



BU bibliothèque Lyon 1

<http://portaildoc.univ-lyon1.fr>

Creative commons : Paternité - Pas d'Utilisation Commerciale -
Pas de Modification 2.0 France (CC BY-NC-ND 2.0)



<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.0/fr>

NOM : BRULEY
Prénom : Justine
Formation : Masso-kinésithérapie
Année : 3^{ème}

**Mise en évidence d'une « presbyvestibulie » ou
vieillessement du labyrinthe postérieur : le VHIT
est-il contributif ?**

Travail écrit de fin d'étude : étude de recherche clinique

Année universitaire : 2015-2016

Résumé

Contexte : Le vieillissement global de la population ainsi que le risque accru de chute qui en découle représentent un enjeu majeur de santé publique. Le vieillissement du système vestibulaire, en particulier des canaux semi-circulaires, et les déficits qui lui sont associés ont été étudiés dans cet écrit. Le vieillissement du labyrinthe postérieur est désigné par le concept nosologique de « presbyvestibulie ». De nombreuses études s'intéressent aux déficits vestibulaires qui peuvent exister mais peu les abordent en tenant compte de l'âge et du vieillissement.

Matériel et Méthode : Deux groupes ont été constitués : un groupe test de 114 sujets et un groupe témoin de 55 sujets. Les sujets des deux groupes étaient âgés de 50 à 90 ans et devaient être en mesure de comprendre les consignes. Les sujets du groupe test devaient, en plus, avoir été adressés en rendez-vous pour une rééducation des troubles de l'équilibre et/ou une instabilité. Au sein de ces deux groupes, nous comparons les gains du réflexe vestibulo-oculaire (VOR) aux scores obtenus au Dizziness Handicap Inventory (DHI). Le gain du réflexe vestibulo-oculaire a été obtenu par l'examen au Video Head Impulse Test (VHIT).

Résultats : Une diminution significative du gain du réflexe vestibulo-oculaire chez le groupe test a été identifiée pour les canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux par rapport au groupe témoin. De plus, une corrélation linéaire a été obtenue entre le gain du réflexe vestibulo-oculaire et le score au Dizziness Handicap Inventory.

Mots-clés : « prebyvestibulie », vieillissement, canaux semi-circulaires, Video Head Impulse Test (VHIT), Dizziness Handicap Inventory (DHI), gain du réflexe vestibulo-oculaire (VOR)

Abstract

Background : The overall aging of the population and the increased risk of falls resulting represent a major stake in public health. The aging of the vestibular system, especially semi-circular canals, and the deficits which are associated with it, had been studied in this work. The aging of the posterior labyrinth is designated by the concept of nosology « presbyvertigo ». Many studies are concerned with vestibular deficits that may exist, but few approach them by talking into account the age and the aging.

Material and Method : Two groups were established : a test group of 114 subjects and a control group of 55 subjects. Subjects in both groups were from 50 to 90 years old and should be able to understand the instructions. Subjects in the test group, besides, had been addressed in appointment of rehabilitation of balance disorders and/or instability. Within these two groups, we compare the gains of the vestibulo-ocular reflex (VOR) to scores to the Dizziness Handicap Inventory (DHI). The gains of the vestibulo-ocular reflex were obtained by the Video Head Impulse Test (VHIT).

Results : A significant decrease of the gain of the vestibulo-ocular reflex in the test group was identified for the posterior and lateral semi-circular canals compared with the control group. Furthermore, a linear correlation was obtained between the gain of the vestibulo-ocular reflex and the score to the Dizziness Handicap Inventory.

Keywords : « presbyvertigo », aging, semi-circular canals, Video Head Impulse Test (VHIT), Dizziness Handicap Inventory (DHI), gain of the vestibulo-ocular reflex (VOR)

Sommaire

1. Introduction	1
2. Concepts théoriques	2
2.1. anatomie de l'oreille interne	2
2.1.1. les canaux semi-circulaires	2
2.1.2. les organes otolithiques	3
2.2. physiologie de l'appareil vestibulaire	3
2.2.1. les canaux semi-circulaires	3
2.2.2. les organes otolithiques	4
2.3. fonctionnement de la voie vestibulo-oculaire	4
2.4. effets du vieillissement sur l'oreille interne	5
3. Présentation de l'étude	6
3.1. population de l'étude	7
3.1.1. groupe témoin	7
3.1.2. groupe test	7
3.2. matériel pour l'étude	8
3.2.1. le Video Head Impulse Test (VHIT)	8
3.2.2. le Dizziness Handicap Inventory (DHI)	9
3.3. méthode de l'étude	9
3.3.1. exploration des canaux semi-circulaires au VHIT	9
3.3.1.1. exploration des canaux semi-circulaires horizontaux	10
3.3.1.2. exploration des canaux semi-circulaires verticaux	10
3.3.2. le Dizziness Handicap Inventory (DHI)	11
3.4. paramètres d'observation quantitatifs et qualitatifs	11
3.4.1. gain du réflexe vestibulo-oculaire (VOR)	11
3.4.2. saccades	12
3.5. protocole	12
3.5.1. description du protocole	12
3.5.2. méthode d'analyse	14
4. Résultats	15
4.1. présentation des résultats	15
4.2. interprétation des résultats	18
5. Discussion	19
5.1. intérêt de l'étude	19
5.2. biais de l'étude	22
5.2.1. impact de l'âge des sujets constituant les deux groupes	22
5.2.2. impact du cadre dans les réponses au DHI	22
5.3. limites de l'étude	23
5.3.1. limites de reproductibilité du VHIT	23
5.3.2. l'absence de suivi des patients	23

5.3.3. limites liées aux classes d'âge	24
5.4. perspectives de l'étude	24
6. Conclusion	27
7. Références bibliographiques	
8. Annexes	

1. Introduction

Cette étude a été réalisée au sein d'un cabinet de kinésithérapie spécialisé dans l'exploration et la rééducation vestibulaire. La kinésithérapie vestibulaire traite de tous les troubles liés à l'oreille interne, et plus précisément, à l'atteinte du vestibule.

C'est à la suite d'observations de stage et de questionnements que l'étude a été mise en place.

Elle porte sur l'exploration d'une pathologie vestibulaire encore méconnue et dont les symptômes sont souvent négligés : la « presbyvestibulie » (PVB) (vieillessement du labyrinthe postérieur). Cette dernière représente pourtant une part importante des consultations du cabinet.

Ainsi nous nous intéresserons au lien entre la « presbyvestibulie » (PVB) (vieillessement du labyrinthe postérieur) et le gain du réflexe vestibulo-oculaire (VOR).

Actuellement la PVB (vieillessement du labyrinthe postérieur) est définie comme « une altération progressive de l'efficacité du réflexe vestibulo-oculaire (VOR) en rapport avec l'âge » (*Ulmer, 2007*). Cette altération de la perception vestibulaire pendant le mouvement entraînerait ainsi une instabilité plus ou moins marquée. C'est donc l'effet du vieillissement sur le labyrinthe postérieur qui sera étudié. En effet, mieux connaître les effets du vieillissement sur la fonction vestibulaire, permettrait de prévenir le risque de chute dans cette population âgée.

L'état des connaissances actuelles nous permet de faire un lien entre la PVB, qui est le vieillissement des canaux semi-circulaires du labyrinthe postérieur de l'oreille interne, et la presbyacousie correspondant à une perte progressive de l'audition avec l'âge au niveau de la cochlée de l'oreille interne. Ce lien est l'atteinte des fréquences aiguës pour l'audition et des mouvements de tête à vitesse élevée pour le vestibule. La presbyacousie est mise en évidence par un examen audiométrique.

En terme d'exploration, dans le domaine vestibulaire, il existe de nombreux tests tels que : les examens cinétiques aux moyennes vitesses de tête, le Head Impulse Test aux hautes vitesses de tête, l'acuité visuelle dynamique, les tests caloriques, les potentiels évoqués vestibulaires. Cependant chaque test présente des limites en terme de sensibilité, spécificité, observance, coût et durée (*Van de Berg et al, 2015*).

Cet écrit portera spécifiquement sur le Video Head Impulse Test (VHIT) qui est similaire au Head Impulse Test avec un apport vidéo grâce à une caméra filmant les yeux et un système d'analyse numérique de ces mouvements.

Le thème de cette étude est donc la visée de l'évaluation par le VHIT de la « presbyvestibulie ».

Elle cherche à mettre en lumière un rapprochement entre les résultats obtenus au VHIT, basés sur le gain moyen du réflexe vestibulo-oculaire (VOR) (*Mac Garvie et al, 2015*) et le constat de la PVB au travers des scores obtenus au Dizziness Handicap Inventory ou DHI.

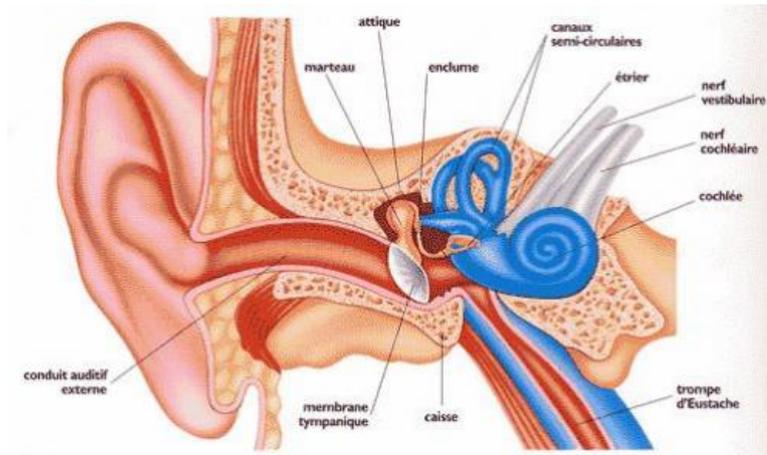
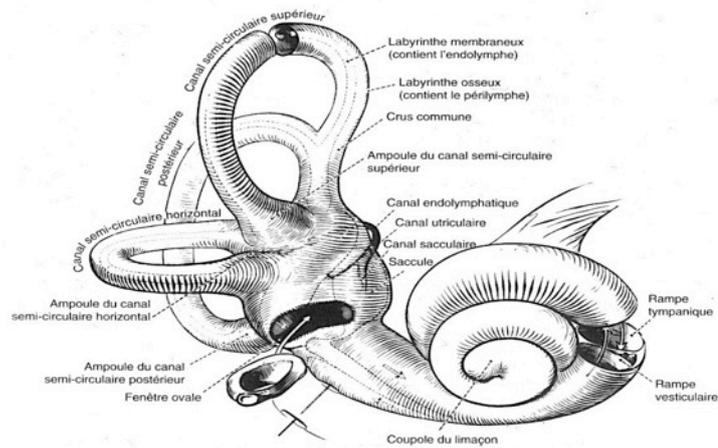


fig.1 : anatomie de l'oreille interne



- Le labyrinthe osseux et ses trois parties : vestibule, canaux semi-circulaires en arrière et cochlée ou limaçon en avant

fig.2 : labyrinthe osseux

La PVB touche les canaux semi-circulaires de l'oreille interne et le VHIT permet d'explorer et d'évaluer, aux vitesses élevées de mouvements de tête, un déficit sur ces canaux semi-circulaires, verticaux et horizontaux représenté sur un canalogramme. (*Mac Garvie et al, 2015*)

Cette évaluation s'appuie sur une étude comparative transversale avec analyse des résultats du VHIT complétée du score au Dizziness Handicap Inventory (DHI).

Le but est de mettre en avant une corrélation entre le gain moyen du VOR obtenu par le VHIT et les scores obtenus au DHI.

L'objectif de cette étude sera donc de savoir si le canalogramme résultant du VHIT peut être évocateur d'une « presbyvestibulie ». Autrement dit, existe-il une différence significative entre les gains moyens observés entre les deux groupes, pour chaque canal semi-circulaire ? On cherchera aussi à savoir s'il existe une chronologie d'atteinte des canaux semi-circulaires en fonction de l'âge

On fait donc l'hypothèse qu'un gain VOR abaissé au VHIT peut être le signe d'une PVB, en prenant le gain VOR comme donnée représentative du fonctionnement des canaux semi-circulaires.

On admet l'hypothèse que le gain VOR est corrélé au fonctionnement des canaux semi-circulaires.

On peut donc se demander si un patient d'un certain âge se plaignant de troubles de l'équilibre quantifiés par le DHI, peut souffrir d'une PVB.

2. Concepts théoriques

2.1. Anatomie de l'oreille interne

Au sein de l'oreille interne (fig.1), se trouve le labyrinthe osseux (fig.2) contenant le labyrinthe membraneux. Dans ce dernier sont regroupés la cochlée, constituant le labyrinthe antérieur ainsi que les canaux semi-circulaires et le vestibule, constituant le labyrinthe postérieur.

2.1.1. Les canaux semi-circulaires

Il existe trois types de canaux semi-circulaires retrouvés à droite comme à gauche (fig.2) :

- les canaux semi-circulaires horizontaux aussi appelés canaux latéraux. Ce sont les plus externes des trois. Ils se trouvent grossièrement dans le plan horizontal.
- les canaux semi-circulaires supérieurs aussi appelé antérieurs.
- les canaux semi-circulaires postérieurs.

Ces deux derniers types de canaux semi-circulaires représentent les canaux verticaux de l'oreille interne et sont situés dans un plan vertical.

Les canaux semi-circulaires horizontaux se situent dans un même plan formant un angle de 30° avec l'horizontale. Ainsi ils sont inclinés de 30 degrés vers l'arrière, par rapport au plan

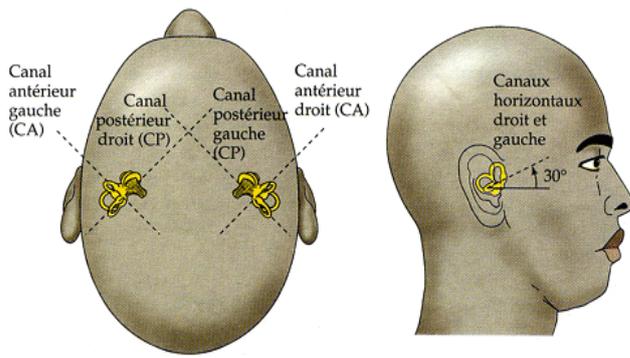


fig.3 : orientation des canaux semi-circulaires

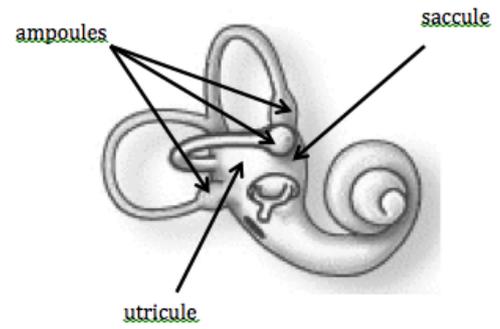


fig.4 : schéma des organes otolithiques

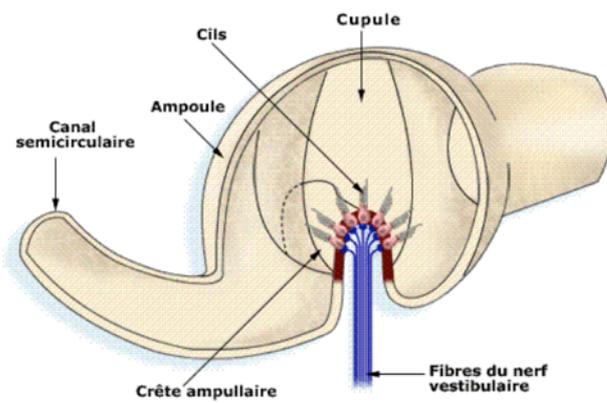


fig.5 : schéma de l'ampoule des canaux semi-circulaires

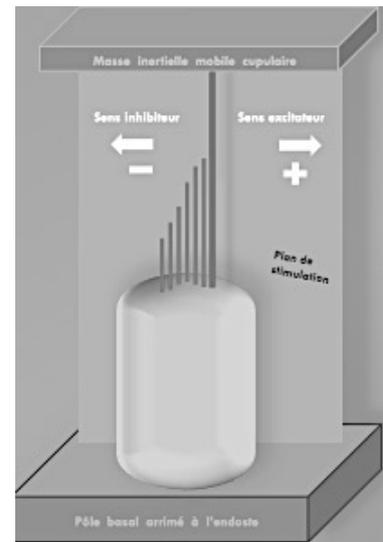


fig.6 : schéma du modèle excitation/inhibition

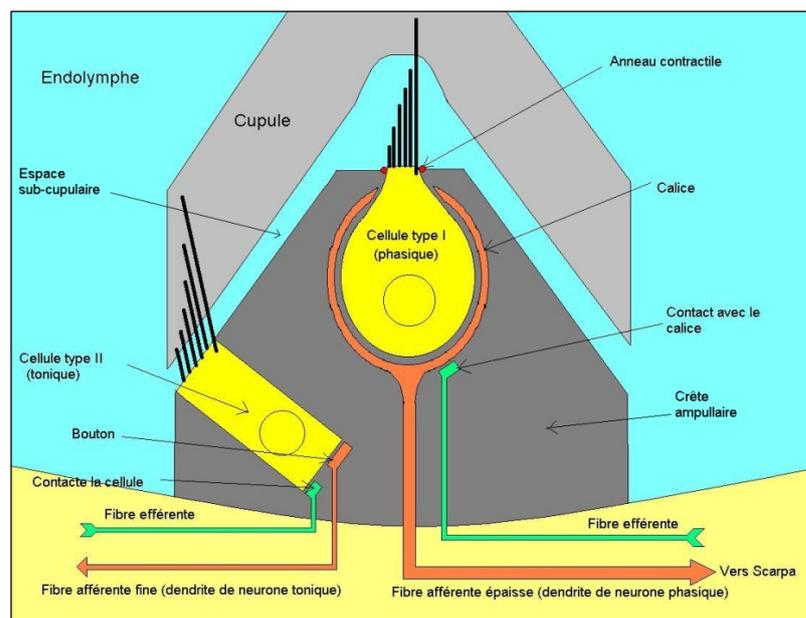


fig.7 : représentation des cellules ciliées de type I et de type II des canaux semi-circulaires

horizontal, lorsque la tête est droite. En ce qui concerne les canaux semi-circulaires verticaux, ils fonctionnent par paire. En effet le canal semi-circulaire antérieur d'un côté est situé dans le même plan que le canal semi-circulaire postérieur du côté opposé et ce, selon un axe de 45° par rapport au plan sagittal. Autrement dit les canaux antérieurs gauche et droit sont perpendiculaires entre eux et les canaux postérieurs gauche et droit sont, eux aussi, perpendiculaires entre eux (fig.3).

2.1.2. Les organes otolithiques

Le vestibule contient deux organes otolithiques : utricule et saccule. Lorsque la tête est en position droite, l'utricule est orienté horizontalement tandis que le saccule est orienté verticalement. Ces deux organes communiquent entre eux par le canal sacculaire. Ils contiennent deux capteurs maculaires sensibles aux accélérations linéaires de la tête. Les canaux semi-circulaires sont abouchés à l'utricule par des ampoules (fig.4). Au niveau de ces ampoules, il existe trois capteurs ampullaires qui sont, eux, sensibles aux accélérations angulaires de la tête.

On distingue donc cinq organes sensoriels dans chaque oreille interne.

2.2. Physiologie de l'appareil vestibulaire

2.2.1. Les canaux semi-circulaires

On note que les canaux semi-circulaires sont sensibles aux accélérations angulaires et ce, grâce à la présence de cellules ciliées. Elles constituent des capteurs situés sur les crêtes ampullaires des canaux semi-circulaires. La détection des accélérations par ces cellules ciliées est permise par la présence d'une touffe de cils, appelés stéréocils, au centre desquels se trouve un cil plus long : le kinocil. La base de ces cils est solidement amarrée à l'endoste des canaux semi-circulaires mais leur pôle apical est pris dans une masse gélatineuse appelée cupule, qui, par son élasticité, peut être déformée par les mouvements du liquide endolymphatique lors des mouvements de la tête (fig.5). Lorsque les stéréocils se déplacent en direction du kinocil cela produit un signal excitateur. A l'inverse, lorsque les stéréocils se déplacent à distance du kinocil, le signal est inhibiteur (fig.6).

Au niveau de la crête ampullaire des canaux semi-circulaires, il existe deux types de cellules ciliées. Les cellules ciliées de type I, dites phasiques, situées au pôle apical et les cellules ciliées de type II, dites toniques, situées à la base. Ces cellules toniques présentent une angulation de leurs cils ce qui explique qu'elles déchargent en permanence même au repos. Les cupules des canaux semi-circulaires codent pour les mouvements d'accélération angulaire de la tête dans le plan de leurs canaux respectifs. Si les mouvements sont lents ce sont les cellules de type II qui agissent alors que ce sont les cellules de type I dans le cas de mouvements rapides (fig.7).

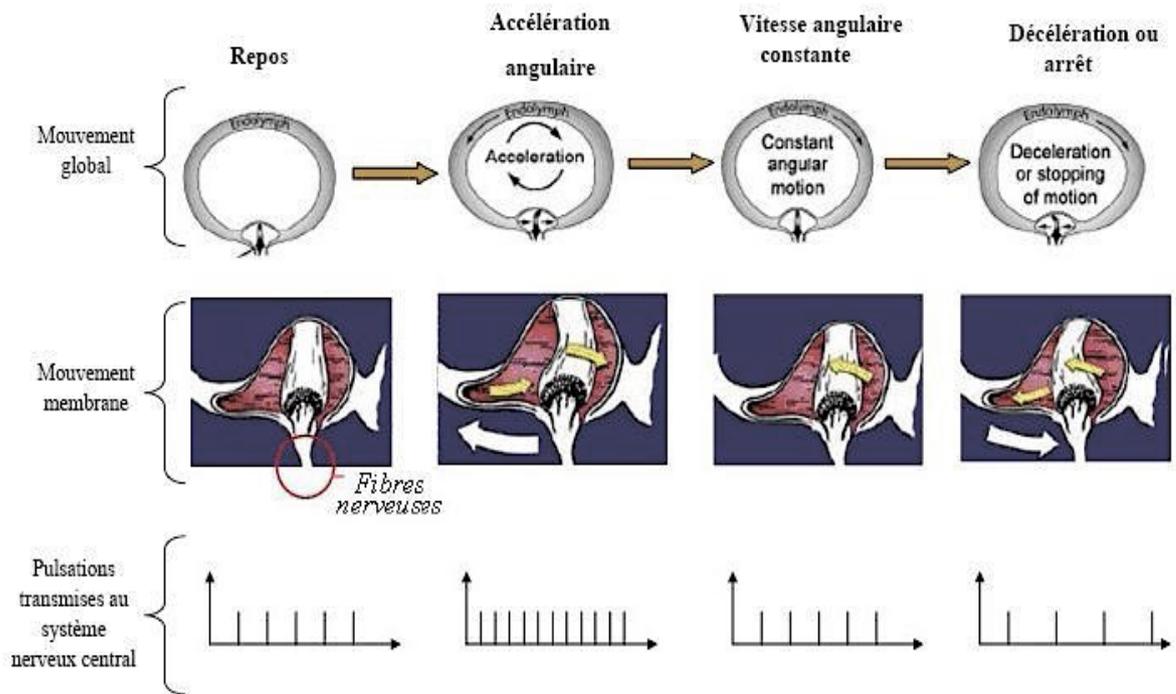


fig.8 : représentation de la mécanique des canaux semi-circulaires

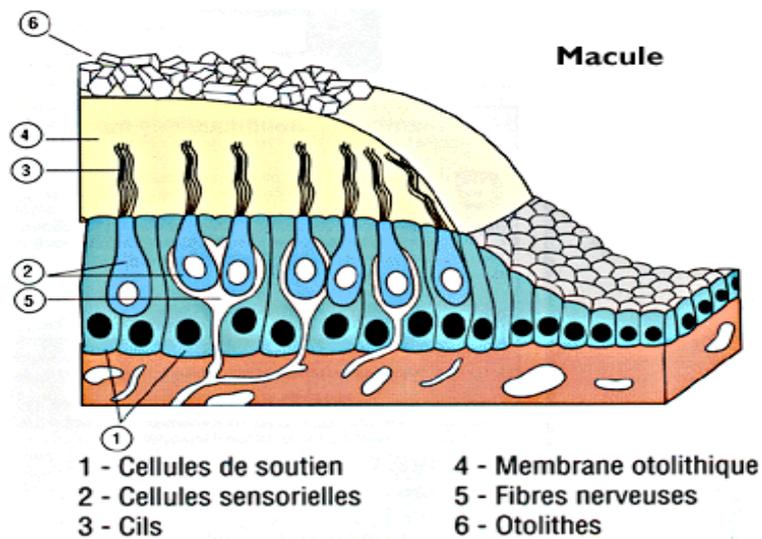


fig.9 : représentation schématique de la macula

L'accélération angulaire de la tête est donc détectée par chaque canal semi-circulaire grâce à la déformation mécanique de leur épithélium sensoriel (fig.8).

2.2.2. Les organes otolithiques

Les organes otolithiques, utricule et saccule, détectent quant à eux les accélérations linéaires de la tête. Ces deux organes à la forme de « sac », sont recouverts d'un épithélium sensoriel : la macula sacculaire pour le saccule et utriculaire pour l'utricule. C'est cette macula qui permet la détection des accélérations. La macula est constituée de cellules ciliées dont le pôle apical pénètre dans une matrice gélatineuse : la masse otolithique, sur laquelle sont déposés des cristaux de carbonate de calcium appelés otoconies. Ces otoconies rendent la membrane otolithique plus pesante, ainsi lorsque la tête du sujet immobile change de position, la membrane otolithique s'incline et impose une inclinaison similaire aux cils sous-jacents (fig.9).

Les cellules ciliées de la macula sont alignées de façon ordonnée de part et d'autre d'une ligne incurvée appelée la striola. Dans l'utricule, le kinocil est orienté en direction de cette striola, pour le saccule il est orienté à l'opposé. Cette disposition leur confère une polarité anatomique activant de façon différentielle les cellules ciliées lors des mouvements linéaires de la tête.

Au niveau de l'ampoule, partie renflée de l'abouchement des canaux semi-circulaires à l'utricule, les cellules ciliées ont la même structure que celles de l'utricule. Le sommet des cellules ciliées de la crête ampullaire est pris dans une masse gélatineuse appelée cupule.

L'information provenant des canaux semi-circulaires, de l'utricule et des saccules emprunte les fibres nerveuses des nerfs vestibulaires supérieurs et inférieurs avant de se projeter le long des voies vestibulaires.

Le système vestibulaire fonctionne en « miroir » lors des mouvements de la tête, un des trois canaux semi-circulaires est stimulé tandis que son homologue controlatéral et coplanaire est inhibé (*Toupet et al, 1999*).

2.3. Fonctionnement de la voie vestibulo-oculaire

La voie vestibulo-oculaire est responsable du réflexe vestibulo-oculaire (VOR). C'est un réflexe à trois neurones. Le premier neurone prend naissance dans le récepteur périphérique ampullaire et se projette sur le noyau vestibulaire qui lui est associé. Au niveau de ce noyau vestibulaire, les neurones sont de deuxième ordre c'est-à-dire qu'ils reçoivent des afférences multi sensorielles. Son corps cellulaire se situe dans le ganglion de Scarpa. Le deuxième neurone fait le lien entre le noyau vestibulaire et le noyau oculomoteur qui lui correspond. Enfin, le troisième neurone relie le noyau oculomoteur au muscle oculomoteur.

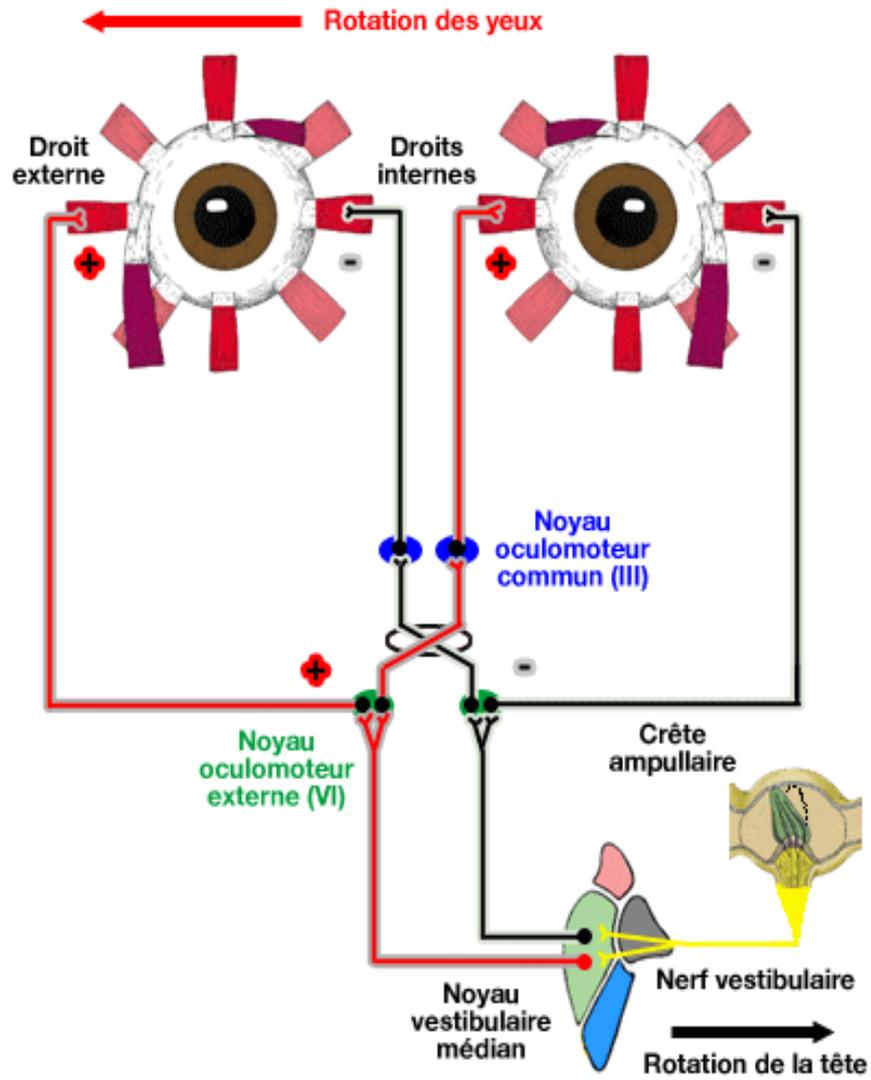


fig.10 : représentation du fonctionnement de la vois vestibulo-oculaire

Les canaux semi-circulaires sont à l'origine de ce VOR. Par exemple lors d'une rotation de la tête à gauche, l'endolymphe entraîne une flexion des cupules dans les canaux semi-circulaires horizontaux. L'activité des fibres vestibulaires gauches augmente, tandis que l'activité du côté droit diminue. Cette augmentation d'activité dans le noyau vestibulaire gauche active les fibres ascendantes du noyau oculomoteur excitant ainsi les muscles oculomoteurs adducteur du côté gauche et abducteur du côté droit. Cette augmentation d'activité à gauche est associée à une diminution d'activité à droite ayant une action opposée. La combinaison de ces deux processus entraîne un mouvement oculaire du côté droit, c'est-à-dire du côté opposé à la rotation de la tête (fig.10).

Ce réflexe vestibulo-oculaire est donc en lien avec le système oculomoteur et agit lors des mouvements de la tête. Il permet de maintenir le regard fixe dans un environnement fixe lors d'un mouvement de la tête en générant un mouvement oculaire. Ce mouvement oculaire est de même amplitude, de même vitesse et de direction strictement opposée aux mouvements de tête afin d'éviter toute oscilopsie. L'oscilopsie est définie comme une manifestation visuelle à type de vision floue ou sautillante survenant lors de brusques mouvements de la tête, voire par la marche.

Ce réflexe vestibulo-oculaire est donc primordial pour l'équilibration. Il est particulièrement efficace lors des mouvements rapides de la tête ($>150^\circ/s$) où seule la vision perd de son efficacité, le système vestibulaire prenant alors le relais.

Le gain VOR est caractérisé par une latence. Elle est de sept millisecondes chez le sujet sain. Cette latence peut varier de sept à quinze millisecondes maximum.

Si on divise la vitesse angulaire de l'œil par la vitesse angulaire de la tête on obtient le gain du VOR. Ce gain est de 1 au niveau du nerf ampullaire et de 0,4 à 0,8 sur la réponse oculomotrice.

Lorsque la tête est immobile mais que la scène visuelle est en mouvement, seul le système oculomoteur permet de stabiliser le regard en suivant et en fixant un point de la scène.

A l'inverse, lorsque c'est la tête qui est en mouvement et que la scène visuelle est fixe, les informations sont captées par l'oreille interne. Si le mouvement est supérieur à $150^\circ/s$ les canaux-semi-circulaires vont piloter les yeux. Le VOR est donc le réflexe des canaux semi-circulaires.

L'étude de ce réflexe vestibulo-oculaire est très utile pour explorer l'oreille interne. Le Head Impulse Test horizontal est, par exemple, un outil clinique bien reconnu pour tester le VOR horizontal (*Mossman et al, 2015*).

2.4. Effets du vieillissement sur l'oreille interne

Le vieillissement physiologique influe sur différentes structures et à différents niveaux de l'oreille interne.

Au niveau histologique, il a été mis en évidence qu'avec l'âge, les cellules réceptrices ainsi que les afférences primaires se raréfiaient, diminuant ainsi le nombre de récepteurs des canaux semi-circulaires (Mac Garvie et al, 2015). Le vieillissement vestibulaire peut avoir un impact sur les otolithes, la composition chimique des labyrinthes et la vascularisation des cellules sensorielles (Toupet et al, 1999).

En ce qui concerne les otolithes, ils se voient diminuer de volume et de nombre en particulier au niveau du saccule par destruction liée, entre autre, à la déminéralisation. Pour les cellules ciliées, l'accumulation de lipofuscine ainsi que la déformation des cils provoquent, une dégénération progressive de ces dernières. Les cellules ciliées de type I sont plus touchées par cette dégénération que celles de type II (Walther et al, 2006).

Au niveau neurologique, le vieillissement peut affecter les voies et centres nerveux qui participent au système vestibulaire. L'impact porterait en particulier sur le noyau vestibulaire et le nerf vestibulaire. La hiérarchie des informations sensorielles se voit elle aussi modifiée avec l'avancée de l'âge (Toupet et al, 1999).

Au niveau physiologique et mécanique, il a été montré que les personnes âgées présentent une diminution significative du gain VOR à une vitesse angulaire de 2,8°/seconde mais pas à 1°/seconde. Autrement dit, cette diminution est visible lorsque les mouvements de tête sont réalisés à haute fréquence (Tian et al, 2002).

Cependant, le cervelet semblerait avoir un rôle de « réparation » du VOR, ce qui pourrait expliquer que ce déficit ne s'exprime pas systématiquement, entre autre grâce à cette « réparation » spontanée (Mac Garvie et al, 2015).

Les saccades seraient elles aussi diminuées avec le vieillissement (Tian et al, 2002).

Au niveau anatomique, pour finir, des études antérieures ont montré que l'âge n'avait pas d'effet sur les canaux semi-circulaires antérieurs et que les canaux semi-circulaires postérieurs étaient peu affectés (Tian et al, 2002). C'est ce dernier point en particulier que nous chercherons à approfondir dans cet écrit.

Ainsi, il ne fait pas de doute que les fonctions vestibulaires déclinant avec l'âge sont à l'origine d'une diminution des informations canales symétriques provenant des canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux, plus rarement des antérieurs, causant une instabilité posturale.

3. Présentation de l'étude

On réalise donc une étude comparative transversale pour identifier, sur le plan de l'évaluation, la pertinence du Video Head Impulse Test (VHIT) dans la « presbyvestibulie ».

3.1. Population de l'étude

L'étude étant comparative, nous avons constitué deux groupes. Un groupe test qui est constitué des patients souffrant de troubles de l'équilibre et un groupe témoin qui est constitué de sujets sains. Dans les deux groupes nous avons à la fois des hommes et des femmes. Il faut également préciser que les deux groupes de l'étude ne font pas le même poids.

3.1.1. Groupe témoin

Ce groupe est constitué de N=55 sujets. Il comprend vingt-cinq hommes et trente femmes. L'âge s'étend de cinquante à quatre-vingt-dix ans. L'âge moyen est de 70,51 ans. L'écart-type de l'âge est de 9,36.

Les critères d'inclusion sont l'âge compris entre 50 et 90 ans et la capacité à comprendre les consignes données par l'examineur. Les critères de non inclusion étaient :

- un antécédent d'accident vasculaire cérébral ou d'accident ischémique transitoire pouvant être à l'origine de vertiges centraux
- une pathologie neurologique
- une incapacité à identifier la cible au Video Head Impulse Test rendant impossible la réalisation du test
- une doléance de vertiges et/ou d'instabilité pouvant signer une atteinte des canaux semi-circulaires.

3.1.2. Groupe test

Ce groupe est constitué de N=114 sujets. Il comprend quarante-quatre hommes et soixante-dix femmes. L'âge s'étend de cinquante à quatre-vingt-dix ans. L'âge moyen est de 75,47 ans. L'écart-type de l'âge est de 7,4.

Les critères d'inclusion pour ce groupe sont au nombre de trois. Les patients devaient avoir été adressés en rendez-vous pour une rééducation des troubles de l'équilibre et/ou une instabilité. De plus ils devaient être âgés de 50 à 90 ans et être en mesure de comprendre les consignes données par l'expérimentateur.

Les critères de non inclusion étaient :

- avoir obtenu une épreuve calorique avec un déficit supérieur à 20% car cela témoigne d'une hyporéflexie préexistante des canaux semi-circulaires
- un antécédent d'accident vasculaire cérébral ou d'accident ischémique transitoire pouvant être à l'origine de vertige d'origine centrale
- une pathologie neurologique
- une incapacité à identifier la cible lors du Video Head Impulse Test rendant la réalisation du test impossible
- des antécédents de vertiges rotatoires

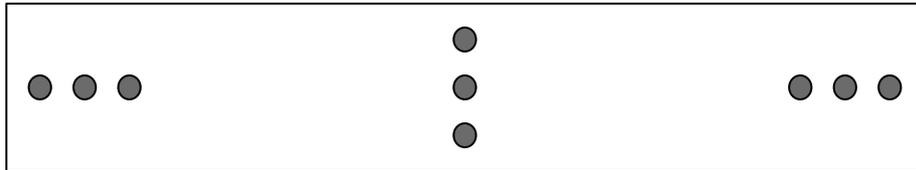


fig.11 : schéma des cibles du VHIT

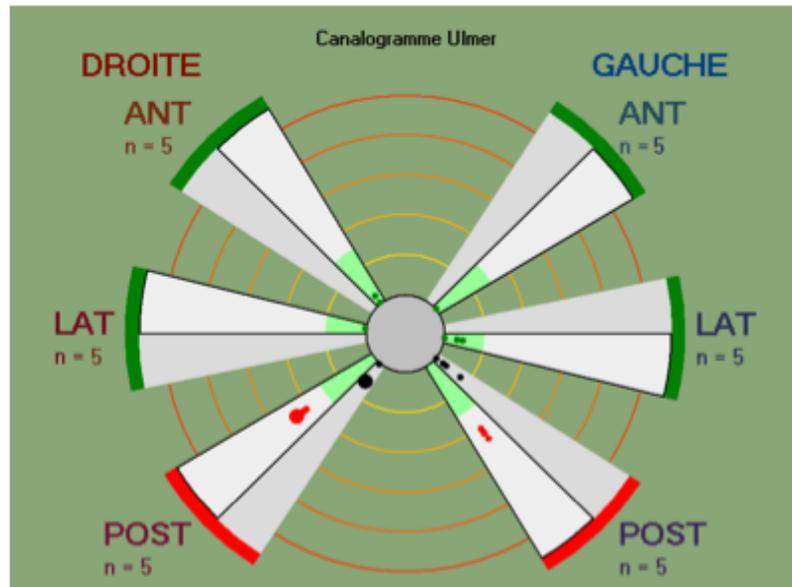


fig.12 : canalogramme résultant du VHIT

Impulsions		VOR		Saccades précoces		
Canal	n	Gain moyen	σ	Ratio	Latence moyenne	Gain apparent moyen
Ant D.	5	1,07	0,03	0 %		
Ant G.	5	1,07	0,02	0 %		
Lat D.	6	1,09	0,03	0 %		
Lat G.	5	1,01	0,05	0 %		
Post D.	5	0,55	0,02	40 %	106 ms	0,95
Post G.	5	0,56	0,02	80 %	109 ms	0,94

fig.13 : tableau récapitulatif des gains VOR obtenus au VHIT

Dans ces deux groupes, les critères d'exclusion étaient le refus de compléter le consentement éclairé, les personnes ne pouvant aller au bout de l'étude (malaises, douleurs cervicales, difficultés à se relâcher) et l'incapacité à comprendre les consignes et les questions posées au DHI.

La répartition homme / femme et la moyenne d'âge des deux groupes ont été analysés. En ce qui concerne la répartition homme / femme, le groupe test comporte 61,40% de femmes contre 54,54% dans le groupe témoin. D'après le test d'homogénéité de deux proportions, la valeur observée est de 0,849. La valeur seuil étant de 1,96, l'hypothèse selon laquelle ces deux groupes contiennent une proportion similaire de femmes est acceptée au risque $\alpha=5\%$. La répartition d'hommes et de femmes est donc équivalente.

Par le test d'homogénéité des deux moyennes d'âge, la valeur observée est de 3,45. La valeur seuil étant de 1,96, l'hypothèse selon laquelle la moyenne d'âge de ces deux groupes est similaire est refusée au risque $\alpha=5\%$.

3.2. Matériel pour l'étude

Pour cette étude nous avons eu recours au Dizziness Handicap Inventory (DHI) et au Video Head Impulse Test (VHIT) Synapsys SA.

3.2.1. Le Video Head Impulse Test (VHIT)

L'intérêt de ce test est qu'il est non invasif, qu'il a des réglages simples et qu'il est directement prêt à être utilisé par le clinicien (*Mossman et al, 2015*).

Ce test permet d'explorer les canaux semi-circulaires à de hautes vitesses : 150 à 250°/s. Pour réaliser ce test, le patient est assis sur une chaise. Placée à 90 centimètres du canthus externe des yeux, se trouve une caméra de fréquence d'acquisition de 100 Hz qui filme ses yeux et son visage. Un système numérique, lui, mesure les mouvements oculaires et ceux de la tête afin de comparer directement les vitesses de la tête et de l'œil.

Derrière cette caméra, sur le mur, face au patient, se trouvent trois cibles. La distance entre l'œil du patient et les cibles doit être supérieure à 1,40 mètres. Il y a une cible centrale constituée de trois points alignés à la verticale et deux cibles latérales, une à droite et une à gauche, constituées, elles, de trois points alignés à l'horizontale (fig.11).

Chaque enregistrement de la caméra est ensuite reporté automatiquement sur un diagramme final que l'on appelle canalogramme (fig.12) accompagné d'un tableau récapitulatif des moyennes des gains VOR obtenus sur chaque canal semi-circulaire (fig.13).

Ce tableau sera utilisé comme support de résultats dans cet écrit.

3.2.2. Le Dizziness Handicap Inventory (DHI)

Le DHI est un questionnaire que les personnes incluses dans l'étude ont complété elles-mêmes. Le matériel nécessaire est une feuille de papier contenant la grille des questions et un stylo. La durée du test est de 6 à 30 minutes, avec une explication durant environ 10 minutes.

Ce questionnaire comporte vingt-cinq items, ayant pour but de quantifier l'impact des troubles de l'équilibre sur la vie quotidienne. Il permet de mesurer la perception que la personne a de son trouble.

Il y a trois domaines étudiés : fonctionnel qui représente neuf questions soit 36 points, émotionnel qui représente également neuf questions soit 36 points et physique qui représente sept questions soit 28 points.

Pour chaque question, il y a trois réponses possibles : non, parfois et oui. Chacune d'entre elles correspond à un nombre de points. Aucun point n'est attribué si la réponse est non, deux points sont attribués si la réponse est parfois et quatre points sont attribués si la réponse est oui.

On obtient ainsi un score en additionnant les points de chacune des réponses. Ce score est compris entre 0 et 100. On classe ensuite le trouble en différentes catégories en fonction du score : peu important si le score est compris entre 0 et 30, modéré s'il est compris entre 31 et 60 et sévère s'il est compris entre 61 et 100.

Ainsi plus le score obtenu est élevé, plus le trouble lié aux vertiges ressenti par le patient est important.

3.3. Méthode l'étude

3.3.1. Exploration des canaux semi-circulaires au VHIT

Le patient est donc assis sur une chaise. Une caméra est placée à 90 centimètres de son œil. À 1,40 mètres du patient, sur le mur situé derrière la caméra, se trouvent trois cibles. Une cible centrale est placée face au patient, représentée par trois points alignés de façon verticale, et deux cibles latérales droites et gauches. Elles sont placées sur la même ligne horizontale que la cible centrale et sont représentées par trois points alignés à l'horizontale. Ces cibles latérales, sont placées à 30 degrés de l'œil du patient par rapport à la cible centrale.

Pour chacun des canaux semi-circulaires, l'opérateur réalise cinq thrusts de tête qui sont aléatoires et donc imprévisibles en terme de direction. Si le VOR du sujet est normal, ses yeux doivent rester fixés sur la cible pendant la rotation de la tête (*Mossman et al, 2015*). L'amplitude des thrusts doit être comprise entre 5 et 15° avec une vitesse de 150-200°/s (*Yang et al, 2015*).

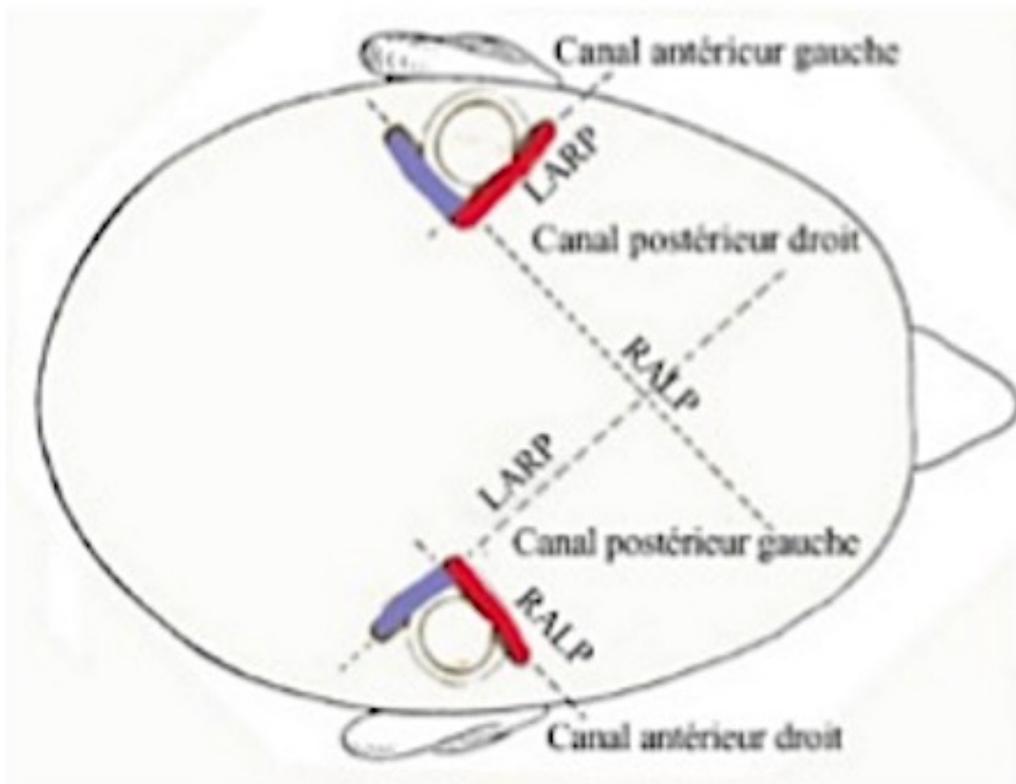


fig.14 : schéma des plans « RALP » et « LARP »

Des consignes seront données au patient avant le test. Il devra garder les yeux ouverts tout au long du test et minimiser les clignements, se relâcher et se laisser faire par l'expérimentateur et garder le regard fixé sur la cible durant tout le test.

Pour chaque thrust, la caméra enregistre le mouvement des yeux et de la tête. L'ordinateur calcule ensuite le gain VOR qui est reporté sur le canalogramme dans l'espace correspondant au canal testé. Les données sont également récapitulées dans le tableau. Le système détermine si les conditions de réalisations des impulsions de tête sont acceptées ou rejetées.

3.3.1.1. Exploration des canaux semi-circulaires horizontaux

Comme nous l'avons expliqué précédemment, l'oreille interne possède un canal latéral aussi appelé horizontal ou externe. Chaque patient possède ainsi deux canaux latéraux : un droit et un gauche. Les canaux latéraux sont obliques de trente degrés vers l'arrière lorsque la tête est droite. Ils se retrouvent dans le plan horizontal lorsque la tête est fléchie de trente degrés vers l'avant. Dans les activités de tous les jours, la tête est souvent penchée vers l'avant ce qui explique cette orientation (course, sport ...).

Pour tester les canaux latéraux, l'opérateur imprime cette légère flexion de la tête de trente degrés vers l'avant. Il place ses mains de part et d'autre de la tête du patient au niveau des oreilles.

Le patient fixe la cible centrale tout au long du test, sans la quitter des yeux. L'opérateur réalise cinq thrusts dans le plan horizontal dirigés vers la droite et cinq thrusts vers la gauche dans un ordre aléatoire.

3.3.1.2. Exploration des canaux semi-circulaires verticaux

Comme vu précédemment, il existe deux types de canaux verticaux : les antérieurs et les postérieurs à droite comme à gauche. Ces derniers fonctionnent par paire dans un plan situé selon un angle d'environ 45° par rapport au plan sagittal.

Ces paires ont été définies selon deux plans : « RALP » et « LARP ».

Le plan « RALP » correspond au « Right Anterior Left Posterior » contenant les canaux semi-circulaires antérieur droit et postérieur gauche. Ces deux canaux seront donc testés dans le même plan lors du VHIT.

Le plan « LARP » correspond au « Left Anterior Right Posterior » contenant les canaux semi-circulaires antérieur gauche et postérieur droit. Ces deux canaux seront également testés dans le même plan lors du VHIT (fig.14).

Afin de tester les canaux du plan « RALP » le patient fixe la cible située à gauche, dans le cas des canaux du plan « LARP » il fixe la cible située à droite.

Dans les deux cas la tête du patient est tournée soit de 30° vers la gauche, plan « RALP », soit de 30° vers la droite, plan « LARP », les deux canaux semi-circulaires se retrouvant ainsi alignés dans le plan sagittal.

L'expérimentateur réalise ensuite des thrusts de tête dans le plan vertical. Cinq thrusts vers le haut pour les canaux semi-circulaires postérieurs et cinq thrusts vers le bas pour les canaux semi-circulaires antérieurs. Ces thrusts sont réalisés sans prédiction de direction. L'expérimentateur pourra s'aider de son index afin de maintenir la paupière du patient et ainsi limiter les artefacts liés aux clignements des yeux lors de la réalisation du test.

3.3.2. Le Dizziness Handicap Inventory

La première étape de l'étude est de faire remplir le questionnaire à chacun des participants qui nous le restituera dûment complété afin que nous calculions le score obtenu. Il nous permettra de définir l'impact des troubles de l'équilibre sur la vie quotidienne des patients.

Le DHI est un questionnaire validé à la fois dans sa version française et dans sa version anglaise en ce qui concerne l'établissement d'un déficit vestibulaire.

Les scores de tous les patients sont relevés puis reportés sur le tableau récapitulatif .

3.4. Paramètres d'observation qualitatifs et quantitatifs

3.4.1. Gain du réflexe vestibulo-oculaire (VOR)

C'est un paramètre quantitatif. C'est un indicateur de performance des canaux semi-circulaire (*Mac Garvie et al, 2015*).

Le gain VOR peut être calculé de différentes manières :

- rapport des accélérations des yeux sur celles de la tête
- rapport de la vitesse angulaire des yeux sur celle de la tête
- ratio de l'aire sous la courbe de la vitesse des yeux divisée par l'aire sous la courbe de la vitesse de la tête (*Yang et al, 2015*).

Dans cette étude, le VOR est caractérisé par son gain, c'est-à-dire la vitesse angulaire de l'œil divisée par la vitesse angulaire de la tête.

Un déficit du gain VOR entraîne un déplacement du regard par rapport à la cible pendant les mouvements de la tête (*Maheu et al, 2015*). En effet, l'œil est éclairé par une diode infra rouge ; nous regardons le déplacement du reflet de la diode sur la cornée. Normalement aucun déplacement ne doit apparaître.

L'amplitude du pic de vitesse de la tête utilisée dans le test du VHIT est importante : lorsque le pic de vitesse de la tête augmente, le gain VOR diminue. Cependant les patients avec un déficit vestibulaire bilatéral ou les patients avec un déficit unilatéral aigu manifestent leur perte de fonction des canaux semi-circulaires même à de faibles vitesses de tête (*Mac Garvie et al, 2015*).

Le gain VOR chez un sujet sain est compris entre 0,8 et 1 pour les canaux semi-circulaires horizontaux, et entre 0,7 et 1 pour les canaux semi-circulaires verticaux.

La vitesse est donc le facteur déterminant pour le calcul du gain VOR.

3.4.2. Saccades

C'est un paramètre qualitatif. Ces saccades sont en lien avec le gain du réflexe vestibulo-oculaire décrit précédemment. En effet, s'il y a un déficit significatif des canaux semi-circulaires, situé du côté de la rotation de la tête, les yeux bougeront avec la tête. Ce mouvement sera accompagné d'une réponse ipsilatérale du VOR inadéquate associée à des saccades de rattrapages significatives pouvant être observées (*Mossman et al, 2015*).

Ces saccades sont donc un témoin d'un mauvais fonctionnement des canaux semi-circulaires.

Ainsi, lorsque les mouvements des yeux sont plus lents que les impulsions de la tête à cause d'une hypofonction vestibulaire, des saccades apparaissent. Elles sont générées dans le but de maintenir un regard fixe stable, soit de façon volontaire (overt saccades) soit de façon involontaire, donc réflexe (covert saccades). Les covert saccades sont donc un mécanisme de substitution mis en place sans que le patient ne s'en rende compte afin de masquer un déficit du VOR.

Ces saccades sont donc de deux natures :

- les overt saccades qui sont visibles à l'œil nu par l'observateur et apparaissent après l'impulsion de la tête du côté du canal semi-circulaire déficitaire
- les covert saccades qui sont invisibles par l'observateur et surviennent lors des impulsions de la tête (*Yang et al, 2015*). Il est important de comprendre que ces saccades peuvent complètement masquer un déficit, même total, des fonctions des canaux semi-circulaires. Elles sont indétectables à l'œil nu mais sont visibles sur le VHIT.

3.5. Protocole

3.5.1. Description du protocole

L'étude a pris place dans un cabinet de kinésithérapie spécialisé dans l'exploration et la rééducation vestibulaire.

Les patients ont été sélectionnés selon les critères d'inclusion, de non inclusion et d'exclusion précisés dans la description de la population.

Les patients ont ensuite suivi le cheminement décrit ci-après.



fig.15 : installation du patient devant la caméra du VHIT

- accueil et entretien avec le patient

Le patient se présente dans la salle d'attente du cabinet. Le kinésithérapeute l'accueille et lui remet le questionnaire du DHI (Dizziness Handicap Inventory). L'opérateur lui donne comme consigne de remplir le questionnaire de façon objective en fonction de son ressenti. Le DHI est à compléter en premier lieu pour ne pas influencer le score du patient par les tests réalisés ensuite. En effet une étude a montré que le manque d'objectivité dans les réponses du patient aux questions pouvaient venir du fait qu'il soit sécurisé par sa seule prise en charge (Guyot et al, 2000).

Après un entretien avec le patient permettant de déterminer son inclusion dans l'étude, ce dernier remplit et signe le consentement éclairé nécessaire à sa participation (Annexe 2). Le patient remet alors au kinésithérapeute son questionnaire DHI dûment rempli. Le kinésithérapeute calcule le score obtenu par le patient (Annexe 3).

- exploration des canaux semi-circulaires par le VHIT

L'opérateur accompagne le patient dans la salle où est installé le Video Head Impulse Test. Le patient s'installe sur un fauteuil confortable possédant un dossier et réglable en hauteur, afin d'ajuster la position de la tête par rapport à la caméra. En effet ce fauteuil est placé face à la caméra infra-rouge du VHIT derrière laquelle se trouve un mur avec des cibles représentées par des pastilles de couleur. Si le patient porte des lunettes, nous lui demandons de les retirer et nous nous assurons qu'il puisse identifier correctement la cible avant de débiter le test.

Une fois le patient installé l'opérateur ouvre le logiciel sur l'ordinateur relié à la caméra. Un dossier recueillant le nom, le prénom, le sexe et la date de naissance du patient est créé. Une nouvelle acquisition est lancée, elle sera enregistrée au nom du patient afin de pouvoir la retrouver.

Sur l'écran de l'ordinateur apparaissent alors les yeux du patient filmés en direct par la caméra : ils doivent être situés dans le rectangle jaune défini par le logiciel. L'opérateur réalise des réglages de netteté de l'image, en approchant ou en éloignant la caméra, et de centrage des yeux dans le rectangle jaune en ajustant la position de la caméra sur la droite ou la gauche (fig.15).

Une fois les réglages terminés, l'enregistrement est lancé. Le patient doit être relâché afin que l'opérateur réalise des mouvements de tête passifs appelés « thrusts » et suivre les consignes données par l'opérateur.

Les canaux horizontaux sont testés en premier. Le patient doit fixer la cible centrale, un rectangle jaune apparaît alors à l'écran autour de ses yeux, signalant que la position de la tête est correcte. L'opérateur maintient alors sa tête par une prise englobante de part et d'autre des oreilles à droite et à gauche. Des mouvements passifs de rotations de tête dans le plan horizontal à droite et à gauche, de l'ordre de 10 à 15°, sont réalisés par l'opérateur. Ces

mouvements sont aléatoires et imprévisibles. Pour chaque rotation, le logiciel enregistre le gain VOR du canal semi-circulaire horizontal testé, dans la mesure où la vitesse et l'amplitude du mouvement sont dans les limites prédéfinies acceptées.

Les canaux verticaux sont testés à leur tour. Pour débiter, le patient fixe la cible de droite, plan « LARP ». Un rectangle bleu apparaît alors à l'écran autour de l'œil gauche signalant que la position de la tête est correcte. Lorsque la cible de droite est fixée, l'opérateur réalise une flexion testant ainsi le canal antérieur gauche ou une extension testant alors le canal postérieur droit. Par la suite la cible de gauche, plan « RALP », est fixée par le patient, un rectangle rouge apparaît alors à l'écran autour de l'œil droit signalant que la position de la tête est correcte, l'opérateur maintient toujours la tête dans ses deux mains. Lorsque la cible de gauche est fixée, l'opérateur réalise une flexion testant ainsi le canal antérieur droit ou une extension testant alors le canal postérieur gauche. Ces mouvements de flexion et d'extension sont passifs, aléatoires et imprévisibles. L'enregistrement est ensuite arrêté.

Pour chaque mouvement effectué, quel que soit le canal testé, l'ordinateur affiche en temps réel la séquence filmée du mouvement des yeux. Cette séquence peut être revue par l'opérateur afin d'identifier certains artefacts tels que la sortie des yeux du champs de la caméra ou encore l'occlusion palpébral faussant le gain VOR calculé par l'ordinateur. Cet outils permet également d'identifier les saccades de rattrapage que ce soit overt ou covert saccades.

Le gain VOR est représenté sous deux formes sur l'écran de l'ordinateur. D'une part un canalogramme qui représente sous forme schématique les six canaux semi-circulaires. Chaque point présent sur la cible représente un « thrust ». Un tableau récapitulatif donne également le gain VOR moyen obtenu pour chaque canal. Ce gain moyen est calculé sur la base des cinq « thrusts » réalisés pour chaque canal semi-circulaire.

- regroupement des données

La fiche de résultats obtenue pour chaque patient est imprimée et consignée dans un dossier avec le questionnaire DHI (Annexe 4).

Après s'être assuré que le patient ne présente ni vertige, ni douleurs aux cervicales il peut quitter le cabinet.

3.5.2. Méthode d'analyse

Comme expliqué dans le protocole, les données recueillies pour l'étude sont donc : l'âge, le score au DHI et le gain VOR moyen pour chaque canal (Annexe 5). Ces trois variables sont qualifiées de variables quantitatives. L'âge est une variable quantitative discrète, contrairement au gain VOR et score au DHI qui sont des variables quantitatives continues.

Afin d'analyser les résultats obtenus, nous aurons recours aux statistiques inférentielles et aux statistiques descriptives.

Les statistiques inférentielles seront employées pour :

- réaliser un test de Student (Annexe 6) afin de :
 - comparer les gains VOR moyens entre le groupe témoin et le groupe test
 - comparer les gains VOR moyens des différents canaux semi-circulaires au sein du groupe test
 - comparer le score au DHI entre le groupe test et le groupe témoin
- réaliser un test de corrélation de Pearson entre le score au DHI et le gain VOR moyen au VHIT

Les statistiques descriptives seront employées pour traiter les données regroupées par classe d'âge.

Le traitement statistique des données est réalisé à l'aide du logiciel Excel.

4. Résultats

4.1. Présentation des résultats

Dans un premier temps une comparaison de moyennes des gains VOR moyens obtenus au VHIT des groupes test et témoin a été réalisée selon le test statistique de Student.

Les résultats obtenus après réalisation du test sont les suivants, avec un risque α de 5%.

Pour les canaux semi-circulaires antérieurs, le gain moyen des sujets tests est significativement supérieur à celui des sujets témoins à droite ($p < 0,06$) comme à gauche ($p \ll 0,01$).

Pour les canaux semi-circulaires latéraux, le gain moyen des sujets tests est significativement inférieur à celui des sujets témoins à droite ($p \ll 0,01$) comme à gauche ($p \ll 0,01$).

Pour les canaux semi-circulaires postérieurs, le gain moyen des sujets tests est significativement inférieur à celui des sujets témoins à droite ($p \ll 0,01$) comme à gauche ($p \ll 0,01$).

Ainsi seuls les canaux semi-circulaires antérieurs présentent un gain VOR moyen pour les sujets tests supérieur à celui des sujets témoins (Annexe 7).

La comparaison des gains VOR moyens au VHIT a ensuite été réalisée au sein du groupe pathologique en utilisant également le test de Student, avec un risque α de 5%.

Le premier test est réalisé sans distinction de la latéralité des canaux semi-circulaires (Annexe 8). En comparant les canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux nous observons que la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires postérieurs est significativement inférieur à la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires latéraux ($p \ll 0,01$). Par la suite, en comparant les canaux semi-circulaires latéraux et antérieurs nous observons que la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des

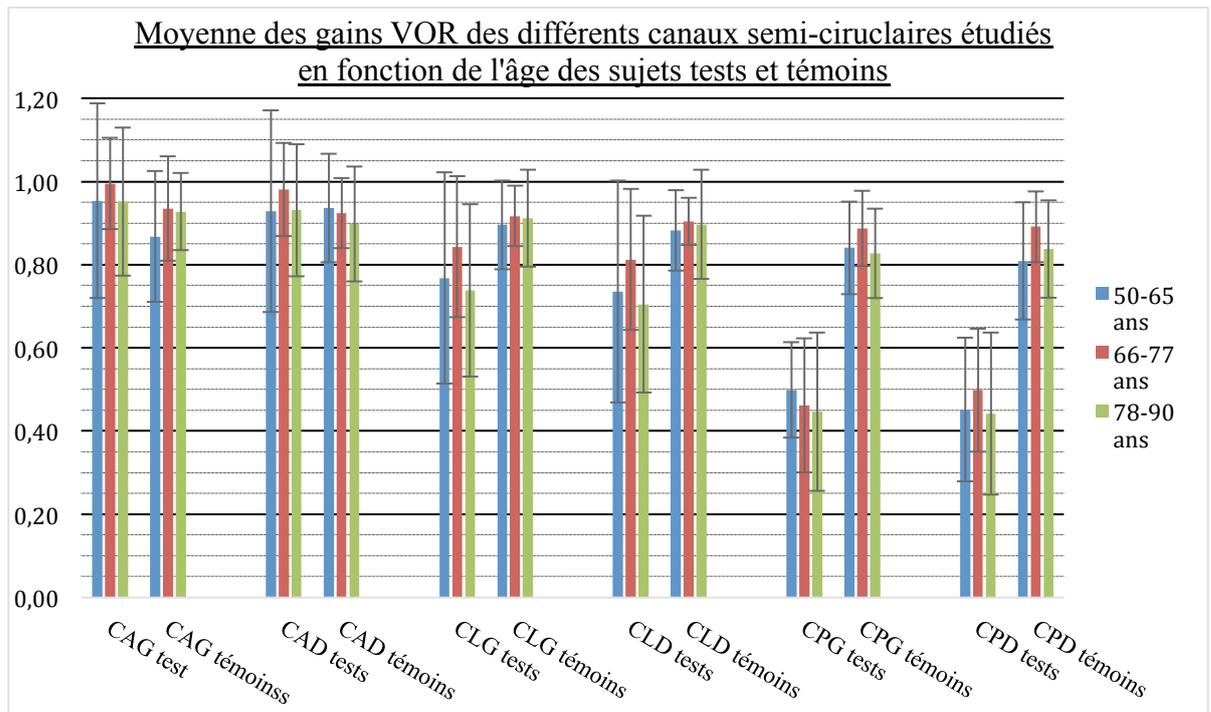


fig.16 : représentation par classes d'âge des moyennes et des écarts-types des gains VOR moyens des différents canaux semi-circulaires des groupes test et témoin

canaux semi-circulaires latéraux est significativement inférieure à la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires antérieurs ($p \ll 0,01$).

Ainsi la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires postérieurs est significativement inférieure à celle des canaux semi-circulaires latéraux qui est, elle-même, significativement inférieure à celle des canaux semi-circulaires antérieurs sans distinction de la latéralité ($p \ll 0,01$).

Observons maintenant les résultats obtenus avec la prise en compte de la latéralité des canaux semi-circulaires à la suite d'un test de Student présentant un risque α de 5% (Annexe 9).

À droite, en comparant la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires postérieur et latéral, nous observons que la moyenne des gains VOR moyens au VHIT du canal semi-circulaire postérieur est significativement inférieure à celle du canal semi-circulaire latéral ($p \ll 0,01$). Puis, en comparant la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires latéral et antérieur, nous observons que la moyenne des gains VOR moyens au VHIT du canal semi-circulaire antérieur est significativement supérieure à celle du canal semi-circulaire latéral ($p \ll 0,01$).

À gauche, en comparant la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires postérieur et latéral, nous observons que la moyenne des gains VOR moyens au VHIT du canal semi-circulaire postérieur est significativement inférieure à celle du canal semi-circulaire latéral ($p \ll 0,01$).

Puis, en comparant la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires latéral et antérieur, nous observons que la moyenne des gains VOR moyens au VHIT du canal semi-circulaire antérieur est significativement supérieure à celle du canal semi-circulaire latéral ($p \ll 0,01$).

Ainsi, en prenant en compte la latéralité nous observons à droite comme à gauche que la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires postérieurs est significativement inférieure à celle des canaux semi-circulaires latéraux qui est, elle-même, significativement inférieure à celle des canaux semi-circulaires antérieurs ($p \ll 0,01$). Cela va donc dans le même sens que lors du test réalisé précédemment de manière globale, à savoir que la moyenne des gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires postérieurs est significativement inférieure à celle des latéraux qui est, elle-même, significativement inférieure à celle des antérieurs.

Les données sont ensuite regroupées par classes d'âge dans chacun des deux groupes : [50-65], [66-77] et [78-90] ans (Annexe 10). Dans un premier temps les moyennes des gains VOR moyens au VHIT du groupe test (\bar{x}_p) et du groupe témoin (\bar{x}_s) sont comparées par classes d'âge entre le groupe test et le groupe témoin (fig.16). D'après le graphique, nous pouvons observer que deux types de différences se dessinent. Soit la différence entre les moyennes des gains VOR moyens des deux groupes est en faveur du groupe test quelque soit la classe d'âge, pour les canaux semi-circulaires antérieurs à l'exception de la classe d'âge [50-65] du canal antérieur droit. Soit la différence entre les moyennes des deux

tab.I : tableaux récapitulatifs des données des canaux semi-circulaires par classe d'âge

COMPARAISON CPG						
tests				témoins		
classe d'âge	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_p	Ecart type	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_s	Ecart type
50-65	17	0,50	0,12	20	0,84	0,11
66-77	46	0,46	0,16	17	0,89	0,09
78-90	51	0,45	0,19	18	0,83	0,11

COMPARAISON CPD						
tests				témoins		
classe d'âge	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_p	Ecart type	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_s	Ecart type
50-65	17	0,45	0,17	20	0,81	0,14
66-77	46	0,50	0,15	17	0,89	0,09
78-90	51	0,44	0,19	18	0,84	0,12

COMPARAISON CLG						
tests				témoins		
classe d'âge	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_p	Ecart type	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_s	Ecart type
50-65	17	0,77	0,25	20	0,90	0,11
66-77	46	0,84	0,17	17	0,92	0,07
78-90	51	0,74	0,21	18	0,91	0,12

COMPARAISON CLD						
tests				témoins		
classe d'âge	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_p	Ecart type	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_s	Ecart type
50-65	17	0,74	0,27	20	0,88	0,10
66-77	46	0,81	0,17	17	0,90	0,06
78-90	51	0,70	0,21	18	0,90	0,13

COMPARAISON CAG						
tests				témoins		
classe d'âge	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_p	Ecart type	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_s	Ecart type
50-65	17	0,95	0,23	20	0,87	0,16
66-77	46	1,00	0,11	17	0,94	0,13
78-90	51	0,95	0,18	18	0,93	0,09

COMPARAISON CAD						
tests				témoins		
classe d'âge	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_p	Ecart type	effectif	moyenne des gains VOR moyens \bar{x}_s	Ecart type
50-65	17	0,93	0,24	20	0,94	0,13
66-77	46	0,98	0,11	17	0,92	0,08
78-90	51	0,93	0,16	18	0,90	0,14

groupes est en faveur du groupe témoin, pour les canaux semi-circulaires latéraux et postérieurs, quelque soit la classe d'âge considérée.

En regardant de plus près (tab.I), nous pouvons voir que pour les canaux semi-circulaires postérieurs, la différence entre les moyennes des gains VOR moyens est plus marquée pour la classe d'âge [66-77] dans les deux groupes. Prenons l'exemple du canal semi-circulaire postérieur gauche. Pour la classe d'âge [66-77], la moyenne \bar{x}_p pour le groupe test est de 0,46 avec un écart-type de 0,16 et la moyenne \bar{x}_s pour le groupe témoin est de 0,89 avec un écart-type de 0,09 ; donnant une différence entre les moyennes de 0,43. Si nous regardons ces mêmes paramètres pour la classe d'âge [50-65], la moyenne \bar{x}_p pour le groupe test est de 0,50 avec un écart-type de 0,12 et la moyenne \bar{x}_s pour le groupe témoin est de 0,84 avec un écart-type de 0,11 ; donnant une différence entre les moyennes de 0,34.

Pour les canaux semi-circulaires latéraux, la classe d'âge [66-77] est la classe d'âge pour laquelle, à l'inverse, la différence entre les moyennes des gains VOR moyens est la moins marquée. Pour ces canaux semi-circulaires en revanche, la différence entre les moyennes des gains VOR moyens est plus marquée pour la classe d'âge [78-90]. Prenons l'exemple du canal semi-circulaire latéral droit. Pour la classe d'âge [78-90], la moyenne \bar{x}_p pour le groupe test est de 0,70 avec un écart-type de 0,21 et la moyenne \bar{x}_s pour le groupe témoin est de 0,90 avec un écart-type de 0,13 ; donnant une différence entre les moyennes de 0,20. Si nous regardons ces mêmes paramètres pour la classe d'âge [66-77], la moyenne \bar{x}_p pour le groupe test est de 0,81 avec un écart-type de 0,17 et la moyenne \bar{x}_s pour le groupe témoin est de 0,90 avec un écart-type de 0,06 ; donnant une différence entre les moyennes de 0,09. Toutefois l'écart-type étant très important sur ces classes d'âge au sein du groupe test, ces observations ne sont pas significatives.

Pour les canaux semi-circulaires antérieurs, aucune tendance ne semble se dessiner puisque pour les antérieurs gauches la différence entre les moyennes des gains VOR moyens des deux groupes est plus marquée pour la classe d'âge [50-65]. En ce qui concerne les antérieurs droits, cette différence est plus marquée pour la classe d'âge [66-77].

Pour finir, nous pouvons observer que la différence des moyennes des gains VOR moyens entre les deux groupes ne diminue avec l'avancée de l'âge, que pour le canal semi-circulaire postérieur gauche.

Nous pouvons donc dire que pour les canaux semi-circulaires latéraux l'écart des moyennes des gains VOR moyens entre le groupe test et le groupe témoin s'amenuise pour la classe [66-77] avant de se creuser de nouveau à [78-90]. Ainsi, dans cette étude, l'âge ne ressort pas comme étant un indicateur majeur permettant de différencier les deux groupes hormis pour les canaux semi-circulaires latéraux. Notons cependant, qu'au sein du groupe test, les écarts types étant très importants, toutes ces observations ne sont pas significatives.

La comparaison est ensuite réalisée au sein du groupe test entre les différentes classes d'âge pour les différents canaux semi-circulaires. De manière générale nous observons que quelle que soit la classe d'âge, pour tous les canaux semi-circulaires, le gain VOR

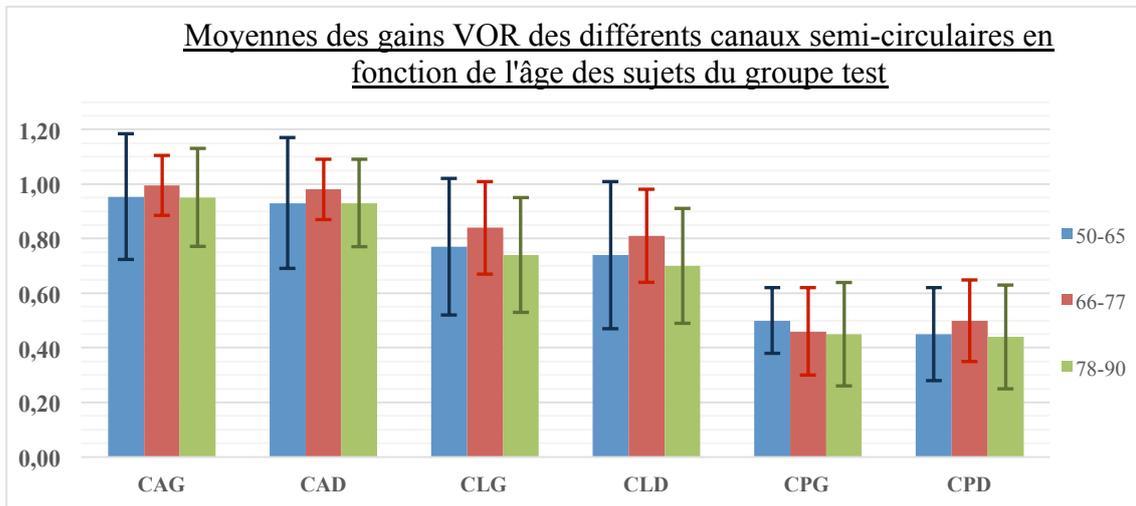


fig.17 : histogramme des moyennes des gains VOR moyens du groupe est par classe d'âge

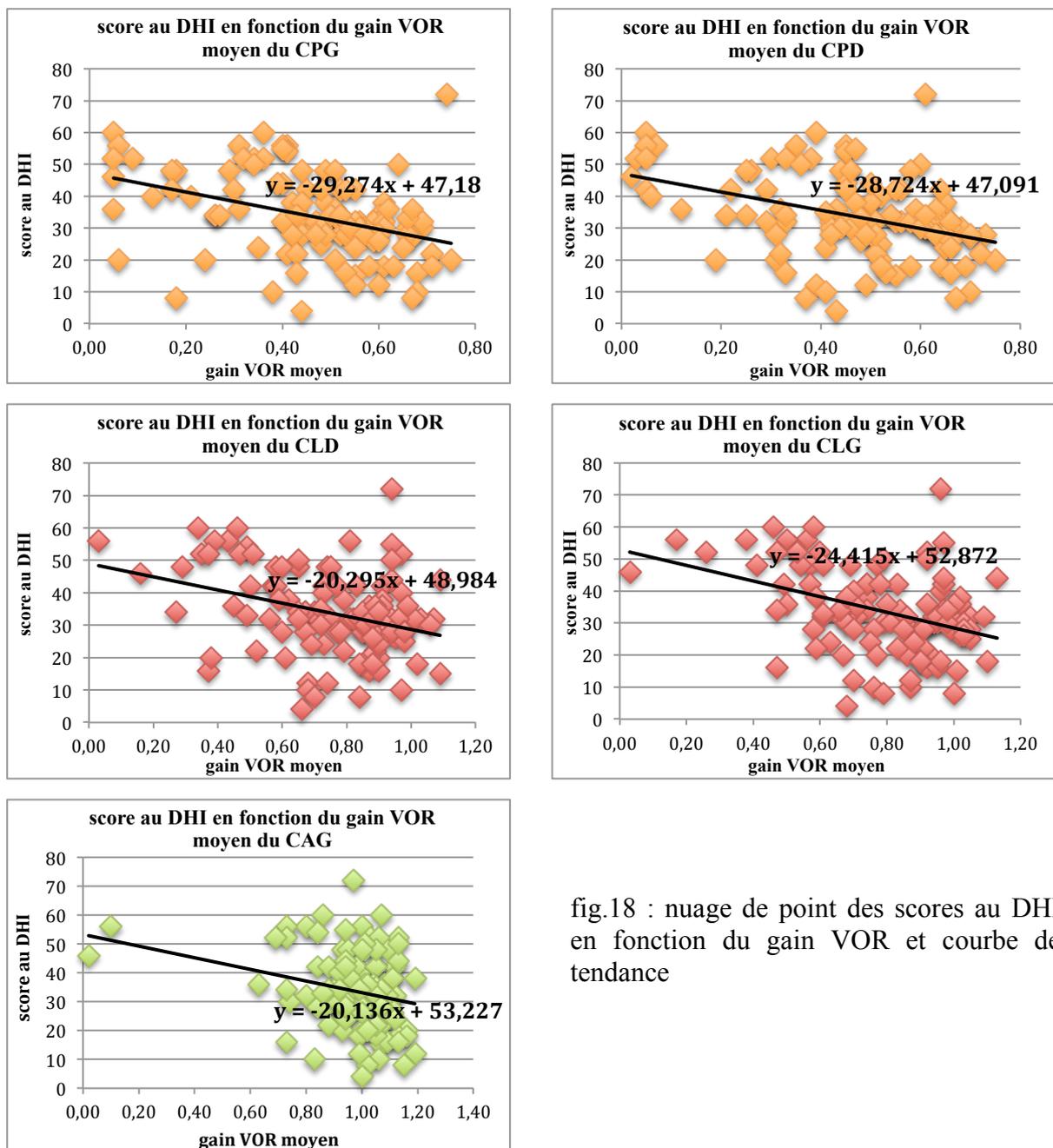


fig.18 : nuage de point des scores au DHI en fonction du gain VOR et courbe de tendance

diminue entre les canaux semi-circulaires antérieurs et latéraux, puis entre les canaux semi-circulaires latéraux et postérieurs (fig.17).

Si nous nous intéressons plus particulièrement à chacun des canaux semi-circulaires, une tendance semble se dessiner, à savoir que la moyennes des gains VOR moyens de la classe [66-77] est supérieure à celle des deux autres classes d'âge. Ce constat ne concerne pas le canal semi-circulaire postérieur gauche qui montre, lui, une décroissance de la moyenne du gain VOR moyen avec l'augmentation de l'âge.

Nous n'observons ainsi pas de diminution du gain VOR moyen associée à l'augmentation de l'âge. En revanche, nous observons une augmentation du gain VOR moyen pour la classe d'âge [66-77] des canaux semi-circulaires antérieurs, latéraux, et postérieur droit.

Le gain VOR ne semble donc pas être impacté par l'âge de manière stricte. En effet, une classe d'âge, celle concernant les [66-77], montre une différence.

La comparaison du score au DHI entre le groupe test et le groupe témoin, obtenu par le test de Student avec un risque α de 5%, montre que le score au DHI des sujets tests est significativement supérieur à celui des sujets témoins. La différence est statistiquement significative ($p \ll 0,01$) (Annexe 11).

Le test de corrélation de Pearson a été réalisé en vue de mettre en évidence une éventuelle corrélation entre le score au DHI et le gain VOR moyen au VHIT pour chacun des six canaux semi-circulaires. Au sein du groupe témoin, on observe que le score au DHI et le gain VOR moyen au VHIT de chacun des six canaux semi-circulaires ne sont pas liés par une corrélation linéaire. Dans le groupe test, une corrélation linéaire entre le score au DHI et le gain VOR moyen au VHIT a été mise en évidence pour les canaux semi-circulaires postérieurs droit et gauche, latéraux droit et gauche et antérieur gauche (fig.18). Cependant il n'existe pas de corrélation linéaire entre le score au DHI et le gain VOR moyen au VHIT du canal semi-circulaire antérieur droit (Annexe 12).

4.2. Interprétation des résultats

Les résultats présentés précédemment montrent qu'il existe une différence significative entre les gains VOR moyens au VHIT observés entre les deux groupes pour chaque couple de canaux. Ainsi, en ce qui concerne les canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux, le gain VOR moyen au VHIT du groupe test est significativement inférieur à celui du groupe témoin ($p \ll 0,01$). Cependant nous observons que pour les canaux semi-circulaires antérieurs, le gain VOR moyen au VHIT du groupe test est significativement supérieur à celui du groupe témoin à droite ($p < 0,06$) comme à gauche ($p \ll 0,01$). Ces observations semblent aller dans le sens des écrits précédents selon lesquels l'âge n'avait pas d'effet sur les canaux semi-circulaires antérieurs et que les canaux semi-circulaires postérieurs étaient peu affectés (*Tian et al, 2002*).

Ce constat est renforcé par la comparaison des gains VOR moyens au VHIT effectuée au sein du groupe test. Lorsque la latéralité n'est pas prise en compte, on observe que les gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires postérieurs sont significativement inférieurs ($p << 0,01$) à ceux des canaux semi-circulaires latéraux, eux-mêmes inférieurs à ceux des canaux semi-circulaires antérieurs ($p << 0,01$). Lorsque la latéralité est prise en compte, la tendance est identique à droite comme à gauche. La latéralité ne semble donc pas être un critère influençant le gain VOR moyen au VHIT.

L'apport des classes d'âge dans la comparaison descriptive des moyennes des gains VOR moyens au VHIT entre les deux groupes ne semble pas être majeure. En effet, nous pouvons faire le même constat que précédemment, à savoir que les moyennes \bar{x}_p sont inférieures aux moyennes \bar{x}_s pour les canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux. En revanche, les moyennes \bar{x}_p sont supérieures aux moyennes \bar{x}_s pour les canaux semi-circulaires antérieurs. Ces observations sont valables pour toutes les classes d'âge étudiées.

La comparaison par classes d'âge au sein du groupe test semble montrer un seul canal semi-circulaire pour lequel se dessine une chronologie d'atteinte. Il s'agit du canal semi-circulaire postérieur gauche pour lequel $[50-65] > [66-77] > [78-90]$. Pour tous les autres canaux semi-circulaires la diminution du gain moyen au VHIT semble apparaître au passage entre les classes $[66-77]$ et $[78-90]$ puisque l'on observe que $[50-65] < [66-77]$.

Le score au DHI semble être révélateur d'une atteinte vestibulaire périphérique dans cette étude étant donné que le score au DHI du groupe test est significativement supérieur à celui du groupe témoin. La différence est statistiquement significative ($p << 0,01$).

Cet argument est renforcé par la corrélation linéaire retrouvée dans le groupe test entre le score au DHI et le gain moyen au VHIT des canaux semi-circulaire excepté pour le canal semi-circulaire antérieur droit.

Ces résultats semblent être en accord avec des études antérieures montrant que des scores plus élevés au DHI étaient associés à une plus grande fréquence des vertiges et à plus de déficiences fonctionnelles (*Tamber et al, 2009*).

5. Discussion

5.1. Intérêt de l'étude

De nombreuses études se sont intéressées aux résultats obtenus au VHIT dans le cadre de différentes pathologies. Cependant, le concept nosologique de « presbyvestibulie » (vieillesse du labyrinthe postérieur) est à ce jour peu documenté.

Le but de cette étude était donc de montrer qu'il existe une différence significative entre les gains VOR moyens observés au VHIT entre les deux groupes. Pour cela le type de canal, la latéralité, l'âge des patients ou encore le score au DHI ont été pris en compte.

Si nous avons montré que le type de canal était déterminant dans la différence de gain VOR entre les deux groupes et au sein du groupe test, le poids de la latéralité est quant à lui réduit.

Nous avons donc vu qu'en fonction du type de canal étudié, la différence de gain VOR observé entre le groupe test et le groupe contrôle ne s'exprimait pas dans le même sens. En effet, pour les canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux, les gains VOR moyens au VHIT pour le groupe test sont inférieurs à ceux du groupe témoin. Mais pour les canaux semi-circulaires antérieurs, la tendance s'inverse avec des gains VOR moyens pour le groupe test supérieurs à ceux du groupe témoin. Ces résultats laissent entrevoir deux postulats.

Le premier serait que l'atteinte du labyrinthe postérieur, lié au vieillissement, toucherait en premier lieu les canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux. Nous pouvons supposer que cette atteinte préférentielle s'explique par le vieillissement global de l'homme. Les personnes âgées auront souvent tendance à être moins actives, diminuant ainsi les sollicitations de leurs canaux semi-circulaires. Cette baisse de la stimulation s'ajoute au vieillissement physiologique touchant les structures vestibulaires. À cela s'ajoute la modification globale de la posture caractérisée par une tendance à l'hypercyphose dorsale. Ce phénomène amoindrit les sollicitations postérieures et sur stimule le plan antérieur. Ces éléments pourraient être une piste de réflexion et nous amène à notre deuxième axe de raisonnement.

Le deuxième postulat que nous pouvons établir fait suite au premier. Ce dernier concerne la supériorité du gain VOR des canaux semi-circulaires antérieurs du groupe test par rapport au groupe témoin établi par les tests statistiques réalisés. Il s'agit ici de comprendre l'origine de cette supériorité. Le raisonnement peut suivre la même logique que précédemment faisant référence à une diminution de la sollicitation du plan postérieur suite aux modifications posturales. Elle s'accompagnerait ainsi d'une sur sollicitation du plan antérieur, et ainsi des canaux semi-circulaires antérieurs pouvant expliquer leur gain VOR moyen plus élevé. Malgré tout, ces postulats ne restent que de simples hypothèses. Cependant la mise en place d'une possible compensation par l'organisme face au déficit des canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux ne peut être écartée.

Une étude a d'ailleurs soulevé la question d'un possible rôle de réparation du VOR par le cervelet (*Mac Garvie et al, 2015*).

La comparaison réalisée au sein du groupe test renforce l'idée d'une atteinte ciblée sur les canaux semi-circulaires postérieurs et latéraux comparativement aux canaux semi-circulaires antérieurs. Au vue des résultats il semble se dessiner que le déficit porterait en premier sur les canaux semi-circulaires postérieurs, puis latéraux et enfin antérieurs. Ce constat rejoint ainsi les observations énoncées précédemment et les arguments avancés pour expliquer ce phénomène seraient donc identiques.

Le faible poids de la latéralité de l'atteinte démontré par ces mêmes résultats semblerait ainsi prouver que la « presbyvestibulie » se caractérise par une atteinte bilatérale des canaux semi-circulaires. Cela permettrait ainsi de différencier la « presbyvestibulie » de certaines atteintes périphériques unilatérales. Cet indice enrichit donc la caractérisation de cette pathologie peu connue et peu décrite qu'est la « presbyvestibulie ».

Le classement des données par classe d'âge n'a pas permis de réaliser de tests purement statistiques. Nous nous sommes donc attachés à décrire simplement les résultats obtenus.

Pour la comparaison portant sur le gain VOR moyen au VHIT du groupe test et du groupe contrôle, les constatations sont identiques à celles obtenus sans les classes d'âges. Nous n'en ressortons pas de différence flagrante pour une classe d'âge en particulier comme attendu du fait que la « presbyvestibulie » soit associée au vieillissement. Devant cette constatation, un raisonnement plus poussé afin d'identifier un âge critique caractérisant la « presbyvestibulie » s'avérerait intéressant.

Les études antérieures ont elles aussi du mal à s'accorder sur l'effet de l'âge au niveau vestibulaire. Mallison et Longridge ont montré que la réponse au test calorique ne diminuait pas avec l'augmentation de l'âge, tandis que les recherches de Van der Lann et Oosterveld montrent une diminution de la réponse avec l'avancée de l'âge (*Walther et al, 2007*).

Quant à la comparaison réalisée entre les différentes classes d'âge au sein du groupe test, un seul canal se présente comme répondant à l'hypothèse d'une atteinte chronologique. Le canal semi-circulaire postérieur gauche montre en effet un gain VOR au VHIT décroissant au fil des classes d'âge. Cette observation n'est pas suffisante pour conclure à une chronologie d'atteinte s'appliquant à tous les canaux semi-circulaires. Une autre hypothèse que nous n'avons pas évoquée vient cependant s'établir à la lecture des résultats. Pour les cinq autres canaux semi-circulaires testés, les observations sont identiques : la moyenne du gain VOR moyen de la classe d'âge [50-60] est inférieure à celle de la classe d'âge [66-77] qui est elle-même supérieure à celle de la classe d'âge [78-90].

À partir de ces observations, nous pouvons faire l'hypothèse que le déficit du gain VOR cible davantage la classe d'âge [78-90]. Afin d'expliquer la hausse des moyennes des gains VOR moyens de la classe d'âge [66-77] par rapport à la classe d'âge [50-60] nous nous sommes posé la question d'une éventuelle compensation. Ce mécanisme pourrait se mettre en place suite au déficit du gain VOR retrouvé pour la classe [50-60], s'exprimant ainsi dans la classe d'âge [66-77] par des moyennes des gains VOR plus élevées. Cette compensation ne serait plus suffisante pour masquer le déficit du gain VOR expliquant alors la diminution des moyennes des gains VOR moyen dans la classe d'âge [78-90].

Ce postulat va dans le sens d'une étude précédente qui a montré que les réponses au test calorique, lors de la stimulation chaude, augmentaient significativement dans une classe d'âge moyenne, avant de diminuer lentement avec l'augmentation de l'âge (*Maheu et al, 2015*).

Les résultats concernant l'apport du score au DHI dans l'identification de la « presbyvestibulie » sont en faveur d'une augmentation du score lors d'un déficit du gain VOR comme le montre la comparaison réalisée entre les deux groupes. Cette observation est renforcée par l'obtention d'une corrélation linéaire entre le score au DHI et le gain moyen au VHIT des canaux semi-circulaires postérieurs, latéraux et antérieur gauche au sein du groupe test. Cette corrélation va dans le même sens qu'une étude antérieure ayant montré que d'après le DHI, l'impact d'une hypofonction vestibulaire bilatérale est sévère pour 44% des patients et modérée pour 41% des patients (*Van de Berg et al, 2015*).

L'absence de corrélation linéaire, au sein du groupe test, entre le score au DHI et le gain moyen au VHIT du canal semi-circulaire antérieur droit peut être expliquée par une moindre diminution du gain VOR sur ce canal comme expliqué précédemment. La discussion à propos de l'utilité du questionnaire DHI dans l'identification des troubles vestibulaires est ainsi relancée. Dans l'étude réalisée, les résultats évoquent un lien possible entre le déficit objectif obtenu par le VHIT et le ressenti subjectif de la gêne fonctionnelle du patient obtenu au travers du DHI. Ce questionnaire pourrait donc servir d'outil et être rempli en première intention afin d'aider l'orientation des patients dans la consultation de spécialistes.

5.2. Biais de l'étude

5.2.1. Impact de l'âge des sujets constituant les deux groupes

L'étude étant une étude comparative, nous avons réalisé deux groupes : le groupe test et le groupe témoin. Les deux groupes ainsi formés ne comportaient pas le même nombre de sujets : 55 pour le groupe témoin contre 114 pour le groupe test. Le test d'homogénéité des deux moyennes d'âge a montré que la moyenne d'âge de ces deux groupes n'était pas similaire. La moyenne d'âge du groupe test étant de 75,47 ans et celle du groupe témoin de 70,51 ans.

Cette absence d'homogénéité des moyennes d'âge donne moins de poids à l'impact de l'âge dans la « presbyvestibulie » trouvé dans les résultats de l'étude. Pour valoriser l'impact de l'âge recherché dans la « presbyvestibulie » nous aurions pu constitué deux groupes de moyennes d'âges similaires. Ainsi nous aurions pu attribué la différence des gains VOR observés à l'âge avec plus de certitude.

5.2.2. Impact du cadre dans les réponses au DHI

Comme décrit dans le protocole, les patients avaient pour consigne de remplir le questionnaire DHI dans la salle d'attente, seuls. Ce questionnaire est le reflet du ressenti du patient vis à vis de son trouble. Les réponses doivent être les plus proches possibles de la gêne fonctionnelle dont souffre le patient.

Une étude a cependant montré que le questionnaire du DHI contenait des questions pouvant porter à confusion surtout chez les patients souffrant de comorbidités et que sa

reproductibilité n'était pas suffisante. Il apparaissait également que les réponses pouvaient être influencées par la sécurité engendrée par la prise en charge (Guyot *et al*, 2000). Nous avons donc limité l'influence du thérapeute ou de la prise en charge en faisant remplir le questionnaire avant de débiter les tests.

5.3. Limites de l'étude

5.3.1. Limites de reproductibilité du VHIT

Les résultats du VHIT, bien qu'obtenus après traitement informatique par un logiciel spécifique et enregistrés à l'aide d'une caméra haute définition, sont avant tout dépendants des mouvements passifs de la tête du sujet imprimés par l'expérimentateur.

Des études antérieures ont déterminé des paramètres très précis pour la réalisation des mouvements de tête. Ainsi l'amplitude du mouvement doit être comprise entre 5 et 15° avec une vitesse de 150 à 200 °/s (Yang *et al*, 2015).

De plus, les canaux semi-circulaires se trouvent dans des plans très rigoureux de l'espace. Afin d'optimiser leur exploration, il convient de respecter un angle de 30° au dessus de la ligne horizontale pour les canaux semi-circulaires latéraux aussi appelés horizontaux. Cela nécessite d'imprimer une flexion de tête de 30° précédant la réalisation du test.

Pour les canaux semi-circulaires verticaux, le canal antérieur d'un côté se situe approximativement dans le même plan que le canal postérieur du côté opposé et ce, selon un axe de 45° par rapport au plan sagittal. Une rotation de 45° de la tête dans le plan sagittal doit donc précéder l'évaluation de ces canaux semi-circulaires dans le but d'assurer une trajectoire correcte au mouvement lors des tests.

Idéalement, la rotation de la tête devrait être de 38° pour les canaux semi-circulaires antérieurs et de 49° pour les canaux semi-circulaires postérieurs étant donné qu'ils ne sont pas strictement dans le même plan.

Bien que l'expérimentateur soit formé à la réalisation du test, il n'en demeure pas moins une diminution de la reproductibilité malgré que ces paramètres soient vérifiables par l'opérateur et en partie par le système (trajectoire et accélération).

Cependant des études ont montré que le VHIT était très peu opérateur dépendant.

5.3.2. L'absence de suivi des patients

L'étude que nous avons réalisée s'est attachée à analyser les gains VOR moyens obtenus grâce au VHIT à un instant « t », correspondant au jour de la venue du patient. Outre le gain VOR, l'âge a également été pris en considération dans l'analyse de nos données. Nous avons ainsi comparé les données recueillies au sein du groupe test et du groupe témoin afin d'observer ce qui les différenciait.

Cependant l'un des aspects étudié est l'effet du vieillissement sur les canaux semi-circulaires. Ce dernier est caractérisé par l'âge qui est un facteur évolutif dans le temps. Ainsi il aurait été intéressant de suivre les patients afin d'observer si l'évolution du déficit du gain VOR identifié évoluait dans le même sens que l'avancée de l'âge. Le suivi des patients aurait ainsi apporté un poids considérable à l'étude en terme de traitement et d'évolution.

Ce suivi nécessite d'effectuer une étude longitudinale alors que nous nous trouvons dans le cas d'une étude transversale.

5.3.3. Limites liées aux classes d'âge

Nous avons donc vu dans cette étude, que malgré une différence significative obtenue entre les moyennes des gains VOR moyens du groupe test et du groupe témoin, la différence liée à l'âge est, elle, plus minime et ce même au sein du groupe test.

Pour étudier l'effet de l'âge, nous avons réalisé un regroupement des données par classe d'âge. Les effectifs de chaque classe se trouvaient alors être faibles nous obligeant à réaliser seulement trois classes d'âge relativement étendues. Ces faibles effectifs associés à de grandes étendues pour chaque classe d'âge, ne nous ont pas permis d'effectuer de tests statistiques et d'identifier clairement un âge critique.

Afin de déterminer plus précisément l'impact de l'âge et de déterminer si un âge en particulier constitue un âge seuil dans l'apparition de la PVB, il serait nécessaire de réaliser une nouvelle étude statistique comportant un effectif plus important et réduisant ainsi l'étendue des classes d'âge. Nous pourrions alors voir se dessiner l'impact de l'âge avec plus de certitude.

5.4. Perspectives de l'étude

Cette étude nous permet donc de mieux cerner les caractéristiques de la « presbyvestibulie ». En effet nous avons montré que cette atteinte est bilatérale, spécifique d'un type de canal semi-circulaire et favorisée par l'âge avancé des sujets, bien que ce dernier point reste à approfondir.

Face au canalogramme d'un patient âgé de plus de 50 ans, présentant un déficit du gain VOR bilatéral localisé préférentiellement sur les canaux semi-circulaires postérieurs, voire latéraux, il serait ainsi possible d'évoquer une « presbyvestibulie ». Afin de renforcer cette instigation, trouver d'autres indices pouvant eux aussi nous orienter vers cette pathologie serait judicieux. Ainsi, outre le fait que la PVB soit caractérisée par des gains VOR pour les canaux semi-circulaires postérieurs, inférieurs à ceux des latéraux, eux-mêmes inférieurs à ceux des antérieurs, l'atteinte bilatérale est elle aussi primordiale.

Un étude antérieure s'est penchée sur l'établissement d'une valeur seuil chez les personnes saines obtenant ainsi une valeur de 1,0 pour les canaux semi-circulaire horizontaux (*Mac Garvie et al, 2015*).

Ces pistes nous amènent à nous pencher sur les mécanismes du vieillissement physiologique du système vestibulaire. Nous savons qu'au niveau du système vestibulaire périphérique, le vieillissement physiologique se traduit, entre autre, par une modification des membranes otoconiales, une altération des otolithes, la mort cellulaire ou encore la modification de certains neurotransmetteurs. Cependant les mécanismes du vieillissement propres aux canaux semi-circulaires du labyrinthe postérieur sont peu décrits. Des recherches dans ce sens pourraient ainsi permettre de mieux appréhender et mieux comprendre les modifications agissant sur ces derniers et ayant des répercussions sur le gain VOR. Il serait également intéressant de comprendre pourquoi un vieillissement physiologique similaire chez tous les individus entraîne des perturbations chez certaines personnes alors que d'autres n'en ressentent aucune gêne.

L'impact de l'âge n'étant pas clairement évalué à la suite de notre étude, ce dernier reste un axe de recherche dans le but de mieux cerner son rôle.

N'oublions pas l'apport du score au DHI démontré par cette étude. Ces résultats nous appellent à nous questionner sur une utilisation plus systématique de ce support en première intention dans l'orientation diagnostic. Etant moins coûteux, rapport de 1 à 12000 pour le VHIT, et plus simple à mettre en œuvre que l'examen du VHIT, il serait intéressant de le faire remplir aux personnes susceptibles d'être atteinte d'une « presbyvestibulie ». Notons que lorsque nous parlons de déficit du gain VOR établi par le VHIT, cela se traduit par des troubles de l'équilibre au niveau fonctionnel. Ces instabilités peuvent être sources, en particulier dans la population étudiée, de risque de chute. Une étude antérieure montre également qu'un déficit vestibulaire bilatéral augmente le risque de chute (*Van de Barg et al, 2015*). Ce dernier est un réel enjeu de santé publique, les conséquences des chutes étant responsable de plus d'un pour cent des dépenses de santé en Europe. Nous pourrions donc voir au travers du DHI un moyen de prévention primaire de la chute.

La question de la chute chez la personne âgée comporte deux aspects : la rééducation mais surtout la prévention.

La rééducation emploie différentes méthodes telles que l'entretien articulaire, le renforcement musculaire, la stimulation des réactions d'équilibration, l'apprentissage du relevé du sol. Notons que la pratique d'une activité physique permet de stimuler le système vestibulaire en s'appuyant sur la plasticité cérébrale encore présente chez les personnes âgées. Elle permet de lutter contre la diminution de la sollicitation vestibulaire s'installant par l'augmentation de la sédentarité liée à l'âge. La rééducation vestibulaire a pour but une amélioration du VOR dans la régulation de la posture. Cette amélioration est permise par la rééducation du système saccadique précoce à savoir les covert saccades.

La rééducation se place donc au cœur de la pratique kinésithérapique dans le domaine gériatrique. Un entraînement régulier permettant de diminuer de 50% les chutes des personnes âgées, les répercussions socio-économiques que cela implique en seraient ainsi améliorées.

Cependant si la rééducation constitue un aspect riche et développé, la prévention quant à elle reste plus compliquée.

Des tests comme le Tinetti, le « get up and go test » ou le Romberg permettent d'évaluer rapidement et simplement l'équilibre des personnes âgées. En outre, le dépistage du risque passe par l'identification de deux types de facteurs : extrinsèques et intrinsèques. Les facteurs extrinsèques sont liés à l'environnement et à l'habitat tels que les escaliers, la présence de tapis, le manque de luminosité. Les facteurs intrinsèques quant à eux sont directement liés au vieillissement physiologique de l'organisme. Ces facteurs intrinsèques présentent quatre déterminants, à savoir : la vision, les afférences sensitives, le cerveau et l'appareil vestibulaire.

Les risques liés à un déficit portant sur l'appareil vestibulaire peuvent faire l'objet de différentes investigations. Nous retrouvons des tests tels que la vidéo nystagmographie évaluant les afférences vestibulaires, l'étude du nystagmus par vidéonystagmoscopie, l'étude de la verticale subjective, les plateformes de posturologie étudiant les afférences visuelles, proprioceptives ou labyrinthiques. C'est par ce dernier déterminant, qu'est l'appareil vestibulaire, qu'une des perspectives de l'étude prend tout son sens. En effet, nous connaissons aujourd'hui de nombreux moyens permettant de pallier au risque de chute, mais ses déterminants sont encore difficiles à déceler. Si par l'apport du VHIT, nous parvenions à dépister un des déterminants majeurs que pourrait être la « prebyvestibulie » dans la chute, alors la portée de l'étude serait d'autant plus importante.

Le développement de la kinésithérapie vestibulaire couplée à une rééducation plus « classique », permettrait ainsi un suivi global des patients du dépistage à la mise en œuvre d'une rééducation adaptée au risque de chute.

D'un point de vue global, cette étude, au-delà des éléments cliniques apportés, nous démontre un point capital à savoir la place grandissante des kinésithérapeutes sur le plan diagnostique. Je pense en effet qu'à l'avenir, nous serons de plus en plus amenés à réaliser le diagnostic de nos patients et à mettre en place une rééducation adaptée. Cette responsabilité vis-à-vis du diagnostic donne ainsi du sens et une certaine logique aux pratiques que nous mettons en place afin de rééduquer les patients.

Je vois ainsi dans cette démarche, un apport intellectuel notable pour notre profession qui ne saurait que trop nous pousser à puiser le meilleur de nous-même tant au niveau des connaissances intellectuelles que techniques.

Ces constatations vont dans le sens du public que nous avons, et que nous aurons à prendre en charge, c'est-à-dire une population d'âge grandissant, poly pathologiques et poly

médicamenteuse ; nous obligeant ainsi à jongler dans notre pratique afin d'être le plus efficace possible en tenant compte de cette poly pathologie.

Dans le cadre de ce contexte poly pathologique, il ne faut pas oublier la prise en charge pluridisciplinaire des patients. En tant que kinésithérapeute, il ne faut pas hésiter à faire appel à d'autres professionnels de santé qu'il s'agisse d'une question quant à notre prise en charge ou d'une suggestion émanant de notre domaine de compétence.

Dans le cas présent de la kinésithérapie vestibulaire, le travail en étroite collaboration avec les oto-rhino-laryngologistes semble être indispensable afin d'assurer au patient une prise en charge optimale.

6. Conclusion

Cette étude ainsi que sa démarche réflexive avait pour objet principal la mise en évidence d'un lien entre la « presbyvestibulie », ou vieillissement du labyrinthe postérieur, et le gain du réflexe vestibulo-oculaire (VOR) obtenu par l'examen du VHIT. L'objectif secondaire était l'établissement d'un rapprochement entre ce gain VOR et le constat d'une gêne fonctionnelle, découlant de la « presbyvestibulie », au travers du score obtenu au Dizziness Handicap Inventory (DHI).

À la suite de cet écrit, nous pouvons donc identifier les caractéristiques de la « presbyvestibulie », ou vieillissement du labyrinthe postérieur. Elle se présente d'un point de vue clinique, c'est-à-dire par rapport aux résultats du VHIT, comme une atteinte bilatérale des canaux semi-circulaires, préférentiellement des canaux postérieurs puis latéraux, marquée par un déficit du gain VOR pour ces deux types de canaux semi-circulaires. En effet une diminution significative du gain VOR moyen au sein du groupe test par rapport au groupe témoin a été obtenue. D'un point de vue fonctionnel, elle s'accompagne d'une gêne dans les activités de la vie quotidienne objectivable par le score au DHI. En effet notre étude montre une augmentation significative du score au DHI des sujets tests par rapport à ceux du groupe témoin. De plus, une corrélation linéaire a été obtenue entre les gains VOR moyens au VHIT des canaux semi-circulaires postérieurs, latéraux et antérieur gauche et le score au DHI du groupe test. Cette corrélation va dans le sens d'une diminution du gain VOR lorsque le score au DHI augmente.

Nous pouvons donc dire que le canalogramme résultant du VHIT peut être évocateur d'une « presbyvestibulie », ce constat étant corrélé au score élevé au DHI en cas d'atteinte vestibulaire. Ces deux évaluations que sont le VHIT et le DHI sont donc complémentaires dans l'établissement d'un lien entre vieillissement, troubles de l'équilibre et « presbyvestibulie ». Le DHI étant moins onéreux que le VHIT, il me semble évident qu'il devrait être rempli en première intention chez les patients de plus de 50 ans présentant des troubles de l'équilibre afin d'évaluer un possible déficit portant sur le système labyrinthique postérieur.

Ces résultats vont dans le sens de la littérature portant sur ce sujet.

Ces investigations permettent donc d'enrichir les moyens de dépistage des facteurs de risque de chute chez la personne âgée, réduisant ainsi les conséquences socio-économiques des chutes de la population gériatrique.

Pour aller plus loin, nous avons essayé de savoir s'il existait une chronologie dans l'atteinte des canaux semi-circulaires. Nous avons vu au travers de la littérature qu'avec l'âge, le vieillissement physiologique impactait le système vestibulaire, et en particulier les structures histologiques du labyrinthe postérieur, siège des canaux semi-circulaires. Cette étude nous a permis d'identifier des modifications du gain VOR moyen entre les différentes classes d'âge. Je rappelle cependant que malgré ces différences observées, cette étude ne m'a pas permis de conclure sur un âge éventuellement critique dans l'installation de la « presbyvestibulie ». Différents facteurs peuvent expliquer cet échec tels que des effectifs trop faibles pour représenter chaque classe d'âge, des classes d'âge d'étendue trop importante, encore l'absence de suivi des patients ou plus simplement l'absence d'âge critique. Des travaux dans ce sens, comme une étude longitudinale, restent donc encore à entreprendre afin d'éclaircir ce dernier point.

7. Références bibliographiques

Articles de périodiques

- DEBOUSSET J, 2014, « La prévention des chutes est-elle possible ? », Bull. Acad. Natle. Med., vol 198, n°6, pp.1055-1066

- FELIPE L, CUNHA LC, CUNHA FC, CINTRA MT, GONÇALVES DU, 2008, « Presbyvertigo as a cause of dizziness in elderly », Pro Fono, [en ligne], pp. 99-102, [consulté le 17/11/2015], disponible sur internet : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18622517>

- GONTIER R, 2014, « Epidémiologie, morbidité, mortalité, coût pour la société et pour l'individu, principales causes de la chute », Bull. Acad. Natle. Med., vol 198, n°6, pp.1025-1039

- GUYOT JP, DEGIVE C, KOS M.I, ARCHINARO M, 2000, « Evaluation du handicap vestibulaire en consultation conjointe médico-psychologique, Rev. Med. Suisse, n°2319, pp1

- HSIEH LC, LIN HC, LEE GS, 2014, « Aging of vestibular function evaluated using correlational vestibular autorotation test », clinical interventions in aging [en ligne], vol 14, n°9, pp. 1463-1469, [consulté le 14/10/2015], disponible sur internet : <https://www.dovepress.com/aging-of-vestibular-function-evaluated-using-correlational-vestibular--peer-reviewed-article-CIA>

- IONESCU E, DUBREUIL C, FERBER-VIART C, 2005, « Evolution physiologique des paramètres d'équilibre sur Equitest chez l'adulte sain âgé de 20 à 60 ans, Annales d'otolaryngologie et de chirurgie cervico-faciale [consulté le 16/11/2015], vol 122, n°5, pp. 231-235, disponible sur internet : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003438X05823540>

- JAHN K, KRESSING RW, BRIDENBAUGH SA, BRANDT T, SCHNIEPP R, 2015, « Dizziness and Unstable Gait in Old Age », Deutsches Ärzteblatt International [en ligne], vol 112, n°23, pp. 387-393, [consulté le 13/10/2015], disponible sur internet : <http://www.aerzteblatt.de/pdf.asp?id=170794>

- LEE GS, HSIEH LC, LIN HC, 2014, « Aging of vestibular function evaluated using correlational vestibular autorotation test », Clinical Intervention on Aging [en ligne], vol 9, pp. 1463-1469, [consulté le 16/10/2015], disponible sur internet : <https://www.dovepress.com/aging-of-vestibular-function-evaluated-using-correlational-vestibular--peer-reviewed-article-CIA>

- MAHEU M, HOUDE MS, LANDRY SP, CHAMPOUX F, 2015, « The effects of aging on clinical vestibular evaluations », *Frontiers in neurology* [en ligne], vol 6, n°205, pp. 1-5, [consulté le 14/10/2015], disponible sur internet : <http://dx.doi.org/10.3389/fneur.2015.00205>

- Mc GARVIE LA, MacDOUGALL HG, HALMAGYI GM, BURGESS AM, WEBER KP, CURTHOYS IS, 2015, « The video head impulse test (vHIT) of semi-circular canal function – age-dependent normative values of VOR gain in healthy subjects », *Frontiers in neurology* [en ligne], vol 8, n°154, pp. 1-11, [consulté le 14/10/2015], disponible sur internet : <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26217301>

- MOSSMAN B, MOSSMAN S, PURDIE G, SCHNEIDER E , 2015, « Age dependent normal horizontal VOR gain of head impulse test as measured with video-oculography », *journal of otolaryngology head and neck surgery* [en ligne], vol 44, n°29, pp. 1-8, disponible sur internet : <http://www.journalotohns.biomedcentral.com/articles/10.1186/s40463-015-0081-7>

- PERRIN P, VIBERT D, VAN NECHEL C, 2011, « Etiologie des vertiges », EMC (Elsevier Masson SAS, Paris), *Oto-rhino-laryngologie* [en ligne], pp. 1-21 [consulté le 21/09/2015], disponible sur internet : <http://www.em-premium.com.docelec.univ-lyon1.fr/article/660116/resultatrecherche/1>

- TAMBER AL, WILHELMSSEN KT, STRAD L, 2009, « Measurement properties of the Dizziness Handicap Inventory », *Health and Quality of Life Outcomes*, vol7, n°1, pp. 1-16

- TIAN J, CRANE B, WIEST G, DEMER J, 2002, « Effect of aging on the human initial interaural linear vestibulo-ocular reflex », *Exp Brain Res*, vol 2, n°145, pp. 142-149

- TOUPET M, OHRESSER M, BRANCHEREAU B, L'HERITIER A, MATHA N, 1999, « Vertiges et troubles auditifs chez l'adulte », *Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris)*, pp. 1-11, [consulté le 21/09/2015], disponible sur internet : <http://www.em-premium.com.docelec.univ-lyon1.fr/article/2324>

- ULMER E, 2007, « Comment objectiver la presbyvestibulie ? », *le journal faxé de l'ORL*, pp 1

- VAN DE BERG R, VAN TILBURG M, KINGMA H, 2015, « Bilateral Vestibular Hypofunction: Challenges in Establishing the Diagnosis in Adults », *journal of otolaryngology head and neck surgery* [en ligne], vol 77, n°4, pp. 197-218, [consulté le 13/10/2015], disponible sur internet : <http://www.karger.com/Article/FullText/433549>

- WALTHER L.E, WESTHIFEN M, 2007, « Presbyvertigo-aging of otoconia and

vestibular sensory cells », *Journal of Vestibular research*, 17, (2-3), pp. 89-92

- YANG CJ, LEE JY, KANG BC, LEE HS, YOO MH, PARK HJ, 2015, « Quantitative analysis of gains and catch-up saccades of video-head impulse testing by age in normal subjects », John Wiley & Sons Ltd [en ligne], pp. 1-16, [consulté le 26/01/2016], disponible sur internet : <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/coa.12558/full>

Ouvrage ou monographie

- MALLAY D. / éd., 2011, Oto-rhino-laryngologie, 1^{ère} éd., Paris : Estem, 268p

Site internet

- RAD J, Rehabilitation Measures Database, [mise à jour le 9/03/2014], disponible sur internet : <http://www.rehabmeasures.org/Lists/RehabMeasures/DispForm.aspx?ID=1041>

- DE ROSA A, Synapsis Video Head Impulse Test, [création en 2006], disponible sur internet : <http://www.synapsys.fr/fr/p-video-head-impulse-test-ulmer-vhit-ulmer-33.htm>

AUTEUR	Klaus Jahn, Reto W. Kressig, Stephanie A. Bridenbaugh, Thomas Brandt, Roman Schniepp
TITRE	<i>Dizziness and Unstable Gait in Old Age Etiology, Diagnosis and Treatment</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article de revue
SOURCE (revue, éditeur)	Dtsch Arztebl Int
DATE DE PARUTION	2015
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	8 pages (p.387-393)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Résumé</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prévalence des vertiges et de la démarche instable chez les personnes âgées 2. Des causes importantes de vertiges et d'étourdissement dans la vieillesse vertiges positionnels paroxystiques bénins déficit vestibulaire bilatéral 3. Causes des troubles de la marche dans la vieillesse démarche et fonctions sensorielles démarche cognition et anxiété force musculaire et mobilité 4. Evaluation clinique des déficits 5. Traitement des anomalies de la démarche dans la vieillesse
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « Le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une « presbyvestibulie » ? »	<p>Mots-clés : vieillissement ; troubles de l'équilibre ; personnes âgées ; démarche ; troubles de la démarche ; gériatrique ; locomotion ; vertiges</p> <p>Diminution de mobilité et chute sont parmi les facteurs majoritaires contribuant à réduire la qualité de vie des personnes âgées.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. <u>Prévalence des vertiges et de la démarche instable chez les personnes âgées</u> <p>Les vertiges sont identifiés comme un facteur crucial dans la diminution de la qualité de vie et la diminution de participation à des activités appropriées aux personnes âgées. Lorsque l'on mesure par un test clinique simple (Romberg) la prévalence des troubles de l'équilibre chez les plus de 80 ans aux USA elle est de 85%. Un des facteurs que l'on peut quantifier est la fréquence des chutes. Les conséquences directes d'une chute sont responsables de plus d'1% des dépenses de santé en Europe.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. <u>Des causes importantes de vertiges et d'étourdissement dans la vieillesse</u> <p><u>Déficit vestibulaire bilatéral :</u> En cas d'atteinte de la fonction vestibulaire périphérique, les symptômes augmentent dans l'obscurité et sur un sol accidenté. Certains patients présentent une oscillopsie qui découle d'une dysfonction du VOR. Un déficit VOR confirmé (après HIT) donne un indice. Les troubles de l'équilibre deviennent évidents spécialement lorsque les yeux sont fermés ou lorsque l'on marche lentement. L'élément le plus important du traitement est une rééducation de l'équilibre avec marche active et travail postural.</p>

	<p>Le but de la rééducation vestibulaire est une amélioration du RVO dans la régulation de la posture.</p> <p>3. <u>Causes des troubles de la marche dans la vieillesse</u></p> <p>Le processus normal du vieillissement s'accompagne d'une diminution de la vitesse de marche. Cette vitesse de marche étant un paramètre significatif dans l'évaluation de la santé des personnes âgées.</p> <p><u>Démarches et fonctions sensorielles</u> : on peut supposer que le risque de chute est augmenté dans le cadre d'une diminution de la vitesse de marche, car la démarche est en corrélation avec la variabilité du risque de chute.</p> <p>4. <u>Evaluation clinique des déficits</u></p> <p>Il est important de déterminer les circonstances des chutes et de différencier déséquilibre et chute vraie.</p> <p><u>examen clinique</u> : le HIT permet d'évaluer les fonctions des canaux semi-circulaires horizontaux, c'est-à-dire le système vestibulaire périphérique</p> <p>Les 3 canaux semi-circulaires et les 2 organes otolithiques de l'oreille interne contribuent à la perception du mouvement.</p> <p>Il faut penser à évaluer un déficit sensoriel dont un déficit vestibulaire.</p> <p>5. <u>Traitement des anomalies de la démarche dans la vieillesse</u></p> <p>Le but est de jouer à la fois sur la stabilité de la démarche et le fonctionnement du cerveau dans la rééducation. Cette rééducation permet une diminution des chutes de 50%. La marche entraîne les fonctions cognitives.</p> <p><u>Conclusion</u> : Vertiges, déséquilibres et démarche instable ont des causes spécifiques même au sein de la population âgée. C'est la combinaison des différentes causes qui est à l'origine du problème</p>
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<p>- <u>intérêt</u> : cet article évalue les déficits à l'origine des chutes chez les personnes âgées</p> <p>- <u>limites</u> : cet article ne parle pas du VHIT</p>

AUTEUR	Li-Chun Hsieh, Hung-Ching Lin, Guo-She Lee
TITRE	<i>Aging of vestibular function evaluated using correlational vestibular autorotation test</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article scientifique
SOURCE (revue, éditeur)	Clinical Interventions in Aging, volume 9
DATE DE PARUTION	2014
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	7 pages (p.1463-1469)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>6. Introduction</p> <p>7. Méthode Participants Plan de l'étude Evaluation Analyse statistique</p> <p>8. Résultats</p> <p>9. Discussion</p> <p>10. Conclusion</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « le canalogramme résultant du VHIT peut-il évocateur d'une « prebyvestibulie » ? »	<p>Mots-clés : test d'autorotation vestibulaire ; vieillissement ; analyse de corrélation ; gyrométrie ; électro-oculographie</p> <p>1. Introduction</p> <p>L'instabilité est un problème clinique commun dans la population âgée. Elles peuvent entraîner des chutes et des fractures. La prévalence des vertiges et de l'instabilité augmente de 39% après 80 ans. Les chutes sont un problème de santé très morbide et coûteux affectant les personnes âgées. Un des facteurs de risque de chute est la dysfonction vestibulaire.</p> <p>La mesure de la marche et de l'équilibre à l'aide du score de Tinetti ainsi que le nombre de chutes ont montrés un changement significatif lié à l'âge. La fonction vestibulaire est importante pour la navigation et sont très représentatives de la vie de tous les jours des personnes âgées. L'évaluation par le teste de Romberg est modifié, la prévalence révèle une progression significative avec l'âge.</p> <p>Différentes causes sont à l'origine d'une dysfonction vestibulaire au sein des organes vestibulaires y compris dans les 3 canaux semi-circulaires et les organes otolithiques.</p> <p>Le système vestibulaire périphérique est modifié avec l'âge au niveau histologique. Les cellules ciliées de la crête ampullaire et de la macula utriculaire et sacculaire diminuent significativement avec l'âge. Les cellules ciliées de type I de la crête ampullaire disparaissent plus rapidement que celles de la macula. Il y a également une diminution de la quantité des otoconies dans le saccule et l'utricule avec l'âge. La perte de volume des otoconies est plus marquée pour le saccule que pour l'utricule.</p> <p>Il existe encore une certaine controverse au sujet du déclin de la fonction vestibulaire.</p> <p>Dans cette étude la fonction vestibulaire a été représentée sous forme de gain en mesurant le mouvement des yeux et les rotations de la tête.</p>

	<p>3. Résultats</p> <p>On mesure la corrélation croisée entre les mouvements oculaires et la rotation de la tête. Cette corrélation est inférieure chez les sujets plus âgés, équivalente à 0,7, contre 0,8 à 0,9 chez les sujets plus jeunes. Lors des tests yeux ouverts et fermés avec des mouvements de tête horizontaux et verticaux, l'âge était significativement et négativement corrélé à la corrélation croisée entre les mouvements oculaires et la rotation de la tête.</p> <p>Le réflexe vestibulo-oculaire diminue significativement avec l'âge surtout à 65-75 ans et/ou 55-65 ans.</p> <p>4. Discussion</p> <p>L'instabilité est la principale cause de plainte pour les patients de plus de 75 ans.</p> <p>Les résultats peuvent impliquer que le système de vision aide à maintenir l'équilibre et qu'il dégénère plus tôt que le système vestibulaire.</p> <p>Dans cette étude, les fonctions vestibulaires diminuent de façon significative à 65 ans.</p> <p>Conclusion : les chutes de la personne âgée peuvent être liées à une dysfonction du système vestibulaire périphérique. L'âge impact différentes fonctions du système vestibulaire. La vision est liée au système vestibulaire mais dégénère 10 ans plus tôt que ce dernier. Les chutes de la personne âgée sont fréquentes, coûteuses et impactent la qualité de vie de cette population. Cette étude permet d'évaluer les moyens de prédictions de chutes.</p>
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<p>- <u>intérêt</u> : cet article étudie l'impact des chutes chez les personnes âgées ainsi que les moyens d'évaluer les déficiences du système vestibulaire périphérique pouvant être à l'origine des chutes.</p> <p>- <u>limites</u> : l'examen évalué ici n'est pas le VHIT comme dans notre étude</p>

AUTEUR	Maxime Maheu, Marie-Soleil Houde, Simon P. Landry and François Champoux
TITRE	<i>The effects of aging on clinical vestibular evaluations</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article scientifique
SOURCE (revue, éditeur)	Frontiers in neurology
DATE DE PARUTION	2015
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	5 pages (p.1-5)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Introduction</p> <p>11. Evaluation complète du système vestibulaire</p> <p>12. Effets du vieillissement et techniques d'évaluation vestibulaires évaluation des fonctions otolithiques potentiel évoqué cervical et vieillissement potentiel évoqué oculaire et vieillissement évaluation des fonctions des canaux semi-circulaires</p> <p>13. Discussion</p> <p>conclusion</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « Le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une « prebyvestibulie » ? »	<p>Mots-clés : potentiel évoqué vestibulaire, vHIT, stimulation calorique vestibulaire, test de la fonction vestibulaire, vieillissement</p>
	<p>Introduction</p> <p>- augmentation du risque de chute venant d'une perte d'équilibre ayant des conséquences sur le système de santé et sur la santé de la population. Les informations vestibulaires jouent un rôle majeur dans l'équilibre. Le système vestibulaire est localisé dans l'oreille interne, composée de 3 canaux semi-circulaires (CSC) (antérieur, latéral, postérieur) détectant les accélérations angulaires de la tête et de 2 organes otolithiques (utricle et saccule) détectant les accélérations linéaires. Les informations du CSC postérieur et du saccule se projettent sur les voies vestibulaires centrales par le nerf vestibulaire inférieur alors que les informations de l'utricle et des CSC latéral et antérieur utilisent le nerf vestibulaire supérieur.</p> <p>L'intégrité de ces structures vestibulaires est indispensable pour un équilibre normal.</p> <p>Le vieillissement diminue les structures vestibulaires dont les otoconies des organes otolithiques, les cellules ciliées vestibulaires de l'ampoule, les neurones du ganglion de Scarpa ou encore les neurones vestibulaires.</p> <p>1. Evaluation complète du système vestibulaire</p> <p>- potentiel évoqué vestibulaire : évalue la fonction otolithique - stimulation calorique : évaluation clinique vestibulaire à l'air ou l'eau chaude et froide - le video head impulse test (vHIT) : évaluation des 6 CSC - une caméra infra-rouge détecte les mouvements de la pupille - le gain est calculé en comparant les vitesses de la tête et des yeux pendant les mouvements de la tête rapides dans le plan de chacun des CSC - le vHIT donne des informations sur les CSC à partir du gain du réflexe vestibulo-oculaire (VOR)</p>

	<p>- le vHIT est très sensibles aux erreurs de calibration</p> <p>2. Effets du vieillissement et techniques d'évaluation vestibulaires</p> <p><u>évaluation des fonctions des CSC :</u></p> <p>- <i>vieillessement et épreuve calorique</i> : des études ont montré une augmentation significative des réponses pour les classes d'âge moyen suivi d'une lente diminution de ces réponses avec l'augmentation de l'âge pour la stimulation chaude</p> <p>- <i>vieillessement et vHIT</i> : pour les sujets sains le gain VOR est compris entre 0,8 et 1,2. Les études sur l'effet de l'âge sur le vHIT ont seulement montré un effet mineur. Un mouvement de tête plus rapide peut mettre en lumière une différence significative après 70 ans. Le déclin du gain par dizaine d'année est d'environ 0,012 par dizaine. Une différence significative du gain VOR est seulement trouvé à partir de 90 ans. Des auteurs ont montré que l'âge n'influence pas la réponse au vHIT des CSC antérieurs et que les gains des CSC postérieur ne diminuent que très peu avec l'âge.</p> <p>3. Discussion</p> <p>Comprendre les résultats des différentes évaluations dans le cadre du vieillissement normal est crucial pour diagnostiquer correctement un désordre vestibulaire. Malgré de bonnes connaissances des effets du vieillissement sur le système vestibulaire périphérique, les effets du vieillissement normal sur l'évaluation vestibulaire est encore un domaine largement contesté.</p> <p>Le vHIT est la méthode de choix pour évaluer les CSC vestibulaires dans une population âgée malgré que certaines précautions soient nécessaires à respecter comme les douleurs de nuque. Les résultats du vHIT apparaissent comme étant indépendant du vieillissement normal sauf pour les CSC postérieurs qui montrent une légère diminution du gain VOR avec l'augmentation de l'âge.</p> <p>Conclusion : Le vHIT est un des outils d'évaluation de l'effet du vieillissement sur le système vestibulaire préférable au test calorique pour évaluer les CSC.</p>
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<p>- <u>intérêts</u> : cet article permet de faire le point sur les différentes méthodes employées dans l'évaluation vestibulaire avec un apport sur l'effet du vieillissement au niveau vestibulaire</p> <p>- <u>limites</u> : les mécanismes de vieillissement et les déficits vestibulaires associés ne sont pas clairement identifiés</p>

AUTEUR	Leigh A. McGarvie, Hamish G. MacDougall, G. Michael Halmagyi, Ann M. Burgess, Konrad P. Weber, Ian S. Curthoys
TITRE	<i>Le Video Head Impulse Test (vHIT) des fonctions du canal semi-circulaire – valeurs normales du gain VOR chez les sujets sains en fonction de l'âge</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article scientifique
SOURCE (revue, éditeur)	Frontiers in neurology, volume 6, n° 154
DATE DE PARUTION	2015
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	11 pages (p.1-11)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Introduction</p> <p>14. Matériel et méthode Sujets Enregistrement du mouvement des yeux Horizontal vHIT Vertical vHIT Traitement des données Analyse statistique</p> <p>15. Résultat Horizontal</p> <p>16. Discussion Sélection des sujets Age et fonction vestibulaire Différentes directions Nécessité d'une vitesse élevée dans les tests cliniques Déficit vestibulaire bilatéral Limites de l'étude</p> <p>conclusion</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une « presbyvestibulie » ? »	<p>Mots-clés : vestibulaire ; reflexe vestibulo-oculaire ; VOR ; vHIT ; HIT ; test d'impulsion de la tête ; équilibre ; perte vestibulaire bilatéral</p> <p>Introduction : Le VHIT a été validé pour identifier un déficit sur les canaux semi-circulaires (CSC) horizontaux, et plus récemment étendu aux CSC verticaux. La mesure de performance des CSC est basée sur le gain VOR. L'article étudie les limites de la détermination d'une valeur seuil du gain VOR chez des sujets sains que sont : le faible nombre de sujet, la non prise en compte de la vitesse de la tête et l'effet de l'âge sur le gain. Il rappelle l'importance de la vitesse de la tête dans l'évaluation : lorsque la vitesse augmente le gain VOR diminue. Cependant chez les patients avec un déficit bilatéral, ce dernier se manifeste même à faible vitesse par compensation de la vitesse des yeux et saccades correctives. Il est donc recommandé que la vitesse de la tête soit supérieure à 150°/s.</p> <p>1. Matériel et méthode :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>sujets</u> : sujets sains, de 10 à 90 ans. Il leur est demandé de fixer une cible pendant que l'opérateur réalise des mouvements de tête d'amplitude, vitesse et direction imprévisibles. - <u>enregistrement du mouvement des yeux</u> : Il est réalisé à différentes vitesses de mouvement de tête. - <u>horizontal VHIT</u> : l'expérimentateur à l'aide de ses deux mains réalise

	<p>des rotations horizontales avec la tête du sujet</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>vertical VHIT</u> : les yeux sont placés dans le soin de l'orbite par rotation de la tête de 30 à 40° à droite ou à gauche en fonction de si on teste le plan RALP ou LARP. - <u>traitement des données</u> : On calcul un gain de position contrairement au gain de vitesse normalement calculé. <p>2. Résultats :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>horizontal</u> : l'étude montre que pour les sujets les plus jeunes, le gain VOR des CSC est d'environ 1,0 pour de faible vitesse et qu'il diminue peu lorsque la vitesse augmente. La variation du gain VOR avec la vitesse est plus sensible pour les CSC verticaux avec un gain VOR qui diminue plus vite avec l'augmentation de la vitesse de la tête. Le gain VOR quelque soit la vitesse diminue peu avec l'âge. <p>Le facteur vitesse est significatif. Pour les CSC horizontal et antérieur le facteur direction est significatif. Pour tous les CSC on a une légère diminution du gain VOR à partir de 80 ans.</p> <p>Le gain est proche de 1,0 pour les CSC horizontaux et inférieur à 1 pour les CSC antérieur et postérieur.</p> <p>3. Discussion :</p> <p>L'âge n'est pas un facteur statistiquement significatif dans cet échantillon de sujet sain jusqu'à leur 80 ans, sauf une légère diminution du gain VOR avec l'âge pour les CSC postérieurs.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>âge et fonction vestibulaire</u> : évidente perte de récepteurs vestibulaires et afférences primaires avec l'âge, ce qui suggère une diminution du VOR avec l'âge. <p>Le VOR est contrôlé par le cervelet et des recherches ont montré l'importance de ce dernier dans la « réparation » du déficit du RVO. Ce qui expliquerait le faible impact de l'âge révélé dans cette étude.</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>différentes directions</u> : cette étude montre un faible mais significatif impact de la direction. - <u>nécessité d'une vitesse élevée dans les tests cliniques</u> : afin de tester les CSC une vitesse élevée est nécessaire - <u>déficit vestibulaire bilatéral</u> : avec une perte bilatérale pas de vertiges rotatoires mais sensation d'instabilité. <p>Conclusion</p> <p>Ces valeurs normatives de gain VOR de position peuvent ainsi servir de comparaison pour des sujets pathologiques. Et ce gain VOR ne semble pas être affecté par l'âge.</p>
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<ul style="list-style-type: none"> - <u>intérêt</u> : étude de l'impact et de l'importance de différents facteurs sur le RVO, étude de l'impact de l'âge - <u>limites</u> : le gain VOR est un gain de position contrairement au gain VOR calculé dans notre étude qui est un gain de vitesse, la population étudiée est une population saine

AUTEUR	Benjamin Mossman, Stuart Mossman, Gordon Purdie and Erich Schneider
TITRE	<i>Age dependent normal horizontal VOR gain of head impulse test as measured with video-oculography</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article scientifique
SOURCE (revue, éditeur)	Journal of otolaryngology head and neck surgery, vol 44, n°29
DATE DE PARUTION	2015
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	8 pages (p1 à 8)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Résumé</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Etat des lieux 2. Méthodes Procédure expérimentale Analyse des données 3. Résultats 4. Discussion <p>Conclusion</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « Le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une « presbyvestibulie » ? »	<p>Mots-clés : test d'impulsion de la tête, réflexe vestibulo-oculaire horizontal, canaux semi-circulaires, mouvement des yeux</p>
	<p>1. Etat des lieux :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le test d'impulsion horizontal de la tête est un outil clinique reconnu pour tester le réflexe vestibulo-oculaire horizontal - le sujet fixe un objet pendant que l'expérimentateur imprime des mouvements de tête dans le plan horizontal et les mouvements des yeux sont enregistrés pour identifier les saccades : si le réflexe vestibulo-oculaire est normal les yeux doivent rester fixés sur la cible pendant les rotations de la tête. Si il existe un déficit significatif sur l'un des canaux semi-circulaires, la réponse du VOR ipsilatérale sera inadéquate et on pourra observer une saccade significative. - la vidéo-oculographie permet un enregistrement quantitatif des mouvements des yeux et de la tête lors du test HIT et une mesure quantitative du déficit du gain VOR → distinguer les sujets normaux et anormaux <p>Les saccades : covert saccades (apparaissent pendant le mouvement de la tête, non identifiables cliniquement) et overt saccades (apparaissent après le mouvement de la tête, identifiables cliniquement)</p> <p>Avantages du VHIT : examen peu invasif, réglages simples, disponible tout de suite pour le clinicien</p> <p>Technologie : utilise une caméra compacte haute vitesse reliée à un logiciel informatique pour enregistrer le mouvement des pupilles. On calcule un gain = vitesse instantanée des yeux / vitesse instantanée de la tête.</p>

	<p>2. Méthode :</p> <p>Procédure expérimentale : les sujets sont assis à 1,5m d'une cible à niveau des yeux → instructions données : garder les yeux ouverts pour ne pas obscurcir la pupille, maintenir une nuque détendue et ne pas aider le mouvement de la tête, maintenir le regard fixé sur la cible pendant le test. Pendant ce temps l'examineur applique des mouvements de rotation de tête rapides et imprévisibles (vitesse entre 150 et 300°/s)</p> <p>Analyse des données : Le but principal de cette étude était d'évaluer la relation entre le gain VOR horizontal et l'âge.</p> <p>3. Résultats :</p> <p>La moyenne du gain VOR horizontal à droite comme à gauche à 80ms est de 0,97 et de 0,94 à droite comme à gauche à 60ms. Le gain du VOR horizontal diminue de 0,012 à 80ms tous les 10 ans, et de 0,017 à 60ms tous les 10 ans. Pour les patients de moins de 70 ans, le gain du VOR horizontal était toujours d'environ 0,80 à 80ms et d'environ 0,76 à 60ms.</p> <p>4. Discussion :</p> <p>Dans cette étude, le gain du VOR horizontal diminue de 0,012 et 0,017 respectivement à 80 et 60ms. Une accélération adéquate de la tête de 2300°/seconde à 5900°/seconde, permet d'être sûr de détecter un déficit vestibulaire pour les hautes fréquences. Et de 150°/s à 300°/s pour les mouvements de faible amplitude.</p> <p>Conclusion générale : La moyenne du gain VOR horizontal pour 60 sujets normaux était de 0,97 à 80ms et 0,94 à 60ms. Malgré une variation significative du gain du VOR horizontal avec l'âge, ces changements sont mineurs avec une perte de 0,012 à 80ms et de 0,017 à 60 ms tous les 10 ans.</p>
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<ul style="list-style-type: none"> - <u>intérêt</u> : cet article permet de définir les deux types de saccades, d'apporter des éléments sur ce qu'est le VHIT et de voir s'il existe un impact de l'âge sur le gain VOR horizontal. - <u>limites</u> : cet article ne parle que du gain VOR horizontal, il ne parle pas de l'anatomie propre de l'oreille interne.

AUTEUR	Toupet M, Ohresser M, Branchereau B, L'heritier A, Matha N
TITRE	<i>Vertiges et troubles auditifs chez l'adulte</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article de recherche
SOURCE (revue, éditeur)	Encycl. Méd. Chir. (Elsevier, Paris)
DATE DE PARUTION	1999
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	10 pages (1-10)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Résumé</p> <p>17. Vertiges Généralités Rappels anatomo-physiologiques Examen du patient vertigineux</p> <p>18. Troubles auditifs Impédancimétrie Audiométrie tonale Audiométrie vocale Otoémissions acoustiques provoquées Potentiels évoqués auditifs</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « Le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une « presbyvestibulie » ? »	<p>Mots-clés : examen clinique, saccades, presbyvestibulie, canaux semi-circulaires, physiologie vestibulaire</p>
	<p>1. Vertiges :</p> <p>- <u>généralités</u> : le symptôme « vertige » est un motif très fréquent de consultation ; on aperçoit la difficulté du diagnostic cette pathologie dont l'aspect multi sensoriel, plaçant le vertige aux confins de plusieurs spécialités</p> <p>- <u>rappels anatomophysiologiques</u> :</p> <p>→ appareil vestibulaire</p> <p>- 3 CSC orthogonaux situés dans les trois plans de l'espace</p> <p>- 2 organes otolithiques : utricule et saccule</p> <p>- dans le labyrinthe : liquide endolymphatique</p> <p>- chacun des 3 CSC possède une partie renflée = ampoule qui contient la cupule. Cette dernière occupe toute la lumière de l'ampoule et contient les cils des cellules sensorielles.</p> <p>- lors de mouvement rotatoires (angulaires) de la tête les liquides endolymphatiques vont pousser la cupule stimulant ainsi les cellules sensorielles</p> <p>- utricule et saccule = capteur de l'accélération linéaire dans les trois plans de l'espace (force de pesanteur et mouvements linéaires). Présence de cristaux appelés otholites, servant de masse inertielle aux cellules sensorielles les rendant plus sensibles aux accélérations linéaires.</p> <p>→ convergence multi sensorielle bulbaire</p> <p>Les neurones vestibulaires du complexe nucléaire bulbaire sont des neurones vestibulaires de 2^{ème} ordre, 80% reçoivent des afférences multi sensorielles.</p> <p>→ physiologie vestibulaire</p> <p>- le système vestibulaire est organisé en « miroir » : lors d'un mouvement de la tête, un des 3 CSC est stimulé tandis que son homologue controlatéral, coplanaire est inhibé</p>

	<p>→ physiologie de la compensation</p> <ul style="list-style-type: none"> - en cas de destruction d'un vestibule, le sujet se plaint d'un très grand vertige rotatoire déclenché par une asymétrie d'activité entre les côtés droit et gauche - si le déficit persiste, les signes vont s'amender au fil des jours par une compensation vestibulaire centrale → difficulté de diagnostic car en cas de compensation on peut ne pas retrouver de signes cliniques habituels du déficit vestibulaire - examen clinique : <p>→ analyse des mouvements oculaires</p> <ul style="list-style-type: none"> - recherche d'un nystagmus en vidéonystagmoscopie infra rouge - Head shaking test : après avoir secoué la tête du sujet on mesure le nystagmus qui battra du côté opposé au déficit vestibulaire. - signe d'Hamalgyi : mouvement de rotation de la tête du patient vers la droite et vers la gauche en lui demandant de nous regarder fixement dans un œil. Cette manœuvre de doit pas entraîner l'apparition de saccades = petits mouvements de refixation pour maintenir le regard du patient sur la cible. Ces saccades sont observées en cas de déficit vestibulaire. Elle marque une asymétrie entre les deux oreilles internes qui apparaît pour une accélération de $100^\circ/s^2$ <p>→ examen de la fonction vestibulo-spinale</p> <p>test de Romberg, test de marche aveugle, test de Fukuda</p> <p>→ épreuve calorique</p> <p>stimulation calorique bi thermique des deux oreilles, à l'eau ou à l'air, apprécie la réflexivité labyrinthique droite et gauche</p> <p>→ déséquilibre du sujet âgé : presbyvestibulie et presbytaxie</p> <ul style="list-style-type: none"> - bien souvent aucun élément médical n'est retenu pour expliquer cette déficience du sens de l'équilibre - le vieillissement vestibulaire peut s'effectuer aussi bien au niveau des otolithes qu'au niveau de la composition chimique des liquides labyrinthiques, ou au niveau des cellules sensorielles elles-mêmes et de leur vascularisation et des voies et centres nerveux qui participent au système vestibulaire <p>traitement associé à une rééducation de l'équilibre</p>
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<ul style="list-style-type: none"> - <u>intérêts</u> : permet de faire un état des lieux de l'appareil vestibulaire, des tests diagnostics qu'il existe, évoque la presbyvestibulie

AUTEUR	Dr Eric ULMER			
TITRE	<i>Comment objectiver la presbyvestibulie ?</i>			
TYPE DE DOCUMENT	périodique			
SOURCE (revue, éditeur)	Le journal faxé de l'ORL, Regifax			
DATE DE PARUTION	2007			
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	1 page			
PLAN DE L'ARTICLE	Rappels physio-anatomiques Analogie presbyvestibulie / presbyacousie Objectiver une presbyvestibulie Conclusion			
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « Le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une « presbyvestibulie » ? »	Mots-clés : presbyvestibulie ; presbyacousie ; vestibule ; fréquence ; Head Impulse Test ; gain VOR ; âge			
	Définition de la presbyvestibulie : altération progressive de l'efficacité du réflexe vestibulo-oculaire (VOR) en rapport avec l'âge Rappels physio-anatomiques : Cochlée et vestibule = deux mécanorecepteurs sensibles à la vibration : - acoustique pour la cochlée - mécanique pour le vestibule			
	Analogie presbyvestibulie / presbyacousie			
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PRESBYVESTIBULIE</th> <th>PRESBYACOUSIE</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>- basses fréquences = stabilité des images sur la rétine dépend de la vision - hautes fréquences = cela ne dépend plus que du vestibule</td> <td>- déficit plus marqué sur les fréquences les plus aiguës - explique en partie la plainte des personnes âgées de ne pas comprendre - distinction des basses et des hautes fréquences</td> </tr> </tbody> </table>	PRESBYVESTIBULIE	PRESBYACOUSIE	- basses fréquences = stabilité des images sur la rétine dépend de la vision - hautes fréquences = cela ne dépend plus que du vestibule
PRESBYVESTIBULIE	PRESBYACOUSIE			
- basses fréquences = stabilité des images sur la rétine dépend de la vision - hautes fréquences = cela ne dépend plus que du vestibule	- déficit plus marqué sur les fréquences les plus aiguës - explique en partie la plainte des personnes âgées de ne pas comprendre - distinction des basses et des hautes fréquences			
	Objectiver une presbyvestibulie Etudier les réponses vestibulaires en distinguant les basses des hautes fréquences - tests de haute fréquence : HST (Head Shaking Test) et vibreur → incapacité à la recherche d'une presbyvestibulie car cette dernière est bilatérale alors que les tests sont unilatéraux Cependant dès que le test à haute fréquence est capable de mesurer le gain VOR montre qu'il y a une diminution de celui-ci avec l'âge - <u>test de basses et de moyenne fréquence</u> : épreuve calorique et pendulaire n'objectivent pas non plus la presbyvestibulie Conclusion L'objectivation de la presbyvestibulie sera donc permise par le développement des dispositifs d'analyse quantifiée des réponses à haute fréquence. Cela permettra d'apprécier l'effet de l'âge sur la fonction vestibulaire			
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	- <u>intérêt</u> : cet article fait parti des rares articles qui évoquent le terme de « presbyvestibulie » - <u>limites</u> : Dans cet article on ne parle pas du VHIT qui est l'outil			

	diagnostic utilisé pour notre recherche clinique
--	--

AUTEUR	Raymond van de Berg, Mark van Tilburg, Herman Kingma
TITRE	<i>Bilateral Vestibular Hypofunction: Challenges in Establishing the Diagnosis in Adults</i>
TYPE DE DOCUMENT	Revue scientifique
SOURCE (revue, éditeur)	Journal of otolaryngology head and neck surgery, vol 77, n°4
DATE DE PARUTION	2015
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	21 pages (p.197-218)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Résumé</p> <p>19. Introduction désordre vestibulaire et diagnostic qu'est-ce que l'hypo fonction vestibulaire bilatérale (BVH)</p> <p>20. Défis dans l'établissement du diagnostic de BVH défi un : reconnaître l'impact du BVH défi deux : reconnaître les symptômes du BVH défi trois : quantifier le BVH défi quatre : établir le diagnostic de BVH</p> <p>21. Le futur dans le diagnostic du BVH</p> <p>Conclusion</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « Le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une « presbyvestibulie » ? »	<p>Mots-clés : hypofonction vestibulaire bilatérale ; vestibulopathie bilatérale ; aréflexie vestibulaire bilatérale ; déficit vestibulaire bilatéral ; implant vestibulaire ; prothèse vestibulaire ; HIT ; test calorique ; teste chaise rotatoire ; réflexe vestibulo-oculaire</p> <p>1. Introduction</p> <p>→ troubles vestibulaires et diagnostic</p> <ul style="list-style-type: none"> - les vertiges affectent 36% de la population - les difficultés de diagnostic viennent du fait qu'1/3 des patients consultent plus d'un spécialiste pour leur trouble - or un diagnostic erroné peut entraîner une aggravation du trouble ou une chronicité de ce dernier - l'hypofonction vestibulaire bilatérale (BVH) est sous évaluée voire non diagnostiquée <p>→ qu'est ce que le BVH</p> <ul style="list-style-type: none"> - diminution ou absence de fonction des deux organes vestibulaires, des nerfs ou des deux - cela entraîne une insuffisance ou une perte des fonctions vestibulaires majeures comme : stabilisation du regard, contrôle postural et orientation spatiale - les symptômes les mieux connus sont : vision trouble/floue, déséquilibre chronique, instabilité postural, et perte d'orientation spatiale - le BVH provient d'un déficit combiné ou isolé des canaux semi-circulaires et/ou organes otolithiques - l'une des causes est la presbyvestibulie

2. Défis de l'établissement du diagnostic de BVH

→ premier challenge : reconnaître l'impact du BVH

- son impact est encore controversé
- bien que tous les effets sur les différents aspects de la vie ne soient pas encore bien définis, il est évident que l'impact du BVH est significatif sur la vie
- d'après le DHI : le handicap du au BVH est sévère pour 44% des patients et modéré pour 41% des patients
- l'impact du BVH revêt une dimension fonctionnel et émotionnelle : 55% des patients ne vont plus à l'école ou au travail et 75% sont déstabilisés
- le BVH augmente également le risque de chute

→ deuxième challenge : reconnaître les symptômes du BVH

- les symptômes des troubles vestibulaires ne sont pas toujours reconnus par les patients et les médecins
- le vertige ne peut pas être le signe pathognomonique du BVH
- les principaux symptômes du BVH sont les suivants :
 - oscillopsie (perte de la vision périphérique) : absence ou perte du VOR qui permet normalement de stabiliser le regard en compensant les rotations de la tête. Ainsi dans le BVH, les yeux bougent avec la tête ce qui oblige les patients à utiliser les saccades. Les patients auront donc une vision trouble lors des mouvements de la tête à haute fréquence. Cela concerne 25 à 86% des patients souffrant d'un BVH. Cependant ce trouble de la vision ne peut pas être corrélé uniquement à une perte ou une absence du VOR.
 - instabilité : plainte fréquente des patients souffrant de BVH. Notons que le contrôle postural et l'orientation spatiale dépendent du vestibule. Dans le BVH on a une diminution du réflexe vestibulospinal ce qui affectent les réactions rapides et la détection de la gravité. (++) transports, et augmente le risque de chute)
 - déficits cognitifs : difficulté de concentration, fatigue ... cela est lié aux compensations mises en place par le patient. Un des signes : les patients arrête de marcher quand il se met à parler.

→ troisième challenge : quantifier le BVH

- le diagnostic de BVH est un challenge car :
 - chaque test a ses limitations en terme de sensibilité, spécificité, observance, coût, durée
 - troubles variés
 - difficulté de différencier les résultats des différents tests entre les patients atteints et les patients sains
 - peu de corrélation entre les mesures des tests et les plaintes des patients
 - les différents tests :
 - HIT : test permettant de tester tous les CSC par des mouvements avec une haute accélération de la tête. Le sens de rotation de la tête dépend du CSC que l'on souhaite tester. Si on a une hypo fonction vestibulaire on trouvera des saccades. On peut compléter par une vidéo-oculographie → VHIT. Une caméra infra-rouge permet d'enregistrer les mouvements des yeux et un accéléromètre enregistre les mouvements de la tête.
- les exigences : haute accélération (1,00-6,00°/s²), rapide (100-200°/s),

	<p>faible amplitude (10-20°) de rotation de tête artefacts : sangle lâche, mauvaise calibration, enregistrement perdu de la pupille, clignements, inattention du patient, rebond induit par l'examineur</p> <p>Il faut porter attention aux saccades préprogrammée « covert saccades » qui peuvent apparaître et son invisible pour l'examineur à l'œil nu. Le VHIT permet de traquer les saccades.</p> <p>Le VOR est idéalement calculé par le pic de vitesse des yeux divisé par le pic de vitesse de la tête. Le mieux est de savoir interpréter les données brutes sans utiliser le logiciel pour le calcul du gain VOR.</p> <p>interprétation correcte : HIT fournit un stimulus pour obtenir le gain VOR qui est différent de celui obtenu dans les autres tests.</p> <p>Attention un gain VOR normal n'exclut pas un déficit vestibulaire.</p> <ul style="list-style-type: none"> - test calorique : évaluation à basse fréquence des CSC horizontaux uniquement contrairement au HIT - chaise rotatoire - potentiel évoqué vestibulaire <p>→ quatrième challenge : établir le diagnostic de BVH</p> <ul style="list-style-type: none"> - établir un diagnostic clair est impossible en ce qui concerne 40% des patients souffrant de vertiges <p>3. Le futur dans le diagnostic du BVH</p> <ul style="list-style-type: none"> - en ce qui concerne le VHIT, il est nécessaire de définir l'interprétation du tracé, la quantification n'est pas toujours possible et le thérapeute ne peut pas compter seulement sur le logiciel <p>Conclusion</p> <p>Les défis dans l'étude du BVH sont nombreux face au manque de diagnostic standardisé afin d'établir une interprétation des tests vestibulaires.</p>
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<ul style="list-style-type: none"> - <u>intérêt</u> : apporte les symptômes, les différents examens et les répercussions fonctionnelles des troubles vestibulaires - <u>limites</u> : ne pose pas la question du vieillissement

AUTEUR	L.E. Walther and M. Westhofen
TITRE	<i>Presbyvertigo-aging of otoconia and vestibular sensory cells</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article scientifique
SOURCE (revue, éditeur)	Journal of Vestibular Research n° 17
DATE DE PARUTION	2007
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	4 pages (p.89-92)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Résumé</p> <p>22. Introduction</p> <p>23. Processus de vieillissement des otoconies : études animales</p> <p>24. Processus de vieillissement des otoconies : études animales</p> <p>25. Changement de l'épithélium sensoriel avec l'âge</p> <p>26. Tests de la fonction vestibulaire dans les troubles de l'équilibre liés à l'âge</p> <p>27. Aspects thérapeutiques des désordres vestibulaires chez les personnes âgées</p> <p>28. Conclusion</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « Le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une « presbyvestiblie » ? »	<p>Mots-clés : personnes âgées ; troubles de l'équilibre ; presbyvestiblie ; otoconies ; cellules ciliées ; vieillissement</p> <p>1. Introduction</p> <p>- Les troubles de l'équilibre limitent la qualité de vie - le vieillissement touche le noyau vestibulaire et le nerf vestibulaire ainsi que les organes vestibulaires. Cela entraîne un déséquilibre analogue à la presbyacousie du système cochléaire.</p> <p>3. Processus de vieillissement des otoconies : études animales</p> <p>- le nombre et le volume d'otoconies diminuent avec l'âge aussi bien dans les saccules que dans l'utricule. Cette diminution est plus importante au niveau des saccules et est associée à une dislocation des otoconies.</p> <p>4. Changement de l'épithélium sensoriel avec l'âge</p> <p>- dégénération des cellules ciliées avec l'avancée de l'âge - le nombre de cellules ciliées reste stable jusqu'à environ 70 ans avant de diminuer progressivement - 21% de réduction des cellules ciliées de 70 à 95 ans dans l'utricule - 24% de réduction des cellules ciliées de 70 à 92 ans dans les saccules - cette diminution des cellules ciliées est plus marquée au niveau de l'ampoule que de la macule : 40% de réduction pour l'ampoule. Cette diminution est uniforme dans la macule contrairement à une diminution irrégulière au niveau de l'ampoule. - accumulation de lipofuscine dans les cellules sensorielles et les cellules de soutien vestibulaire - déformation des cils des cellules ciliées</p> <p>5. Tests de la fonction vestibulaire dans les troubles de</p>

	<p style="text-align: center;"><u>l'équilibre liés à l'âge</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - diminution de la fonction vestibulaire avec l'âge évaluée différemment en fonction des études : <ul style="list-style-type: none"> - Mallison et Longridge : pas de diminution des réponses au test calorique avec l'augmentation de l'âge - Van Der Lann et Oosterveld : changement de la réponse calorique avec l'avancée de l'âge - de récentes études ont montré une diminution de la fonction vestibulaire avec l'âge par el bais de réflexes autre que le VOR de la macula ou de la voie vestibulo spinale - les sujets âgés ont une atténuation de la réponse du nerf sympathique par rapport à une population plus jeune lorsque les otoconies sont concernées <p style="text-align: center;">6. <u>Aspects thérapeutiques des désordres vestibulaires chez les personnes âgées</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - Le traitement médical améliore les sensations des personnes dans différentes situations L'ajout de la physiothérapie garantie un encore meilleur score de qualité de vie. - L'entraînement physique permet d'améliorer les performances neuromusculaires tels que la coordination ou le temps de réaction et ca grâce à une plasticité du système nerveux central - les personnes souffrant d'instabilité ont 10 fois plus de risques de tomber que ceux qui n'en souffrent pas - l'entraînement diminuerait de 50% le nombre de chute ce qui se traduit par une considérable économie du point de vue socio-économique <p style="text-align: center;">7. <u>Conclusion</u></p> <p>La « presbyvestibulie » est causée par des modifications des otoconies et des cellules sensorielles liées à l'âge. Les cellules ciliées de type I et II diminuent chez l'homme avec l'augmentation de l'âge. Ces processus correspondent au vieillissement « normal » de l'être humain.</p>
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<ul style="list-style-type: none"> - <u>intérêts</u> : apporte des éléments sur les processus de vieillissement du système vestibulaire, met en relation les troubles de l'équilibre et le vieillissement des structures - <u>limites</u> : peu de lien mis en évidence entre le vieillissement des structures et organes vestibulaires et une diminution potentielle du gain VOR

AUTEUR	Yang C.J., Lee J.Y., Kang B.C., Lee H.S., Yoo M.H., and Park H.J.
TITRE	<i>Quantitative analysis of gains and catch-up saccades of video-head impulse testing by age in normal subjects</i>
TYPE DE DOCUMENT	Article scientifique
SOURCE (revue, éditeur)	Clinical Otolaryngology
DATE DE PARUTION	2015
NOMBRE DE PAGES (n° de pages)	16 pages (p.1-16)
PLAN DE L'ARTICLE	<p>Résumé</p> <p>29. Sujets et méthodes sujets considérations éthiques VHIT paramètres analyse statistique</p> <p>30. Résultats</p> <p>31. Discussion synthèse des principaux résultats comparaison avec d'autres études application clinique</p> <p>Points clés</p>
ELEMENTS DE L'ARTICLE EN LIEN AVEC LA PROBLEMATIQUE : « Le canalogramme résultant du VHIT peut-il être évocateur d'une «presbyvestibulie » ? »	<p>Mots-clés : video head impulse test (VHIT), saccades, gain, âge, réflexe vestibulo-oculaire</p>
	<p>Le réflexe vestibulo-oculaire (VOR) fonctionne afin de stabiliser les images sur la rétine pendant les mouvements de la tête en bougeant les yeux dans une direction opposée à celle de la tête à la même vitesse gain VOR = relation entre le mouvement de la tête et des yeux En cas d'hypo fonction vestibulaire, il y a apparition de saccades. Ce sont des mouvements des yeux qui compensent les mouvements oculaires ayant des facultés affaiblies afin de stabiliser le regard. Elles peuvent être invisibles, covert saccades, ou visible, overt saccades, et apparaissent avant ou après le mouvement de la tête. Le Video Head Impulse Test (VHIT) peut enregistrer les mouvements des yeux et de la tête, déterminant le gain VOR aussi bien que les apparitions temporelles et l'amplitude des saccades en lien avec les mouvements de la tête.</p> <p>3. Discussion <i>comparaison avec d'autres études</i> : Le gain VOR peut être calculé de différentes manières :</p> <ul style="list-style-type: none"> - rapport des accélérations des yeux sur celles de la tête - rapport de la vitesse des yeux sur celle de la tête - ratio de l'aire sous la courbe de la vitesse des yeux divisée par l'aire sous la courbe de la vitesse de la tête <p>Différents facteurs sont à prendre en compte lors de l'interprétation du gain au VHIT : les sujets normaux ont un gain qui diminue lorsque l'accélération de la tête augmente ; la vitesse des saccades est reliée à la vitesse des impulsions de la tête : si la vitesse de la tête augmente, la fréquence des saccades ainsi que leur vitesse augmentent. Il est recommandé que la vitesse de la tête soit de 150-200°/s.</p>

	<p>L'étude montre que le gain moyen du VHIT est proche de 1,0 pour les sujets normaux de leurs 20 ans à leur 60 ans. Les études antérieures ont montrés que le gain VOR reste stable jusqu'à 70 ans et diminue ensuite. Il n'y a pas de différence significative dans la prévalence des saccades à travers les classes d'âge.</p> <p>Les saccades apparaissent plus fréquemment chez les sujets de plus de 71 ans par rapport à ceux de moins de 70 ans suggérant que les processus normaux de vieillissement devraient être pris en compte dans l'évaluation des sujets âgés au-delà de 70 ans.</p> <p><i>application clinique</i> : Il semble que le gain VOR ainsi que les saccades soient indépendantes de l'âge.</p> <p>Points clés :</p> <ul style="list-style-type: none"> - le VHIT est un outil permettant d'enregistrer les mouvements des yeux et de la tête pour déterminer le gain du réflexe vestibulo-oculaire et la présence ainsi que l'amplitude des overts et covertes saccades. - pour les sujets normaux le gain était proche de 1,0 pour tous les groupes d'âge ce qui suggère que les critères d'un gain VHIT anormal sont indépendants de l'âge.
COMMENTAIRE OU QUESTIONNEMENT SECONDAIRE	<ul style="list-style-type: none"> - <u>intérêt</u> : cet article nous permet de comprendre comment se calcule le gain VOR, explique le phénomène de saccades et étudie l'impact de l'âge - <u>limites</u> : cet article ne décrit pas le vieillissement des fonctions vestibulaires

8. Annexe

Annexe 1 : Glossaire

Annexe 2 : Demande d'autorisation écrite des patients

Annexe 3 : Questionnaire Dizziness Handicap Inventory (DHI)

Annexe 4 : Attestation de production d'autorisations écrites du patient et de son médecin en vue de la rédaction du travail écrit

Annexe 5 : Tableau récapitulatif des données recensées pour l'étude

Annexe 6 : Tableaux des données utilisées pour les tests de Student

Annexe 7 : Tableau du test de Student de comparaison des moyennes des gains VOR moyens entre le groupe test et le groupe témoin

Annexe 8 : Tableaux du test de Student de comparaison des moyennes des gains VOR moyens au sein du groupe test sans distinction de latéralité

Annexe 9 : Tableaux du test de Student de comparaison des moyennes des gains VOR moyens au sein du groupe test avec distinction de latéralité

Annexe 10 : Présentation des données par classe d'âge

Annexe 11 : Tableau du test de Student de comparaison des moyennes du score au DHI entre le groupe test et le groupe témoin

Annexe 12 : Tableau du test de corrélation de Pearson entre le score au DHI et le gain VOR moyen au VHIT pour chacun des six canaux semi-circulaires dans chacun des deux groupes

ANNEXE 1 : Glossaire

- **accélération angulaire** : augmentation de la vitesse autour d'un axe central
- **CAD** : canal semi-circulaire antérieur droit
- **CAG** : canal semi-circulaire antérieur gauche
- **CLD** : canal semi-circulaire latéral droit
- **CLG** : canal semi-circulaire latéral gauche
- **CPD** : canal semi-circulaire postérieur droit
- **CPG** : canal semi-circulaire postérieur gauche
- **DHI** : Dizziness Handicap Inventory
- **gain VOR** : rapport de la vitesse angulaire des yeux sur la vitesse angulaire de la tête
- « **presbyvestibulie** » : vieillissement du labyrinthe postérieur
- **VHIT** : Video Head Impulse Test
- **VOR** : Vestibulo-ocular reflex, en français réflexe vestibulo-oculaire

ANNEXE 2 : Autorisation écrite des patients

Je soussigné :

Autorise,

Madame, Mademoiselle, Monsieur

Étudiant(e) en kinésithérapie de l'Institut de Formation en Masso-kinésithérapie Université Claude Bernard Lyon1 – ISTR à utiliser pour son travail écrit les informations relevant de mon dossier médical ou bien issues du bilan diagnostique kinésithérapique me concernant, sous réserve du respect des règles déontologiques d'anonymat et garantie du secret professionnel, sous forme écrite et informatique.

Uniquement pour les photographies en rapport avec la rééducation de la face :

Je donne mon accord sans réserve, ni recours possible pour la publication des photos dans le cadre du travail écrit du D.E.

Autorisation remise à l'intéressé(e) pour servir ce que valoir de droit.

Le

Signature :

ANNEXE 3 : Questionnaire Dizziness Handicap Inventory

DIZZINESS HANDICAP INVENTORY (Français)

	Oui	Parfois	Non
1P. Est-ce que votre problème s'aggrave quand vous regardez vers le haut?			
2E. Vous sentez-vous frustré(e) par votre problème?			
3F. À cause de votre problème, limitez-vous vos voyages pour votre travail ou vos vacances?			
4P. Est-ce que votre problème s'aggrave quand vous marchez dans l'allée au supermarché?			
5F. À cause de votre problème, avez-vous de la difficulté à vous coucher ou à vous relever du lit?			
6F. Est-ce que votre problème vous oblige à limiter sérieusement votre participation à des activités sociales, comme des sorties au restaurant ou au cinéma, des soirées de danse ou des "partys"?			
7F. À cause de votre problème, avez-vous de la difficulté à lire?			
8P. Est-ce que votre problème s'aggrave quand vous entreprenez des activités relativement ambitieuses comme les sports, la danse, ou des tâches ménagères comme balayer ou ranger la vaisselle?			
9E. À cause de votre problème, avez-vous peur de sortir de chez vous sans être accompagné(e)?			
10E. À cause de votre problème, vous êtes-vous déjà trouvé(e) dans une situation embarrassante en présence d'autres personnes?			
11P. Est-ce que votre problème s'aggrave quand vous bougez rapidement la tête?			
12F. Évitez-vous les hauteurs à cause de votre problème?			
13P. Est-ce que votre problème s'aggrave quand vous vous tournez dans votre lit?			
14F. À cause de votre problème, est-ce que vous trouvez difficile de faire des travaux d'entretien dans la maison ou sur votre terrain?			
15E. À cause de votre problème, avez-vous peur que les gens pensent que vous avez consommé de l'alcool ou de la drogue?			
16F. À cause de votre problème, trouvez-vous difficile d'aller faire une marche seul(e)?			
17P. Est-ce que votre problème s'aggrave quand vous marchez sur le trottoir?			
18E. À cause de votre problème, avez-vous de la difficulté à vous concentrer?			
19F. À cause de votre problème, avez-vous de la difficulté à marcher dans la maison dans l'obscurité?			
20E. À cause de votre problème, avez-vous peur de rester seul(e) à la maison?			
21E. Vous sentez-vous handicapé(e) à cause de votre problème?			
22E. Est-ce que votre problème rend plus difficiles vos relations avec votre famille ou vos amis?			
23E. Êtes-vous déprimé(e) à cause de votre problème?			
24F. Est-ce que votre problème nuit à votre travail ou à vos responsabilités familiales?			
25P. Est-ce que votre problème s'aggrave quand vous vous penchez?			

ANNEXE 4 : Attestation de production d'autorisations écrites du patient et de son médecin en vue de la rédaction du travail écrit



Annexe IV : Attestation de production d'autorisations écrites Du patient et de son médecin en vue de la rédaction du travail écrit

Je soussigné : Christophe PETITNICOLAS.....représentant la direction
pédagogique de l'Institut de Formation en Masso-kinésithérapie Université Claude Bernard
Lyon1 – ISTR,

Atteste que

Madame, Mademoiselle, Monsieur BRULEY JUSTINE.....
Étudiant(e) en kinésithérapie de l'Institut de Formation en Masso-kinésithérapie Université
Claude Bernard Lyon1 – ISTR a présenté les pièces justificatives montrant le suivi de la
procédure de demande d'autorisations écrites visant au respect des règles déontologiques
d'anonymat et garantie du secret professionnel, sous forme écrite et informatique.

Autorisation remise à l'intéressé(e) pour servir ce que valoir de droit.

Le 27/04/16

Signature et tampon :



ANNEXE 5 : Tableau récapitulatif des données recensées pour l'étude

N°	GROUPE TEST								
	âge	sexe	score DHI	gain VOR moyen CAD	gain VOR moyen CAG	gain VOR moyen CLD	gain VOR moyen CLG	gain VOR moyen CPD	gain VOR moyen CPG
1	72	F	40	0,90	0,99	0,97	0,96	0,52	0,21
2	88	F	56	0,81	0,80	0,43	0,38	0,35	0,41
3	67	F	56	0,92	1,00	0,81	0,56	0,45	0,40
4	77	F	48	1,03	1,01	0,74	0,77	0,46	0,18
5	88	F	34	1,04	1,04	0,67	0,72	0,25	0,26
6	74	F	20	0,91	1,00	0,61	0,67	0,52	0,51
7	86	F	60	0,96	0,86	0,46	0,58	0,05	0,05
8	89	H	24	0,92	0,94	0,73	0,63	0,41	0,35
9	83	H	15	1,07	1,07	1,09	1,01	0,55	0,55
10	82	F	42	1,00	0,98	0,83	0,83	0,56	0,55
11	80	H	32	0,81	0,95	0,94	0,85	0,60	0,53
12	64	F	38	0,99	0,96	0,79	0,74	0,65	0,61
13	84	F	48	0,95	0,93	0,65	0,57	0,26	0,17
14	77	H	34	1,01	1,06	0,70	0,74	0,63	0,60
15	63	H	26	1,00	1,11	0,95	1,02	0,48	0,59
16	84	F	54	0,71	0,84	0,49	0,52	0,45	0,41
17	54	F	32	0,97	1,05	0,71	0,71	0,55	0,56
18	84	F	56	0,86	0,73	0,39	0,50	0,07	0,06
19	63	H	56	0,03	0,10	0,03	0,17	0,05	0,31
20	84	F	32	0,88	0,94	0,75	0,68	0,63	0,60
21	81	H	42	0,85	0,84	0,50	0,57	0,05	0,17
22	69	H	32	1,11	1,04	1,07	1,02	0,42	0,41
23	84	F	30	0,87	0,89	0,96	0,95	0,61	0,66
24	68	F	32	1,04	1,04	0,99	1,05	0,56	0,44
25	88	H	42	1,07	1,12	0,57	0,74	0,55	0,52
26	68	H	34	0,97	0,90	0,87	0,97	0,48	0,26
27	86	F	32	0,98	1,08	0,81	0,94	0,33	0,43
28	64	H	48	0,94	0,95	0,29	0,41	0,25	0,29
29	67	F	38	1,08	1,11	0,62	0,59	0,50	0,49
30	62	H	32	1,16	1,11	1,03	1,09	0,29	0,52
31	88	F	52	0,99	1,03	0,35	0,60	0,30	0,34
32	79	H	34	0,94	0,88	0,67	0,67	0,21	0,27
33	82	F	32	1,07	1,12	1,01	1,01	0,62	0,59
34	65	F	42	0,97	1,05	0,58	0,49	0,22	0,30
35	75	H	28	1,11	1,10	0,85	0,87	0,63	0,52
36	74	H	48	1,12	1,09	0,58	0,54	0,44	0,49
37	85	F	28	0,95	0,95	0,85	0,90	0,73	0,67
38	75	F	30	0,85	0,84	0,90	0,93	0,42	0,57
39	73	F	42	1,03	0,88	0,91	0,97	0,29	0,45
40	88	F	46	0,12	0,02	0,16	0,03	0,02	0,05

41	81	H	42	1,14	1,05	0,73	0,74	0,64	0,48
42	64	F	30	1,02	1,01	0,85	0,79	0,68	0,69
43	77	F	36	1,16	1,08	0,99	1,02	0,43	0,51
44	88	F	32	0,95	0,91	0,96	0,96	0,58	0,55
45	60	F	30	0,92	0,94	0,92	0,81	0,61	0,56
46	83	H	52	1,16	1,13	0,97	0,92	0,03	0,09
47	74	F	40	0,86	0,92	0,73	0,70	0,06	0,13
48	67	F	30	0,92	0,86	1,06	1,03	0,60	0,47
49	69	F	38	1,14	1,11	0,91	1,02	0,50	0,42
50	68	F	36	1,04	1,01	0,91	1,00	0,32	0,31
51	64	H	32	1,12	1,09	0,82	0,94	0,66	0,61
52	74	H	30	1,12	1,04	0,87	0,94	0,66	0,61
53	84	F	36	0,99	1,04	0,87	0,92	0,59	0,62
54	75	H	44	0,91	0,94	0,94	0,97	0,50	0,40
55	86	F	28	0,86	0,87	0,77	0,76	0,65	0,6
56	65	F	32	0,94	1,05	0,84	0,95	0,45	0,47
57	76	H	55	0,94	0,94	0,94	0,97	0,47	0,4
58	89	F	52	0,85	1,06	0,47	0,53	0,38	0,36
59	65	F	28	0,94	0,92	0,98	0,99	0,49	0,53
60	51	H	35	1	1,05	0,72	0,71	0,41	0,43
61	86	F	27	0,95	0,95	0,91	0,9	0,7	0,67
62	70	F	20	1,06	1,16	0,9	0,93	0,75	0,75
63	66	F	22	1,1	1,07	0,89	0,91	0,72	0,71
64	50	F	18	1,05	1,13	1,02	1,1	0,64	0,61
65	78	H	44	1,04	1,13	1,09	1,13	0,45	0,39
66	75	F	28	1,02	0,99	0,88	1,05	0,7	0,66
67	78	H	34	0,94	1,07	0,85	0,84	0,54	0,52
68	51	H	48	1,08	1,05	0,75	0,69	0,46	0,44
69	72	F	20	0,87	0,93	0,87	0,86	0,31	0,24
70	75	F	25	1,02	1,08	0,98	1,05	0,52	0,48
71	62	F	30	0,91	0,91	0,86	0,98	0,46	0,54
72	80	H	32	0,93	0,86	0,56	0,66	0,49	0,41
73	83	F	30	0,76	0,74	0,72	0,68	0,44	0,48
74	70	H	28	1,02	1,07	0,94	0,91	0,63	0,57
75	68	F	32	1,06	1,05	0,88	0,86	0,66	0,69
76	77	H	52	0,74	0,73	0,37	0,47	0,33	0,32
77	72	F	34	0,87	0,92	0,65	0,66	0,54	0,5
78	72	F	28	0,79	0,84	0,67	0,7	0,42	0,44
79	84	H	28	0,84	1,07	0,98	1,03	0,31	0,42
80	85	F	38	1,14	1,19	0,59	0,68	0,47	0,44
81	71	H	16	1,08	1,09	0,87	0,92	0,53	0,53
82	83	F	18	1,08	1,16	0,85	0,9	0,58	0,63
83	67	F	16	1,05	1,13	0,9	0,95	0,66	0,68
84	70	F	22	0,83	0,88	0,79	0,83	0,51	0,41
85	81	F	32	0,9	0,8	0,65	0,61	0,51	0,4
86	82	H	28	0,95	1	0,6	0,58	0,51	0,49
87	68	H	24	0,98	0,94	0,9	0,88	0,65	0,55

88	72	F	36	0,7	0,63	0,45	0,5	0,12	0,05
89	85	F	12	1,14	1,19	0,68	0,7	0,39	0,6
90	78	F	52	0,76	0,69	0,51	0,26	0,05	0,05
91	80	H	33	0,93	0,86	0,49	0,61	0,48	0,66
92	87	F	18	0,98	0,99	0,84	0,96	0,52	0,58
93	70	F	18	1,07	1,05	0,88	0,9	0,69	0,71
94	81	F	36	0,98	1,02	0,89	0,8	0,63	0,67
95	77	H	22	0,87	1,05	0,52	0,59	0,32	0,43
96	75	F	10	0,78	0,83	0,68	0,76	0,41	0,38
97	73	H	10	1,06	1,06	0,97	0,87	0,7	0,68
98	71	H	8	1,07	1,15	0,84	1	0,37	0,18
99	64	F	16	0,74	0,73	0,37	0,47	0,33	0,43
100	88	F	50	0,98	1,01	0,65	0,79	0,36	0,34
101	82	H	8	1,08	1,02	0,7	0,79	0,67	0,67
102	73	H	50	1,08	1,13	0,94	0,92	0,6	0,64
103	86	H	26	0,9	1	0,88	1,03	0,66	0,6
104	82	F	24	1,12	1,12	0,69	0,75	0,66	0,65
105	70	H	60	1,06	1,07	0,34	0,46	0,39	0,36
106	81	F	20	0,86	1,02	0,38	0,77	0,19	0,06
107	79	H	28	0,8	0,94	0,78	0,85	0,49	0,47
108	73	F	12	0,87	0,99	0,74	0,87	0,49	0,55
109	82	H	48	0,95	1	0,6	0,61	0,58	0,51
110	78	H	34	0,74	0,73	0,27	0,47	0,33	0,43
111	72	F	34	0,97	0,99	0,9	0,98	0,61	0,52
112	75	F	4	0,92	1	0,66	0,68	0,43	0,44
113	90	F	42	0,94	0,94	0,77	0,78	0,45	0,53
114	80	H	72	1,01	0,97	0,94	0,96	0,61	0,74

N°	GROUPE TEMOIN								
	âge	sexe	score DHI	gain VOR moyen CAD	gain VOR moyen CAG	gain VOR moyen CLD	gain VOR moyen CLG	gain VOR moyen CPD	gain VOR moyen CPG
1	50	F	2	1,05	1,07	0,80	1,05	0,84	1,01
2	65	F	4	1,05	0,58	0,76	0,85	0,64	0,76
3	64	F	5	1,14	0,72	0,82	0,72	0,84	0,92
4	78	F	3	0,77	0,90	0,98	1,01	1,05	0,87
5	65	F	2	0,96	1,00	0,87	0,92	0,90	0,95
6	58	F	6	0,81	0,80	0,74	0,71	0,82	0,84
7	87	F	4	0,92	0,86	1,01	0,98	0,81	0,78
8	62	H	3	1,06	0,98	1,06	0,84	0,87	0,81
9	64	H	2	0,70	0,79	0,93	0,99	0,83	0,82
10	73	F	1	0,77	0,78	0,82	0,83	0,75	0,76
11	69	H	2	1,05	1,02	0,96	0,93	0,96	0,96
12	69	F	7	0,88	1,00	0,92	0,86	0,92	0,87
13	70	F	1	0,96	1,12	0,92	0,84	0,85	0,88
14	87	H	1	0,89	0,95	0,70	0,78	0,70	0,69
15	82	H	4	1,06	0,94	0,98	1,01	0,60	0,74
16	73	F	1	0,73	0,63	0,89	0,85	0,94	0,94
17	65	F	0	0,89	0,91	0,83	0,97	0,73	0,83
18	50	F	0	1,06	1,00	0,99	1,01	0,96	0,91
19	80	H	0	0,65	0,81	0,61	0,91	0,85	0,82
20	87	F	0	1,01	1,07	0,94	1,01	0,83	0,87
21	69	H	0	1,01	1,08	0,81	0,85	0,93	0,85
22	73	H	2	0,90	0,74	0,92	1,06	0,71	0,79
23	68	F	2	1,00	1,03	0,80	0,84	0,96	1,06
24	88	F	3	0,85	0,92	0,71	0,68	0,72	0,89
25	79	H	3	0,99	0,88	0,92	1,02	0,88	0,93
26	85	H	4	0,55	0,73	0,69	0,70	0,65	0,51
27	90	F	3	0,98	0,91	0,99	1,02	0,96	0,90
28	82	H	3	0,88	0,94	0,88	0,71	0,92	0,74
29	79	H	2	0,82	0,86	0,93	0,91	0,86	0,82
30	86	F	2	1,00	0,96	0,93	0,97	0,79	0,92
31	79	H	1	0,96	0,92	0,97	0,97	0,78	0,77
32	59	F	2	1,16	0,99	1,01	1,04	0,98	0,86
33	68	H	1	0,99	1,03	0,92	0,92	0,91	0,86
34	57	F	4	0,90	0,63	0,91	0,83	0,88	0,88
35	78	F	5	1,06	1,15	1,00	1,00	0,99	0,96
36	57	H	5	0,94	1,01	0,97	0,90	0,89	0,90
37	58	H	4	0,85	0,84	0,98	1,01	0,90	0,88
38	86	F	0	0,77	0,88	0,86	0,84	0,99	0,88
39	76	F	7	0,89	0,89	0,91	0,91	0,98	0,76
40	56	F	2	0,82	0,92	0,95	0,94	0,84	0,92
41	68	F	1	0,98	0,95	0,93	1,00	0,82	0,82
42	60	H	3	1,02	1,17	0,95	0,98	0,97	0,96
43	74	F	2	0,94	1,04	0,93	0,92	0,82	0,87
44	70	F	4	1,02	0,94	0,94	0,98	1,06	0,92

45	71	F	5	0,85	0,89	0,91	0,94	0,95	0,95
46	69	F	6	0,91	1,00	0,88	0,98	0,83	0,84
47	83	H	3	1,04	1,04	1,13	1,02	0,85	0,95
48	87	F	4	0,96	0,98	0,91	0,88	0,85	0,84
49	59	H	7	0,91	0,87	0,83	0,88	0,78	0,84
50	67	H	6	0,95	0,92	1,04	1,04	0,88	1,10
51	77	H	6	0,88	0,84	0,86	0,84	0,88	0,86
52	54	H	4	0,82	0,59	0,83	0,68	0,66	0,76
53	52	H	2	0,86	0,91	0,93	0,94	0,81	0,80
54	59	H	3	0,69	0,70	0,76	0,80	0,35	0,49
55	57	H	5	1,03	0,88	0,72	0,86	0,69	0,67

ANNEXE 6 : Tableaux des données utilisées pour les tests de Student

GROUPE TEST								
	âge	score DHI	gain VOR moyen CAD	gain VOR moyen CAG	gain VOR moyen CLD	gain VOR moyen CLG	gain VOR moyen CPD	gain VOR moyen CPG
MOYENNE	75,47	33,70	0,95	0,97	0,75	0,79	0,47	0,46
ECART TYPE	7,40	9,96	0,11	0,11	0,17	0,17	0,14	0,13
VARIANCE	54,81	99,13	0,011	0,012	0,029	0,029	0,019	0,018
n	114							

GROUPE TEMOINS								
	âge	score DHI	gain VOR moyen CAD	gain VOR moyen CAG	gain VOR moyen CLD	gain VOR moyen CLG	gain VOR moyen CPD	gain VOR moyen CPG
MOYENNE	70,51	2,98	0,92	0,91	0,89	0,91	0,84	0,85
ECART TYPE	9,36	1,58	0,10	0,10	0,08	0,08	0,09	0,08
VARIANCE	87,523	2,507	0,009	0,010	0,006	0,007	0,008	0,006
n	55							

ANNEXE 7 : Tableau du test de Student de comparaison des moyennes des gains VOR moyens entre le groupe test et le groupe témoin

H0 : les moyennes des gains VOR moyens ne sont pas différentes						
H1 : les moyennes des gains VOR moyens sont différentes (bilatéral) / La moyenne des gains VOR moyens des sujets tests est supérieur/inférieur à celle des sujets témoins						
$\alpha=0,05$						
Données comparées	gain VOR moyen CAD	gain VOR moyen CAG	gain VOR moyen CLD	gain VOR moyen CLG	gain VOR moyen CPD	gain VOR moyen CPG
différence des moyennes entre test et témoin	0,03	0,06	0,14	0,12	0,38	0,39
racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets des deux groupes	0,016405018	0,017158171	0,019319377	0,019511235	0,017664985	0,016307127
Valeur observée	1,888341677	3,571796076	7,271046523	6,285749904	21,38002555	23,92247656
Valeur seuil bilatéral	1,96					
Valeur seuil unilatéral	1,645					
Conclusion	(unilatéral) On rejette H0, le gain VOR moyen CAD des sujets tests est significativement supérieur à celui des sujets témoins	On rejette H0, le gain VOR moyen CAG des sujets tests est significativement supérieur à celui des sujets témoins	On rejette H0, le gain VOR moyen CLD des sujets tests est significativement inférieur à celui des sujets témoins	On rejette H0, le gain VOR moyen CLG des sujets tests est significativement inférieur à celui des sujets témoins	On rejette H0, le gain VOR moyen CPD des sujets tests est significativement inférieur à celui des sujets témoins	On rejette H0, le gain VOR moyen CPG des sujets tests est significativement inférieur à celui des sujets témoins
Degré de signification	P<0,03	P<<0,01	P<<0,01	P<<0,01	P<<0,01	P<<0,01
Degré de signification bilatérale	p<0,06	idem	idem	idem	idem	idem

ANNEXE 8 : Tableaux du test de Student de comparaison des moyennes des gains VOR moyens au sein du groupe test sans distinction de latéralité

tableau récapitulatif des données utilisées pour le test de Student

	canaux antérieurs droit et gauche	canaux latéraux droit et gauche	canaux postérieurs droit et gauche
moyenne	0,96	0,77	0,46
écart type	0,163983777	0,210222382	0,173063634
variance	0,02712865	0,044584542	0,030216075

tableaux présentant les tests de Student réalisés

Comparaison des moyennes des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires postérieurs et des latéraux	
H0 = les moyennes sont égales	
H1 = moyenne des postérieurs < à la moyenne des latéraux	
différence des moyennes	0,305789474
racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	0,025558859
différence des moyennes / racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets : valeur observée	11,96412869
valeur seuil unilatéral	1,645
La valeur observée est supérieur à la valeur seuil. Nous rejetons H0 et acceptons H1 : la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires postérieurs est significativement inférieur à la moyenne des gains VOR des canaux semi-circulaires latéraux ($p << 0,01$)	

Comparaison des moyennes des gains VOR moyens canaux semi-circulaires antérieur et des latéraux	
H0 = les moyennes sont égales	
H1 = moyenne des latéraux est < à la moyenne des antérieurs	
différence des moyennes	0,19118537
racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	0,025025824
différence des moyennes / racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets : valeur observée	7,63952336
valeur seuil unilatéral	1,645
La valeur observée est supérieur à la valeur seuil. Nous rejetons H0 et acceptons H1 : la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires latéraux est significativement inférieur à la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires antérieurs ($p << 0,01$)	

ANNEXE 9 : Tableaux du test de Student de comparaison des moyennes des gains VOR moyens au sein du groupe test avec distinction de latéralité

tableau récapitulatif des données utilisées pour le test de Student

	DROITE			GAUCHE		
	gain VOR moyen CAD	gain VOR moyen CLD	gain VOR moyen CPD	gain VOR moyen CAG	gain VOR moyen CLG	gain VOR moyen CPG
moyenne	0,95	0,75	0,47	0,97	0,79	0,46
écart type	0,160707	0,211983	0,175747	0,166638	0,207200	0,170291
variance	0,026055	0,045334	0,031160	0,028014	0,043312	0,029256

tableaux présentant les tests de Student réalisés pour les canaux semi-circulaires droits

Comparaison des moyennes des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires postérieur droit et latéral droit	
H0 = les moyennes sont égales	
H1 = moyenne des postérieurs droits < à la moyenne des latéraux droit	
différence des moyennes	0,286842105
racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	0,025903766
différence des moyennes / racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets : valeur observée	11,07337456
valeur seuil	1,645
<p style="text-align: center;">La valeur observée est supérieur à la valeur seuil : nous rejetons H0 et acceptons H1. La moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires postérieurs droits est significativement inférieur à la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires latéraux droits dans le groupe test. p<<0,01</p>	

Comparaison des moyennes des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires antérieur droit et latéral droit	
H0 = les moyennes sont égales	
H1 = moyenne des antérieurs droits > à la moyenne des latéraux droit	
différence des moyennes	0,197814004
racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	0,025024504
différence des moyennes / racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	7,904812023
valeur seuil	1,645
<p style="text-align: center;">La valeur observée est supérieure à la valeur seuil : nous rejetons H0 et acceptons H1 : la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires antérieurs droits est supérieur à la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires latéraux droits dans le groupe test p<<0,01</p>	

tableaux présentant les tests de Student réalisés pour les canaux semi-circulaires gauches

Comparaison des moyennes des gains VOR moyen des canaux semi-circulaires postérieur gauche et latéral gauche	
H0 = les moyennes sont égales	
H1 = moyenne des postérieurs gauches < à la moyenne des latéraux gauches	
différence des moyennes	0,324736842
racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	0,025230077
différence des moyennes / racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	12,87102061
valeur seuil	1,645
La valeur observée est supérieur à la valeur seuil : nous rejetons H0 et acceptons H1. La moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires postérieurs gauches est significativement inférieur à la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires latéraux gauche dans le groupe test $p << 0,01$	

Comparaison des moyennes des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires antérieur gauche et latéral gauche	
H0 = les moyennes sont égales	
H1 = moyenne des antérieurs gauches > à la moyenne des latéraux gauches	
différence des moyennes	0,184473684
racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	0,025013321
différence des moyennes / racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets	7,375017612
valeur seuil	1,645
La valeur observée est supérieure à la valeur seuil : nous rejetons H0 et acceptons H1 : la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires antérieurs gauches est supérieur à la moyenne des gains VOR moyens des canaux semi-circulaires latéraux gauches dans le groupe test $p << 0,01$	

ANNEXE 10 : Présentation des données par classe d'âge

classe d'âge	GROUPE TEST								
	âge	sexe	score DHI	gain VOR moyen CAD	gain VOR moyen CAG	gain VOR moyen CLD	gain VOR moyen CLG	gain VOR moyen CPD	gain VOR moyen CPG
[50-65]	50	F	18	1,05	1,13	1,02	1,1	0,64	0,61
	51	H	35	1	1,05	0,72	0,71	0,41	0,43
	51	H	48	1,08	1,05	0,75	0,69	0,46	0,44
	54	F	32	0,97	1,05	0,71	0,71	0,55	0,56
	60	F	30	0,92	0,94	0,92	0,81	0,61	0,56
	62	H	32	1,16	1,11	1,03	1,09	0,29	0,52
	62	F	30	0,91	0,91	0,86	0,98	0,46	0,54
	63	H	26	1,00	1,11	0,95	1,02	0,48	0,59
	63	H	56	0,03	0,10	0,03	0,17	0,05	0,31
	64	F	38	0,99	0,96	0,79	0,74	0,65	0,61
	64	H	48	0,94	0,95	0,29	0,41	0,25	0,29
	64	F	30	1,02	1,01	0,85	0,79	0,68	0,69
	64	H	32	1,12	1,09	0,82	0,94	0,66	0,61
	64	F	16	0,74	0,73	0,37	0,47	0,33	0,43
	65	F	42	0,97	1,05	0,58	0,49	0,22	0,30
	65	F	32	0,94	1,05	0,84	0,95	0,45	0,47
	65	F	28	0,94	0,92	0,98	0,99	0,49	0,53
[66-77]	66	F	22	1,1	1,07	0,89	0,91	0,72	0,71
	67	F	56	0,92	1,00	0,81	0,56	0,45	0,40
	67	F	38	1,08	1,11	0,62	0,59	0,50	0,49
	67	F	30	0,92	0,86	1,06	1,03	0,60	0,47
	67	F	16	1,05	1,13	0,9	0,95	0,66	0,68
	68	F	32	1,04	1,04	0,99	1,05	0,56	0,44
	68	H	34	0,97	0,90	0,87	0,97	0,48	0,26
	68	F	36	1,04	1,01	0,91	1,00	0,32	0,31
	68	F	32	1,06	1,05	0,88	0,86	0,66	0,69
	68	H	24	0,98	0,94	0,9	0,88	0,65	0,55
	69	H	32	1,11	1,04	1,07	1,02	0,42	0,41
	69	F	38	1,14	1,11	0,91	1,02	0,50	0,42
	70	F	20	1,06	1,16	0,9	0,93	0,75	0,75
	70	H	28	1,02	1,07	0,94	0,91	0,63	0,57
	70	F	22	0,83	0,88	0,79	0,83	0,51	0,41
	70	F	18	1,07	1,05	0,88	0,9	0,69	0,71
	70	H	60	1,06	1,07	0,34	0,46	0,39	0,36
	71	H	16	1,08	1,09	0,87	0,92	0,53	0,53
	71	H	8	1,07	1,15	0,84	1	0,37	0,18
72	F	40	0,90	0,99	0,97	0,96	0,52	0,21	
72	F	20	0,87	0,93	0,87	0,86	0,31	0,24	
72	F	34	0,87	0,92	0,65	0,66	0,54	0,5	

[66-77]	72	F	28	0,79	0,84	0,67	0,7	0,42	0,44
	72	F	36	0,7	0,63	0,45	0,5	0,12	0,05
	72	F	34	0,97	0,99	0,9	0,98	0,61	0,52
	73	F	42	1,03	0,88	0,91	0,97	0,29	0,45
	73	H	10	1,06	1,06	0,97	0,87	0,7	0,68
	73	H	50	1,08	1,13	0,94	0,92	0,6	0,64
	73	F	12	0,87	0,99	0,74	0,87	0,49	0,55
	74	F	20	0,91	1,00	0,61	0,67	0,52	0,51
	74	H	48	1,12	1,09	0,58	0,54	0,44	0,49
	74	F	40	0,86	0,92	0,73	0,70	0,06	0,13
	74	H	30	1,12	1,04	0,87	0,94	0,66	0,61
	75	H	28	1,11	1,10	0,85	0,87	0,63	0,52
	75	F	30	0,85	0,84	0,90	0,93	0,42	0,57
	75	H	44	0,91	0,94	0,94	0,97	0,50	0,40
	75	F	28	1,02	0,99	0,88	1,05	0,7	0,66
	75	F	25	1,02	1,08	0,98	1,05	0,52	0,48
	75	F	10	0,78	0,83	0,68	0,76	0,41	0,38
	75	F	4	0,92	1	0,66	0,68	0,43	0,44
	76	H	55	0,94	0,94	0,94	0,97	0,47	0,4
	77	F	48	1,03	1,01	0,74	0,77	0,46	0,18
	77	H	34	1,01	1,06	0,70	0,74	0,63	0,60
	77	F	36	1,16	1,08	0,99	1,02	0,43	0,51
77	H	52	0,74	0,73	0,37	0,47	0,33	0,32	
77	H	22	0,87	1,05	0,52	0,59	0,32	0,43	
[78-90]	78	H	44	1,04	1,13	1,09	1,13	0,45	0,39
	78	H	34	0,94	1,07	0,85	0,84	0,54	0,52
	78	F	52	0,76	0,69	0,51	0,26	0,05	0,05
	78	H	34	0,74	0,73	0,27	0,47	0,33	0,43
	79	H	34	0,94	0,88	0,67	0,67	0,21	0,27
	79	H	28	0,8	0,94	0,78	0,85	0,49	0,47
	80	H	32	0,81	0,95	0,94	0,85	0,60	0,53
	80	H	32	0,93	0,86	0,56	0,66	0,49	0,41
	80	H	33	0,93	0,86	0,49	0,61	0,48	0,66
	80	H	72	1,01	0,97	0,94	0,96	0,61	0,74
	81	H	42	0,85	0,84	0,50	0,57	0,05	0,17
	81	H	42	1,14	1,05	0,73	0,74	0,64	0,48
	81	F	32	0,9	0,8	0,65	0,61	0,51	0,4
	81	F	36	0,98	1,02	0,89	0,8	0,63	0,67
	81	F	20	0,86	1,02	0,38	0,77	0,19	0,06
	82	F	42	1,00	0,98	0,83	0,83	0,56	0,55
	82	F	32	1,07	1,12	1,01	1,01	0,62	0,59
	82	H	28	0,95	1	0,6	0,58	0,51	0,49
	82	H	8	1,08	1,02	0,7	0,79	0,67	0,67
	82	F	24	1,12	1,12	0,69	0,75	0,66	0,65
82	H	48	0,95	1	0,6	0,61	0,58	0,51	
83	H	15	1,07	1,07	1,09	1,01	0,55	0,55	

[78-90]	83	H	52	1,16	1,13	0,97	0,92	0,03	0,09
	83	F	30	0,76	0,74	0,72	0,68	0,44	0,48
	83	F	18	1,08	1,16	0,85	0,9	0,58	0,63
	84	F	48	0,95	0,93	0,65	0,57	0,26	0,17
	84	F	54	0,71	0,84	0,49	0,52	0,45	0,41
	84	F	56	0,86	0,73	0,39	0,50	0,07	0,06
	84	F	32	0,88	0,94	0,75	0,68	0,63	0,60
	84	F	30	0,87	0,89	0,96	0,95	0,61	0,66
	84	F	36	0,99	1,04	0,87	0,92	0,59	0,62
	84	H	28	0,84	1,07	0,98	1,03	0,31	0,42
	85	F	28	0,95	0,95	0,85	0,90	0,73	0,67
	85	F	38	1,14	1,19	0,59	0,68	0,47	0,44
	85	F	12	1,14	1,19	0,68	0,7	0,39	0,6
	86	F	60	0,96	0,86	0,46	0,58	0,05	0,05
	86	F	32	0,98	1,08	0,81	0,94	0,33	0,43
	86	F	28	0,86	0,87	0,77	0,76	0,65	0,6
	86	F	27	0,95	0,95	0,91	0,9	0,7	0,67
	86	H	26	0,9	1	0,88	1,03	0,66	0,6
	87	F	18	0,98	0,99	0,84	0,96	0,52	0,58
	88	F	56	0,81	0,80	0,43	0,38	0,35	0,41
	88	F	34	1,04	1,04	0,67	0,72	0,25	0,26
	88	H	42	1,07	1,12	0,57	0,74	0,55	0,52
	88	F	52	0,99	1,03	0,35	0,60	0,30	0,34
	88	F	46	0,12	0,02	0,16	0,03	0,02	0,05
	88	F	32	0,95	0,91	0,96	0,96	0,58	0,55
	88	F	50	0,98	1,01	0,65	0,79	0,36	0,34
	89	H	24	0,92	0,94	0,73	0,63	0,41	0,35
	89	F	52	0,85	1,06	0,47	0,53	0,38	0,36
90	F	42	0,94	0,94	0,77	0,78	0,45	0,53	

	GROUPE TEMOIN								
classes d'âge	âge	sexe	score DHI	gain VOR moyen CAD	gain VOR moyen CAG	gain VOR moyen CLD	gain VOR moyen CLG	gain VOR moyen CPD	gain VOR moyen CPG
[50-65]	50	F	2	1,05	1,07	0,80	1,05	0,84	1,01
	50	F	0	1,06	1,00	0,99	1,01	0,96	0,91
	52	H	2	0,86	0,91	0,93	0,94	0,81	0,80
	54	H	4	0,82	0,59	0,83	0,68	0,66	0,76
	56	F	2	0,82	0,92	0,95	0,94	0,84	0,92
	57	F	4	0,90	0,63	0,91	0,83	0,88	0,88
	57	H	5	0,94	1,01	0,97	0,90	0,89	0,90
	57	H	5	1,03	0,88	0,72	0,86	0,69	0,67
	58	F	6	0,81	0,80	0,74	0,71	0,82	0,84
	58	H	4	0,85	0,84	0,98	1,01	0,90	0,88
	59	F	2	1,16	0,99	1,01	1,04	0,98	0,86
	59	H	7	0,91	0,87	0,83	0,88	0,78	0,84
	59	H	3	0,69	0,70	0,76	0,80	0,35	0,49
	60	H	3	1,02	1,17	0,95	0,98	0,97	0,96
	62	H	3	1,06	0,98	1,06	0,84	0,87	0,81
	64	F	5	1,14	0,72	0,82	0,72	0,84	0,92
	64	H	2	0,70	0,79	0,93	0,99	0,83	0,82
	65	F	4	1,05	0,58	0,76	0,85	0,64	0,76
65	F	2	0,96	1,00	0,87	0,92	0,90	0,95	
65	F	0	0,89	0,91	0,83	0,97	0,73	0,83	
[66-77]	67	H	6	0,95	0,92	1,04	1,04	0,88	1,10
	68	F	2	1,00	1,03	0,80	0,84	0,96	1,06
	68	H	1	0,99	1,03	0,92	0,92	0,91	0,86
	68	F	1	0,98	0,95	0,93	1,00	0,82	0,82
	69	H	2	1,05	1,02	0,96	0,93	0,96	0,96
	69	F	7	0,88	1,00	0,92	0,86	0,92	0,87
	69	H	0	1,01	1,08	0,81	0,85	0,93	0,85
	69	F	6	0,91	1,00	0,88	0,98	0,83	0,84
	70	F	1	0,96	1,12	0,92	0,84	0,85	0,88
	70	F	4	1,02	0,94	0,94	0,98	1,06	0,92
	71	F	5	0,85	0,89	0,91	0,94	0,95	0,95
	73	F	1	0,77	0,78	0,82	0,83	0,75	0,76
	73	F	1	0,73	0,63	0,89	0,85	0,94	0,94
	73	H	2	0,90	0,74	0,92	1,06	0,71	0,79
	74	F	2	0,94	1,04	0,93	0,92	0,82	0,87
76	F	7	0,89	0,89	0,91	0,91	0,98	0,76	
77	H	6	0,88	0,84	0,86	0,84	0,88	0,86	
[78-90]	78	F	3	0,77	0,90	0,98	1,01	1,05	0,87
	78	F	5	1,06	1,15	1,00	1,00	0,99	0,96
	79	H	3	0,99	0,88	0,92	1,02	0,88	0,93
	79	H	2	0,82	0,86	0,93	0,91	0,86	0,82

79	H	1	0,96	0,92	0,97	0,97	0,78	0,77
80	H	0	0,65	0,81	0,61	0,91	0,85	0,82
82	H	4	1,06	0,94	0,98	1,01	0,60	0,74
82	H	3	0,88	0,94	0,88	0,71	0,92	0,74
83	H	3	1,04	1,04	1,13	1,02	0,85	0,95
85	H	4	0,55	0,73	0,69	0,70	0,65	0,51
86	F	2	1,00	0,96	0,93	0,97	0,79	0,92
86	F	0	0,77	0,88	0,86	0,84	0,99	0,88
87	F	4	0,92	0,86	1,01	0,98	0,81	0,78
87	H	1	0,89	0,95	0,70	0,78	0,70	0,69
87	F	0	1,01	1,07	0,94	1,01	0,83	0,87
87	F	4	0,96	0,98	0,91	0,88	0,85	0,84
88	F	3	0,85	0,92	0,71	0,68	0,72	0,89
90	F	3	0,98	0,91	0,99	1,02	0,96	0,90

ANNEXE 11 : Tableau du test de Student de comparaison des moyennes du score au DHI entre le groupe test et le groupe témoin

H0 : les moyennes des scores au DHI ne sont pas différentes	
H1 : La moyenne des scores au DHI du groupe test est supérieur/inférieur à celle du groupe témoin	
$\alpha=0,05$	
Données comparées	score DHI
différence des moyennes entre test et témoin	30,72
racine carré de la somme des variances divisées par le nombre de sujets des deux groupes	0,956624692
Valeur observée	32,11284056
Valeur seuil bilatéral	1.96
Valeur seuil unilatéral	1.645
Conclusion	On rejette H0, le score DHI des sujets tests est significativement supérieur à celui des sujets témoins
Degré de signification	$P \ll 0,01$
Degré de signification bilatérale	idem

ANNEXE 12 : Tableau du test de corrélation de Pearson entre le score au DHI et le gain VOR moyen au VHIT pour chacun des six canaux semi-circulaires dans chacun des deux groupes

TEST CORRELATION		
H0 : Le coefficient de corrélation est nul		
H1 : Le coefficient de corrélation est significativement différent de 0		
	tests	témoins
coefficient de corrélation DHI/CAD	-0,178675836	0,036078023
Valeur test	1,921853785	0,262823073
Seuil	1.96	1.96
Conclusion	On ne peut pas rejeter H0, la corrélation n'est pas significativement différente de 0. DHI et CAD ne sont pas liés par une corrélation linéaire	On ne peut pas rejeter H0, la corrélation n'est pas significativement différente de 0. DHI et CAD ne sont pas liés par une corrélation linéaire
coefficient de corrélation DHI/CAG	-0,260817563	-0,16348202
Valeur test	2,85919582	1,206397567
Seuil	1.96	1.96
Conclusion	On rejette H0, on accepte H1. DHI et CAG sont liés par une corrélation linéaire	On ne peut pas rejeter H0, la corrélation n'est pas significativement différente de 0. DHI et CAG ne sont pas liés par une corrélation linéaire
Corrélation DHI/CLD	-0,334416546	0,052483907
Valeur test	3,75534465	0,382615943
Seuil	1.96	1.96
Conclusion	On rejette H0, on accepte H1. DHI et CLD sont liés par une corrélation linéaire	On ne peut pas rejeter H0, la corrélation n'est pas significativement différente de 0. DHI et CLD ne sont pas liés par une corrélation linéaire
coefficient de corrélation DHI/CLG	-0,393225786	-0,155097008
Valeur test	4,212484801	1,142953864
Seuil	1.96	1.96
Conclusion	On rejette H0, on accepte H1. DHI et CLG sont liés par une corrélation linéaire	On ne peut pas rejeter H0, la corrélation n'est pas significativement différente de 0. DHI et CLG ne sont pas liés par une corrélation linéaire
coefficient de corrélation DHI/CPD	-0,392398751	-0,008106501
Valeur test	4,514872455	0,059018161
Seuil	1.96	1.96
Conclusion	On rejette H0, on accepte H1. DHI et CPD sont liés par une corrélation linéaire	On ne peut pas rejeter H0, la corrélation n'est pas significativement différente de 0. DHI et CPD ne sont pas liés par une corrélation linéaire
coefficient de corrélation DHI/CPG	-0,387488519	-0,015696662
Valeur test	4,448320135	0,114287506
Seuil	1.96	1.96
Conclusion	On rejette H0, on accepte H1. DHI et CPG sont liés par une corrélation linéaire	On ne peut pas rejeter H0, la corrélation n'est pas significativement différente de 0. DHI et CPG ne sont pas liés par une corrélation linéaire

