyslexiques vs non dyslexiques dans l'analyse spatiale et temporelle</p> <ul style="list-style-type: none"> - 2 groupes le contrôle postural dépend de l'état et s'améliore les yeux ouverts sur plateforme stable - les enfants dyslexiques ont un indice de puissance spectrale plus élevé que les normo lecteurs et un temps d'annulation plus court. - le mauvais contrôle postural chez les enfants dyslexiques pourrait être dû à un déficit d'utilisation des informations sensorielles probablement causé par une déficience de l'activité cérébelleuse - la fiabilité des schémas d'activation cérébrale (entrées sensorielles & activité cérébelleuse) peut expliquer le déficit de contrôle postural chez les enfants dyslexiques
Bibliographie	43 références selon les normes Vancouver, actualisées et récentes .

Action representation deficits in adolescent with developmental dyslexia

Auteur/revue	Van de Walle de Ghelcke A., Shoura X., Edwards M. G., Quercia P., Papaxanthis C./ Journal of Neuropsychology
Volume/page/année DOI	p 12220, le 08/2020 10.1111/jnp.12220
Niveau de preuve grade de l'HAS	Niveau de preuve 4 Grade C
Titre et résumé	Le titre et le résumé donne une information synthétique et objective du contenu de l'étude. Le type d'étude n'est pas mentionné dans le titre.

Introduction	Objectif de l'étude	Etudier de la représentation mentale chez adolescent atteint de Dyslexie développementale (DD) et de lecteur typique adaptés à leur âge. Le déficit d'automatisme sensorimoteur observé dans la DD pourrait provenir d'un déficit de représentation mentale (rédiger sous forme d'hypothèse)
	Question de recherche	Elle n'est pas formulée clairement, mais plutôt sous forme d'hypothèse
	Hypothèse de recherche	Le déficit d'automatisme sensorimoteur observé dans la DD pourrait provenir d'un déficit de représentation de l'action mentale Le groupe d'enfant témoin module plus ses temps de déplacement en fonction de la difficulté de la tâche dans les conditions réelles et mentales, tandis que le groupe DD présenterait un manque de modulation dans la condition mentale en raison de déficit de représentation de l'action
Matériel & Méthode	Type d'étude	Eude transversale observationnelle
	Population	18 adolescents DD : 10 garçons et 8 filles âge moyen=14,10 +/- 1,16 ans) 18 lecteurs type : 8 garçons et 10 filles âge moyen= 14,10 +/- 0,85 ans Chaque groupe = 3 gauchers et 15 droitiers, de langue maternelle française recrutés au lycée en Belgique. Recrutement en 2 étapes 1 : évaluation médicales fourni par lycée ou parents + questionnaire anamnestique. 2 : évaluation individuelle par test standardisé Critères d'inclusion : le groupe DD doit avoir un diagnostic de Dyslexie formel. Pour les DD, le resultat au test < 10 ^e percentile/lecteur normo ;le groupe témoin inclus si résultat au test > 16 ^e percentile. Aucun. Trouble de la praxie visuospatiale Critères d'exclusion : trouble de l'attention, de la motricité, langage, déficit intellectuel, atcd médicaux ou contexte bilingue pendant l'acquisition de la lecture.
	Critère de jugement principal	Mesure de la capacité d'imagerie motrice
	Variables	<u>Imagerie motrice</u> évaluer par MIQr = questionnaire sur l'imagerie motrice+ la capacité général d'imagerie motrice (fait chaque fin d'essai mental) MIQr= score individuel en additionnant les points des 4 items sous forme de % de capacité d'imagerie (100= excellente capacité) <u>Pointage</u> = temps de mouvement réel, temps de mouvement mental, et le score QMI

	Protocole	<p>Les adolescents sont placés dans une salle tranquille, assis devant une chaise dont le bord est aligné avec leur poitrine (diaphragme). Réalisé une tâche de pointage à partir d'une feuille A3 à une distance de 10 cm sur laquelle 4 cibles sont placées. À chaque essai, la taille des cibles change (moduler la difficulté de la tâche selon la loi de Fitts).</p> <p>On demande de pointer effectivement ou mentalement les cibles aussi précisément et rapidement que possible, en tenant un crayon dans la main dominante. (les essais mentaux ont été réalisés les yeux ouverts)</p> <p>1 essai= 3 mouvements de pointage cycliques (6 mvts de bras) ou immobile si essai mental (maintenir le crayon au centre de la feuille)</p> <p>Si 2 erreurs au cours d'1 essai alors essai annulé et repris.</p> <p>Chaque participant a effectué 10 essais réels et dix mentaux pour chaque Indice de difficulté (ID), dans un ordre aléatoire avec une pause de 5 à 10 minutes</p>
	Analyse statistiques	<p>Le temps de pointage enregistré par chronomètre électronique (tenu par la main non dominante du lycéen), puis filtrés à un intervalle de confiance de 2 SD par groupe et par condition.</p> <p>Logiciel IBM SPSS Statistics 20 ? p significatif $p < 0,05$.</p> <p>4 étapes :</p> <p>1 : étude de différence entre groupe et au sein du groupe= 2 sujets exclus en raison de données manquantes</p> <p>2 : analyse général test T : temps de mvt réel et mentaux avec une moyenne des 5 ID pour chaque participant+ analyse de corrélation entre bonne qualité d'imagerie motrice et mouvement rapide.(les 2 mêmes sujets sont exclus du aux données manquante pour le QMI)</p> <p>3 : temps de mouvement réels et mentaux conforme à la loi de Fitts avec une analyse de régression linéaire avec une ANOVA dont les facteurs inter-sujet = dyslexiques & normo lecteur. Les facteur intra-sujet sont les mouvements (réel /mental), la difficulté (5 ID), avec une probabilité d'erreur sup à 0,95.</p> <p>4 : évaluer la capacité d'imagerie motrice et la capacité de lecture par une analyse corrélationnelle, par une moyenne.</p>
Résultats	Présentation, précision et lisibilité des résultats	<p>-capacités visuelles et kinesthésiques réduites pour le groupe dyslexique : score significativement plus faible que le groupe témoins dans les modalités visuelles ($U=41,50$, $p < 0,001$) et kinesthésique ($U=63,50$ $p < 0,01$) de l'imagerie motrice.</p> <p>-temps de mouvement réel et mental plus lent pour les enfants dyslexiques significatif: réel ($t_{34}=3,65$, $p < 0,01$) mentaux ($T_{34}= 2,97$, $p < 0,01$). Il y a corrélation significative entre score QMI et temps de mouvement mentaux dans le groupe contrôle, et totalement absente dans le groupe dyslexique.</p> <p>-manque de conformité à la loi de Fitts pour le groupe dyslexique dans l'état mental avec un effet principal du groupe pour l'état mental ($p < 0,01$), mais pas pour l'état réel ($p > 0,05$). Une analyse post-hoc montre l'effet d'une triple interaction avec une augmentation graduelle significative des temps de mouvement réels et mentaux avec l'augmentation graduelle de l'ID pour le groupe contrôle ($p < 0,01$) alors que le groupe dyslexique ne présente cette augmentation graduelle seulement pour les mouvements réels. ($p < 0,001$).</p> <p>-lien entre imagerie motrice et capacité de lecture : pour tous corrélation significative entre les score MIQr et scores combinés des sous test de lecture de mots indiquent qu'une meilleure capacité en imagerie motrice correspondait à une meilleure capacité en lecture de mot.</p>

Discussion	Résultats clés	<p>-utilisation de la chronométrie mentale pour analyser quantitativement les caractéristiques temporelles des mouvements de bras réellement et mentalement exécutés qui requiert de fortes contraintes spatiotemporelles.</p> <p>-lenteur des mouvements de bras réel et mentaux en DD : conforme à la théorie d'un déficit d'automatisation. Durée plus longue des mvts mentaux en DD = résultats inédits avec une hypothèse d'altération des mécanismes cognitifs responsable de la représentation mentale des actions motrices parallèlement à celle observée dans l'exécution des mouvements, la DD influencera la génération et la manipulation d'images mentales-visuelles.</p> <p>-déficit de représentation des actions en DD : isochronie entre temps de mouvement réels et mentaux modulé par la difficulté de la tâche. Conclusion : représentation de l'action mentale s'acquiert à l'adolescence, sans lien étroit entre temps de mouvement mental et taille de la cible par rapport aux lecteurs typiques, soit une intégration incomplète de la contrainte de la tâche (taille de la cible et vitesse du mouvement). Une plus grande différence entre mouvement réel et mentaux vs lecteur normo indique une faiblesse spécifique de la représentation l'action mentale renforcé par le fait que la loi de Fitts est respectée dans les mouvements réels. Pour la capacité d'imagerie mentale les différences entre groupe étaient spécifiques aux processus impliqués dans la représentation des actions plutôt que dues à un effet de tâche (complexité ou durée).</p> <p>-modèle d'action interne à la DD : le concept de modèle interne avancé peut expliquer les conclusions. Si les représentations internes sont biaisées ou variables, une divergence entre l'estimation de l'état et l'état réel peut apparaître. Dissimilitude entre mouvements de bras réel et mentaux peut être due au fait que les infos sensorielles de la périphérie ne sont pas disponibles pour le système moteur pendant la simulation des mouvements mentaux. Le manque d'infos empêche de vérifier si le mouvement simulé est similaire à son équivalent réel et empêche l'étalonnage des actions simulées sur la base d'informations sensorimotrices fournies par l'exécution réelle. suggestion : le développement de modèles avancés nécessite le traitement et l'intégration d'un retour d'information sensorimotrice intermodal. Par conséquent le dysfonctionnement proprioceptif général identifié ds la DD pourrait être à l'origine du déficit de représentation des actions.</p> <p>Interaction possible entre dysfonctionnement proprioceptif cérébelleux et pariétaux impliqués dans la cooccurrence des déficits cognitifs et sensorimoteur de la DD</p>
	Limitations	<p>-on ne peut pas affirmer que déficit de représentation mentale est inhérent à la DD ou s'il est limité à un sous-groupe en particulier = notre échantillon. Besoin de future étude neuronale et comparaison de performances des enfants atteints de DD ou de DCD pure ou de DD-DCD</p> <p>-batterie d'évaluation complète intéressante pour informer sur le profil spécifique de chaque groupe.</p> <p>-favoriser un enregistrement automatique informatisé des temps du déplacement du bras pour limiter les interférences potentielles sur les performances des participants</p> <p>-évaluation de la représentation de l'action dans les différents sous-types de dyslexie pour évaluer la spécificité de chacune.</p> <p>-suivi longitudinal des enfants aux dev typique et des enfants à risque de troubles spécifiques de l'apprentissage nécessaire pour étudier le rôle spécifique du dev sensorimoteur dans les mécanismes d'apprentissage de la lecture</p>
	Biais	<p>Majeur : interprétation des résultats : questionnaire d'auto-évaluation et déclenchement manuel du chronomètre = outils subjectifs de mesure</p> <p>Confusion : tous les participants dyslexiques étaient dysorthographiques et 4 dyscalculiques, 3 gauchers et le reste droitiers</p> <p>Sélection : abandon de 2 participants en raison de données manquantes</p>
	Grille Québec	La qualité de l'étude est satisfaisante.
Conclusion	Adolescent DD présente un déficit de la représentation de l'action mentale. Inscrit dans l'hypothèse de déficit d'automatisation sensorimotrice et précise ses mécanismes sous-jacents au niveau des modèles internes avancés. Soit une interaction entre dysfonctionnement proprioceptifs, cérébelleux et pariétaux.	
Bibliographie	77 références selon les normes Vancouver, actualisées et récentes .	

Annexe 3

Tableau 2: grille d'analyse CHU Québec.
Carré bleu: Oui; en rouge: Non ; en jaune N.A ; S=étude satisfaisante

Grille d'évaluation de la qualité des études observationnelles										
Etudes		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Objectifs	énoncé spécifiant au minimum l'intervention, la population et l'indicateur principal (outcome)									
Méthodologie	Le contexte de l'étude (endroit, période de recrutement) est clairement décrit ?									
	Les critères d'inclusion/exclusion des participants à l'étude sont spécifiés ?									
	La méthode de recrutement des participants est adéquate* ?									
	L'intervention ciblée est suffisamment décrite ?									
	Le comparateur est suffisamment (dosage, mode d'administration, intervenant, autres paramètres)* ?									
	Est-ce que les indicateurs (outcomes) sont bien définis ?									
	Est-ce que les outils de mesures utilisés sont standardisés, valides et fiables ?									
	L'exposition s'est-elle faite à l'insu des personnes qui évaluaient les résultats ?									
Résultats	Les analyses statistiques prévues sont-elles appropriées* ?									
	Les mesures de précision (intervalles de confiance, écarts-types ou écarts interquartiles sont planifiées ?									
	simulation du nombre de participants nécessaire pour assurer une puissance adéquate est effectuée ?									
	La population étudiée est représentative de la population visée ?									
	Nbr de participants analysés est suffisant (puissance statistique pour l'évaluation de l'indicateur principal)									
	Le taux de participation est suffisant ?									
	Le nombre de participants est rapporté pour chaque étape de l'étude ?									
	Est-ce que le % de perte de sujet est plus petits que 20% ?									
Discussion	Est-ce que les raisons de perte au suivi sont identifiées ?									
	Est-ce qu'une comparaison est faite entre perdus de vue et les participants ?									
	Est-ce que les caractéristiques de la population sont suffisamment décrites* ?									
	Est-ce que les résultats tiennent compte des facteurs potentiellement confondants* ?									
	Est-ce que l'adhésion au traitement (observance) est évalué ?									
	Est-ce que les analyses sont réalisés telles que planifiées ?									
	Est-ce que la durée du suivi est adéquate pour observer le résultats* ?									
	La conclusion de l'étude abordent les objectifs principaux ?									
Autres considérations	Les auteurs identifient les limites de l'étude ?									
	Est-ce que la cohérence des résultats avec ceux d'autres études est discutée ?									
	Est-ce que les conclusions de l'étude sont cohérentes avec les résultats clés* ?									
évaluation globale de la qualité des études	Est-ce que le financement de l'étude est rapporté ?									
	Est-ce que les conflits d'intérêt sont abordés ?									
	Est-ce qu'il existe une possibilité de conflits d'intérêts ?									
		S	S	S	S	S	S	S	S	S

D'après COMPUS Adapted SIGN 50 (<http://www.sign.ac.uk/methodology/checklists.html>), l'échelle Downs and Black (1998) (Downs et Black, 1998), la grille STROBE (von Elm et al. 2008), l'échelle Newcastle-Ottawa (http://www.ohri.ca/programs/clinical_epidemiology/nos_manual.pdf), la liste de contrôle de l'IPSOR pour l'évaluation de la qualité d'études rétrospectives utilisant une banque de données (Montheral et al. 2003), l'outil CASP (Critical Appraisal Skills Programme) pour l'évaluation de la qualité méthodologique des études de cohorte tel que traduit par l'INESSS (2015) ainsi que l'Agency for Healthcare Research and Quality (AHRQ 2013).

N° étude	Titre de l'étude associé au tableau
1	Eyes movement and postural sway in dyslexic children
2	Eyes movement and postural control in dyslexic children performing different visual task
3	Postural control in dyslexic children effects of emotional stimuli in a dual task environnement
4	Influence of both cutaneous input from the foot soles and visual information on the control of postural stability in dyslexic children
5	Dyslexic children need more robust information to resolve conflicting sensory situations
6	Visually guided eye movements reduce postural sway in dyslexic children
7	Action representation deficits in adolescent with developmental dyslexia
8	Spatial and temporal analysis of control in dyslexic children
9	Evaluation of podalic support and monitoring of balance control in children with dyslexia : a pilot study

Grille de lecture HAS d'un article de causalité

Titre et auteur de l'article : The effect of training on postural Control in Dyslexic children
Goulème N., Gérard C-L., Bucci M-P., Siegel A.

	Oui	Non	?
La formulation des objectifs est clairement exprimée	X		
Méthodologie			
L'étude est comparative	X		
Les populations exposées et témoins prises en compte sont bien définies (caractéristiques, critères d'inclusion et d'exclusion)	X		
Les facteurs de risque et d'exposition sont bien définis	X		
Résultats			
Les groupes sont comparés	X		
L'existence d'une association est prouvée	X		
la force de l'association est testée		X	
La causalité de l'association est étudiée	X		
Les biais sont décrits et pris en compte	X		
Commentaires :			
RAS			

Résumé

Introduction : Le but de cette revue est de déterminer s'il existe une rééducation spécifique de la proprioception pour un enfant dyslexique. Notre choix se porte sur une revue de la littérature, recensant l'ensemble des articles en lien avec la dyslexie et la proprioception.

Matériel et Méthode : Nous avons effectué une recherche informatique de 2015 à 2020 sur les bases de données PubMed, Science Direct, PEDro, the Cochrane Library. Le critère primaire est l'évaluation de la qualité de la proprioception de l'enfant dyslexique. Celle-ci est objectivée par le biais des mesures du balancement postural et des mouvements oculaires. Nous relèverons également les éléments pouvant servir de leviers dans le cadre de la rééducation.

Résultats : Au terme du diagramme de flux, nous incluons dix articles qui regroupent une soixantaine d'enfants et d'adolescents. Notre revue est composée de huit études transversales observationnelles, une étude de cohorte et un essai contrôlé randomisé.

Discussion : Nous avons classé les résultats selon deux catégories : les éléments influant sur la stabilité posturale, et les pistes de rééducation masso-kinésithérapiques.

Conclusion : Une rééducation spécifique existe. Cependant, les données scientifiques restent de qualité médiocre. Il n'existe pas encore de consensus international validant un lien entre proprioception et dyslexie. Notre rééducation réside dans un parcours évolutif qui allie le remodelage du cervelet (par le biais de l'imagerie motrice), l'utilisation de mouvements oculaires guidés, le renforcement musculaire. Le format pourra se faire sous forme d'entraînement postural court ainsi que d'autorééducation.

Mots clés : balancement postural, dyslexie, proprioception

Introduction: The aim of this review determine if there is a specific proprioception rehabilitation for a dyslexic child. Our choice is a review of the literature, listing all articles related to dyslexia and proprioception.

Material and Method: We performed a computer search from 2015 to 2020 on the databases PubMed, Science Direct, PEDro, the Cochrane Library. The primary criterion is the evaluation of the quality of proprioception of the dyslexic child. This is objectified using measurements of postural sway and eye movements. We will also note the elements which can be used as levers within the framework of the rehabilitation.

Results: At the end of the flow chart, we include ten articles that regroup about sixty children and adolescents. Our review is composed of eight observational cross-sectional studies and two randomized controlled trials.

Discussion: We classified the results according to two categories: the elements influencing postural stability, and the masso-kinésithérapiques rehabilitation tracks.

Conclusion: Specific rehabilitation exists. However, the scientific data remain of poor quality. There is still no international consensus validating a link between proprioception and dyslexia. Our re-education is based on an evolutionary pathway which combines remodelling of the cerebellum (through motor imagery), the use of guided eye movements, and muscle strengthening. The format can be done in the form of short postural training as well as self-education.

Keywords: postural sway, dyslexia, proprioception.