

La recherche médicale sur la dyslexie est très active et cinq publications sur le sujet sont publiées en moyenne par semaine dans la presse scientifique internationale. La plupart concerne les aspects neuropsychologiques des troubles des apprentissages, en raison notamment du développement des techniques d'imagerie cérébrale fonctionnelle et des biostatistiques. Cette « sacralisation » de l'aspect neuropsychologique des dyslexies aboutit à une description de plus en plus précise des troubles du dyslexique. Elle favorise le diagnostic. *Elle n'a pas, pour l'instant, modifié fondamentalement le traitement de la dyslexie.*

A l'opposé, très peu de travaux de recherche ont été publiés sur les traitements proposés aux dyslexiques. Reprenant en 2006 la littérature scientifique des 30 dernières années, Bakker ne fait que confirmer cette réalité. Il insiste sur le fait que les travaux publiés sur la dyslexie pendant cette période concernent la symptomatologie ou les hypothèses pathogéniques pour 3871 d'entre eux, alors que seuls 32 s'intéressent à des propositions thérapeutiques. Parmi ces derniers, un certain nombre d'articles sont des revues des traitements proposés, et finalement le nombre de travaux consacrés à des investigations expérimentales originales est inférieur à 32 sur 30 ans. Si on se réfère aux critères de « l'evidence based medicine »* des anglo-saxons, aucun des traitements proposés aux dyslexiques à ce jour, y compris l'orthophonie, n'a donc réellement montré d'une manière claire les preuves scientifiques de son efficacité. Les résultats de deux méta-analyses publiées en 2012 et 2014† confirment que l'étude de Bakker de 2006 est encore d'actualité. Cela ne signifie certainement pas que les différentes rééducations proposées aux enfants avec troubles des apprentissages ne sont pas justifiées ou efficaces. Cela signifie qu'il reste beaucoup de travail, car si elles peuvent se montrer utiles sur certains patients, elles apportent peu à beaucoup d'autres malgré les efforts des thérapeutes, des enfants et de leurs familles. Ainsi, malgré une grande richesse théorique associée à un nombre parfois impressionnant de bilans de toute sorte, force est de constater que les enfants avec troubles d'apprentissages sont encore face à une pauvreté de réelles propositions thérapeutiques. Cette réalité est de nature à rendre humbles et curieux de toute nouvelle piste tout professionnel impliqué dans ces troubles, que ce soit au niveau diagnostique ou au niveau thérapeutique.

Soulignons encore que l'ambition du traitement proprioceptif n'est pas de remplacer les diverses rééducations, *mais de mettre l'enfant dans des conditions sensorielles qui permettent à celles-ci et à la pédagogie de fonctionner.*

Depuis la publication initiale d'Henrique Martins da Cunha et d'Orlando Alves da Silva, le nombre de travaux scientifiques qui se sont intéressés aux relations entre posture, proprioception et dyslexie reste encore anecdotique. Depuis près de 20 ans, malgré des moyens dérisoires devant l'ampleur de la tâche, notre équipe essaie avec ténacité de développer la recherche dans ce domaine en suivant parallèlement trois axes :

- comprendre les mécanismes fondamentaux qui pourraient expliquer le rôle de la proprioception dans le développement des troubles des apprentissages,
- améliorer et valider des tests cliniques permettant une prescription plus fiable et reproductible,
- valider la méthode par le suivi d'enfants traités à comparer avec des enfants témoins, dans le respect de la législation internationale sur la recherche médicale et la bioéthique. Il s'agit là de la tâche la plus difficile, non seulement parce que le praticien s'adresse à des enfants en souffrance, mais aussi parce qu'il faut beaucoup de temps et de cas traités, tant le polymorphisme de la dyslexie est grand. Nous nous y sommes cependant attelés sous la forme d'un protocole multicentrique actuellement en cours sous l'égide de la Direction de la Recherche Scientifique du CHU de Dijon et avec l'accord et le financement de l'INSERM, mais aussi de l'association de recherche AF3days que nous avons créée en 2008 pour cela. Les résultats de cette étude seront connus après 2021.

Certains des travaux résumés ont déjà été exposés dans la partie « pour les curieux » de différents chapitres ou même dans le texte lui-même. Cette annexe permet de donner des précisions. Les résumés sont regroupés ici pour faciliter leur abord.

* Les anglo-saxons n'ont fait que reprendre les notions décrites par Claude Bernard en 1865 dans son ouvrage « Introduction à l'étude de la médecine expérimentale ». La traduction française la plus souvent citée pour « evidence based medicine » est « médecine par les preuves » alors qu'en réalité la traduction est « médecine fondée sur les faits », ce qui est très sensiblement différent : un fait est un fait, alors qu'une preuve est plus susceptible de dépendre de la technique avec laquelle elle est établie.

† Phonics training for English-speaking poor readers. McArthur G et al. Database Syst Rev. 2012 Dec 12;12 - Effectiveness of Treatment Approaches for Children and Adolescents with Reading Disabilities: A Meta-Analysis of Randomized Controlled Trials. Galuschka K et al. Plos one 2014.

LES DYSLÉXIQUES ONT-ILS UNE DYSFONCTION PROPRIOCEPTIVE ?

Laprevotte J, Papaxanthis C, Saltarelli S, Quercia P, Gaveau J. *Movement detection thresholds reveal proprioceptive impairments in developmental dyslexia. Scientific Reports. 2021. <https://www.nature.com/articles/s41598-020-79612-4>*

Acceptée par « Scientific Reports » (revue scientifique en accès libre de Nature Publishing Group), au moment de la mise sous presse de cet ouvrage, cette publication représente un moment important dans l'histoire des relations entre dyslexie et proprioception. Elle est le fruit d'un travail remarquable, dans le cadre d'une Thèse de Sciences réalisée par une ergothérapeute titulaire du DU Perception Action et Perception, sous la houlette de Jérémie Gaveau, un jeune et prometteur chercheur du laboratoire U1093 de l'INSERM. Ce travail de science fondamentale vient confirmer les observations cliniques décrites plus de 40 ans auparavant par Martins da Cunha : *il y a bien une forte corrélation positive entre l'acuité proprioceptive et la capacité de lecture (Pearson $R = 0,61$, $p = 1,3e-4$). Elle n'existe que dans le groupe des enfants dyslexiques.*

Pour parvenir à cette conclusion, l'expérimentation a consisté à évaluer la perception du mouvement chez des enfants dyslexiques et normolecteurs alors qu'un robot faisait tourner passivement l'articulation de leur coude. Un enregistrement de l'activité musculaire du bras par électromyographie permettait de vérifier que le déplacement était bien passif et ne faisait nullement intervenir une contraction musculaire volontaire de l'enfant. Parce qu'il a été démontré antérieurement que les déficiences proprioceptives entraînent des temps de réaction plus longs et plus

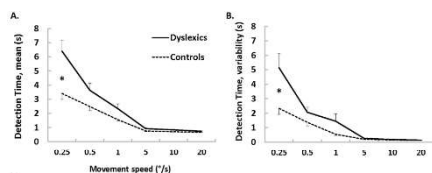


Figure 1A. Différence de perception d'un mouvement passif entre dyslexiques et normolecteurs.

et les témoins aient présenté des valeurs similaires à des vitesses plus élevées, *les dyslexiques étaient plus lents et plus variables que les témoins à des vitesses plus faibles. À la vitesse la plus lente (0, 25°.s⁻¹), les dyslexiques étaient même deux fois plus longs et deux fois plus variables que les témoins.* Sur dix-sept dyslexiques, douze (71 %) se sont écartés de la normalité (intervalle de confiance de 95 %) en fonction de leur temps de réaction moyen et dix (59 %) en fonction de leur temps de réaction variable (figure 1A).

Afin de s'assurer que la forte corrélation entre acuité proprioceptive et niveau de lecture était bien spécifique de la sensibilité proprioceptive, les temps de réaction ont également été étudiés lors de stimulations sonores et visuelles. Pour celles-ci, il ne fut pas noté de corrélation entre l'indice de capacité de lecture et les temps de réaction visuels ou auditifs (et ces temps de réaction étaient identiques dans les deux groupes). *Ainsi, bien que tous les dyslexiques ne présentent pas une forte déficience proprioceptive, les distributions continues des niveaux de proprioceptivité et de lecture sont étroitement liées.*

Dans un sous-groupe (6 dyslexiques et 6 témoins) les indices proprioceptifs des articulations du coude et de la hanche ont aussi été évalués. Les résultats montrent qu'au niveau de la hanche la corrélation existe chez les dyslexiques (Spearman $R = 0,83$, $p = 0,04$) mais pas chez les témoins (Spearman $R = 0,03$, $p = 0,96$). Les troubles proprioceptifs de la dyslexie se généralisent donc probablement à d'autres articulations.

Enfin, l'étude montre que l'acuité proprioceptive est également significativement corrélée au niveau de capacités phonologiques (R de Pearson = 0,45, $p = 0,008$).

CONTROLE POSTURAL DU DYSLÉXIQUE

Résumé de l'article : Pozzo T, Vernet P, Cruzot-Garcher C, Robichon F, Bron A, Quercia P. *Static postural control in children with developmental dyslexia. Neurosci Lett. 2006 Aug 7;403(3):211-5.*

Nous avons souhaité faire une étude des paramètres d'enregistrement sur plate-forme de posture chez les enfants dyslexiques afin de les comparer à ceux des enfants normolecteurs. Cette étude avait pour but :

- De vérifier s'il était possible de distinguer les dyslexiques des normolecteurs en fonction de leur équilibre sur plate-forme,
- De posséder un critère mathématiquement incontournable pour vérifier, en cas de réponse positive à la question précédente, l'effet du traitement proprioceptif chez l'enfant dyslexique.

Matériel et Méthode.

L'étude a concerné un groupe de dyslexiques formé de 50 enfants (âge moyen $11,5 \pm 1,8$ ans) et un groupe de normolecteurs comprenant 40 enfants (âge moyen $12,4 \pm 1,7$ ans). Les deux groupes ont été identifiés par un bilan neuro-psychologique complet. Les enregistrements posturaux ont été analysés pendant 25,6 secondes, soit la moitié du temps habituel car il est apparu très rapidement que la durée standardisée pour l'adulte (51,2 secondes) était difficile à supporter pour le groupe des enfants dyslexiques. Les enregistrements ont été effectués sur plate-forme 40 Hertz (TechnoConcept™), avec les yeux ouverts puis fermés, en appui bipodal normalisé (ouvert de 30° vers

l'avant), puis en appui unipodal droit et gauche. En monopodal, pour les mêmes raisons, les enregistrements ont été faits pendant 12,8 secondes. L'analyse a porté sur :

- La longueur du statokinésigramme,
- L'écart-type (ET) des déplacements du centre de pression (CoP) sur l'axe latéral et antéro-postérieur,
- La moyenne pondérée du spectre de fréquences (Mean Power Frequency – MPF) calculée sur l'axe latéral et l'axe antéro-postérieur.

La normalité de la distribution des données et l'homogénéité de leur variance ont été vérifiées en utilisant respectivement le test de Kolmonorov-Smirnoff et le test de Cochran. La valeur critique était de 5%. Le test statistique utilisé était une analyse de variance à deux facteurs (groupe dyslexique + contrôle) et condition visuelle (yeux ouverts + yeux fermés) à mesures répétées réalisées indépendamment en appui bipodal puis unipodal droit et gauche. Une proportion importante d'enfants n'ayant pas réussi à se maintenir sur un seul pied pendant le test, nous avons seulement déterminé la proportion d'enfants ayant réussi à se maintenir complètement en appui unipodal pendant la durée d'acquisition. Par ailleurs, nous avons appliqué la procédure d'évaluation de la déviance par rapport à la norme en complément de l'étude en appui bipodal, afin d'identifier les sujets dyslexiques ayant des performances posturales anormales. Cette procédure consiste à fixer un seuil à n ET de la moyenne du groupe contrôle pour chaque paramètre. Comme un sujet contrôle peut aussi présenter occasionnellement des performances posturales anormales, nous avons évité ce risque en calculant la moyenne et l'écart-type du groupe contrôle pour chaque paramètre sur l'enregistrement de repos. Trois sujets sur les 40 sujets contrôles testés ont été écartés, car ils présentaient des performances anormales selon le critère de la déviance ($\pm 1,65$ ET). La moyenne et l'ET de chaque paramètre dans le groupe contrôle ont été recalculés, puis les dyslexiques déviants identifiés.

Résultats.

En appui bipodal : le groupe dyslexique montre des performances posturales anormales quelle que soit la condition visuelle sauf pour ce qui concerne l'ET du déplacement du CoP sur l'axe latéral. Les performances posturales des deux groupes sont altérées en condition yeux fermés (figure 1B).

Si on regarde la proportion d'enfants dyslexiques en fonction du nombre de paramètres posturaux déviants, plus de la moitié apparaissent comme ayant des performances posturales anormales, sauf pour le MPF sur l'axe latéral (figure 2).

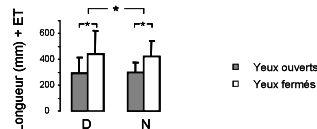


Figure 1B. Comparaison des performances des enfants dyslexiques (D) et des sujets contrôles (C) avec les yeux fermés (YF) et les yeux ouverts (YO). Les moyennes relatives des différents paramètres stabilométriques sont représentées sous forme d'histogramme. De haut en bas : longueur du statokinésigramme ; écart-type du déplacement du centre de pression ; MPF = mean power frequency ; ML = axe latéral ; AP = antéro-postérieur ; * = $p < 0,05$.

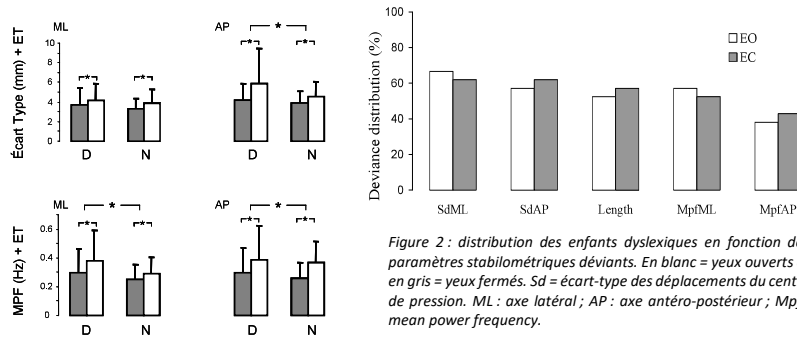


Figure 2 : distribution des enfants dyslexiques en fonction des paramètres stabilométriques déviants. En blanc = yeux ouverts et en gris = yeux fermés. Sd = écart-type des déplacements du centre de pression. ML : axe latéral ; AP : axe antéro-postérieur ; Mpt : mean power frequency.

En appui unipodal (figure 3) : les sujets témoins ont montré des difficultés pour réaliser l'appui podal gauche qui n'a permis d'aller jusqu'à la fin de l'acquisition des données que chez 75% d'entre eux, alors qu'ils ne présentaient aucune difficulté à réaliser l'appui podal droit. De même, en appui podal gauche les performances étaient altérées par rapport à l'appui droit, surtout avec les yeux fermés.

	Pied droit		Pied gauche	
	YO	YF	YO	YF
Contrôles (n=40)	100%	75%	97,75%	65%
Dyslexiques (n=50)	90%	20%	94%	40%

Figure 3 : Performances posturales en appui unipodal chez les dyslexiques et les sujets témoins avec les yeux fermés et ouverts. Les pourcentages indiquent la proportion d'enfants ayant pu rester debout jusqu'à la fin de l'acquisition des données (12,8 sec).

Les dyslexiques ont montré une forte difficulté à maintenir l'appui unipodal, qu'il soit droit ou gauche, surtout avec les yeux fermés (80% d'échecs en appui droit et 60% en appui gauche).

Commentaires.

Cette étude montre *qu'il existe bien une altération des performances posturales chez les enfants dyslexiques*. Dans cette série comprenant 50 enfants, on constate qu'il n'y a pas d'homogénéité dans les anomalies retrouvées, mais *il y a toujours au moins un paramètre déviant*. Ces résultats dépassent ceux donnés par d'autres investigations qui montrent des anomalies de l'équilibre et de la posture chez plus de 50% des dyslexiques, mais pas chez tous. Il est possible que cette différence soit liée au fait que nous avons utilisé des critères plus sensibles et mieux adaptés à l'étude des troubles posturaux (Moe-Nissen a utilisé l'accélérométrie, et Stoodley s'est servi de techniques de capture du mouvement). Trois études ont utilisé des plateformes de posture. Poblano n'a pas trouvé de différence significative entre les groupes de dyslexiques et de non-dyslexiques, mais en utilisant essentiellement le X-moyen comme critère différentiel. Ramus a proposé une conclusion similaire à celle de Poblano en testant une population de dyslexiques ayant atteint le niveau universitaire, ce qui n'est pas représentatif de la population générale des dyslexiques. Il s'agissait aussi d'adultes dont la maturité proprioceptive n'est pas comparable à celle d'enfants dont l'âge moyen est de 11,5 ans. Plus récemment, Kapoula a trouvé chez les enfants dyslexiques une instabilité posturale pouvant être améliorée lors des efforts de convergence oculaire. Pour Rochelle, les anomalies posturales seraient avant tout liées à la présence de troubles attentionnels au cours de la dyslexie.

Quoi qu'il en soit, nos résultats obtenus avec un effectif important, sont difficilement comparables aux études antérieures qui se sont surtout intéressées aux réactions posturales des dyslexiques lors de perturbations inattendues de l'équilibre, introduisant ainsi un facteur dynamique qui dépasse la stricte régulation posturale.

Dans les deux groupes, on retrouve une altération de la stabilité avec les yeux fermés, ce qui est classique chez le sujet sain, mais elle est nettement plus marquée en appui unipodal pour les dyslexiques. Ceci pourrait traduire le fait que les dyslexiques deviennent plus dépendants des informations visuelles dès que les contraintes d'équilibre augmentent. Le déséquilibre postural se fait avant tout dans le sens antéropostérieur, tout se passant comme si l'enfant dyslexique devait en permanence compenser une chute vers l'arrière en raison d'informations proprioceptives et posturales erronées.

CONTROLE POSTURAL DANS LES FRATRIES DE DYSLEXIQUES

Tiré de : Quercia P, O'Zoux C, Quercia M. Incidence des troubles proprioceptifs dans les fratries des dyslexiques. Congrès Association de Posturologie Internationale. Barcelone Janvier 2010.

De nombreuses études suggèrent que la dyslexie présente un caractère génétique sans que l'on ait pu isoler « un » gène responsable. Lors des consultations d'enfants dyslexiques, il est très courant (voire quasi-constant) de constater qu'au moins l'un des deux parents se reconnaît dans les troubles proprioceptifs constatés chez l'enfant examiné. Les parents évoquent aussi très souvent une similitude de symptômes chez les frères et sœurs. C'est pourquoi il nous a semblé intéressant de chercher s'il existe réellement des similitudes ou des différences lors de l'examen clinique, mais aussi lors de l'examen sur plate-forme entre un groupe d'enfants dyslexiques et un groupe constitué de frères et sœurs de dyslexiques réputés normolecteurs (étant ou non frères ou sœurs des enfants du premier groupe). Un groupe d'enfants normolecteurs de la même classe d'âge, sans antécédent familial direct de dyslexie à l'interrogatoire (parents, fratrie, oncles et tantes, cousins du premier degré) sera utilisé en tant que base de données normatives. L'étude avait pour but de répondre à 2 questions :

- Y a-t-il des éléments qui différencient les dyslexiques de leurs frères et sœurs réputés normolecteurs, et ces derniers des normolecteurs sans relation génétique ?
- Quelles différences notables pourraient exister au sein du groupe des frères et sœurs de dyslexiques au cas où le bilan neuropsychologique révélerait un retard de lecture parmi ces enfants ?

Matériel et Méthode.

Les 3 groupes représentaient 68 enfants scolarisés du CE2 à la 3^e avec :

- 22 dyslexiques d'âge moyen 10 ans 9 mois (100 à 169 mois) avec 13 garçons et 9 filles,
- 19 frères et sœurs de dyslexiques d'âge moyen 10 ans 3 mois (92 à 165 mois) avec 12 garçons et 7 filles,
- 27 normolecteurs d'âge moyen 11 ans 4 mois (91 à 180 mois), avec 8 garçons et 19 filles, recrutés par l'intermédiaire de 2 écoles (une école primaire et un collège) et dans un club de sport. Après accords écrits des parents et des enfants, tous les patients ont d'abord été soumis à un test de TIME-3 permettant de connaître leur âge lexical. Puis ils ont été examinés selon le protocole clinique proposé dans l'ouvrage « Traitement proprioceptif et dyslexie » et basé sur 3 axes : asymétrie du tonus postural, troubles de localisation spatiale et anomalies perceptives visuelles dépendant de la proprioception oculaire.

Dans un souci (nécessairement réducteur) de simplification pour l'analyse des données, seul un élément central de chacun de ces axes a été retenu :

- asymétrie du tonus postural mesurée au niveau du cou par une manœuvre de rotation et d'extension de la tête,
- recherche d'une anomalie de localisation spatiale au test de Maddox postural,
- présence de pseudos scotomes directionnels au synoptophore en position primaire ou dès 20° de version oculaire droite et gauche.

Leurs capacités d'équilibre ont été testées sur une plate-forme de posture (TechnoConcept™) avec capture des données à 40 Hertz. Pour ce dernier examen, il a été demandé à chaque sujet de rester debout dans une position naturelle et la plus stable possible, les pieds formant un angle ouvert vers l'avant de 30°. L'examen a été réalisé d'abord avec les yeux ouverts en fixant une ligne verticale à 40 cm, puis avec les yeux fermés. Chaque épreuve a duré 30 secondes. Les données retenues furent la surface de l'ellipse de confiance, la vitesse moyenne de déplacement, le déplacement moyen sur l'axe des X et sur l'axe des Y, l'écart type des X et l'écart type des Y.

L'analyse statistique des données cliniques et recueillies sur plate-forme, à la recherche d'éventuelles différences, s'est faite avec le test de Student (différence significative si le $P < 0,05$).

Résultats.

	Asymétrie tonique du cou	Localisation spatiale visuelle anormale	Pseudoscotomes Directionnels
Dyslexiques (n = 22)	100%	100%	100%
Normolecteurs (n = 27)	100%	29,6%	44,5%
Frères et sœurs de dyslexiques avec ou sans retard (n = 19)	100%	52,6%	89,5%
Frères et sœurs de dyslexiques sans retard (n = 8)	100%	25%	75%
Frères et sœurs de dyslexiques avec retard (n = 11)	100%	72,7%	100%

Tableau 1. Fréquence des anomalies cliniques constatées. Au sein des frères et sœurs de dyslexiques, les norm-lecteurs et les lecteurs avec retard ont été séparés.

Le retard de lecture moyen des dyslexiques était de 36,5 mois (minimum -19 mois ; maximum + 80 mois) alors que l'âge lexique des normolecteurs montrait une avance moyenne de 21 mois (minimum 0 mois ; maximum + 68 mois). Le groupe des 19 frères et sœurs de dyslexiques se scindait en 2 sous-groupes avec 8 enfants normolecteurs (42%) ayant une avance moyenne de 13,8 mois (minimum 5 mois et maximum 30 mois) et 11 enfants (58%) ayant un retard de 12,5 mois par rapport à la norme statistique pour l'âge (minimum -4 mois ; maximum -27 mois).

L'analyse des données montre qu'entre le groupe de dyslexiques et le groupe des frères et sœurs (y compris ceux ayant un retard), la différence clinique se fait au niveau du test de Maddox postural, la localisation spatiale étant beaucoup plus souvent normale dans le deuxième groupe. La fréquence des pseudos scotomes directionnels est élevée dans la population des normolecteurs (45%). Ils sont constants chez les enfants dyslexiques et quasi-constants chez les frères et sœurs de dyslexiques (90%). Lors de l'examen sur plate-forme, on constate que, lors des enregistrements avec les yeux ouverts, la stabilité des dyslexiques est perturbée avec une différence significative pour la surface ($p = 0,002$), la longueur du tracé en y ($p = 0,01$), l'écart-type y ($p = 0,0002$) et la vitesse moyenne ($p = 0,017$). Cette différence de stabilité se retrouve avec les yeux fermés au niveau de 3 mesures : surface ($p = 0,003$), longueur du tracé en y ($p = 0,017$) et écart-type y ($p = 0,003$).

La comparaison du groupe des frères et sœurs de dyslexiques avec le groupe de normolecteurs montre que, cliniquement, la perturbation de la localisation spatiale et la fréquence des pseudos scotomes directionnels séparent nettement les deux groupes. Aucun des critères retenus dans l'analyse de l'équilibre sur plate-forme ne montre de différence significative, que ce soit avec les yeux ouverts ou fermés. Au sein du groupe des frères et sœurs de dyslexiques, la comparaison entre normolecteurs et lecteurs avec retard (qui concerne un nombre limité d'enfants) suggère qu'ici aussi, c'est la localisation spatiale au test de Maddox postural qui sépare les 2 groupes. Sur plate-forme avec les yeux ouverts, seule la vitesse moyenne diffère ($p = 0,047$) alors qu'avec les yeux fermés, il existe une différence significative pour ce qui concerne la longueur en x ($p = 0,014$), la longueur en y ($p = 0,027$) et la vitesse moyenne ($p = 0,018$).

Commentaires.

Cliniquement, le groupe des dyslexiques et le groupe des frères et sœurs se distinguent essentiellement par la qualité de la localisation spatiale qui est plus souvent normale chez ces derniers. On retrouve la même tendance à l'intérieur du groupe des frères et sœurs entre le sous-groupe des lecteurs avec retard et celui des normolecteurs. L'examen du tonus musculaire au niveau cervical, très important pour le typage du S.D.P, n'est pas spécifique. Les pseudoscotomes directionnels sont très fréquents dans la population normale et doivent être utilisés avant tout comme un élément utile pour le choix des prismes posturaux.

Pour ce qui concerne l'examen sur plate-forme, les dyslexiques montrent une plus grande instabilité que les frères et sœurs de dyslexiques, que ce soit les yeux ouverts ou les yeux fermés. Cette instabilité se fait avant tout dans l'axe antéropostérieur. L'équilibre est plus difficile et les écarts-type qui sont différents dans les 2 axes suggèrent des manœuvres de rattrapage plus fréquents et chaotiques. Au sein du groupe des frères et sœurs de dyslexiques, on retrouve également une instabilité chez ceux d'entre eux qui ont un retard de lecture. La vitesse du déplacement du centre de pression est perturbée les yeux ouverts ou fermés. Cependant il est plus difficile d'être catégorique en raison du nombre faible d'enfants dans ces deux sous-groupes.

Ces résultats pourraient permettre d'apporter des arguments pour une surveillance rapprochée au sein de la fratrie d'un dyslexique dès le plus jeune âge, dans la mesure où localisation spatiale et examen sur plate-forme sont réalisables dès l'âge de l'apprentissage de la lecture et bien avant que l'on puisse proposer des tests de leximétrie.

CONTROLE POSTURAL CHEZ LE DYSLEXIQUE ET QUALITE ATTENTIONNELLE

Tiré de : Vieira S, Quercia P, Michel C, Pozzo T, Bonnetblanc F. Cognitive demands impair postural control in developmental dyslexia: a negative effect that can be compensated. Neurosci Lett. 2009 Sep 22;462(2):125-9

L'idée d'un contrôle postural particulier chez le dyslexique étant acquise, il nous a paru important de trouver des arguments permettant de comprendre quelle relation pouvait exister entre ces anomalies posturales et la difficulté de lecture. Pour cela, avant de proposer des tests mettant en jeu un mécanisme cognitif compliqué comme la lecture, nous avons proposé à des enfants dyslexiques une tâche attentionnelle plus simple et cherché la présence de corrélations éventuelles avec les troubles posturaux.

Matériel et Méthode.

Trois groupes de 12 enfants dyslexiques non traités (âge moyen = 11.6 ± 2.1), 15 enfants dyslexiques traités (âge moyen = 12.5 ± 1.5) et 12 enfants normolecteurs servant de témoins (âge moyen 10.6 ± 1.7) ont participé au protocole dans le respect des recommandations de la déclaration d'Helsinki, avec consentement écrit de leurs parents. Pour être inclus dans le groupe des dyslexiques, un enfant devait présenter des antécédents de retard de lecture d'au moins 24 mois accompagnés d'un diagnostic de dyslexie certifié par un bilan orthophonique complet et une notion de rééducation orthophonique. La persistance des troubles dyslexiques au moment de l'inclusion a été vérifiée par un test de leximétrie connu sous le nom de « test de l'Alouette » qui permet de comparer l'âge lexical de l'enfant à celui d'un groupe de normolecteurs du même âge.

Etait considéré comme pouvant entrer dans le groupe des enfants traités, tout dyslexique ayant bénéficié depuis au moins 3 mois d'un port de prismes posturaux et de semelles de posture associé aux postures et exercices de reprogrammation posturale. Les prismes posturaux étaient prescrits en suivant les règles proposées par l'Ecole de Lisbonne, avec une précision d'axe de l'ordre du degré adaptée à partir du test de Maddox postural.

Les déplacements du centre de pression (CoP) ont été enregistrés pendant 30 secondes sur une plate-forme de force (TechnoConcept™) fonctionnant à 40 Hz. Le sujet avait les bras relâchés le long du corps, les deux pieds séparés de 2 cm et formant un angle ouvert vers l'avant de 30°. Il lui était demandé de rester aussi calme que possible dans deux conditions particulières. Dans la première condition, il avait à fixer un point situé devant ses yeux à 40 cm (contrôle). Dans la seconde condition, l'enfant devait fixer une feuille noire de format A4 contenant 50 cases (10 rangées et 5 colonnes) située aussi à 40 cm de ses yeux, à l'horizontale. Chaque case contenait un mot définissant une couleur mais écrit avec une couleur différente (par exemple le mot « vert » écrit en rouge). L'ensemble des cases formait un tableau de 23,2 cm de long sur 8,5 cm de haut. Il était demandé à l'enfant de trouver combien de fois deux mots (par exemple « rouge » et « vert ») étaient écrits dans le tableau. Quatre différents noms de couleurs (bleu, rouge, vert, jaune) étaient possibles. Le nombre de mots de chacune des couleurs était différent. Le choix des couleurs demandées était réalisé de façon randomisée pour chacun des enfants. Il s'agit là d'un pseudo test de Stroop. Le but de ce test n'était pas d'obtenir une réponse exacte ou d'évaluer le nombre de bonnes réponses mais d'augmenter la demande cognitive tout en standardisant la stratégie oculo-motrice. Il était demandé à l'enfant de ne pas parler pour citer le mot et ce, afin de ne pas perturber son équilibre. Nous n'avons d'ailleurs pas enregistré les erreurs car le but de cette tâche était avant tout de rendre la contrainte cognitive la plus naturelle possible et d'essayer de supprimer les contraintes liées à des stratégies oculo-motrices ou de vergence particulières. Les deux conditions (simple fixation et pseudo-Stroop) furent réalisées dans un ordre aléatoire. Pour obtenir des groupes évoluant dans des conditions les plus similaires possibles, le groupe des enfants dyslexiques traités fut testé *alors même que les enfants avaient posé les lunettes prismatiques et les semelles quelques minutes avant* ([2;5] min). Nous voulions ainsi savoir si les effets éventuels étaient liés directement au matériel de traitement présent ou plutôt à une reprogrammation cérébrale possédant une certaine rémanence.

Les paramètres classiques de déplacement du CoP ont été analysés : surface de l'ellipse de confiance à 90% du déplacement du CoP, vitesse moyenne (i.e longueur totale) et variance le long de l'axe des X et de l'axe des Y. Toutes les variables furent traitées par une ANOVA à 2 facteurs : Groupes (3 niveaux : dyslexiques, témoins et dyslexiques traités) et Conditions (2 niveaux : fixation simple et pseudo-Stroop).

Résultats.

La tâche de pseudo-Stroop perturbe la stabilité posturale uniquement pour le groupe des dyslexiques. La figure 4 illustre la valeur de la vitesse moyenne de déplacement du CoP pour chacun des deux groupes lors de la tâche de fixation simple d'un point situé à 40 cm et lors du test de pseudo-Stroop. Les résultats montrent un effet principal Groupes ($F(2,36)=3,36$, $p=0,046$) et une interaction Groupes X Conditions ($F(2,36)=4,06$, $p=0,026$). Une décomposition de cette interaction révèle que la vitesse moyenne du CoP est supérieure pour le groupe des dyslexiques quand ils

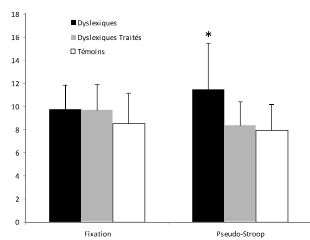


Figure 4. Valeurs moyennes \pm écarts-type de la vitesse moyenne de déplacement du CoP pour chaque groupe lors de la tâche de fixation simple et lors du test de pseudo-Stroop.

réalisent le pseudo-Stroop si on la compare aux valeurs observées avec le groupe témoin et le groupe de dyslexiques traités. Ceci est vrai lors du pseudo-Stroop mais aussi lors de la fixation simple ($p<0,046$). Cependant au sein du même groupe dyslexique, il est intéressant de constater que la vitesse moyenne de déplacement du CoP est plus importante lors de la tâche de pseudo-Stroop que lors de la fixation simple ($p<0,098$). Les différences concernant les autres

paramètres (surface de l'ellipse et déplacement le long des axes des X et des Y) ont été étudiés mais ne sont pas significatifs.

Dans le groupe traité, 13 des 15 enfants étudiés présentent ainsi une nette diminution de la vitesse moyenne de déplacement du CoP dans la condition pseudo-Stroop en comparaison de la condition avec fixation simple. Ce résultat, présenté dans la figure 5, est hautement significatif (t-test par paires, $t(14)=5.64$ $p<0,001$). Un effet positif du traitement (figure 6) est également visible pour l'ellipse de confiance à 90% du déplacement du CoP (t-test par paires $t(14)=2,54$ $p=0,023$). Cette amélioration est présente pour 12 enfants sur 15. Elle n'est pas corrélée avec la diminution de la vitesse moyenne de déplacement du CoP ($r=0,45$). Le traitement semble donc améliorer la stabilité posturale quand les enfants sont soumis à une tâche cognitive. Ceci est valable avec une certaine rémanence puisque les enfants avaient quitté les différents éléments du traitement lors du test.

Commentaires

L'objectif de cette étude était double. Tout d'abord tester si le contrôle postural des enfants dyslexiques est perturbé quand ils ont à décoder des mots simples avec une demande cognitive augmentée. Ensuite, essayer d'apprécier l'effet du traitement postural et appliqué pendant au moins 3 mois sur un autre groupe de dyslexiques. Les résultats montrent clairement que la tâche de pseudo-Stroop perturbe l'équilibre des enfants dyslexiques. En contraste, le traitement semble améliorer cet équilibre de façon quasi systématique que ce soit en fixation simple ou lors du pseudo-Stroop. Il semble donc possible de re-calibrer les relations entre demande cognitive et contrôle postural chez les enfants dyslexiques et ce, avec une certaine rémanence. Ces résultats suggèrent fortement que la demande cognitive et le contrôle postural sont liés et peuvent interagir au cours de la dyslexie de développement.

La tâche de pseudo-Stroop peut agir à des niveaux variés et nous retenons trois causes potentielles qui pourraient expliquer nos résultats. En effet les stratégies oculomotrices, les modifications de vergence, et finalement

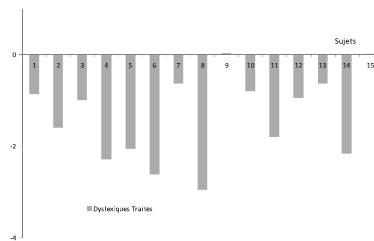


Figure 5. Différence de valeur de la vitesse moyenne de déplacement du CoP lors de la tâche de pseudo-Stroop et lors de la fixation simple pour chaque enfant dyslexique traité, non équipé de prismes ou de semelles (mm.s-1).

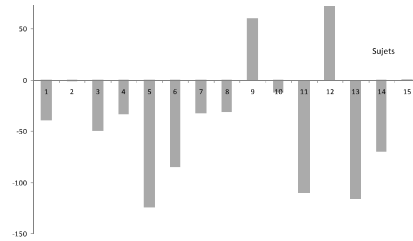


Figure 6. Différence de surface de l'ellipse de confiance à 90% du déplacement du CoP lors de la tâche de pseudo-Stroop et lors de la fixation simple pour chaque enfant dyslexique traité, non équipé de prismes ou de semelles (mm2).

l'attention peuvent être modifiées au cours de cette tâche et perturber l'équilibre de l'enfant dyslexique. Chez le sujet normal Jahn ainsi que Strupp ont montré que les saccades oculaires peuvent perturber le contrôle postural alors qu'Uschida a montré que la stabilité posturale est meilleure lors des mouvements oculaires. Pour Rey les saccades oculaires, qu'elles soient horizontales ou verticales et quelle que soit la distance, ne perturbent pas le contrôle postural. Chez les dyslexiques, certaines données plaident en faveur d'un effet potentiel des changements de stratégie oculomotrice. Il a ainsi été observé que le contrôle de l'équilibre est perturbé quand les dyslexiques ont les yeux ouverts, mais pas avec les yeux fermés, avec une bonne corrélation entre lecture et habilités dans l'équilibre. Cependant, rappelons que dans ce travail de Stoodley la qualité de l'équilibre était évaluée en comptant le nombre de fois que les enfants étaient obligés de poser un pied à terre alors qu'ils se tenaient en appui sur l'autre pied uniquement. A l'opposé, l'étude précédente nous a permis de constater que l'équilibre est plus perturbé quand les dyslexiques ont les yeux fermés par rapport à une condition d'examen avec les yeux ouverts.

Dans cette étude qui contredit les résultats de Stoodley, l'équilibre était mesuré plus finement au moyen d'une plate-forme de force. L'étude réalisée par Kapoula et Bucci a montré que le contrôle postural est meilleur chez ces enfants mais lors de mouvements oculaires particuliers, puisque les résultats sont visibles quand ils alternent la fixation d'un point de près et de loin. Etudiant un éventuel effet des mouvements de vergence oculaire, ces auteurs ont aussi montré que le contrôle de l'équilibre se détériore chez les dyslexiques si le point de fixation s'éloigne à plus de 1.5 m du sujet.

Dans notre étude le point de fixation ou le tableau du test de pseudo-Stroop était situé à 40 cm à l'horizontale du regard, c'est-à-dire à une distance où l'on peut s'attendre à ce que la stabilité posturale soit optimale chez le dyslexique. Ceci est de nature à éliminer un simple effet de la convergence pour interpréter nos résultats. En conséquence, nous suspectons plus des causes attentionnelles pour expliquer les perturbations du contrôle postural lors de la tâche de pseudo-Stroop.

Les résultats montrent aussi un effet clair du traitement associant prismes, semelles et exercices de reprogrammation proprioceptive, qui apporte une diminution quasi systématique de la vitesse moyenne de déplacement au cours de la tâche de pseudo-Stroop. La diminution est nettement visible chez 13 des 15 patients et elle est associée avec une diminution quasi-systématique de la surface de l'ellipse de confiance pour 12 des 15 patients. De plus, l'effet perdure malgré le fait que les enfants ne soient plus équipés avec les éléments du traitement

depuis 2 à 5 minutes. Ces résultats suggèrent qu'il est possible d'intervenir sur le lien entre attention et contrôle moteur et notamment d'améliorer les facultés d'équilibre en utilisant des prismes posturaux. Les enfants n'étant pas équipés en prismes au moment des tests, l'effet obtenu suggère plus une modification au niveau de la proprioception des muscles oculaires qu'au niveau de l'information rétinienne.

En conclusion, cette étude suggère qu'une demande cognitive, et probablement attentionnelle, altère le contrôle postural chez le dyslexique *mais ce déficit peut être compensé en utilisant un traitement prismatique et postural et ce, avec une certaine rémanence des effets obtenus.*

L'INTEGRATION DES INFORMATIONS PROPRIOCEPTIVES CHEZ LES DYSLEXIQUES ?

Tiré de: Quercia P, Demougeot L, Dos Santos M, Bonnetblanc F. Integration of proprioceptive signals and attentional capacity during postural control are impaired but subject to improvement in dyslexic children. Exp Brain Res. 2011 Apr;209(4):599-608.

Nous avons cherché à savoir si l'intégration des signaux proprioceptifs lors d'une tâche d'équilibre sur plate-forme, associée à une tâche attentionnelle, était différente chez les enfants dyslexiques par rapport à des enfants normolecteurs.

Matériel et méthode.

Pour cette étude nous avons comparé 30 dyslexiques non traités (âge moyen = 136.2 ± 23.6 mois), 51 dyslexiques ayant bénéficié d'un traitement proprioceptif de plus de 3 mois (âge moyen 132.2 ± 18.7 mois) et 42 enfants normolecteurs (âge moyen 140.2 ± 25 mois).

Les informations proprioceptives ont été modifiées dans chacun de ces groupes en appliquant des vibrations de 40 et 85 hertz sur les tendons des muscles des chevilles. Cette technique est classiquement utilisée pour modifier la proprioception d'un sujet grâce aux perturbations produites par les vibrations sur les informations provenant des fuseaux neuro-musculaires. Dans le même temps, il était demandé aux enfants soit de fixer un point situé à 50 cm de leur visage à hauteur des yeux, soit de compter des étoiles de 2 tailles différentes au sein d'un ensemble de 80 étoiles. L'équilibre était quantifié à partir des variations du centre de gravité sur une plate-forme de force sur laquelle se tenait l'enfant.

Résultats.

Les vibrations des muscles de l'articulation de la cheville altèrent clairement plus le contrôle postural chez les enfants dyslexiques traités ou non, par rapport aux enfants normolecteurs. Par ailleurs les résultats montrent que la vitesse moyenne de déplacement du centre de gravité était différente dans le groupe des enfants dyslexiques comparé au groupe des enfants normolecteurs et ce, sans effet spécifique lié à la tâche attentionnelle en cours.

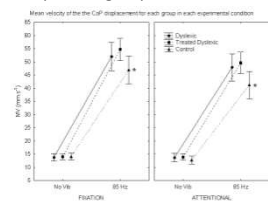


Figure 7. Le groupe des dyslexiques traités ou non est significativement différent des enfants normolecteurs quand il est soumis à une modification des informations proprioceptives.

Dans les conditions sans vibrations, les performances attentionnelles du groupe traité étaient identiques à celles du groupe témoin normolecteur alors que celles du groupe de dyslexiques étaient clairement altérées. Mises ensemble, ces résultats suggèrent que l'intégration des signaux proprioceptifs et les capacités attentionnelles des enfants dyslexiques sont altérées chez les dyslexiques. Cependant ces dernières peuvent être significativement améliorées par le traitement proprioceptif.

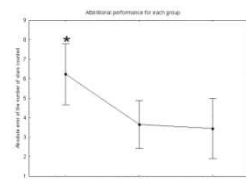
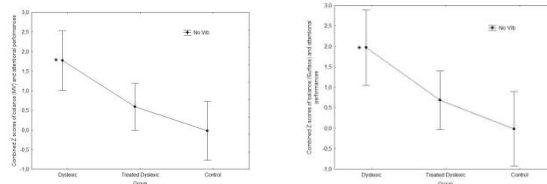


Figure 8. Performances attentionnelles pour chacun des 3 groupes : celles des enfants dyslexiques traités deviennent identiques à celles des enfants normolecteurs après 3 mois de traitement proprioceptif.

Figures 9 et 10. Les dyslexiques traités ont les mêmes performances posturales et attentionnelles que le groupe des normolecteurs et se différencient significativement des dyslexiques non traités.



Conclusion

Pour la première fois, une étude montre que l'intégration des signaux proprioceptifs et les capacités attentionnelles sont perturbées par le contrôle postural chez les dyslexiques. *Cependant le traitement proprioceptif avec prismes et semelles ajoutés à des exercices de reprogrammation, permet d'améliorer cette perturbation, les compétences des dyslexiques rejoignant alors celles des enfants non dyslexiques.*



IMAGERIE MOTRICE CHEZ LE DYSLEXIQUE

Tiré de : van de Walle de Ghelcke A, Skoura X, Quercia P, Papaxanthis C. Action representation deficits in adolescents with developmental dyslexia. J Neuropsychol. 2020 Aug 20. doi: 10.1111/jnp.12220

Bien que des déficits dans l'automatisation du contrôle moteur aient été mis en évidence, la condition préalable cognitive du contrôle moteur direct (ou la représentation d'action interne permettant sa prédiction) n'a jamais été étudiée à ce jour dans la dyslexie. Pour mesurer la prédiction, on peut utiliser l'imagerie motrice, dans laquelle les sujets effectuent des mouvements mentalement, sans exécution réelle. Les mouvements réels et mentaux impliquent en effet des zones cérébrales similaires, telles que le cortex moteur, le cortex pariétal et le cervelet. Lors des mouvements imaginaires, les commandes neuronales sont préparées mais bloquées avant d'atteindre le niveau musculaire. Les études de développement suggèrent que la relation temporelle étroite entre les mouvements réels et mentaux est une caractéristique du système sensorimoteur normalement développé. Dans la présente étude, des adolescents atteints de dyslexie pure (pas de diagnostic associé de T.D.A ou de T.D.A.somato sensorielle

H) et des normolecteurs, ont effectivement et mentalement exécuté une tâche de pointage guidée visuellement impliquant de fortes contraintes spatio-temporelles. La précision de la prédiction motrice est estimée par la conformité à la loi biologique décrite par Fitts en condition mentale, qui prédit que le temps nécessaire pour effectuer un mouvement augmente linéairement avec la difficulté de la tâche et par la différence entre le temps de mouvement réel et le mouvement mental.

Méthode.

Dix-huit adolescents présentant une dyslexie du développement et dix-huit normolecteurs ont participé à cette étude. Au cours de l'expérience, les participants devaient indiquer (action réelle ou manifeste) ou imaginer de pointer (action mentale ou dissimulée) parmi quatre cibles de manière aussi précise et rapide que possible. Chaque participant a réalisé dix essais psychologiques réels et dix essais mentaux dans un ordre aléatoire (c'est-à-dire 100 essais par participant).

Résultats.

Il existe une différence nettement significative dans les capacités d'imagerie motrice entre le groupe de dyslexiques et celui de normolecteurs. Cette différence, au dépend du groupe dyslexique concerne :

- Les capacités d'imagerie visuelle et kinesthésique,
- Les temps de mouvements réels et mentaux (plus lents pour le groupe des dyslexiques),
- Le score d'imagerie motrice.

Dans la continuité des résultats précédents, une inspection minutieuse de la durée des mouvements a révélé que les dyslexiques ne suivaient pas la loi de Fitts lors des essais mentaux, contrairement au groupe des normolecteurs.

L'étude des liens possibles entre niveau de lecture et de conscience phonologique d'une part et la qualité des éléments trouvés dans les tests d'imagerie motrice montre l'existence d'une corrélation positive.

Conclusion.

Dans cette étude, nous avons examiné la représentation de l'action considérée de 18 adolescents ayant une DD pure et des lecteurs typiques de 18 ans. Les participants ont effectivement et mentalement effectué une tâche de pointage guidée visuellement, comportant de fortes contraintes spatio-temporelles (paradigme de compromis vitesse / précision). Alors que les temps de mouvement réel et mental des lecteurs typiques étaient isochrones et qu'ils étaient tous deux conformes à la loi de Fitts, les temps de mouvement des dyslexiques différaient d'une condition à l'autre et seuls les temps de mouvement réels étaient conformes à la loi de Fitts. De plus, la qualité de l'imagerie motrice était en corrélation avec les capacités de lecture des mots et de conscience phonologique. Ceci suggère que le processus de représentation d'action est altéré dans la dyslexie de développement pure et soutient la perspective sensorimotrice de la dyslexie.

FREQUENCE DU S.D.P DANS LA POPULATION DYSLEXIQUE ?

Tiré de : Quercia P, Seigneuric A, Chariot S, Vernet P, Pozzo T, Bron A, Creuzot-Garcher C, Robichon F. : Ocular proprioception and developmental dyslexia. Sixty clinical observations. J Fr Ophtalmol. 2005 Sep;28(7):713-23. (Accès libre de l'intégralité de l'étude à : <http://www.em-consulte.com/article/113045/alertePM>)

Matériel et méthode.

La première étude a été réalisée au CHU de Dijon, dans le service d'Ophtalmologie, avec la collaboration de 60 patients âgés en moyenne de $11,8 \pm 1,8$ ans [8,7-15,8 ans] et recrutés à partir de consultations de ville. Ces patients ont tous reçu un examen neuropsychologique à l'aide d'épreuves standardisées visant à confirmer le diagnostic de dyslexie. Chaque enfant a, ensuite, répondu à un questionnaire concernant les signes fonctionnels du S.D.P, regroupés en trois classes afin d'en simplifier la présentation. Ensuite a eu lieu un examen clinique à la recherche de signes objectifs de la présence d'un S.D.P.

Résultats.

L'examen clinique (associé à l'interrogatoire) des 60 dyslexiques a permis de montrer que **100% des patients présentent des signes physiques permettant d'établir le diagnostic de syndrome de déficience posturale**. La très

grande majorité des cas observés (97%) présente un S.D.P de type mixte pur. La relation entre dyslexie et S.D.P doit inciter à pousser les recherches dans ce domaine particulier afin de comprendre la relation entre proprioception et dyslexie de développement. A notre connaissance ? cette étude est la première qui montre les relations entre syndrome de déficience postural et dyslexie chez 60 enfants.

ANOMALIES DE LA LOCALISATION SPATIALE CHEZ LE DYSLEXIQUE.

Tiré de : Quercia P. L'hétérophorie verticale du dyslexique au test de Maddox : hétérophorie ou localisation spatiale erronée ? Etude en vidéo-oculographie de 14 cas. Journal Français d'Orthoptique. 40-2008, pp 25-45

Nous avons donc réalisé une étude des mouvements oculaires en vidéo-oculographie chez des sujets témoins et chez des dyslexiques, en utilisant le test de Maddox postural.

Matériel et Méthode.

Le système de vidéo-oculographie utilisé est l'appareil 3D-VOG commercialisé par la firme SMI (SensoMotoric Instruments GmbH, Warthestrasse 21, D-14513 Teltow/Berlin, Germany). L'appareil est très précis (1/10 de degré) et enregistre les données à une fréquence de 40 Hz. La résolution spatiale est de 0,03 degré avec une erreur linéaire maximale de $\pm 3.8\%$. Il propose un index de fiabilité des mesures qui utilise comme référence le degré d'utilisation de la surface de l'iris détectée par l'appareil.

Ce système est singulier par le fait qu'il est possible de fixer une lumière au travers de l'appareil contrairement à la plupart des appareils qui sont clos. Il permet donc la réalisation du test de Maddox (figure 1).

L'enregistrement a été réalisé chez 14 patients dyslexiques successifs, consultant pour recherche d'une dysfonction proprioceptive. L'âge moyen était de 10,2 ans avec des extrêmes de 9 à 14 ans. Ils présentaient tous une dyslexie de développement attestée par un bilan neuropsychologique avec un test de leximétrie montrant un retard de lecture de 24 mois minimum. L'examen ophtalmologique initial, qui comportait les examens habituels (acuité visuelle de loin et de près, examen du segment antérieur et du fond d'œil, ...), a éliminé tous les patients non aptes à participer à l'étude pour les motifs suivants : rééducation orthoptique en cours, hyperphorie visible lors du cover-test alterné, hétérotropie même minime, qu'elle soit horizontale ou verticale, vision stéréoscopique inférieure à 100', amétropie sphérique supérieure à +0,50D ou astigmatisme supérieur à 0,50D (toute amétropie sphérique négative même minime entraînait l'exclusion du patient). Tous les examens ont donc été réalisés sans correction optique, afin d'éviter un effet prismatique parasite lié à un éventuel décentrage du verre correcteur ou à une diffraction secondaire à un verre sale ou abîmé.

Cinq patients ne présentant aucun signe de dyslexie ou de dysfonction proprioceptive ont permis d'avoir des données identiques chez le sujet sain et ont servi de référence. Leur âge moyen était de 11,6 ans avec des extrêmes allant de 9 ans à 15 ans.

Le test de Maddox a été réalisé, le point lumineux de fixation étant à 4 mètres de l'enfant et maintenu à l'horizontale du plan oculaire. Les enregistrements se sont révélés fiables (car ne modifiant aucunement la stabilité de l'appareil) dans 4 conditions : position assise avec langue au palais, position assise lèvres serrées, position debout, position debout avec semelles de mousse calibrée modifiant l'extéroception plantaire.

Les données capturées ont été transférées dans Excel puis illustrées par un graphique avec ajout d'une courbe de tendance linéaire (calcule la droite des moindres carrés pour une courbe représentée par l'équation $y=mx+b$ où m est la pente et b , l'ordonnée à l'origine). L'abscisse correspond au nombre de saisies (40 par seconde) et l'ordonnée au niveau vertical de l'œil (en degrés). La comparaison des courbes permettait de savoir si les 2 yeux restaient en orthophorie stricte ou modifiaient leur position relative en se rapprochant ou en s'éloignant (figure 2). L'écran de Maddox donnant une ligne rouge ayant une certaine épaisseur et la lumière fixée n'étant pas réellement punctiforme, nous avons considéré qu'il y avait orthophorie si l'écart entre les droites était toujours inférieur à $0,5^\circ$.

Nous avons considéré que chaque fois que l'enfant répond d'une manière cohérente avec ce qui était enregistré, il pouvait s'agir d'une véritable hétérophorie verticale, trop faible pour être visible cliniquement au cover-test alterné. Par contre, chaque fois que la réponse est incohérente (par exemple sensation d'hyperphorie alors que l'œil est en hypophorie réelle sur la droite enregistrée), il était possible, voire probable, qu'il puisse s'agir d'une erreur de localisation spatiale. Cette erreur pouvait correspondre à une information proprioceptive erronée provenant des muscles oculaires.

Résultats.

Si on prend comme référence physiologique les mesures proposées par Van Rijn, l'hétérophorie verticale avérée est présente chez 70% des dyslexiques et seulement chez 22,5% des témoins. Quand on modifie les capteurs posturaux, on obtient une modification enregistrée des phories dans 52,5% des cas chez les dyslexiques et dans 28% des cas chez les normolecteurs.

Chez les 5 sujets témoins non dyslexiques, sur 31 enregistrements qui ont été considérés comme étant fiables :

- Il y a 29 réponses cohérentes soit 93,5 %
- 2 réponses incohérentes soit 6,5 %

Chez les sujets dyslexiques, sur 84 enregistrements, il y a :

- 35 réponses cohérentes soit 42 %
- 49 réponses incohérentes soit 58 %.

Commentaires.

Cette étude pilote donne des éléments qui semblent montrer :

- Que les dyslexiques présentent une hétérophorie verticale objective deux à trois fois plus fréquente que les sujets normolecteurs,
 - Que les témoins et les dyslexiques ont une modification des réponses subjectives, mais aussi des enregistrements objectifs, lors du test de Maddox lorsqu'on modifie les capteurs agissant sur la proprioception. Ces modifications sont nettement plus fréquentes chez les dyslexiques, mais existe aussi chez les normolecteurs ce qui est une donnée qui n'est pas signalée dans la littérature strabologique,
 - Qu'il y a une dissociation possible entre enregistrements et réponses subjectives des patients aussi bien chez les normolecteurs que chez les dyslexiques. Par contre, la fréquence est très différente dans les deux groupes (6,5% contre 58%). *La possibilité d'un trouble central de la localisation spatiale chez le dyslexique est donc plausible. Tout se passe alors comme si le cerveau recevait des messages erronés lui indiquant que l'œil monte ou descend alors qu'il n'en est rien (ou qu'il s'agit en fait d'un déplacement opposé).*
- Des études complémentaires sont cependant nécessaires, car :
- Le nombre d'enfants examinés est faible, aussi bien pour ce qui concerne les sujets témoins que les sujets dyslexiques,
 - Le nombre d'enregistrements validés par un taux élevé de l'indice de qualité de torsion est limité,
 - L'impression d'orthoporie signalée par le patient, qu'il soit témoin ou dyslexique, correspond à une fenêtre angulaire de 0,5 degrés et reste donc relativement imprécise.
- Ces résultats donnent une place très importante au test de Maddox postural dans l'examen clinique et donne des arguments scientifiques pour la présence de troubles proprioceptifs chez les dyslexiques. Ils montrent aussi que, même chez le sujet normolecteur, une action sur des capteurs posturaux est parfois capable de modifier l'information musculaire provenant des yeux.

COOPERATION OCULAIRE ET ORALE DANS LA LOCALISATION SPATIALE DU DYSLEXIQUE

Tiré de : Marino A, Quercia P : Orthodontie-neuro Sensorielle et Dyslexie. Dysfonctions motrices et cognitives. Masson Ed. Paris 2007 et Marino A, Quercia P. Microstimulations orales (ALPH) chez l'enfant dyslexique. L'Orthodontiste, 2009;147, 5-10.

Les messages proprioceptifs oculaires étant véhiculés par la branche supérieure du nerf trijumeau, il est bien logique que des informations provenant de l'appareil stomatognathique soient capables d'interférer avec le traitement proprioceptif. Ceci nous a semblé d'autant plus crucial à étudier que bon nombre de dyslexiques déclaraient avoir fait beaucoup de progrès en lecture silencieuse avec le traitement, mais restaient très pénalisés à voix haute (alors même que la lecture silencieuse est considérée comme étant plus difficile). Nous en avons tiré l'idée qu'il fallait s'attacher à rechercher un éventuel parasitage par des informations délétères provenant de la bouche chez ces patients. Cette idée a été renforcée par la rapide constatation d'une fréquence très élevée de classe 2 orthodontique chez les dyslexiques examinés (67 cas sur 100 examens successifs), très souvent associée à la présence d'une position basse de la langue avec persistance d'une déglutition primaire. Parmi ces enfants, une forte proportion se présentait avec une respiration buccale, favorisant les épisodes infectieux de la sphère O.R.L., l'hypertrophie des amygdales et des végétations adénoïdes, mais aussi l'apparition de troubles du sommeil avec véritables apnées et hypopnées nocturnes. Ce dernier élément peut naturellement jouer un rôle dans les troubles attentionnels, la fatigue et les troubles de mémoire du dyslexique.

Les traitements orthodontiques à visée posturale sont généralement centrés sur la correction de l'occlusion dentaire. Gardant à l'esprit le rôle central des informations sensorielles dans la genèse du S., plutôt que de travailler sur la mécanique articulaire, nous avons cherché à travailler avec un orthodontiste spécialisé dans la sensorialité orale. Ceci a abouti à une collaboration étroite avec le Dr Marino, orthodontiste à Vicenza (Italie) qui est l'un des premiers à avoir souligné l'importance des informations *sensorielles* à point de départ oral. Il propose de les modifier à l'aide de micro-stimulations collées sur les dents (nommées ALPH), génératrices de réflexes linguaux et labiaux modifiant les informations provenant des ligaments parodontaux. Ces stimulations respectent les lois de la posturologie et sont en général placées sur la face linguale ou vestibulaire des incisives supérieures ou inférieures.

Nous avons souhaité étudier la présence d'éventuelles corrélations entre leur action et celle des prismes posturaux. Le but était d'essayer de comprendre si la technique des prismes posturaux pouvait être améliorée par les ALPH, notamment en cas d'interférence manducatrice. Une action sur les entrées posturales étant de nature à modifier le test de Maddox postural chez le dyslexique de développement, nous avons réalisé cette étude à partir de ce test.

Matériel et méthodes.

Le groupe de patients était constitué de 21 enfants qui présentaient tous une dyslexie de développement dont le diagnostic avait été posé lors d'un bilan orthophonique (16 garçons et 5 filles. L'âge moyen était de $12,7 \pm 1,9$ ans [9-16,3 ans]). Tous les patients examinés étaient déjà porteurs de prismes posturaux et de semelles de posture depuis 3 à 5 mois et avaient pratiqué régulièrement des exercices de remédiation posturale pendant la même période. Le test de Maddox postural a été exécuté en modifiant le capteur stomatognathique par 3 manœuvres successives et non aléatoires : lèvres pincées, pointe de la langue au palais en arrière des dents et langue fortement maintenue entre les incisives avec effort de déglutition répété deux fois de suite. Ces manœuvres sont connues pour modifier la sensorialité de la bouche (par exemple la contraction des lèvres qui fait intervenir le nerf facial s'accompagne physiologiquement d'une diminution concomitante des informations trigémiques –réflexe décrit par Bratlawski). Les tests ont été faits alors que l'enfant portait les prismes posturaux. Les ALPH pouvant être posés

et enlevés facilement et sans douleur, il était aisé d'apprécier leur effet de manière rapide et inoffensive. Ils ont été testés sur les incisives et les canines, en position linguale ou vestibulaire, à droite ou à gauche, en haut ou en bas. Le test de Maddox postural, le test posturodynamique et le test de convergence podale ont servi de référence pour en déterminer l'emplacement mais aussi pour en modifier l'épaisseur, le nombre, l'unilatéralité ou la bilatéralité. Le but recherché était d'obtenir la normalisation de tous ces tests. Si le patient possédait déjà des semelles de posture élaborées selon les principes de posturopodie, il était testé avec et sans ses semelles (en plus des tests réalisés avec et sans semelle de mousse calibrée).

Résultats.

L'examen permettait de séparer les dyslexiques en 2 groupes :

- Absence d'orthophorie (n = 18),
- Orthophorie mais présence d'une implantation dentaire anormale laissant envisager la possibilité prochaine de soins d'orthodontie (n = 2) ou persistance d'une anomalie posturale douloureuse (n = 1).

Dans le premier groupe, l'orthophorie a été obtenue immédiatement chez 11 patients lors des tests de stimulation clinique décrits sur l'appareil stomatognathique. Pour deux patients de ce groupe, l'orthophorie n'a été obtenue qu'à condition d'enlever les semelles antérieurement portées et de les remplacer par les semelles en mousse calibrée. Les essais ont montré qu'il existe une correspondance entre le type de stimulation active et la localisation des ALPH (figure 1) :

- Lèvres serrées : ALPH vestibulaires, qui seront placés en supérieur ou en inférieur selon le résultat du test posturo-dynamique et du test de convergence podale,
- Langue au palais : ALPH linguaux supérieurs,
- Déglutition avec langue entre les dents : ALPH linguaux inférieurs.

	Type de stimulation clinique			Type d'ALPH			
	Lèvres serrées	langue au palais	Déglutition + langue coincée	Vestibulaire		Lingual	
				Sup.	Inf.	Sup.	Inf.
Orthophorie +	1	4	6		1	4	8

Figure 11 : fréquence d'obtention d'orthophorie selon le type de stimulation somatognathique (2 patients avec déglutition impossible sont orthophoriques avec des ALPH linguaux inférieurs).

Certains enfants (n=2) furent incapables de pratiquer la manœuvre de déglutition. Il a alors été possible d'obtenir une orthophorie avec la pose d'ALPH linguaux inférieurs. Les manœuvres cliniques ont parfois échoué (n=5) et la pose d'ALPH s'est alors révélée infructueuse. Ces patients présentaient, soit un tableau de perturbation du réflexe nucal au test de convergence podale (n=3), soit un tableau de béance buccale marquée avec malposition antérieure manifeste de la langue et déglutition primaire (n=2). L'obtention de l'orthophorie n'a pas toujours été possible immédiatement avec les ALPHS (n=5) alors même que le test clinique était efficace. Pour ces sujets il a été nécessaire de diminuer la puissance des prismes, de modifier l'appui plantaire ou d'adapter l'épaisseur des ALPH. Le choix fut guidé par l'utilisation du test posturo-dynamique et du test de convergence podale qui ont permis d'affiner les réglages jusqu'à obtention d'une orthophorie. Il est arrivé que l'orthophorie soit obtenue avec les ALPH à condition de diminuer les prismes jusqu'à obtenir une puissance nulle (n=3). A noter que lorsque les prismes sont modifiés, les tests doivent être repris après 5 à 10 minutes de port de la nouvelle puissance prismatique, sinon les réponses au test de Maddox sont variables.

Dans le deuxième groupe, on trouvait 3 cas particuliers :

- un patient amélioré pour sa dyslexie mais se plaignant de la persistance de céphalées malgré le port de prismes et de semelles. Le test posturo-dynamique et le test de convergence podale étaient anormaux. La pose des ALPH a laissé persister l'orthophorie et a normalisé les autres tests à condition de supprimer totalement les prismes.
- deux patients présentant une implantation dentaire très anormale chez lesquels étaient prévus des soins d'orthodontie avec pose d'éléments sur la face vestibulaire des dents. La pose des ALPHS vestibulaires a rompu l'orthophorie.

Commentaires.

Cette étude, réalisée avec un nombre limité de patients a confirmé que la pose des ALPH est capable de modifier les résultats du test de Maddox. Nous interprétons cette constatation essentielle comme une confirmation de l'existence d'interférences entre l'appareil visuel et l'appareil dentaire par le biais du trijumeau. Ces interférences sont prédictibles et reproductibles. Les résultats obtenus suggèrent que l'emploi conjoint des ALPHS, des prismes posturaux et des semelles de posture, pourraient donner lieu à 4 types de réactions :

- *Amplification* : la pose des ALPHS apparaît comme l'élément susceptible d'obtenir une orthophorie qui n'était pas acquise avec une action sur les autres entrées posturales,
- *Intégration* : les ALPHS s'intègrent à la « mise en équilibre du système postural » mais à condition de modifier un autre capteur (diminuer la puissance prismatique par exemple). Cette constatation va bien dans le sens de la notion de « système postural multi-entrées »,
- *Substitution* : on obtient une orthophorie si l'on enlève complètement les prismes posturaux.
- *Perturbation* : la pose des ALPHS chez un patient orthophorique avec les prismes et les semelles peut parfois faire disparaître cette orthophorie.

Cette étude confirme dès à présent la nécessité d'explorer un nouveau domaine en orthodontie chez l'enfant dyslexique, agissant au travers d'une action surtout d'ordre neuro-sensorielle par opposition à une orthodontie plus

mécaniste et plus attachée aux critères d'occlusion. Elle confirme aussi le rôle important des dents au sein de l'appareil stomatognathique dans le contrôle du système postural.

LOCALISATION SPATIALE ET AMELIORATION DE LA LECTURE DU DYSLEXIQUE

Tiré de : Quercia P, Marino A. Impact de la modification du Maddox Postural sur l'identification des mots écrits chez le dyslexique. Congrès européen de Stimulation Cognitive 2012. Centre d'expertise nationale en stimulation cognitive.

Lors de l'examen clinique proprioceptif, les performances de localisation spatiale visuelle sont étudiées grâce au Maddox Postural. Ce test consiste à rechercher la présence de très minimes hétérophories verticales labiles (H.V), variables lors de modifications imposées aux différents capteurs posturaux. On considère que les informations proprioceptives oculaires mais aussi générales sont régulées dès lors que toute stimulation sur un quelconque capteur postural permet de garder une localisation spatiale visuelle identique pour les 2 yeux alors même que la vision binoculaire a été dissociée. Dans ces conditions, on peut proposer que la proprioception oculaire et générale soit en effet utilisée de manière très préférentielle par le cerveau pour indiquer où se situe l'œil dans l'orbite.

Matériel et méthode.

Un groupe de 35 enfants dyslexiques avérés des 2 sexes (25 garçons et 10 filles), âgés de $11;6 \pm 1;5$ ans, ont été examinés à la recherche d'un SDP avec mesure des hétérophories verticales au M.P. Les enfants présentant un strabisme opéré ou non, une amblyopie même relative, une anomalie réfractive ou une vision stéréoscopique inférieure à 100' au TNO furent exclus. Tous les patients bénéficiaient d'un traitement orthophonique à raison d'une séance par semaine. Le déséquilibre postural se faisant toujours cliniquement dans le sens antéro-postérieur, des essais de correction des hétérophories verticales ont été réalisés avec un ou plusieurs des moyens suivants :

- Prismes de 2 et 3 dioptries (35/35) avec une base placée initialement dans l'axe d'action des muscles obliques inférieurs des 2 yeux (125° à droite et 55° à gauche) puis adaptée par incrément de 5° pour tenter d'obtenir une régulation parfaite de la localisation spatiale visuelle évaluée au M (le sujet est alors dit en « orthophorie verticale ou O.V »).
- Semelles de posture comportant toujours une barre rétro-capitale (35/35) et parfois des coins calcanéens internes en cas de valgus très marqué (34/35),
- ALPH (11/35).

Pour connaître la difficulté de lecture des enfants, tous les dyslexiques ont passé un test de Timé 3 lors de l'examen initial et lors du premier examen de contrôle qui a eu lieu après $3,6 \pm 0,6$ mois de traitement. Ce test consiste, dans un premier temps à reconnaître, dans une liste d'items écrits, un mot fourni oralement par l'expérimentateur. Dans un second temps, l'enfant doit reconnaître le mot écrit correspondant à une image. Le troisième temps est une tâche de catégorisation sémantique : à partir d'un mot inducteur, l'enfant doit lui associer un mot sémantiquement ou pragmatiquement proche. Le retard est donné en mois de lecture par rapport à des enfants du même âge et scolarisés dans la même classe.

Résultats.

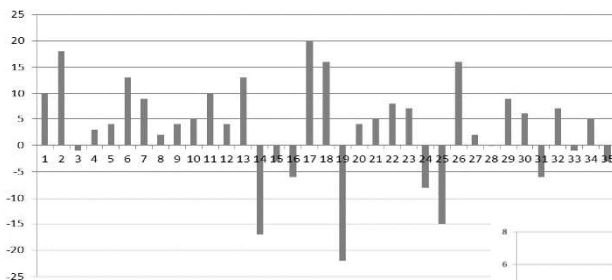


Figure 12. Evolution en mois des capacités de lecture de l'ensemble du groupe au test de Timé 3, après 3 mois de traitement en moyenne. La ligne « 0 » correspond au niveau de départ.

A M3 l'ensemble des dyslexiques présente une diminution moyenne du retard de lecture de 3,4 mois avec de fortes disparités, la meilleure performance étant une progression de 20 mois et la moins bonne étant une accentuation du retard de 22 mois.

La progression moyenne des dyslexiques en orthophorie verticale (O.V) est très significativement supérieure à celle des dyslexiques restés en H.V ($p = 0,005$). Alors que les premiers progressent en moyenne de 6,48 mois, les seconds accentuent leur retard de 2,8 mois. Pour ces derniers, l'évolution est identique à ce qui est connu en moyenne chez les dyslexiques non traités. Les progrès de l'ensemble du groupe sont liés aux progrès des dyslexiques en O.V.

Commentaires.

La régulation des hétérophories verticales labiles par action prismatique sur les muscles oculaires obliques (dont la régulation dépend des réflexes posturaux) complétée par une action de régulation perceptive sur les

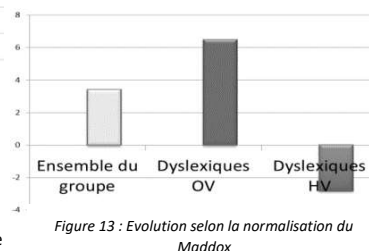


Figure 13 : Evolution selon la normalisation du Maddox

capteurs stomatognathiques et/ou podaux, s'accompagne d'une amélioration très significative des capacités d'identification des mots écrits chez les enfants dyslexiques au test de Timé3. A contrario, la modification des capteurs posturaux n'a pas d'action bénéfique si le Maddox Postural reste perturbé, signant une mauvaise régulation de la localisation spatiale visuelle qui est à ce jour un des meilleurs témoins cliniques de la régulation proprioceptive et posturale.

MODIFICATIONS MECANQUES ET SENSORIELLES AU NIVEAU ORAL ET LOCALISATION SPATIALE VISUELLE.

Tiré de : Mettey A, Bouvier AM, Jooste V, Boucher Y, Quercia P. *Are changes in the stomatognathic system able to modify the eye balance in dyslexia? J Oral Biol Craniofac Res. Apr-Jun 2019;9(2):166-171.*

Les enfants atteints de dyslexie peuvent présenter des déficits multiples, notamment des déficits des systèmes auditif, visuel et moteur. Nous avons émis l'hypothèse que la conscience phonologique pouvait être associée à une production anormale des gestes articulatoires oraux prévus. Nous avons donc cherché à clarifier le lien entre la fonction des muscles oculaires et l'information orale en comparant 21 lecteurs dyslexiques (Dys) et 14 lecteurs normaux (NL).

Matériel et Méthode. Les modifications de l'hétérophorie verticale (VH) ont été mesurées à l'aide du test Maddox Perceptif. Un indice de labilité correspondait au nombre de fois que la VH changeait. Le test a été effectué en fonction des modifications orales et des conditions posturales. La corrélation de Spearman a été utilisée pour évaluer si le retard de lecture était corrélé avec l'indice de labilité.

Résultats. Globalement, 50 % des enfants NL et 81 % des Dys ont connu au moins une variation de la perception visuelle ($p=0,053$). Chez les enfants Dys, étonnamment, moins ils avaient de retard de lecture, plus leur indice de labilité était élevé ($p=0,026$), alors qu'il n'y avait pas de corrélation significative chez les NL. Les changements dans le test de Maddox étaient plus fréquents chez les Dys que chez les NL après l'ajout de stimuli sensoriels et posturaux, sauf pour une posture spécifique. Pour les stimuli sensoriels, l'indice de labilité moyen était de 1,35 chez les NL et de 4,19 chez les Dys, ($p=0,001$). Pour les stimuli posturaux, il était de 0,71 et 2,61, ($p=0,003$).

Conclusions. Il est possible de modifier la perception visuelle en changeant les stimuli sensoriels ou mécaniques. Les changements sont plus fréquents chez les enfants dyslexiques. Le contrôle postural peut être amélioré par des stimulations orales guidées. Ces résultats renforcent l'importance de la coopération professionnelle dans la prise en charge des enfants atteints de dyslexie.

A QUOI CORRESPONDENT LES ANOMALIES VISIBLES LORS DU TEST DE MADDOX POSTURAL ?

Tiré de : Quercia P, Quercia M, Feiss LJ, Allaert F. *The distinctive vertical heterophoria of dyslexics. Clin Ophthalmol. 2015 Sep 25;9:1785-97.*

Etant donné la présence de troubles posturaux chez les dyslexiques et la présence d'hétérophories verticales décrites dans le syndrome de déficience posturale, nous avons recherché si les dyslexiques présentaient des hétérophories verticales labiles.

Méthode.

Nous avons examiné 66 enfants dont le niveau de lecture a été vérifié avec le TIME 3. Tous les dyslexiques avaient un retard de lecture minimum de 24 mois. Pour les enfants dyslexiques seulement, l'utilisation de l'Odedys Battery a permis de préciser les caractéristiques de la dyslexie en évaluant la lecture des mots réguliers, des mots irréguliers, des pseudo-mots et des capacités phonologiques. Au total, 44 dyslexiques (22 garçons et 20 filles) âgés de 118.5 ± 12.9 mois ont participé à l'étude et furent comparés à un groupe contrôle de 22 normolecteurs (11 garçons et 11 filles) âgés de 112 ± 9.8 mois.

Ils avaient tous une acuité visuelle de 20/20 des 2 yeux. Furent exclus les enfants présentant les particularités visuelles suivantes : strabisme opéré ou non, rééducation orthoptique en cours, amblyopie rééduquée, anomalie réfractive supérieure à $\pm 0,50$ dioptrie (D) évaluée sous cyclopentolate, vision stéréoscopique $> 100''$, anomalie organique du segment antérieur ou postérieur. Les critères généraux d'exclusion étaient les suivants : développement psychomoteur retardé ou anormal, QI inférieur à 85, antécédents neurologiques, psychiatriques ou de maladie génétique, traitement orthodontique en cours, enfant sous traitement psychotrope, notamment de la classe des phényléthylamines ou des antiépileptiques.

Le bilan visuel.

Il comporte une mesure de l'acuité visuelle avec un examen de la réfraction sous cycloplégie et un contrôle des segments antérieurs et postérieurs à la lampe à fente. L'évaluation de la vision stéréoscopique (TNO test) est complétée par un cover-test simple et alterné et par la recherche de l'œil dominant par la méthode du trou (le patient tient à bout de bras une feuille comportant un trou en son centre et doit viser une lumière au travers de ce trou en approchant rapidement la feuille d'un des 2 yeux).

Mesure des hétérophories verticales labiles ou test de Maddox « perceptif ».

Le qualificatif de « postural » accolé à « test de Maddox » correspond au protocole tel qu'il est décrit ci-dessous afin de le distinguer du test de Maddox classique tel qu'il est utilisé en pratique strabologique habituelle. Il est réalisé avec une baguette de Maddox rouge, formée de 17 dioptries cylindriques biconvexes, hyper convergents



qui permettent de transformer l'image d'une lumière blanche ponctuelle en une ligne rouge perpendiculaire à l'axe des cylindres. Le patient voit alors deux images dissociées de la source lumineuse : un trait horizontal rouge à travers la baguette de Maddox et un point lumineux incolore en vision directe. La lumière est placée à 4m du sujet, à hauteur de ses yeux. Il faut insister sur le fait qu'elle doit être très petite de façon à ce que le trait rouge provoqué par l'écran de Maddox soit le plus fin possible (la surface des points de fixation habituellement utilisés doit être diminuée jusqu'à obtenir une taille de 1 mm). Les stries de l'écran sont positionnées parallèlement à l'axe vertical de l'œil (et doivent l'accompagner quand le sujet va incliner sa tête sur l'épaule). Le test est réalisé pour chacun des 2 yeux en commençant indifféremment par le droit ou le gauche et en laissant un temps d'une seconde entre chaque œil de façon à ménager une période de fusion binoculaire. L'enfant doit répondre sans parler afin de ne pas modifier la position de sa langue, en orientant son pouce horizontalement, vers le haut ou vers le bas suivant que la ligne rouge sera vue respectivement au centre exactement, au-dessus ou au-dessous de la lumière. Une illustration claire permettra de lui expliquer ce qu'on attend précisément de lui en insistant sur la différence entre ligne oblique et ligne située au-dessus ou au-dessous. Pour le clinicien, ce test est le plus simple et le plus efficace pour mesurer les H.V de faible amplitude et son efficacité est comparable à des méthodes de mesures plus invasives.

Le test est effectué dans 7 conditions permettant de stimuler successivement différents capteurs posturaux. Les muscles obliques sont ensuite sollicités grâce à une position de latérocolis sur chacune des épaules (manœuvre de Bielchowski). Ces dernières manœuvres ont pour but de mettre en évidence une éventuelle dysfonction uni ou bilatérale des muscles obliques dont l'action torsionnelle est très liée aux réflexes posturaux. Les 7 conditions se succèdent toujours dans le même ordre :

- Condition 1 : patient assis en position spontanée et naturelle, sans appui plantaire. La position en orthophorie, hyperphorie ou hypophorie de l'œil testé est notée. La mesure de l'éventuelle H.V est réalisée à l'aide de prismes verticaux allant de 0,25D à 1,00D par incrément de 0,25D. Si aucun prisme ne corrige parfaitement l'H.V, la valeur du dernier prisme qui laisse la ligne rouge dans sa position initiale et du premier prisme qui la fait passer du dessus au-dessous (ou vice versa) de la lumière est notée (par exemple : H.V située entre 0,25D et 0,50D si la ligne rouge était initialement sous la lumière, le restait avec interposition d'un prisme de 0,25D et passait au-dessus de la lumière avec un prisme de 0,50D).
- Condition 2 : assis bien redressé sans appui plantaire. Cette position modifie la proprioception rachidienne,
- Condition 3 : condition 2 avec la pointe de la langue touchant fermement les papilles rétro-incisives centrales. Ce contact stimule un réflexe postural de redressement corporel lié au contact des muqueuses linguales et palatines 37,
- Condition 4 : condition 2 avec les lèvres serrées. La stimulation du nerf facial lors de ce mouvement a une action antagoniste sur le nerf trijumeau (réflexe de Bratlawski), nerf dont la branche supérieure porte les informations proprioceptives oculaires,
- Condition 5 : condition 2 avec appui de la pointe de la langue sur les incisives inférieures pour stimuler mécaniquement les ligaments péri-ondotaux dont on sait maintenant qu'ils jouent un rôle dans le schéma corporel,
- Condition 6 : debout en position naturelle afin d'ajouter les informations de la sole plantaire, la bouche étant en position naturelle,
- Condition 7 : condition 6 mais en interposant entre le pied et le sol une semelle de mousse qui diminue les informations extéroceptives plantaires.

A l'issue de cette première partie de l'examen un indice de labilité est créé. Il correspond au nombre de fois où, à la suite de la stimulation d'un des capteurs, le type d'H.V a changé par rapport à la stimulation précédente. Un tableau permet également de noter les capteurs dont la stimulation a éventuellement permis l'obtention d'une orthophorie verticale (O.V) au niveau des 2 yeux.

Le Maddox se termine par la recherche de l'effet sur l'H.V ou l'O.V de la manœuvre de Bielchowski bilatérale, le sujet étant remis en position 1. En cas d'ascension de la ligne rouge on suspecte une hypertonie de l'oblique supérieur. L'hypertonie de l'oblique inférieur aura pour effet d'éloigner la ligne rouge de la lumière, vers le bas. La recherche d'une variation de la hauteur en adduction n'est pas effectuée car elle ne s'est pas révélée fiable en raison de la valeur minimale des H.V mesurées en position primaire.

Mesure de la cyclotorsion.

Une cyclotorsion subjective est recherchée à l'aide d'un test de bi-Maddox effectué avec un verre de Maddox blanc et un verre de Maddox rouge, ce dernier étant toujours devant l'œil gauche par convention et les deux verres étant montés dans une monture d'essai possédant un niveau à bulle afin que la mesure ait lieu avec la tête strictement verticale. Un prisme vertical de 4 dioptries placé devant l'œil droit permet de limiter les possibilités de fusion. Il est alors demandé au patient de signaler quand les lignes blanches et rouges lui paraissent parallèles. L'écart d'angle entre les 2 lignes, visible sur les graduations de la monture d'essai, correspond à la cyclotorsion. Une rétinophotographie des 2 yeux est réalisée au rétinographe non mydriatique en prenant garde que la tête du patient soit strictement verticale (utilisation d'allers et retours d'un œil à l'autre pour vérifier que la mire de visée soit toujours au centre des pupilles). Les clichés permettent de mesurer l'angle que forme la ligne unissant la fovéa et le centre de la papille avec la ligne horizontale passant par ce dernier point (programme Solidworks™). La différence de torsion entre les 2 yeux est notée.

Essai de normalisation des H.V à l'aide de prismes.

Si le patient n'est pas constamment en O.V lors de la succession de stimulations du test de Maddox, il est replacé en condition 1 pour un essai de prismes. Leur choix est réalisé avec des règles établies en fonction de caractéristiques visuelles (présence de pseudoscotomes directionnels au synoptophore) et d'évaluation du tonus des muscles posturaux (tonus des muscles cervicaux et des muscles rotateurs de hanche). Ce choix est justifié par le fait que l'H.V est considérée, non pas comme une dysfonction oculaire pure, mais fait intervenir l'ensemble des informations du système postural. Le fait qu'un œil soit en hyper ou en hypophorie n'intervient pas dans les prismes choisis, l'important étant de parvenir à une O.V associée à une symétrisation du tonus des muscles corporels régulant la posture.

L'examen commence par une étude de la rotation et de l'extension céphaliques. Si la rotation est limitée du côté où l'extension est plus courte, il est proposé l'essai d'un prisme ayant une base à 125° devant l'œil droit et un prisme ayant une base à 55° devant l'œil gauche en cas d'hypotonie des obliques inférieurs. En cas d'hypertonie des obliques supérieurs on utilisera un prisme avec une base à 235° devant l'œil droit et un prisme avec une base à 305° devant l'œil gauche. La puissance sera de 2 dioptries devant un œil et de 3 dioptries devant l'autre, le prisme le plus fort étant du côté où la rotation de tête est diminuée.

Si la rotation de la tête est limitée d'un côté et l'extension plus courte du côté opposé, il faut rechercher des pseudoscotomes directionnels. Ces sont des zones de pertes totales ou relatives (diminution de contraste) de perception visuelle apparaissant lors des mouvements de version binoculaire au synoptophore. L'examen doit être réalisé avec des mires de grande taille (image du lion et de la cage des mires G3-G4 de Clément Clarke). L'éclairage des mires doit être impérativement minimal. Le patient est invité à regarder les images des deux mires et à signaler si tout ou partie d'une image s'estompe, comme « si un coup de gomme était donné pour enlever un peu de couleur aux images ». Le test est fait avec le regard en version droite et gauche à 20°, 30° et éventuellement 40°. L'angle auquel apparaissent les scotomes est consigné.

- Si les pseudoscotomes apparaissent au même angle de version, les prismes sont testés comme précédemment décrit, le côté du prisme le plus fort étant choisi à partir des résultats du test des rotateurs de hanche. Ce test ostéopatique évalue la résistance à l'étirement des groupes musculaires rotateurs externes des cuisses en imprimant un mouvement passif de rotation interne aux pieds. Le sujet est placé en décubitus sur une table d'examen avec le regard en position primaire et les bras étendus. Le praticien impose simultanément et lentement un mouvement de rotation interne des membres inférieurs droits et gauches. Une rotation symétrique indique que le prisme normalise le tonus postural.

- Si les pseudoscotomes apparaissent en version à l'angle X d'un côté et à l'angle X + 10° de l'autre : un prisme oblique sera testé unilatéralement sur l'œil situé du côté X+10°

- Si les pseudoscotomes apparaissent en version à l'angle X d'un côté et à l'angle X + 20° de l'autre : un prisme horizontal de 2 ou 3 dioptries sera testé unilatéralement sur l'œil situé du côté X+20°.

Si l'H.V n'est pas réduite lors de l'essai, l'axe du prisme est modifié par incréments de rotation de 5° en commençant toujours par le prisme le plus fort, jusqu'à obtenir une O.V. Les conditions 2 à 7 sont alors re-testées avec les prismes en place pour vérifier la stabilité de l'effet obtenu et déterminer le nouvel indice de labilité. Il en est fait de même avec la manœuvre de Bielchowski droite et gauche et pour le Bi Maddox (mais sans interposer de prisme vertical pour dissocier les 2 lignes blanches et rouges, le sujet indiquant que les 2 lignes se confondent en cas d'absence de cyclotorsion). Spécifiquement pour cette étude, il a aussi été essayé de corriger toute H.V présente avec une correction prismatique verticale afin de comparer son effet aux corrections obliques.

Un tableau permet de savoir si la correction prismatique permet une O.V permanente, de noter si un ou plusieurs capteurs sont nécessaires en plus des prismes pour obtenir une O.V parfaite, ou si certains capteurs perturbent l'O.V obtenue précédemment (tableau 2).

Hétrophories horizontales et convergence.

Elles sont relevées de loin en utilisant le même matériel, les stries de l'écran de Maddox étant horizontales. La convergence est mesurée en cm grâce à la plaquette de Mawas. La divergence n'a pas été mesurée.

Résultats.

Tests de lecture

L'âge moyen de lecture du groupe des dyslexiques au TIME3 a pu être établi chez 28 des 42 dyslexiques, 14 d'entre eux ayant un retard si important qu'il était en deçà des valeurs minimales d'évaluation pour l'âge. Il est de 99,4 mois \pm 11,9 mois alors que celui des normolecteurs est de 129,1 \pm 21,5 (F (38,56), p<0,0001) avec une répartition homogène pour ce qui concerne les classes de niveau scolaire et le sexe. Sur 40 items, le niveau moyen d'identification des mots écrits est respectivement de 19,3 \pm 6,4 et de 31,3 \pm 4,4 (F(62,64) p <0,0001). Aux tests de l'Odedys, interprétables chez tous les dyslexiques, sur 20 items proposés aux dyslexiques, la lecture correcte est présente pour 15,6 \pm 3,6 des mots réguliers (temps moyen = 50,3 sec \pm 24,4), 8,8 \pm 5,3 des mots irréguliers (temps moyen = 59,4 sec \pm 35,5) et 13 \pm 3,6 des pseudo-mots (temps moyen = 52,7 sec \pm 26,4). Sur 10 items pour chacun des 2 tests métaphonologiques, le score moyen est de 7,5 \pm 2,5 pour l'épreuve de suppression du phonème initial et de 7,4 \pm 2,0 pour l'épreuve d'acronymes. Le profil des 42 dyslexiques est de 14 dyslexies de surface, 4 dyslexies purement phonologiques et 24 dyslexies mixtes.

Hétérophorie verticale

Il n'y a pas de différence entre les 2 groupes quant à la dominance oculaire (χ^2 : 2,01, p = 0,15). Aucun enfant n'avait de mouvement oculaire visible au covertest alterné. En position assise et relâchée, sans appui podal, seuls

4.8% des dyslexiques ont une H.V normale si on se réfère à la valeur physiologique de 0,25D proposée par Van Rinj. L'H.V des 95.2% dyslexiques restants est toujours inférieure à 1 dioptrie. Malgré cette valeur très faible, seul 2 dyslexiques ont une H.V que l'on peut corriger exactement en utilisant des prismes verticaux dont l'incrément est de 0,25D. Tous les autres sont soit sous-correctés, soit sur-correctés lors de l'essai de ce type de prismes. Parmi les normolecteurs, 68,2% ont une phorie verticale normale. La différence entre les 2 groupes est donc très marquée ($p < 0,0001$).

Cyclotorsion et Manœuvre de Biellchowski.

A l'examen au Bi Maddox, il existe une cyclotorsion significative chez les dyslexiques. Elle est en moyenne de $1,9^\circ \pm 0,9^\circ$ alors qu'elle n'atteint que $0,1^\circ \pm 0,4^\circ$ chez les normolecteurs, un seul normolecteur ayant une cyclotorsion détectable ($F(72,91)$, $p < 0,0001$). Quand elle existe, il s'agit toujours d'une excyclotorsion de l'œil gauche. Les 5 enfants dyslexiques qui montreront une hypertonie bilatérale des obliques supérieurs, à l'exception d'un cas, ne présentent ni intorsion, ni extorsion détectable.

On retrouve une différence de torsion en rétinoscopie entre les 2 groupes. Contrairement à ce qui est observé pour l'œil droit ($F(2,53)$, $p: 0,12$), l'excyclotorsion de l'œil gauche du groupe de dyslexiques est significativement plus grande que celle du groupe de normolecteurs ($F(4,90)$, $p: 0,03$). Les résultats obtenus au BiMaddox et en rétinophotographie ne sont pas significativement liés ($R: 0,17$, $p: 0,42$). Dans aucun des groupes, la rétinophotographie ne révèle d'incyclotorsion.

Lors de la manœuvre de Biellchowski, l'effet de l'inclinaison sur une épaule est très significativement différent pour les 2 groupes ($\chi^2: 36,62$, $p < 0,0001$). Chez les normolecteurs il n'est en effet positif que chez 27,3% des 22 enfants alors que le décalage vertical se modifie chez tous les dyslexiques sauf pour un enfant (97,6%). Dans le groupe des dyslexiques, le décalage apparaît lors de l'inclinaison sur les 2 épaules pour 27 des 42 enfants (64,3%). Une hypertonie des 2 muscles obliques inférieurs est alors en cause dans 75% des cas (15 cas) et une hypertonie des 2 muscles obliques supérieurs dans les 25% restants (5 cas). Quand l'hypertonie est différente pour chacun des 2 yeux (7 cas), le patient présente le plus souvent (6 fois pour 7 cas) un tableau d'hypertonie de l'oblique supérieur à gauche et de l'oblique inférieur à droite. Si, lors de la manœuvre de Biellchowski, le décalage n'apparaît que pour 1 seul œil (33,3%), c'est le plus souvent du côté gauche (64,3%). Dans le groupe des normolecteurs, si un décalage apparaît, c'est alors le muscle oblique inférieur gauche qui est hypertone (85% des cas avec décalage). Une hypertonie unilatérale de l'oblique supérieur n'est observée que dans un cas.

Labilité

Si on considère l'index de labilité avec les capteurs posturaux, on constate que la labilité est constante pour les dyslexiques et absente pour 81,9% des normolecteurs ($p < 0,0001$). Pour les 18,1% de normolecteurs présentant une labilité, l'index est faible, toujours inférieur à 3. Il atteint ou dépasse cette valeur pour 73,8% des dyslexiques pour aller jusqu'à 5 (26,2%) et 6 (11,9%). La différence s'établit lors du réflexe de Bratlawski ($p < 0,05$), de la stimulation des ligaments dentaires inférieurs ($p < 0,01$), et de la stimulation du capteur plantaire isolé ($p < 0,01$) ou avec mousse ($p < 0,05$).

Le niveau de labilité est indépendant de l'âge des dyslexiques ($F(0,70)$, $p: 0,62$) ou du sexe ($p: 0,44$). Il n'est pas lié à la dominance oculaire ($p: 0,45$). Dans le groupe de dyslexiques, il n'y a pas de relation significative entre cyclotorsion et labilité ($F(0,405)$, $p: 0,84$) que la mesure soit faite au BiMaddox ou en rétinophotographie ($F(0,601)$, $p: 0,70$). Cette absence de relation est indépendante de l'œil étudié ($p: 0,50$). La labilité n'est fonction ni de la position initiale de l'œil derrière l'écran de Maddox ($p: 0,47$) ni de la valeur de l'H.V ($p: 0,36$), ni du type de prisme pouvant la corriger en position 1 de test. Elle ne dépend pas non plus de la réponse lors de la manœuvre de Biellchowski sauf s'il apparaît une hyperaction de l'oblique inférieur gauche ($p: 0,01$).

Hétérophories horizontales et convergence.

Contrairement au groupe de normolecteurs, la présence d'une faible esophorie caractérise les enfants (81%) du groupe des dyslexiques en vision de loin ($\chi^2: 30,2$, $p < 0,0001$). Elle est de faible valeur ($2 \pm 1,2D$). Elle s'améliore avec le port des prismes ($p: 0,04$) mais la modification est modérée puisque seulement la moitié des dyslexiques initialement ésophoriques deviennent orthophoriques ou légèrement exophoriques. L'ésophorie de loin contraste avec un punctum proximum de convergence très diminué ($11,5 \pm 2,8$ cm). Il s'améliore très significativement dès le port des prismes mais reste inférieur à celle des normolecteurs ($9,7 \pm 1,8$ cm vs $7,1 \pm 2,2$ cm, $p < 0,0001$).

Devenir des H.V avec les prismes

Dans le groupe des 42 dyslexiques, il est possible de supprimer l'H.V chez 39 enfants (93%) lorsqu'ils sont en position assise, relâchée et sans appui plantaire. Pour 31 dyslexiques, la régulation se fait à l'aide de prismes bilatéraux relâchant les obliques inférieurs (26 cas) ou supérieurs (5 cas). Quand elle montre une hypertonie d'un oblique supérieur et d'un oblique inférieur, c'est l'effet sur le test de convergence podale qui permet de choisir les muscles obliques à relâcher. Les prismes sont toujours de puissance inégale sur chacun des 2 yeux (2 et 3 dioptries). Si des prismes à base supéro-externe sont utilisés pour relâcher les obliques inférieurs, les axes de la base des prismes sont de 125° à droite et de $30^\circ \pm 10^\circ$ à gauche. Quand une action sur les obliques supérieurs est recherchée, les axes sont de $240^\circ \pm 5^\circ$ pour l'œil droit et $320^\circ \pm 10^\circ$ à gauche. Dans 2 cas seulement, il est possible de faire disparaître indifféremment l'H.V avec des prismes obliques bilatéraux ou un prisme vertical unilatéral. Ce dernier doit alors être placé devant l'œil dominant. Pour 7 cas, il faut ajouter la stimulation d'un capteur postural aux prismes obliques afin d'obtenir l'O.V.

Il n'y a pas de relation mathématique significative entre la valeur de l'H.V et la combinaison prismatique utilisée ($p = 0,49$). Le taux initial de labilité n'influence pas la possibilité de correction prismatique, qu'elle soit oblique ($p: 0,77$) ou verticale ($p: 0,19$), même quand on doit stimuler un capteur complémentaire pour obtenir l'O.V ($p: 0,22$).

Dans le groupe des normolecteurs, le mode de régulation est significativement différent ($p: 0,002$). Chez les 7 patients ayant une H.V, il est obtenu avec un prisme vertical pour 5 cas. Il est possible grâce à des prismes obliques dans les 2 cas restants. Dans ce groupe, l'obtention d'une O.V n'est jamais soumise à l'utilisation complémentaire d'un capteur postural.

Labilité de l'O.V corrigée par des prismes

Après équipement prismatique, l'indice moyen de labilité des dyslexiques diminue fortement. Il passe de 3,75 à 0,3. La labilité disparaît complètement pour 33 dyslexiques. Elle reste présente pour 9 patients dyslexiques avec un index de 1 pour cinq enfants dyslexiques et un indice moyen de 3 pour les autres, le capteur stomatognathique étant alors le plus souvent en cause. Lors de la manœuvre de Bielchowski, unilatérale une H.V réapparaît chez 7 enfants dyslexiques et 3 enfants dyslexiques présentent une phorie lors de l'inclinaison bilatérale. La labilité qui persiste parfois dans le groupe des dyslexiques est indépendante de la labilité initiale ($p = 0,15$).

Dans le groupe des normolecteurs, quand l'obtention de l'O.V avait nécessité l'utilisation de prismes, la labilité avec les capteurs est nulle. Seuls 2 cas gardent une labilité sur une seule épaule lors de la manœuvre de Bielchowski.

Si on analyse chacun des capteurs posturaux, la labilité des dyslexiques équipés en prismes devient identique à celle retrouvée initialement dans le groupe de normolecteurs. (p entre 0,47 et 1 selon les différents capteurs). C'est aussi le cas pour les modifications survenant lors de la manœuvre de Bielchowski ($p = 0,38$).

Cyclotorsion avec les prismes.

La cyclotorsion est annulée par les prismes chez 81% des enfants dyslexiques et rejoint celle retrouvée chez les normolecteurs ($p < 0,0001$). Seuls 8 enfants dyslexiques présentent une cyclotorsion résiduelle de $2,1 \pm 0,2^\circ$. L'O.V n'avait pu être obtenue chez la moitié de ces enfants. En raison de contraintes techniques, la mesure au rétinographe de la torsion avec prismes n'est pas réalisable.

H.V et capacités de lecture.

Il n'y a pas de relation significative entre la valeur de l'H.V et le niveau de retard de lecture exprimé en mois ($p: 0,24$), le type de dyslexie ($p: 0,24$) et les différents tests de l'Odedys (p -value toujours $> 0,05$). Qu'il soit mesuré au biMaddox ou en rétinophotographie, l'angle de torsion se révèle sans relation avec le niveau de lecture (coefficient de Pearson respectivement de 0,11 et $-0,10$). Il en est de même pour le type de dyslexie (respectivement, $F(1,195)$, $p: 0,31$ et $F(0,792)$, $p: 0,46$), le niveau de lecture et les différents tests de l'Odedys (R entre $-0,23$ et $0,10$ et p toujours $> 0,05$ pour ces 3 éléments). Qu'elle apparaisse lors de la stimulation des capteurs posturaux ou lors de la manœuvre de Bielchowski, la labilité n'est pas corrélée au type de dyslexie ($p: 0,17$) ou au retard de lecture ($p: 0,95$) ou encore au type d'erreurs au TIME 3 ou aux différentes épreuves de l'Odedys (p toujours $> 0,05$).

Discussion

H.V labile du dyslexique.

La dyslexie développementale est caractérisée par une difficulté permanente et durable de l'acquisition du langage écrit. Elle touche 5 à 15% des enfants scolarisés, la fréquence étant différente en fonction de la langue. Sa cause exacte est inconnue. Il y a clairement un facteur génétique. Certains auteurs proposent que la dyslexie soit liée à un déficit du système magnocellulaire dont l'exploration psychophysique et électrophysiologique est particulière. Des anomalies anatomiques ont été mises en évidence au niveau des cellules magnocellulaires visuelles dans les corps genouillés latéraux et pourraient jouer un rôle dans les difficultés du traitement visuel du mot écrit. Les dyslexiques présentent des anomalies du traitement temporel auditif dont l'origine pourrait aussi être liée aux magnocellules présentes dans le corps géniculé médian. Une dysfonction du cervelet pourrait jouer un rôle en perturbant la coordination oculaire et en gênant la mise en place des automatismes cognitifs nécessaires à la lecture. Par ailleurs, les images en I.R.M.f des cerveaux de dyslexiques montrent un aspect particulier des connexions fonctionnelles entre les aires du langage. Il en découlerait une difficulté spécifique à mettre en place des règles de conversion graphèmes-phonèmes, avec apparition d'une conscience phonologique inefficace. Il est cependant difficile aujourd'hui de savoir si les modifications cérébrales présentes chez les dyslexiques sont la cause ou la conséquence de la dyslexie. A cet égard, une seule étude longitudinale a été réalisée dans une cohorte d'enfants à risque familial de dyslexie afin de savoir si les anomalies cérébrales présentes chez des enfants développant progressivement une dyslexie avérée étaient déjà présentes avant l'apprentissage de la lecture. Cette étude, gold standard de l'évaluation d'une pathologie développementale, conclut que les anomalies qui précèdent la dyslexie ne sont pas situées dans les réseaux de la lecture mais dans des zones corticales de traitement de bas niveau des informations visuelles et auditives, ainsi que dans certaines zones responsables de fonctions exécutives (zones de contrôle cognitif, de motivation et de processus de mémoire de travail).

Les mouvements oculaires sont particuliers chez les dyslexiques. Ils ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche. Ils sont consacrés avant tout à la fixation, aux saccades et à la convergence. Très peu de travaux se sont intéressés aux déviations et aux mouvements verticaux. Il en est de même pour les cyclophories et cyclotorsions. Seules les phories verticales visibles au covertest ont été évaluées. Elles concernent alors des déviations supérieures à 3 dioptries. Elles ne diffèrent pas de celles retrouvées chez les enfants non dyslexiques. L'unique étude caractérisant les mouvements oculaires verticaux du dyslexique sur cible mouvante, montre un temps de latence plus long, avec un gain et une vitesse réduits ainsi qu'un taux plus élevé de saccades rapides et anticipatoires. Comme chez le normo-lecteur, les saccades sont plus lentes et hypométriques dans le regard en haut et plus rapides et hyperométriques dans le regard en bas. Par contre, chez le dyslexique, le temps de latence est plus important lors du regard vers le bas, laissant supposer une dysfonction des muscles à action verticale.

Le rapport entre fusion verticale et capacité de lecture a fait l'objet de recherches chez les normolecteurs. Dans cette population, l'interposition d'un prisme vertical de 2 à 6 dioptries, sollicitant les capacités de vergence verticale, n'est pas directement préjudiciable aux capacités de compréhension d'un texte lu. De même, la création

artificielle d'une légère disparité verticale ne modifie pas le processus de décodage lexical et, dans ces conditions, le système de vergence verticale ne semble pas répondre. Par contre, on constate des mouvements de vergence horizontale alors même qu'aucune disparité horizontale n'a été créée initialement. La cyclovergence n'a pas été étudiée dans cette étude. Même si de nombreuses fixations efficaces ont été mesurées avec un décalage vertical chez le normolecteur, le manque de conséquences d'une altération de la fusion verticale sur les capacités de lecture est étonnant. En effet, chez le sujet sain le degré de disparité verticale permettant la conservation d'une fusion est beaucoup plus limité que dans le sens horizontal en raison de la forme elliptique de l'aire de Panum. Il faut insister sur le fait que ces données ont été relevées chez des sujets normolecteurs. Chez le dyslexique, l'adaptation aux phories verticales pourrait être très différente en raison notamment de leur labilité. Par ailleurs la compensation aux H.V est physiologiquement très liée aux fluctuations accommodatives et à l'angle de vergence horizontale. Ces éléments sont connus pour être déficients chez le dyslexique.

Notre travail représente la première étude des hétérophories verticales chez le dyslexique. A condition de respecter les conditions très précises de l'examen tel qu'il est décrit, tous les dyslexiques présentent une hétérophorie verticale très particulière, qui les différencie nettement des normolecteurs ($p < 0.0001$) avec les caractéristiques suivantes :

- *Elle est constante et indépendante du type de dyslexie,*
- *Elle est de faible valeur, le plus souvent entre 0,25 et 0,75 dioptries, invisible lors d'un simple cover-test. Elle est cependant significative si l'on se réfère à la valeur physiologique de 0,10 à 0,16° proposée par Van Rijn. Malgré sa discrétion, le patient ne parvient jamais à la compenser par des efforts volontaires. Il en est presque toujours de même avec l'utilisation de prismes verticaux de très faible puissance.*
- *Elle est labile. Cette labilité apparaît lors de stimulations spécifiques sur des capteurs sensoriels connus comme intervenant dans la régulation posturale. Le changement est qualitatif (modification d'une H.V ou d'une O.V). La labilité s'exprime aussi de façon quantitative lors de la manœuvre de Bielchowski. L'index de labilité est élevé.*
- *Elle semble représenter la traduction verticale d'un déséquilibre tonique des muscles obliques. En effet, elle est associée à une cyclotorsion subjective et objective et elle se modifie souvent lors de la manœuvre de Bielchowski. De plus, les prismes qui permettent de la supprimer agissent avant tout sur les muscles obliques et la rare possibilité de correction par un prisme vertical ne permet pas d'en supprimer la labilité. La manœuvre de Bielchowski montre qu'il s'agit le plus souvent d'une hypertonie des muscles obliques inférieurs et plus rarement d'un « blocage » des muscles obliques supérieurs évoquant un tableau de Brown à minima.*
- *L'utilisation de prismes obliques bilatéraux choisis à partir de données ophtalmologiques, mais aussi de l'étude du tonus postural, permet de supprimer H.V, labilité et cyclotorsion dans la grande majorité des cas. La correction prismatique n'est efficace qu'en relâchant les muscles hypertonies, de façon bilatérale et asymétrique, avec des axes qui correspondent rarement à l'axe théorique des insertions musculaires physiologiques. Ceci laisse supposer que des facteurs anatomiques orbitaires pourraient intervenir dans la pathogénie. Parfois la régulation est impossible, ou reste sensible à la stimulation des muscles obliques supérieurs lors de l'inclinaison de la tête sur l'épaule, ou encore demande une action complémentaire sur un capteur postural.*

Cyclotorsion du dyslexique.

A l'exception d'un enfant, le test de Bi-Maddox révèle constamment une cyclotorsion dans le groupe des dyslexiques. Elle est de faible amplitude mais sépare significativement le groupe des dyslexiques du groupe des normolecteurs ($p < 0,0001$). Beaucoup plus souvent il existe une extorsion gauche au BiMaddox, alors que la rétinophotographie montre un nombre important d'extorsions droites. Ceci pourrait être lié au fait qu'au moment de la prise de vue, la mesure correspond plus à une cyclophorie qu'à une cyclotorsion car l'image des 2 yeux est complètement dissociée. La différence de valeurs, parfois importante, avec celles retrouvées au BiMaddox va aussi dans ce sens.

La cyclotorsion mesurée au BiMaddox disparaît presque toujours avec la mise en place de prismes obliques et exceptionnellement avec un prisme vertical. Ceci semble confirmer le lien entre cyclotorsion et H.V et le très probable rôle joué par la composante verticale des muscles obliques dans la genèse de l'H.V. Il est certainement important que la torsion soit compensée pour optimiser la qualité de la lecture car l'alignement torsionnel des yeux est essentiel pour obtenir une perception stéréoscopique. L'effet d'un déséquilibre tonique des muscles obliques pourrait être encore plus important en position de lecture de près car les déviations en torsion s'exagèrent dans le regard vers le bas lorsque la fonction des muscles obliques supérieurs est modifiée.

Liens entre H.V et cyclotorsion du dyslexique.

La présence d'une cyclotorsion ne signifie pas que les muscles droits verticaux ne sont pas du tout en cause dans les H.V constatées. Torsion et fusion verticale sont en effet très liées, notamment parce que les muscles droits verticaux et les muscles obliques ont un contrôle commun dans les noyaux du diencéphale. C'est certainement pourquoi la création expérimentale d'une divergence verticale par l'interposition d'un prisme vertical de 1,5 dioptrie provoque toujours une cyclotorsion conjuguée associée au mouvement vertical compensateur. La phorie verticale constatée pourrait donc correspondre aussi à une dysfonction globale des muscles à action verticale, la responsabilité relative des droits et des obliques étant différente selon la position du regard. Les mouvements de vergence verticale et de cyclovergence, mais aussi de vergence horizontale, sont en effet très intriqués, notamment dans les positions tertiaires du regard qui sont très sollicitées lors de la lecture sur une table horizontale. Cette position sollicite le regard en convergence et vers le bas avec une profondeur différente pour chacun des 2 yeux lors du balayage du

texte. Position du regard et vergence horizontale sont ainsi constamment variables. Tous les muscles à action verticale sont alors sollicités. Si l'adduction est assurée par les droits internes aidés des droits inférieurs, l'abaissement est assuré par une synergie entre les droits inférieurs et les obliques supérieurs. Les effets rotatoires des droits inférieurs et des obliques supérieurs doivent s'annuler. Il aurait donc été intéressant de calculer les H.V et les cyclophories de près et dans le regard en bas. Ceci n'a pas été possible avec la technique proposée car, de près, la diffraction au travers de l'écran de Maddox élargit fortement la ligne rouge et empêche d'évaluer finement le décalage avec la lumière. Une contrainte identique a empêché une mesure fine des variations phoriques horizontales en vision de près.

La manœuvre de Bielchowski, qui intervient dans le choix de l'orientation des prismes obliques, est très informative sur les relations entre H.V et cyclotorsion. Alors que la vergence horizontale est la seule à être sous contrôle volontaire, il existe des couplages automatiques entre la position conjuguée des yeux, la vergence horizontale et la position de la tête quand il s'agit de guider la vergence verticale et la cyclovergence. L'équilibre oculaire vertical dépend donc aussi de la position de la tête. Il y a là aussi un lien possible avec le syndrome de déficience posturale qui est caractérisé par une position de tête en très légère rotation et en discret latérocolis. En position de latérocolis, les informations provenant de l'oreille interne provoquent un mouvement oculaire inverse avec excyclotorsion du côté opposé au latérocolis et incyclotorsion de l'œil plus proche de l'épaule. Cette réaction réflexe est largement liée à l'activité des muscles obliques inférieurs et supérieurs qui ont la capacité de compenser 10% de l'inclinaison céphalique. L'œil ipsilatéral, sous l'action de l'oblique supérieur a tendance à s'abaisser alors que l'autre œil a tendance à monter sous l'action de l'oblique inférieur. Cependant, dans des conditions physiologiques, le décalage est quasi-nul de loin, la compensation étant normalement stable pour les différentes positions du regard. Elle est cependant plus fragile en vision de près et rend l'équilibre oculomoteur plus difficile lors de la lecture. Dans le groupe des dyslexiques, le décalage apparaît quasi-systématiquement sur les 2 épaules, sous la forme d'une hyperaction unilatérale ou bilatérale des muscles obliques. Chez les normolecteurs cet effet n'existe que dans 18% des cas. La réaction oculomotrice lors de la manœuvre de Bielchowski établit un lien supplémentaire entre H.V et présence d'une proprioception globalement dysfonctionnelle chez le dyslexique. La proprioception cervicale, si elle intervient directement dans la réaction oculomotrice compensatoire, est en effet très liée à celle des muscles paravertébraux ainsi qu'aux informations plantaires.

H.V et régulation posturale.

Chez le dyslexique, la régulation posturale a fait l'objet de plusieurs études avec des conclusions parfois contradictoires, la relation entre trouble postural et dyslexie pouvant être interprétée au travers d'un mécanisme génétique partagé sans réelle relation causale. Cependant, enregistrés sur une plate-forme de force, les dyslexiques montrent une plus forte instabilité, que ce soit avec les yeux ouverts ou fermés. Les perturbations concernent aussi bien les constantes spatiales que temporelles. Les capacités attentionnelles, altérées chez le dyslexique, pourraient intervenir dans ce déséquilibre. Il serait cependant moins marqué chez les dyslexiques plus âgés. Inversement, un manque d'automatisation de la régulation posturale peut détériorer les performances cognitives lors d'une tâche attentionnelle. Des liens étroits entre vision, oculomotricité et cerveau sont souvent évoqués pour expliquer les troubles posturaux du dyslexique. Le déséquilibre constaté est en effet très dépendant des informations visuelles et peut varier selon qu'elles sont centrales ou périphériques, mouvantes ou non, mais aussi selon les mouvements oculaires imposés. Cette dépendance à la manipulation des informations visuelles semble exister indépendamment de l'association avec une tâche cognitive mais elle est différente selon les mouvements de vergence oculaire. L'utilisation de prismes horizontaux de forte puissance ou de lentilles perturbant l'accommodation donne un effet négatif. On constate cependant que la régulation posturale peut être améliorée par l'utilisation de prismes obliques de très faible puissance (2 à 3D) normalisant les H.V. La présence d'H.V modifie aussi l'équilibre postural chez le jeune adulte sain. Les sujets présentant une H.V de faible valeur sont en effet plus instables en vision lointaine que les sujets avec O.V et la correction de l'H.V améliore la stabilité posturale. A contrario, l'interposition expérimentale d'un prisme de 2 dioptries avec une base inférieure devant l'œil non dominant provoque une accentuation des oscillations corporelles antéro-postérieures quelle que soit la distance de fixation. Placé devant l'œil dominant, l'effet est inverse mais seulement pour une fixation lointaine à 2 mètres. La mesure de la vergence verticale induite par la présence du prisme confirme que la réaction est modulée par la dominance oculaire. Le rôle de la dominance rétinienne pourrait être influencé par les informations proprioceptives oculaires. Comme nous le suggérons pour le dyslexique, les auteurs proposent que les H.V de faible valeur soient, non pas le reflet d'une pathologie oculaire, mais celui d'une perturbation des boucles de contrôle proprioceptif et somatosensoriel qui interviennent dans la régulation posturale.

H.V et proprioception du dyslexique.

Au niveau du cortex visuel, qui semble différent chez le dyslexique avant même l'apprentissage de la lecture, les informations proprioceptives sont prises en compte. Expérimentalement, la proprioception oculaire est en effet capable de modifier fonctionnellement mais aussi anatomiquement la structure microscopique du cortex visuel. Chez l'animal, l'élongation musculaire provoque à son niveau une activité qui est spécifique de la direction du mouvement. Cette activité disparaît avec la suppression des informations proprioceptives par infiltration d'anesthésique dans le muscle. La section des nerfs trijumeaux, qui véhiculent la proprioception oculaire, perturbe l'apparition des colonnes d'orientation du cortex visuel, la mise en place d'une dominance oculaire et d'une stéréoscopie normale. Chez le chat, il existe une activité visuelle variable au niveau de l'aire 18 selon la proprioception oculaire. Cette aire a une structure différente chez le dyslexique avant l'apprentissage de la lecture.

Au niveau des aires associatives, une intégration multisensorielle de qualité est nécessaire pour l'apprentissage de la lecture. Si dans ce domaine, des travaux ont déjà montré des déficits d'intégration auditivo-visuelle, le rôle des proprioceptions oculaires et corporelles reste à explorer. En raison de son rôle dans la localisation



spatiale des informations sensorielles oculaires et auditives, elles pourraient logiquement jouer un rôle. La coïncidence spatiale sensorielle est en effet un facteur important de cette intégration.

Conclusion.

Les dyslexiques présentent des hétérophories verticales (H.V) de faible valeur associées à une cyclotorsion. Cette particularité les distingue nettement des normolecteurs. La caractéristique essentielle de ces H.V est leur labilité. Elles sont en effet variables lors de stimulations spécifiques sur les capteurs sensoriels qui interviennent dans la régulation posturale. La labilité est mise en évidence en suivant un protocole très précis. La présence d'une cyclotorsion, l'instabilité lors de la manoeuvre de Bielchowski et le type de prismes nécessaires pour corriger les H.V suggèrent qu'elles pourraient être le reflet vertical d'une hypertonie asymétrique des muscles obliques. Il n'y a pas de relation statistique entre l'amplitude ou le niveau de labilité des H.V et les différents paramètres explorant les capacités de lecture des enfants dyslexiques. Il en est de même pour l'amplitude de la cyclotorsion. Le rôle direct des H.V dans les troubles oculomoteurs du dyslexique serait donc limité. Par contre, H.V et cyclotorsion pourraient représenter le marqueur d'une dysfonction proprioceptive globale responsable de troubles attentionnels et de perturbations multisensorielles de haut niveau en raison de la mauvaise localisation spatiale des informations visuelles et auditives. Des travaux complémentaires explorant la perception multisensorielle, les relations entre proprioception et attention visuelle, et l'effet de la correction des H.V sont nécessaires chez les dyslexiques.[‡]

REPRESENTATION SPATIALE DE L'ESPACE PERI PERSONNEL DU DYSLEXIQUE.

Tiré de: Michel C, Quercia P, Joubert L. Representational Bias in the Radial Axis in Children With Dyslexia: A Landmarks Alignment Study. J Learn Disabil. 2018 Jun 1:

Vieira S, Quercia P, Bonnetblanc F, Michel C. Space representation in children with dyslexia and children without dyslexia: contribution of line bisection and circle centering tasks. Res Dev Disabil. 2013 Nov;34(11):3997-4008

Michel C, Bidot S, Bonnetblanc F, Quercia P. Left minineglect or inverse pseudoneglect in children with dyslexia? Exp Brain Res. 2011 Apr;209(4):599-608

Il est écrit dans la définition de la dyslexie que les enfants n'ont pas de problème d'acuité visuelle. Ils se plaignent cependant d'avoir l'impression de ne pas voir certains mots, notamment de petite taille. Même si cette sensation est consciente, contrairement à ce qui est décrit dans le « syndrome de négligence », nous avons souhaité rechercher si la conscience de l'espace visuel proche est normale ou non chez l'enfant dyslexique.

Dans une première étude (2011), nous avons comparé les asymétries visuospatiales chez les enfants dyslexiques et les enfants normolecteurs en utilisant une tâche de bissection de ligne manuelle. Ce paradigme classique permet de savoir avec fiabilité si le sujet a une surreprésentation de son espace visuel droit ou gauche (et inversement une pseudo-négligence controlatérale). Nous avons examiné le traitement du contexte spatial avec un paradigme de repère « local » consistant en des symboles géométriques placés aux extrémités de lignes. La performance entre les enfants normolecteurs (biais de gauche) et les enfants dyslexiques (biais de droite) était tout à fait différente. En outre, la marque de bissection était déplacée dans la direction des extrémités marquées unilatéralement chez tous les enfants. Comme les enfants dyslexiques présentaient un biais dans leur représentation spatiale, qui n'interférait pas avec le traitement du contexte local, nous avons proposé le terme de « pseudo-négligence inverse » pour décrire leur comportement lors de l'épreuve de bissection de lignes.

Dans une deuxième étude (2013), nous avons complété la tâche de bissection de ligne par des tâches de centrage de cercle (explorations visuo-proprioceptives et proprioceptives, avec positions de départ gauche ou droite). Dans la bissection en ligne, les enfants dyslexiques présentaient un biais important vers la droite pour les emplacements centraux et à droite, et un biais vers la gauche pour les emplacements gauches. De plus, le traitement spatial était asymétriquement plus efficace dans l'espace gauche. Chez les enfants sans dyslexie, aucun biais significatif n'a été observé dans les lignes centrales. Lorsque la longueur de la ligne variait, aucun effet principal n'était montré. Ces résultats renforcent l'hypothèse de « pseudo-négligence inverse » dans la dyslexie. Dans la dimension latérale des tâches de centrage du cercle, les enfants ont montré un biais de réponse dans la direction de l'emplacement de la main de départ pour la condition proprioceptive. Pour la dimension radiale, les enfants ont montré un biais en avant dans la condition visuo-proprioceptive et plus d'erreurs en arrière dans la condition proprioceptive. Les enfants dyslexiques ont montré un biais direct dans l'exploration dans le sens des aiguilles d'une montre et des performances plus précises dans l'exploration réalisée dans le sens inverse des aiguilles d'une montre pour la position de départ gauche, ce qui peut correspondre au traitement du contexte spatial asymétrique à gauche dans la bissection de lignes. Ces résultats soulignent la nécessité d'utiliser la tâche de bissection de ligne avec différents emplacements comme paradigme expérimental approprié pour étudier le biais de représentation latérale dans la dyslexie.

Dans l'étude la plus récente (2018), afin de mieux identifier les caractéristiques distinctives de la représentation de l'espace dans la dimension radiale, nous avons proposé un nouveau paradigme basé sur une tâche d'alignement de repères appartenant à deux barres d'aluminium parallèles présentées de manière radiale. Les enfants devaient déplacer un repère le long d'une barre et le placer au même endroit que le repère de référence placé par l'examineur sur la barre parallèle. L'intérêt majeur de cette tâche était la capacité à évaluer la

[‡] Les références bibliographiques et la version anglo-saxonne complète de cet article sont accessibles gratuitement à : <https://www.dovepress.com/the-distinctive-vertical-heterophoria-of-dyslexics-peer-reviewed-article-OPTH>

représentation de l'espace dans la dimension radiale alors même que l'attention du sujet était dirigée vers une direction orthogonale. Le résultat le plus important a montré que, dans la dimension radiale, les enfants dyslexiques présentent un biais en avant sur la barre gauche, ce qui signifiait une sous-représentation mentale de l'espace péri personnel de gauche et / ou une surreprésentation mentale de l'espace péri personnel de droite. De plus, les écarts de lecture étaient corrélés au biais radial vers l'avant sur la barre de gauche. L'expérience a également été menée dans l'axe latéral, montrant un comportement pseudo-négligent chez des enfants sans dyslexie. Notre tâche d'alignement des points de repère avait l'avantage de pouvoir évaluer la représentation de l'espace dans un environnement complexe. L'intérêt de ce travail est que le biais de représentation radiale vers l'avant chez les enfants dyslexiques pourrait avoir des conséquences sur l'orientation spatiale dans l'espace de travail péri personnel en situation scolaire.

INTERFERENCES AUDIOVISUELLES CHEZ LE DYSLEXIQUE LORS DE LA MODIFICATION DE LA PROPRIOCEPTION OCULAIRE.

La découverte de ces interférences a été publiée en deux temps. Les résultats sont bien décrits dans le chapitre 11 « pour les curieux » et ne seront pas repris dans cette annexe. Les articles sont disponibles en version originale (anglais) à :

Quercia P, Pozzo T, Marino A, Guillemant AL, Cappe C, Gueugneau N. Alteration in binocular fusion modifies audiovisual integration in children. Clin Ophthalmol. 2019 Jul 4;13:1137-1145.

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. Clin Ophthalmol. 2020 Feb 13;14:437-448.

TRAITEMENT PROPRIOCEPTIF CONTRE PLACEBO

Tiré de : Quercia P, Seigneuric A, Chariot S, Bron A, Creuzot-Garcher C, Robichon F : Etude de l'impact du contrôle postural associé au port de verres prismatiques dans la réduction des troubles cognitifs chez le dyslexique de développement. J Fr Ophtalmol, 2007 ; 30, 4, 380-89

Remarque : initiée à l'heure de l'internet, cette étude a été l'objet avant même sa publication de nombreux commentaires sur le net où la passion laissait peu de place à la raison. Ces débats étaient suscités entre autres par l'intérêt des parents pour ce nouvel abord de la dyslexie que représente le traitement proprioceptif, et aussi par des réactions d'étonnement voire de franche hostilité dont les motivations restent encore obscures à ce jour et ne méritent certainement pas d'être recherchées. Il est important de noter que les résultats présentés ici sont le reflet exact du texte publié, ce texte ayant été validé auparavant par **tous les auteurs, sans exception**, chacun ayant eu largement le temps de se retirer en cas de désaccord. Il a nécessité une lecture par deux comités de lecture indépendants avant d'être publié (texte reçu par le comité de lecture le 27 juin 2006 et accepté le 9 janvier 2007). Le texte original ne peut être reproduit ici en raison des contraintes de copyright mises en place par les éditeurs médicaux. Il est disponible en accès gratuit sur le site www.masson.fr à l'adresse www.em-consulte.com/article/113439.

L'objectif de cette étude était d'évaluer l'impact des modifications proprioceptives induites par un traitement postural sur les troubles cognitifs d'une population d'enfants souffrant de dyslexie de développement. Le but était donc de tenter de répondre à 2 questions :

- Le traitement proprioceptif diminue-t-il l'incidence des signes cliniques du syndrome de déficience posturale dans cette population particulière de dyslexiques ?
- Le traitement a-t-il un effet sur les troubles cognitifs liés à la dyslexie ?

Matériel et méthode.

Il a été constitué un groupe bénéficiant à son insu du traitement postural (groupe traité) et un groupe non traité (groupe témoin). Le groupe traité a eu comme traitement des prismes posturaux, des semelles « de posture » et une rééducation posturale. Le groupe témoin a porté des lunettes sans prisme uniquement. Tous les participants ont été évalués lors de leur inclusion dans l'étude (M0) et six mois plus tard (M6). Un examen médical général a permis d'éliminer une pathologie intercurrente.

Un bilan postural suivant les règles de l'Ecole de Lisbonne a permis de proposer une thérapie proprioceptive. Un bilan neuropsychologique a été effectué à M0. Il concernait les processus visuo-lexicaux et les processus phonologiques et métaphonologiques. L'âge de lecture a été évalué à partir du test de l'Alouette de Lefavrais [13]. Une épreuve de lecture de 48 mots isolés réguliers et irréguliers, une épreuve de reconnaissance visuelle de mots (mots à reconnaître parmi des distracteurs morphologiques, phonologiques et sémantiques), une épreuve informatisée de décision orthographique, une épreuve informatisée de complétion graphémique, une épreuve informatisée de détection d'anagrammes et une épreuve informatisée de détection d'identité lexicale ou pseudolexicale ont permis d'apprécier la qualité des fonctions visuo-lexicales. Une dictée de mots isolés, réguliers et irréguliers a également complété cette partie des tests. Les aptitudes phonologiques et métaphonologiques ont été évaluées grâce à l'utilisation d'une tâche de lecture et de dictée de logatomes, d'une tâche de jugement de rimes, d'une épreuve de soustraction phonologique, d'une épreuve de soustraction syllabique, d'une épreuve de catégorisation phonologique et d'une tâche de constitution d'acronymes oraux.

Le groupe traité a reçu :

- Un port permanent de prismes posturaux adaptés au type clinique diagnostiqué,
- Des semelles identiques pour les enfants, contenant 2 plaques polarisées, ayant une découpe asymétrique, situées sous l'arche plantaire et réfléchissant les radiations infra-rouges dégagées par la

chaleur naturelle du pied. Ces semelles, utilisées par Alves da Silva à Lisbonne, agissent essentiellement en favorisant la fonction du gros orteil lors de la marche.

- Des consignes pour maintenir les postures adaptées. Les exercices ont fait l'objet d'une démonstration après auto-apprentissage avec un livret d'exercices couplé à un film sur CD.

Le groupe témoin a reçu des lunettes sans prisme, n'a pas porté de semelles et n'a pas fait d'exercices ni maintenu de postures.

Toutes les données recueillies ont été mesurées sur des échelles numériques. La méthode d'analyse statistique utilisée (analyse de covariance) a permis de mettre en évidence des différences entre les deux groupes à M6 en tenant compte d'une éventuelle différence entre les deux groupes dès le début, à M0 (par exemple, l'âge de lecture au moment de l'inclusion). Le groupe traité était formé de 20 dyslexiques de développement, âgés en moyenne de $11,5 \pm 1$ ans [9,2-13,9 ans] et le groupe non traité comprenait 14 dyslexiques de développement, âgés en moyenne de $11,7 \pm 1,5$ ans [9,4-14,7 ans]. Tous les volontaires inclus étaient de sexe masculin. A M6, quatre dyslexiques ont été exclus pour absence d'observance du traitement (absence de pratique d'exercices de reprogrammation, pas de port de semelles). Le groupe traité était donc composé de 16 dyslexiques seulement alors que tous les dyslexiques du groupe contrôle ont été réexaminés.

Résultats.

A M0, il n'y a pas de différence significative ($p=0,34$) entre les deux groupes concernant le nombre moyen de signes fonctionnels de S.D.P. A M6, on note que seul le groupe traité présente un changement dans le sens d'une réduction forte du nombre des signes présents ($p=0,002$). Les signes musculaires sont particulièrement sensibles au traitement et ont pratiquement tous disparu dans le groupe traité.

Pour ce qui concerne l'examen clinique postural, si on se réfère à la classification des S.D.P. proposée par l'Ecole de Lisbonne [2], un seul patient avait un type mixte prédominant à M0, tous les autres étant de type mixte pur. A M6, On constate une réduction sur le torticolis ($p=0,008$), la version asymétrique du regard ($p=0,008$), la mauvaise convergence oculaire ($p=0,032$) et l'attitude scoliotique ($p=0,032$). La rotation et l'extension de la tête ne montrent pas de différence significative ($p=0,062$). Les pseudoscotomes directionnels n'ont pas évolué. Il faut cependant remarquer que seule leur présence ou leur absence a été recherchée, sans évaluer une éventuelle modification en fréquence ou en étendue.

Au niveau des tests neuropsychologiques, les comparaisons intergroupes à M6, par analyse de covariance, montrent un effet significatif du facteur groupe pour :

- Le retard en lecture mesuré à l'aide du test de l'Alouette ($F(1,26) = 9,80$; $p = 0,04$),
- La lecture de mots isolés réguliers et irréguliers ($F(1,26) = 6,57$; $p = 0,01$),
- Les épreuves informatisées de décision orthographique ($F(1,26) = 5,09$; $p = 0,03$),
- Les épreuves informatisées de complétion graphémique ($F(1,26) = 4,75$; $p = 0,04$)

Pour le test de leximétrie, les dyslexiques du groupe traité, à M6, diminuent leur retard en lecture et commettent moins d'erreurs que les dyslexiques du groupe non traité. Toutefois, les résultats montrent que si les progrès réalisés concernent 13 des 16 dyslexiques du groupe traité, l'un des enfants présente le même retard à M6 qu'à M0 et deux autres un retard de lecture qui s'est aggravé à M6. Le contrôle à M6 montrait pour l'un d'entre eux une modification du type de déficience posturale (avec nécessité d'inverser les prismes obliques) et pour l'autre un montage de prismes défectueux avec un axe dévié de 20° . L'examen de l'enfant ayant stagné ne montrait rien de particulier. Il faut noter par ailleurs que, si les participants sous traitement ont globalement réduit leur retard en lecture par rapport au groupe contrôle, aucun enfant n'a récupéré le niveau de lecture attendu par rapport à son âge chronologique. Il en est de même pour l'épreuve de lecture de mots isolés réguliers et irréguliers. En moyenne, les dyslexiques du groupe traité sont passés d'un retard de lecture de 45,3 mois à M0 à un retard de lecture de 43,8 mois à M6. *Le retard de lecture a donc cessé de s'aggraver et a commencé à s'améliorer.* Dans le groupe non traité, le retard moyen de lecture est passé de 52,7 mois à M0 à 60,6 mois à M6 soit une aggravation de 8 mois. Les autres tests évaluant les capacités visuo-lexicales n'ont pas montré de différence significative entre M0 et M6. Les épreuves phonologiques et métaphonologiques, dans leur ensemble, n'ont pas révélé de différence entre les dyslexiques traités et les dyslexiques non traités.

Commentaires.

Cette étude représente la première évaluation randomisée, en insu, d'un traitement agissant sur la proprioception de l'enfant dyslexique. Elle confirme que tous les patients dyslexiques présentaient un syndrome de déficience posturale lors de l'inclusion, ce que nous avait suggéré une précédente étude. Elle permet de répondre positivement à la première question concernant le rôle du traitement proprioceptif sur les signes cliniques de déficience posturale dans cette population particulière de dyslexiques : le traitement permet bien d'améliorer d'une façon très positive les signes ressentis par les dyslexiques, notamment au niveau musculaire.

Le traitement proprioceptif a eu un effet positif sur un certain nombre d'éléments constamment perturbés chez l'enfant dyslexique. Ainsi, il a amélioré d'une manière significative le test de leximétrie globale, la lecture des mots réguliers et des mots irréguliers ainsi que les épreuves de décision orthographique et de complétion graphémique. Si cette progression n'a pas été présente chez tous les enfants traités, elle a néanmoins intéressé la grande majorité des enfants traités (13 sur 16) pour la vitesse de lecture, élément important dans la dyslexie de développement. Par contre, il n'y a pas eu d'amélioration significative pour ce qui concerne la manipulation des sons du langage et l'ensemble des épreuves concernant la conscience phonologique. L'interprétation de ces résultats doit tenir compte du fait que l'étude a couvert une période limitée à 6 mois, ce qui est très peu si l'on considère l'importance des déficits initiaux qui sont supérieurs à 45 mois de retard en lecture. Il serait illusoire

d'attendre une récupération du retard de lecture en 6 mois quand le déficit moyen est à ce niveau. De plus, la faiblesse des effectifs (liée à la difficulté de trouver des enfants dyslexiques acceptant l'idée d'être placebos) représente un handicap, notamment en raison de la grande variété de formes et de sévérité de la dyslexie. Par ailleurs, l'observance du traitement est difficile à apprécier pour ce qui concerne le respect des postures et des exercices. Nous avons volontairement placé les enfants sans surveillance particulière vis-à-vis de ces contraintes pour se placer dans les conditions les plus difficiles, conditions souvent retrouvées dans la vie pratique. C'est certainement ce qui explique que 4 enfants aient dû être sortis du protocole pour non-respect des exercices demandés. Cette étude a été réalisée de façon randomisée en insu, ce qui renforce sa valeur (le neuropsychologue qui faisait les évaluations ne savait pas à quel groupe appartenait l'enfant). Toutefois, l'insu n'était que partiel puisque seuls les enfants traités bénéficiaient d'exercices de reprogrammation. Enfin, le traitement a été fait en fonction des connaissances que nous avions en

VECU DU TRAITEMENT PROPRIOCEPTIF AVEC UN RECU DE 12 A 18 MOIS.

Tiré de : Quercia P : *Vécu et Suivi du Traitement proprioceptif et postural dans la dyslexie de développement avec un recul de 12 à 18 mois. Dysfonctions motrices et cognitives. Masson Ed. Paris 2007.*

2005, ne tenant pas compte du réglage très précis des prismes tel qu'il est possible aujourd'hui, des interférences manducatrices que nous savons régler maintenant et de la possible personnalisation des semelles de posture en fonction du sous-type de S.D.P.

Les données sur le devenir des enfants dyslexiques bénéficiant d'un traitement proprioceptif sont rares. C'est pourquoi nous avons souhaité évaluer ce traitement chez des patients traités en cabinet libéral depuis 10 à 18 mois afin de tenter d'avoir des informations dans 3 domaines :

- L'efficacité du traitement à 1 an tant sur les symptômes de la dyslexie que sur les symptômes du S.D.P (évolution ressentie par l'enfant et par ses parents),
- L'observance du traitement proprioceptif dans ses différentes composantes,
- Les difficultés ressenties au quotidien par les patients vis-à-vis du traitement proprioceptif.

Matériel et Méthode.

L'étude a été réalisée avec le concours du Service de Biostatistiques et d'Informatique Médicale du Centre Hospitalier Universitaire de Dijon. L'ensemble des enfants pris en charge par notre équipe pendant 6 mois, pour lesquels un diagnostic de dyslexie a été porté suite à un bilan orthophonique, a été inclus de façon consécutive et sans exclusion. Après examen et prescription lors de la première visite (J0), les enfants ont tous été revus 4 mois plus tard (M4) pour contrôle des lunettes, des semelles et des exercices qui, rappelons-le, représentent à ce jour les moyens de base pour modifier la proprioception du dyslexique. Un auto-questionnaire standardisé sous forme d'un livret de 15 pages a été réalisé. Un effort particulier a été fait pour que sa présentation colorée soit ludique et que la compréhension des questions utilise autant l'image que la lecture. Le livret a été envoyé par voie postale à 300 dyslexiques traités depuis 12 à 18 mois, avec une lettre explicative signalant que l'enquête était anonyme et que parents et enfants devaient répondre indépendamment pour ne pas influencer les réponses des uns et des autres. Un délai de 3 semaines a été proposé pour répondre. Une enveloppe de réponse, non timbrée, était jointe.

L'interrogatoire comportait 54 questions pour l'enfant dyslexique et 10 questions pour ses parents, dans 5 domaines différents :

- a) observance du traitement,
- b) suivi non ophtalmologique (orthophonie, podologie...)
- c) souhaits d'amélioration dans l'encadrement du traitement,
- d) vécu du traitement (niveau de pénibilité),
- e) auto-évaluation des résultats.

Pour ce qui concerne l'observance du traitement, les questions concernaient toutes ses composantes : le respect du port des lunettes à prismes et des semelles de posture, l'utilisation du pupitre et du repose-pied en classe ainsi que le maintien des postures et la réalisation des exercices conseillés. Parmi les 300 livrets envoyés, 185 ont été retournés dans les délais et 17 hors des délais, soit un retour total de 202 livrets (67,3%). Les réponses provenaient de 163 garçons (88%) et de 22 filles (12%), soit 7,4 fois plus de garçons que de filles. L'âge moyen à M0 était de 11,6 ans (± 2.7 ans), avec une fourchette allant de 9 à 19 ans, dont la moitié avaient entre 10 et 13 ans. La durée médiane de suivi était de 12 mois avec un intervalle interquartile (IQR) de 10 et 15 mois.

Résultats.

Observance du traitement :

Un dyslexique sur 10 (10.4%) a arrêté complètement le traitement. Près de la moitié (51.3%) de ceux qui persévèrent dit trouver le traitement facile et le continuer sans difficulté. L'autre moitié (n=96) continue le traitement en le trouvant difficile et précise les éléments qui créent des difficultés. Plus de 90% des enfants portent les lunettes avec les prismes posturaux tous les jours. Seuls 6% ont posé complètement leurs lunettes avec un délai médian depuis l'arrêt de 4 mois (IQR : 2-5 mois). Les semelles de posture sont portées chaque jour par 85% des enfants mais 11% les ont abandonnées. Près de 2/3 des enfants (64%) disent utiliser le pupitre tous les jours de classe. Mais près de 30% ne l'utilisent pas (10% ne l'ont jamais utilisé et près de 20% ont arrêté de l'utiliser). Pour ceux qui ont arrêté, le délai médian depuis l'arrêt est de 4 mois (IQR : 2-6 mois). Au total, 40% des dyslexiques utilisent le repose-pied chaque jour de classe et 50% ne l'utilisent jamais, soit qu'il ne soit pas nécessaire en raison de la longueur de leurs jambes (20%), soit qu'ils aient arrêté (30%) avec un délai médian au moment de l'enquête de 3 mois (IQR : 2-7 mois). Plus d'un tiers des enfants n'utilise pas ou seulement très rarement la position debout recommandée. Moins de 30%



l'utilisent quotidiennement. Plus de 60% des dyslexiques adoptent la position assise tous les jours et seulement 8% ne la respectent jamais. Une proportion similaire respecte la position conseillée pour l'endormissement tous les jours ou 1 jour sur 2. Par contre, 30% ne la pratiquent pas ou rarement. Pour ce qui est de la marche avec les pieds parallèles et le déroulement conseillé du pied, plus de 70% déclarent la respecter tous les jours ou 1 jour sur 2. Cette manière de marcher n'est pas utilisée, ou très rarement, par 16% des enfants. La moitié des dyslexiques traités pratique les exercices de respiration en position couchée tous les jours ou 1 jour sur 2. Un tiers des enfants ne pratique pas ces exercices ou très rarement, et 12% d'entre eux ont arrêté après avoir commencé. Pour les exercices en position debout, seuls 21% des enfants déclarent les faire chaque jour et 12% les font 1 jour sur 2 alors que 33% ne les pratiquent plus ou ne les ont jamais pratiqués. Les parents ne participent pas ou très rarement aux exercices pour 75% des cas parmi lesquels 15% déclarent avoir arrêté après avoir commencé (délai médian depuis l'arrêt de 6 mois [IQR : 5,5-8,5 mois]).

Suivi non ophtalmologique :

Près de ¾ des dyslexiques (72,4%) sont allés chez le podologue, 1 ou 2 fois pour 70% d'entre eux, mais jusqu'à 6 fois pour certains (n=5). Plus de la moitié (53,5%) ont changé de semelles une fois et 34,7% en ont changé 2 ou 3 fois sur la période de 12 à 18 mois. Le réglage précis des lunettes a motivé la visite chez l'opticien chaque semaine pour 11,5% des dyslexiques alors que 60% sont allés le voir toutes les 2 à 4 semaines. Près de 90% y sont allés au moins une fois tous les 2 mois. Plus d'un tiers des dyslexiques (35%) n'a pas eu de contact avec un orthophoniste depuis le début du traitement. Parmi ceux qui y sont retournés, 80% poursuivent les séances de rééducation orthophonique alors que 20% ont arrêté. Parmi ceux qui suivent les séances, plus de 2/3 (69%) ont une séance hebdomadaire et 12% ont deux séances hebdomadaires. Parmi les 20% qui ont arrêté les séances, la moitié en avait fait 20 au total, 25% sont allés jusqu'à 25, et au maximum, quelques-uns (n=3) sont allés jusqu'à 40 séances. Plus de 50% des enfants ont eu un nouveau bilan orthophonique complet de la dyslexie depuis le début du traitement.

Difficultés ressenties :

Les lunettes ne posent pas de problème pour plus des 87,4% des enfants. Par contre, des difficultés certaines (de « difficile » à « extrêmement difficile ») sont présentes pour 12,5% (n=12). Pour 81% (n=82) des répondants, il n'y a pas de problème avec les semelles qui sont cependant jugées à l'origine de vraies difficultés pour 11,4% des enfants (n=6). Les chaussures à semelles fines et souples avec un bout plat ne créent de réel problème que pour 11% des 96 enfants (n=11). Si le pupitre n'est source de difficultés que pour 20,5% (n= 18) des répondants lors de son utilisation à la maison, il devient « difficile » à « extrêmement difficile » à l'école pour 42,7% (n=41) des répondants. Quant au repose-pied, si le niveau de difficulté d'utilisation est faible à la maison (11,5%, n=11) il devient lui aussi très marqué en classe (44%, n=42). La position d'endormissement est vécue très différemment selon les enfants mais plus de la moitié rencontre des difficultés et la qualifie de « difficile à extrêmement difficile » alors que l'autre moitié l'adopte sans problème. La position assise recommandée en classe, pendant les repas et en voiture, ne pose pas de problème réel pour près de ¾ des dyslexiques (respectivement 77%, 66% et 66,5% de n=96). Par contre le respect de cette position pour regarder la télévision pose un problème à 71% (n=69) des enfants et 28,2% (n=27) la juge « extrêmement difficile » lors de ces moments de détente. La position debout d'attente gêne 51% (n=49) des enfants répondants. Marcher les pieds parallèles en déroulant le pied ne pose pas de problème pour 76% des 96 répondants qui estiment cette contrainte facile ou peu difficile. La respiration n'est réellement difficile que pour 33,3% (n=32) des enfants quand il s'agit de la position couchée à plat sur le dos, mais elle passe à 51,5% (n=49) pour la position debout.

Auto-évaluation des résultats par l'enfant dyslexique et ses parents.

Les variations relatives des scores de performance entre J0 et M12 (différence entre les scores à M12 et à J0, rapportée au score à J0) ont été calculées à partir des données recueillies chez les parents et chez les enfants à M12 (figure 10). En médiane, les améliorations relatives estimées par les enfants entre J0 et M12 s'échelonnent entre 21% pour les douleurs musculaires et 114% pour la vitesse de lecture. En dehors de la vitesse de lecture, les améliorations les plus nettes sont retrouvées pour la compréhension des textes lus (88%), la concentration pour le travail scolaire (87%) et la rapidité pour les devoirs en classe (80%). Le bien-être et la fatigue générale s'améliorent respectivement de 60% et 52%. Les progrès sont moins nets pour la mémoire, la compréhension orale et les douleurs musculaires. Par contre, l'effet ressenti sur la qualité de l'écriture est élevé (75%). Les améliorations estimées par les parents sont plus importantes que celles rapportées par les enfants mais restent dans un même ordre de grandeur. La différence est liée au fait que l'appréciation des parents est plus pessimiste sur le niveau de départ et plus optimiste après 12 mois de traitement.

Commentaires.

Dans le groupe des enfants qui portent leurs lunettes et leurs semelles au moins un jour sur deux, le fait de respecter les postures recommandées et de réaliser les exercices régulièrement était associé à une amélioration ressentie plus importante en terme de compréhension orale (amélioration médiane de 53% [IQR : 29%-100%] chez les observants versus 29% [IQR : 7%-88%] chez les non observants (p=0,0209)). La rapidité de réalisation des devoirs écrits en classe semblait également davantage améliorée (p=0,0410) chez les enfants respectant les postures (médiane : 106%, IQR : 50%-167%) par rapport aux enfants ne les respectant pas régulièrement (médiane : 71%, IQR : 20%-133%). On retrouvait également une amélioration estimée par les enfants plus importante en terme de capacité de concentration (p=0,0258) chez les observants (médiane : 142%, IQR : 64%-325%) par rapport aux non observants (médiane : 100%, IQR : 33%-157%). Cependant, le score médian initial était plus faible chez les enfants observants (p=0,021) que chez les enfants non observants. Ainsi les enfants observants partaient d'un état qu'ils estimaient plus dégradé que les enfants non observants. Ils avaient donc une marge plus importante de progression qui pourrait partiellement expliquer la différence observée en termes d'amélioration. La distribution statistique des

scores ne suivant pas une loi normale, il ne nous était pas possible d'ajuster sur le score initial et ainsi d'identifier l'impact de l'observance sur la différence relative des capacités de concentration indépendamment du score initial de concentration. On peut noter par ailleurs que la comparaison entre les enfants respectant les postures recommandées et ceux qui ne les respectent pas montre que l'amélioration de la concentration est significativement plus importante chez les premiers que chez les seconds ($p < 0,001$), les autres scores n'étant pas significativement différents d'un groupe à l'autre. Cette tendance était confirmée lorsque les comparaisons étaient réalisées à partir des différences relatives estimées par les parents. Dans le groupe des enfants ne portant pas régulièrement leurs lunettes et leurs semelles (15% des enfants), il n'apparaît aucune amélioration significative dans les résultats que les postures seules, ou que les postures associées aux exercices, soient réalisées ou non. Les lunettes et les semelles semblent donc représenter une condition nécessaire à l'amélioration des résultats (l'effectif de ce groupe est cependant trop faible pour mettre en évidence clairement des différences). Parmi les 185 enfants inclus, 173 enfants (94%) ont indiqué s'ils continuaient ou non l'orthophonie. Les enfants poursuivant ce traitement en parallèle au traitement postural estimaient avoir progressé de 50% en médiane en terme de mémorisation alors que les enfants ne poursuivant pas un traitement orthophonique estimaient n'avoir progressé que de 20% ($p = 0,0708$) sans que les niveaux de départ puissent être considérés comme différents ($p = 0,280$). Les séances d'orthophonie pourraient donc avoir un impact positif complémentaire sur la capacité de mémorisation.

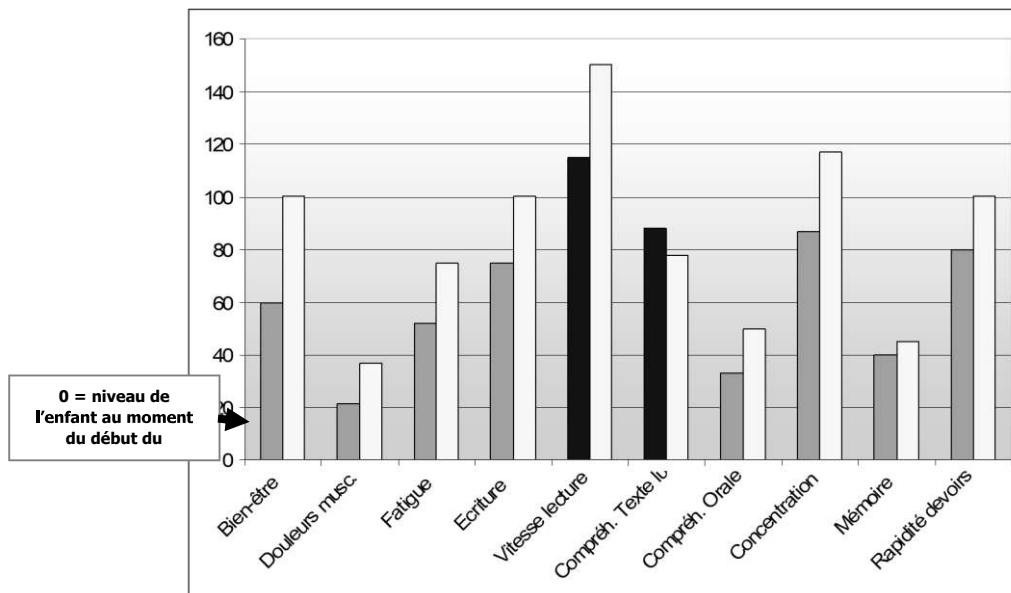


Figure 14. Graphique illustrant la progression (médiane, en %) entre J0 (valeur ramenée à la position 0) et M12 dans les différents domaines. Noter la forte progression en vitesse de lecture et en compréhension du texte lu (l'appréciation de la progression par les enfants est en noir ou gris et par leurs parents en blanc).

Le taux de retour des interrogatoires est élevé par rapport à d'autres enquêtes menées dans un objectif similaire. Il est probablement le témoin d'un investissement fort des patients dans le traitement, souvent décidé à l'issue d'une déception vis-à-vis des techniques classiques de rééducation orthophonique. Il pourrait aussi refléter le sentiment qu'ont les patients de participer à une nouvelle thérapeutique non encore éprouvée et exploratoire d'un domaine nouveau, ce fait étant bien expliqué au moment de la prise de rendez-vous et de la prescription. L'interrogatoire, qui se voulait anonyme pour préserver la liberté de réponse, ne permettra pas de contacter les 98 non-répondants. Le fait que beaucoup d'entre eux aient pu abandonner totalement le traitement ou que leur dyslexie ne se soit pas améliorée doit rendre prudente l'interprétation des résultats des 185 dossiers retenus (possible biais de sélection).

Le port régulier des lunettes prismatiques et des semelles ne pose pas de problème à la grande majorité des patients et il en est de même pour le matériel nécessaire au maintien d'une bonne posture (repose-pied) et à une lecture sur un plan incliné (pupitre) dès lors que l'enfant est chez lui. Par contre, en classe, le matériel pose de réels problèmes. Ceci est certainement dû à des problèmes techniques (transport d'une salle à l'autre, encombrement etc...) mais surtout au poids du regard des autres enfants et parfois de certains enseignants. Le dyslexique est en souffrance permanente et ne voit dans son handicap qu'un seul avantage : il ne se voit pas ! Une meilleure approche psychologique de ces contraintes et une information adéquate du corps enseignant pourraient certainement être de nature à aider l'enfant dans l'acceptation de ces contraintes.

La très grande majorité des enfants suit les conseils prodigués quant à la nécessité d'une surveillance régulière et fréquente chez l'opticien pour le réglage des lunettes et d'un contrôle annuel ou bisannuel pour les semelles. Les enfants qui ne respectent pas la position assise recommandée sont rares mais ils sont peu à penser à bien positionner leur centre de gravité lors des positions d'attente debout, heureusement rares chez l'enfant. La position d'endormissement provoque des douleurs cervicales et lombaires à celui qui n'applique pas en même temps une respiration abdominale contrôlée et ceci peut expliquer que 30% des enfants ne l'adoptent pas. De plus, au début, elle donne volontiers une sensation pénible d'avoir la tête plus basse que les pieds en raison des anomalies du schéma corporel typiques du S.D.P. Pour diminuer ce taux d'enfants non observants, un effort explicatif devra être fait lors de l'examen à M4 pendant lequel la compréhension des exercices (appris grâce à un film sur CD et un cahier d'exercices donnés à M0) est contrôlée.

La participation des parents aux exercices, très décevante (seulement 9% tous les jours), malgré un engagement exprimé au moment de la prise de rendez-vous et pendant les consultations, renvoie à un problème sociétal plus profond. Avoir un enfant dyslexique n'est pas facile et nécessite une patience particulière. La lassitude engendrée par un traitement long, les difficiles relations parents/enfants au moment de l'adolescence (mais la moitié ont seulement entre 10 et 13 ans), le poids des thérapeutiques passées, les emplois du temps chargés, les familles déstructurées, etc.... jouent certainement un grand rôle. Il n'y a pourtant pas d'autre issue qu'un investissement familial fort en raison du caractère quotidien des exercices et de la permanence des postures à maintenir.

La plupart des enfants ont continué les séances d'orthophonie qui sont probablement ressenties comme une aide indispensable, au moins pour combler le retard acquis. Orthophonie et traitement postural sont ainsi vécus comme des possibilités complémentaires et non pas concurrentes. C'est d'ailleurs dans cet esprit que les deux traitements sont clairement présentés au moment des consultations. Le nombre très faible d'abandon (10%) est à relativiser en raison du nombre de non réponses, mais il reste faible si l'on considère qu'il s'agit d'un traitement long avec une incitation médicale non répétitive. Il est intéressant de noter que plus de la moitié des enfants ayant répondu trouvent le traitement facile. Ce chiffre devrait permettre de motiver les dyslexiques hésitants. Parmi ceux qui déclarent trouver le traitement difficile, mais le continuer, c'est encore l'utilisation du matériel en classe qui est mise en cause. Si tenir les postures est possible, cela devient difficile lors des nécessaires moments de relaxation, comme devant la télévision par exemple. Ceci est bien compréhensible de la part de ces enfants constamment sous pression. Même si l'intervention médicale se limite à une consultation de départ et un contrôle à M4, la demande d'aide supplémentaire reste discrète et seulement 38% des enfants estiment qu'une consultation supplémentaire leur aurait apporté un soutien. L'aide attendue de la part des parents et de l'orthophoniste est encore plus faible. On retrouve là le désir d'indépendance et d'autonomie souvent affirmé par les dyslexiques dès qu'ils entrevoient une solution à leur problème.

Que les résultats soient évalués par les enfants ou les parents, le ressenti des résultats du traitement est très positif pour la vitesse de lecture et pour la compréhension du texte lu qui représentent le « cœur » de la pathologie dyslexique. L'amélioration des douleurs musculaires et de la fatigue s'explique par un relâchement des contractions musculaires pathologiques qui sont présentes au cours du S.D.P., sources de contractures, de mauvais sommeil et de dépense énergétique inutile. Même si elle est moins nette, la compréhension orale progresse nettement, ce qui suggère que le traitement n'influence pas seulement le capteur visuel, riche en fibres musculaires, mais aussi le capteur auditif (ou les centres de l'intégration sémantique des messages ?). Ceci semble bien montrer que l'action sur la proprioception oculaire et générale dépasse la fonction des capteurs modifiés et agit en amont sur un mode interactif avec les autres modalités sensorielles.

Le caractère dysgraphique de l'écriture, fréquent chez le dyslexique, est modifié favorablement. Le rôle du système postural dans la coordination des mouvements et dans la localisation spatiale des repères (lignes) peut permettre de l'expliquer. Amélioration de l'écriture, meilleure compréhension écrite et orale, diminution de la fatigue, se conjuguent pour favoriser les facultés de concentration et de mémorisation. L'amélioration de la rapidité des devoirs écrits en classe témoigne de l'amélioration de l'ensemble des fonctions cognitives. La progression très nette des performances du dyslexique après 12 à 18 mois de traitement doit être modulée par le fait qu'il s'agit d'une estimation subjective réalisée au sein d'un groupe de patients dont nous savons peu de choses quant au niveau de dyslexie initiale et au type de dyslexie. Il faut aussi garder à l'esprit qu'il s'agit d'une auto-évaluation faite le même jour pour J0 et M12 (donc à postériori pour J0), ce qui est de nature à influencer l'évaluation pour J0. A l'inverse, le nombre de dyslexiques impliqué dans l'étude, le nombre élevé de réponses, la durée du recul et la cohérence des réponses des enfants et des parents donnent une valeur indéniable à cette étude. L'étude des corrélations confirme le rôle indispensable d'un port régulier des prismes posturaux et des semelles et l'importance d'une attitude rigoureuse pour le maintien des postures et la réalisation des exercices. Ces derniers semblent renforcer des facultés non liées directement à la lecture mais qui jouent un rôle clé dans les troubles des apprentissages accompagnant la dyslexie stricto sensu.