

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 normo-lecteurs (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 HV 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 reflexes 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 orthoporie, hyperphorie ou hypophorie de l'œil testé est notée. La mesure de l'éventuelle HV 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'HV, 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 : HV 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'HV 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 orthoporie verticale (OV) au niveau des 2 yeux.

Le Maddox se termine par la recherche de l'effet sur l'HV ou l'OV 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 HV 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 HV à l'aide de prismes.

Si le patient n'est pas constamment en OV 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 pseudo-scotomes directionnels au synoptophore) et d'évaluation du tonus de muscles posturaux (tonus des muscles cervicaux et des muscles rotateurs de hanche). Ce choix est justifié par le fait que l'HV 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 OV 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 pseudo-scotomes 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 pseudo-scotomes 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 ostéopathique 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 pseudo-scotomes 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 pseudo-scotomes 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'HV 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 OV. 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 HV 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 OV permanente, de noter si un ou plusieurs capteurs sont nécessaires en plus des prismes pour obtenir une OV parfaite, ou si certains capteurs perturbent l'OV obtenue précédemment (tableau 2).

Hétérophories horizontales et convergente.

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 ± 11,9 mois alors que celui des normo-lecteurs est de 129,1 ± 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 ± 6,4 et de 31,3 ± 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 ± 3,6 des mots réguliers (temps moyen = 50,3 sec ± 24,4), 8,8 ± 5,3 des mots irréguliers (temps moyen = 59,4 sec ± 35,5) et 13 ± 3,6 des pseudo-mots (temps moyen = 52,7 sec ± 26,4). Sur 10 items pour chacun des 2 tests métaphonologiques, le score moyen est de 7,5 ± 2,5 pour l'épreuve de suppression du phonème initial et de 7,4 ± 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 (Chi^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 HV normale si on se réfère à la valeur physiologique de 0,25D proposée par Van Rinj. L'HV des 95,2% dyslexiques restants est toujours inférieure à 1 dioptrie. Malgré cette valeur très faible, seul 2 dyslexiques ont une HV 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 normo-lecteurs, 68,2% ont une phorie verticale normale. La différence entre les 2 groupes est donc très marquée (p<0,0001).

Cyclotorsion et Manœuvre de Bielchowski.

A l'examen au Bi Maddox, il existe une cyclotorsion significative chez les dyslexiques. Elle est en moyenne de 1,9° ± 0,9° alors qu'elle n'atteint que 0,1° ± 0,4° 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 Bielchowski, 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 Bielchowski, le décalage n'apparaît que pour 1 seul oeil (33,3%), c'est le plus souvent du côté gauche (64,3%). Dans le groupe des normo-lecteurs, 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 normo-lecteurs ($p < 0,0001$). Pour les 18,1% de normo-lecteurs 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'HV ($p: 0,36$), 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 Bielchowski 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 ésoptoriques deviennent orthoptoriques ou légèrement exoptoriques. L'ésoptorie 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 HV avec les prismes

Dans le groupe des 42 dyslexiques, il est possible de supprimer l'HV 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'une oblique inférieure, 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'HV 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'OV.

Il n'y a pas de relation mathématique significative entre la valeur de l'HV 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'OV ($p: 0,22$).

Dans le groupe des normolecteurs, le mode de régulation est significativement différent ($p: 0,002$). Chez les 7 patients ayant une HV, 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 OV n'est jamais soumise à l'utilisation complémentaire d'un capteur postural.

Labilité de l'OV 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 stomatognatique étant alors le plus souvent en cause. Lors de la manœuvre de Bielchowski, unilatérale une HV 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'OV avait nécessité l'utilisation de prisme, 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'OV 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.

HV et capacités de lecture.

Il n'y a pas de relation significative entre la valeur de l'HV 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

HV 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 IRMf 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 mouvements et aux déviations verticales. 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 hyperméttriques 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 normo-lecteurs. 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 HV 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 HV ou d'une OV). 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 manoeuvre 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 manoeuvre 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 HV, labilité et cyclotorsion dans la grande majorité des cas. La correction prismatique n'est efficace qu'en relâchant les muscles hypertes, 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 HV et le très probable rôle joué par la composante verticale des muscles obliques dans la genèse de l'HV. 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 HV 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 HV 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 diencephale. 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 HV 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 manoeuvre de Bielchowski, qui intervient dans le choix de l'orientation des prismes obliques, est très informative sur les relations entre HV 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 quasiment 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 manoeuvre de Bielchowski chez le dyslexique établit un lien supplémentaire entre HV 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.

HV 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 à 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 cervelet 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 HV. La présence d'HV modifie aussi l'équilibre postural chez le jeune adulte sain. Les sujets présentant une HV de faible valeur sont en effet plus instables en vision lointaine que les sujets avec OV et la correction de l'HV 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 HV de faible valeur soient, non pas le reflet d'une pathologie oculaire, mais celui d'une perturbation des boucles de contrôle proprioceptif et somato sensoriel qui interviennent dans la régulation posturale.

HV 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 (HV) de faible valeur associées à une cyclotorsion. Cette particularité les distingue nettement des normolecteurs. La caractéristique essentielle de ces HV 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 HV 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 HV 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 HV dans les troubles oculomoteurs du dyslexique serait donc limité. Par contre, HV 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 HV sont nécessaires chez les dyslexiques.¹

¹ 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-OPHT>