

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

**L'EFFICACITE DES TECHNIQUES DE
BIOFEEDBACK VISUEL DANS LA
REEDUCATION A LA MARCHE DE
L'HEMIPLEGIQUE VASCULAIRE**

Mémoire présenté par Margaux DELAROUÉ,
étudiante en 3^e année de masso-kinésithérapie,
en vue de l'obtention du Diplôme d'Etat de
Masseur-Kinésithérapeute 2014-2017.

SOMMAIRE

TABLE DES MATIERES

RESUME

1.	INTRODUCTION	1
2.	METHODOLOGIE DE RECHERCHE	2
2.1.	Critères PICO	2
2.2.	Mots clefs	2
2.3.	Critères d'inclusion et d'exclusion des études	2
2.3.1.	Critères d'inclusion.....	3
2.3.2.	Critères d'exclusion	3
2.4.	Sélection des articles	3
2.5.	Bases de données consultées	3
2.6.	Recherche dans les livres	4
2.7.	Evaluation de la qualité des études	4
3.	RAPPELS	4
3.1.	AVC	4
3.2.	La marche humaine	5
3.3.	La technique de biofeedback.....	7
3.4.	Le conditionnement.....	8
3.4.1.	Le conditionnement classique.....	8
3.4.2.	Le conditionnement opérant	9
3.5.	Le biofeedback visuel	11
4.	RESULTATS	12
4.1.	Sélection des études	12

4.2.	Récapitulatif des études retenues	13
5.	DISCUSSION.....	18
5.1.	Paramètres modifiant la vitesse de marche	19
5.1.1.	La vitesse (m/s).....	19
5.1.2.	Durée des phases (s)	20
5.1.3.	La cadence	20
5.2.	La longueur du pas	21
5.3.	La symétrie.....	22
5.4.	L'équilibre.....	22
5.5.	La répartition du poids du corps.....	23
5.6.	Les amplitudes articulaires.....	24
5.7.	Difficultés rencontrées	25
5.8.	Limites et biais du mémoire.....	25
6.	CONCLUSION	26

BIBLIOGRAPHIE

ANNEXES

RESUME

Objectif : Le but de ce travail est de rechercher l'efficacité des techniques de biofeedback visuel sur la marche des hémiplegiques vasculaires à travers une revue de la littérature de 2011 à nos jours.

Méthode : Les recherches sont effectuées à partir des bases de données Pubmed, PEDro, Science Direct, Em Consulte. Nous choisissons de retenir les études réalisées après 2011 sur des adultes volontaires, ayant subi un AVC. Le traitement doit inclure un biofeedback visuel et des tests sur les paramètres de la marche.

Résultats : Sur les 60 articles de départ, 27 ont été analysés et 16 sélectionnés dans notre revue. Les paramètres étudiés dans la discussion sont les paramètres modifiant la vitesse de marche, l'équilibre, la répartition du poids du corps, la longueur du pas, leur symétrie et les amplitudes articulaire.

Conclusions : Les études ont montré une certaine efficacité du biofeedback visuel sur la démarche des patients hémiplegiques vasculaires mais elles ne permettent pas d'affirmer que le biofeedback entraîne des améliorations plus importantes qu'un autre type de rééducation. De plus, les conclusions sont difficiles à fournir à cause du nombre restreint d'études, de leur faible grade et des biais de chacune de ces études.

Mots clés : AVC, démarche, feedback visuel

Keywords : stroke, gait, visual feedback

1. INTRODUCTION

Le terme « feedback » est utilisé pour la première fois dans les années 50 par Norbert Wiener. Il le définit comme étant « la façon de bien commander un ensemble en lui faisant connaître les résultats des actions en cours et donc la différence entre ces résultats et ce qui était désiré a priori » (1).

En 1983, Basmajian décrit le biofeedback comme l'utilisation d'un signal visuel ou auditif pour apporter une information externe sur une fonction physiologique interne (2).

Elle permet au patient d'apprendre à manipuler ces fonctions involontaires en manipulant les signaux grâce à un capteur externe qui enregistre les données de la fonction, les traite et envoie un signal auditif, proprioceptif ou visuel pour lui donner le résultat (échec ou réussite) de son action (1).

L'apprentissage de cette technique se fait par conditionnement grâce à la capacité du cerveau à réorganiser les interactions neuronales par une caractéristique adaptative du système nerveux, la plasticité cérébrale (3).

Le biofeedback est donc utilisé dans plusieurs domaines tels que la rééducation uro-gynécologique, la rééducation cardiaque, la rééducation respiratoire et la rééducation de l'hémiplégique.

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC) sont la deuxième cause de mortalité dans le monde. En France il y a 130000 AVC par an, il s'agit donc de la première cause de handicap acquis de l'adulte ainsi que la troisième cause de mortalité (4).

Environ 60% des patients post-AVC n'ont plus un mouvement fonctionnel normal à cause de trouble de l'équilibre, de la posture et du contrôle neuromusculaire entraînant une marche anormale (5).

Les ressources mobilisées sont très importantes : personnel médical et paramédical, séjours hospitaliers et en institutions de soins de suites et de rééducation, médicaments. Les coûts directs moyens de la prise en charge d'un AVC sur 12 mois sont de 17 799 euros (6).

Les accidents vasculaires cérébraux (AVC), de par leur fréquence, leur gravité et leur coût, constituent un véritable enjeu de santé publique. Des recherches sont actuellement en cours pour déterminer les solutions thérapeutiques pour le rétablissement des déficiences

fonctionnelles après AVC. Il est donc important d'étendre le champ d'application de diverses approches et de fournir des preuves de leur efficacité. La rétroaction visuelle, étant la technique de biofeedback la plus étudiée et la plus utilisée par les praticiens lors d'une rééducation d'un patient victime d'AVC, l'objectif de ce mémoire est donc d'analyser, dans la littérature, l'efficacité des techniques de biofeedback visuel dans la rééducation à la marche de l'hémiplégique vasculaire.

Nous commencerons par présenter la stratégie documentaire adoptée, après quelques rappels nous évoquerons ensuite les résultats trouvés et nous finirons par une discussion.

2. METHODOLOGIE DE RECHERCHE

2.1. Critères PICO

Patient : hémiplégique vasculaire

Intervention : techniques de biofeedback visuel

Comparaison : études entre elles

Outcome : évolution des paramètres de la marche

2.2. Mots clefs

Les mots clefs utilisés dans les bases de données sont :

En français : « feedback visuel », « avc », « démarche ».

En anglais : « feedback visual », « stroke », « gait ».

Les mots clefs anglais ont été choisis avec MeSH.

2.3. Critères d'inclusion et d'exclusion des études

Devant le nombre d'études proposées par les bases de données, des critères d'inclusion et d'exclusion ont été établis.

2.3.1. Critères d'inclusion

- Patient avec hémiplégie d'origine vasculaire
- Utilisation du biofeedback visuel dans la rééducation
- Etude sur les paramètres de la marche
- Date de publication de moins de cinq ans

2.3.2. Critères d'exclusion

- Patient âgé de moins de 18 ans
- Thérapie miroir
- Rééducation du membre supérieur
- Population inférieure à 9 sujets

2.4. Sélection des articles

La sélection des articles a été réalisée selon les recommandations de la HAS (7). Elle s'est déroulée en plusieurs étapes qui consistaient dans un premier temps, à rechercher tous les articles traitant de la rééducation de la marche des hémiplegiques vasculaires avec un biofeedback visuel grâce à une lecture des titres. Puis, après la suppression des doublons dans un deuxième temps, nous lisons le résumé des références conservées pour nous permettre d'écarter les études ne répondant pas aux critères d'éligibilité comme l'indique le schéma de l'ANNEXE I.

2.5. Bases de données consultées

Les bases de données utilisées pour réaliser cette initiation à la revue de la littérature sont PubMed, PEDro, the cochrane library, BDSP, EM Premium, science direct, EM consulte.

Le téléchargement des articles a été effectué depuis le site de la Bibliothèque Universitaire de Nancy ou directement à partir de la base de données proposant l'article. Les recherches se sont déroulées de septembre 2016 à décembre 2016.

2.6. Recherche dans les livres

Les livres utilisés ont été trouvés à la Bibliothèque Universitaire de Nancy ou au centre de documentation spécialisé Réédoc à l'institut régional de médecine physique et réadaptation.

2.7. Evaluation de la qualité des études

Dans chaque article remplissant les critères d'éligibilité nous rechercherons les cotations des études. La plupart d'entre elles n'étant pas inscrites dans l'article, la grille PEDro est utilisée pour chaque article se trouvant sur la base de données. Elle permet de nous orienter sur la cotation à donner.

Pour les articles qui ne se trouvaient pas sur la base de données PEDro, les niveaux de preuve ont été établis suivant le document de la ANAES (HAS) « Grille d'analyse de la littérature et gradation des recommandations. » (7) et à l'aide de l'arbre décisionnel de cotation d'une étude clinique ou de synthèse (ANNEXE II). Le tableau des biais et des limites des études en ANNEXE IV nous a permis d'évaluer ces études.

3. RAPPELS

3.1. AVC

D'après l'OMS, un accident vasculaire cérébral est une défaillance de la circulation sanguine avec une ischémie cérébrale. Une artère cérébrale peut être bouchée par un caillot (AVC ischémique) ou elle peut être sectionnée (AVC hémorragique) entraînant un arrêt de l'apport en oxygène et en nutriments aux tissus cérébraux et donc une nécrose de ces tissus. La gravité de l'accident vasculaire cérébral dépend de la localisation, de l'étendue des zones touchées et de la rapidité de la prise en charge. Il s'agit d'une urgence médicale pouvant aller jusqu'à la mort (8).

Les principales déficiences lors d'un AVC sont les troubles de la commande volontaire, de la sensibilité, de la perception du poids du corps (9) et du tonus musculaire d'un seul côté

du corps accompagné de la perte de l'équilibre ou de la coordination et d'une atteinte des fonctions supérieures entraînant une marche anormale et donc une autonomie diminuée (10).

3.2. La marche humaine

La marche est une fonction automatique, réflexe et volontaire. Elle est indépendante de la conscience.

Le cycle de marche débute par le contact initial du pied et se termine lors du nouveau contact du même pied au sol. Il est constitué de deux phases :

- La phase d'appui : elle commence en double appui antérieur de réception, suivi d'un appui unilatéral pied à plat et prend fin au décolllement des orteils. La durée s'étend sur 60% du cycle de marche.
- La phase oscillante : elle commence par un double appui postérieur d'élan, suivi d'un balancement du pied au-dessus du sol et se termine au contact initial du pied. Elle représente 40% du cycle.

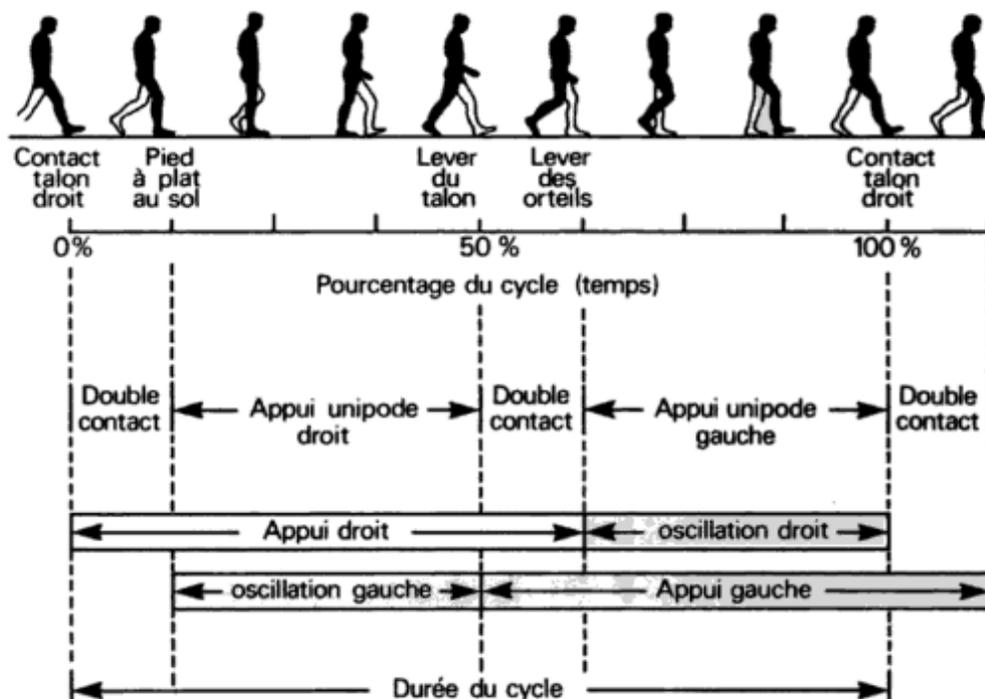


Figure 1 : La marche humaine (11).

Les principaux paramètres spatio-temporels sont :

- Le pas : intervalle séparant deux appuis au sol du même pied
 - L'enjambée : intervalle séparant le contact du talon d'un pied et celui de l'autre pied.
 - La longueur du pas : distance séparant les deux talons lors du double appui
 - La largeur du pas : distance séparant le talon de la ligne de marche (moyenne : 5-6cm)
 - La cadence : nombre de pas effectués par minute
 - La vitesse de marche : distance parcourue par unité de temps
 - Le temps d'appui unipodal : durée moyenne des temps d'appui unilatéral lors d'un cycle
 - Le temps d'appui bipodal : durée moyenne des temps de double appui lors d'un cycle
- (12)

Chez les hémiplegiques la marche est perturbée par des troubles de l'équilibre postural avec une augmentation du polygone de sustentation et un transfert d'appui du côté sain, il y a un décalage de la référence égocentrée du côté de la lésion cérébrale, une diminution de la propulsion sur le côté hémiplegique, une diminution dans la durée de la phase d'appui du côté hémiplegique, une diminution de la longueur du pas lors de l'appui sur le côté hémiplegique, et une diminution de la vitesse de marche (10).

L'atteinte motrice est rarement pure, mais associée plus ou moins à des troubles sensitifs, apraxiques, gnosiques, du champ visuel, du langage, des fonctions supérieures, voire psychiques. Chez l'hémiplegique, donc, il peut y avoir un dysfonctionnement d'un ou plusieurs facteurs participant à l'organisation centrale de la marche, y compris l'intentionnalité même de la marche.

Tout déplacement du centre de gravité demande un rééquilibrage constant, grâce à une modification de la tonicité. Or, chez l'hémiplegique, une mauvaise régulation du tonus réduit ses possibilités motrices. La détérioration du contrôle postural, la perte des adaptations rapides du tonus aux changements d'attitude, le manque de réactions d'équilibre caractérisent le déficit moteur de l'hémiplegique (automatisme, posture et équilibration) (13).

La rééducation de la locomotion chez l'hémiplegique est donc une nécessité dans la recherche de l'autonomie.

3.3. La technique de biofeedback

Le but est une prise de conscience de ses troubles pour qu'il soit capable de les corriger lui-même.

Le principe de cette technique repose sur la rétroinformation interne permettant de corriger un mouvement grâce à des récepteurs proprioceptifs (les fuseaux neuromusculaires, les organes tendineux de golgi) ou à des récepteurs sensoriels (vue, ouïe, somesthésie).

En effet, la planification d'une action se fait dans le cortex frontal, elle permet la gestion des enchainements des programmes moteurs alors que la programmation permet la prise en compte de l'état du système et de l'environnement pour ajuster le mouvement choisi lors de la planification. Le système nerveux central régule ce mouvement grâce aux réafférences (retour sensoriel) créées puis renvoie l'ordre moteur corrigé au système périphérique : c'est la régulation par détection de l'erreur (feedback).

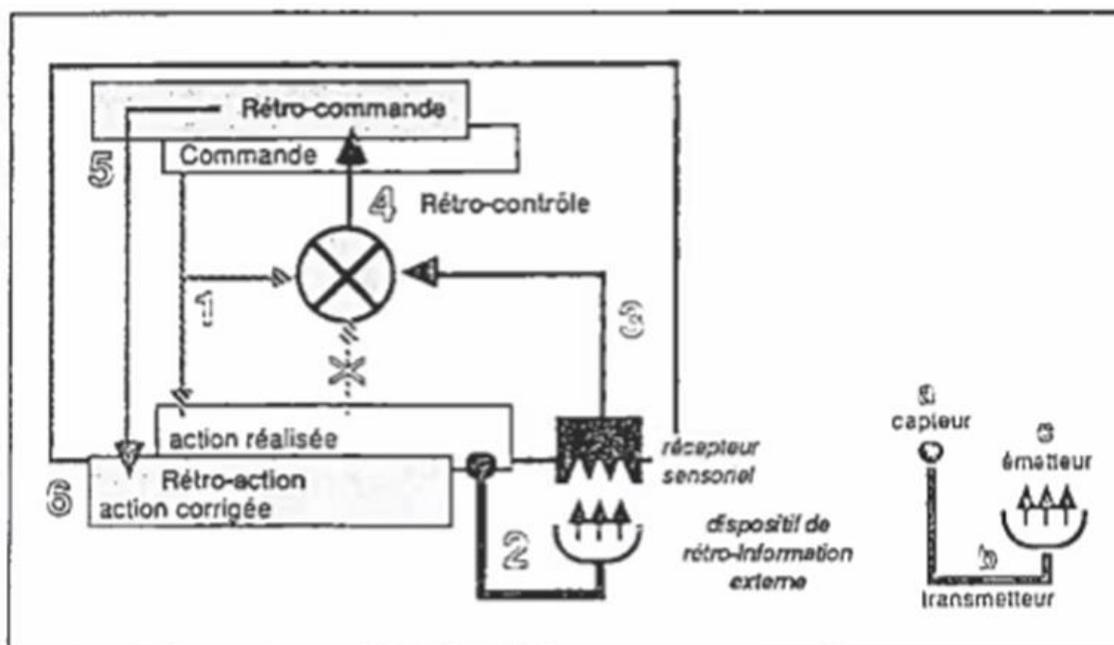


Figure 2 : Schéma du rétrocontrôle (14)

Chez l'hémiplégique, la création d'un engramme biaisé dans le cortex moteur agit comme un facteur qui limite le traitement sensori-moteur dans les mouvements normaux. Donc la meilleure récupération fonctionnelle résulte de l'expérience répétée du contrôle postural normal pendant le mouvement fonctionnel. Dans la rééducation de l'AVC, l'approche thérapeutique est souvent d'obtenir un mouvement normal qui implique une entrée proprioceptive optimale et un contrôle central anticipé approprié pendant la marche.

Les techniques de biofeedback permettent donc de pallier à cette déficience en apportant une rétroinformation du mouvement avec un stimulus, qu'il soit visuel ou auditif. Le patient pourra donc apprendre à corriger ses erreurs par conditionnement pour ensuite le transposer dans la vie quotidienne.

La rééducation de l'AVC est permise grâce à la plasticité cérébrale, mécanisme qui intervient dans la modification et la création de connexions neuronales ce qui permettra au patient l'apprentissage de nouveaux programmes moteurs (15).

3.4. Le conditionnement

D'après P. Bessou, l'apprentissage est issu de l'assimilation de capacité motrice ou d'une connaissance par l'expérience. Donc elle permet à l'homme de s'adapter à son environnement et de savoir ce qui est utile ou non. Le conditionnement est une partie importante de l'apprentissage (16). Deux types sont observés, le conditionnement classique de Pavlov et le conditionnement de Skinner.

3.4.1. Le conditionnement classique

Pavlov était un médecin et physiologiste russe connu pour ses travaux sur le réflexe conditionné. Pavlov décrit le réflexe conditionné comme « la réaction de l'organisme envers le monde extérieur » (17). En 1897, il réalise une expérience où, chaque jour, il présente de la nourriture à un chien (stimulus inconditionnel ou absolu) entraînant une réaction de salivation. Il y associe un son de métronome avant de donner la nourriture à l'animal (stimulus neutre ou conditionné). Lorsqu'il répète l'opération sans présenter de nourriture, le chien salive au son du métronome. Le stimulus neutre est donc devenu un stimulus conditionné. (14). En effet, un

stimulus absolu mis en place en même temps que tout agent externe (stimulus neutre) peut devenir le nouveau signal d'un réflexe conditionné. La répétition est nécessaire pour créer ce nouveau lien (18).

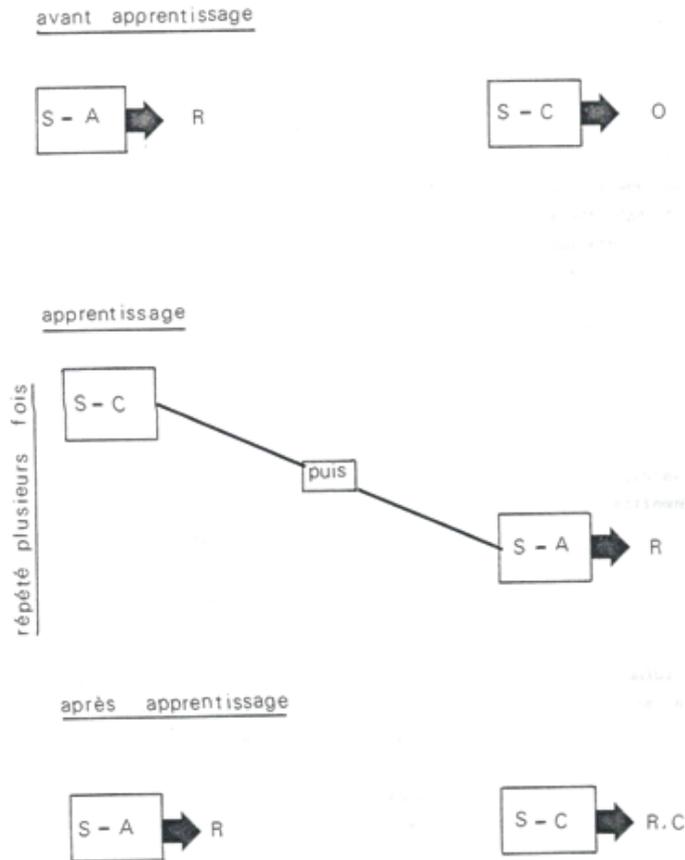


Figure 3 : Schéma du conditionnement classique (17)

SA : stimulus absolu ; SC : stimulus conditionné ;

R : réponse ; RC : réponse conditionnée

3.4.2. Le conditionnement opérant

Skinner développe le conditionnement opérant. Dans son expérience un rat est introduit dans une boîte avec un levier permettant de distribuer de la nourriture. Par hasard, le rat va plusieurs fois déclenche le levier et recevoir de la nourriture (agent renforçateur ou récompense). Après quelques temps, le rongeur manipulera le levier lorsqu'il aura faim. On

parle alors de réflexe opérant ou apprentissage par essais et erreurs. Sans renforcement il y aura extinction de ce réflexe (14).

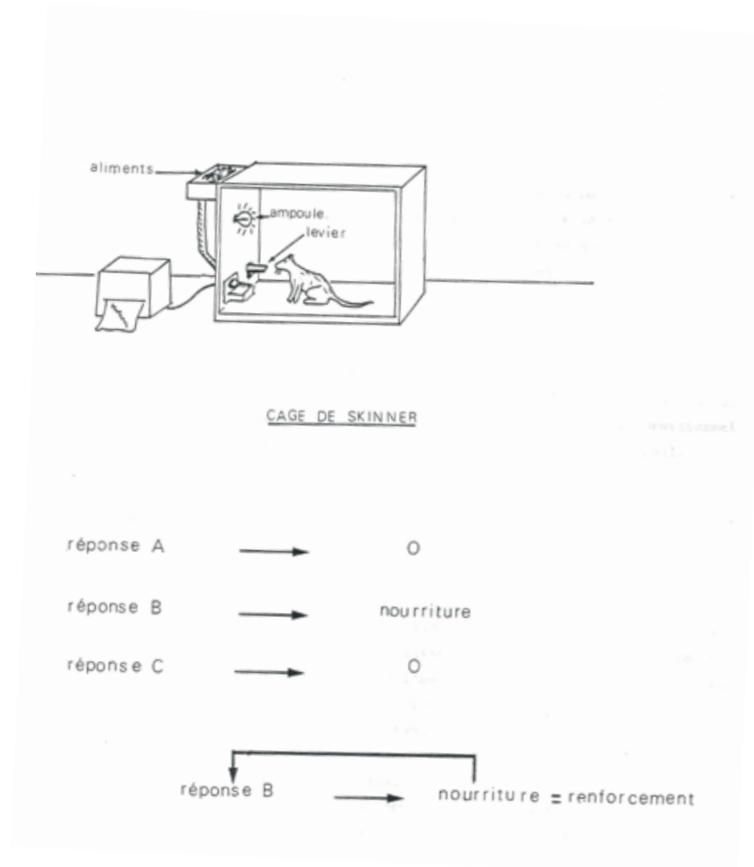


Figure 4 : Schéma du conditionnement opérant (17)

Lorsque nous utilisons des techniques de biofeedback, le patient reçoit des informations immédiates sur son action. Ces résultats agissent comme agents renforçateurs et permettent de développer ses compétences par essais et erreurs.

Les stimulateurs :

- Les stimulateurs visuels (cadran à aiguille, écran d'ordinateur) : instinctifs et grande discrimination des informations.
- Les stimulateurs auditifs (casques stéréophoniques) : utilisables en dynamique mais la quantité d'informations est limitée et ils sont moins intuitifs.

- Les stimulateurs tactiles : stimulation mécanique (vibratoire) ou électrique (langue, bas du dos, abdomen, index)

Système : 3 entités

- Un capteur
- Un système de codage du signal recueilli
- Un stimulateur

Capteur :

- **Les électrodes d'électrophysiologie de surface :**

Electrode autocollante avec enregistrement du champ électrique généré par une grande population de cellules, comme celle du cœur, du cerveau ou d'un muscle. Ces capteurs permettent d'être non invasifs mais n'examinent que les phénomènes internes. L'inconvénient de cette technique est d'adapter la taille de l'électrode, le type, le positionnement et de préparer la peau.

- **Les capteurs de force/pression :**

Recueillent la force d'un groupe musculaire ou la pression appliquée sur une zone. Il s'agit des capteurs les plus souvent utilisés dans nos études.

- **Les électrogoniomètres et accéléromètres :**

Recueil de la position et du mouvement d'une articulation (19).

3.5. Le biofeedback visuel :

Le biofeedback visuel est utilisé le plus souvent de manière intuitive par les thérapeutes et par les patients. C'est le système de rétroaction le plus utilisé dans la rééducation de l'équilibre et de la posture. Les outils de biofeedback visuel peuvent varier du miroir, permettant de contrôler sa posture surtout dans le plan frontal, à la plateforme de force pour le posturofeedback, le plus fréquemment utilisé, elle permet d'améliorer le contrôle postural et l'équilibre dynamique en observant le déplacement du centre de pression du patient sur un écran (20). De nouvelles technologies sont aussi utilisées comme le système Wii fit utilisant la réalité

virtuelle ou les robots permettant une aide à la marche et renvoyant une rétroaction du mouvement accompli.

De plus, le biofeedback permet d'augmenter la motivation du patient pour effectuer des exercices grâce à la visualisation immédiate de l'évolution des performances ou grâce à l'exécution d'activité de la vie quotidienne dans les exercices de réalité virtuelle (21).

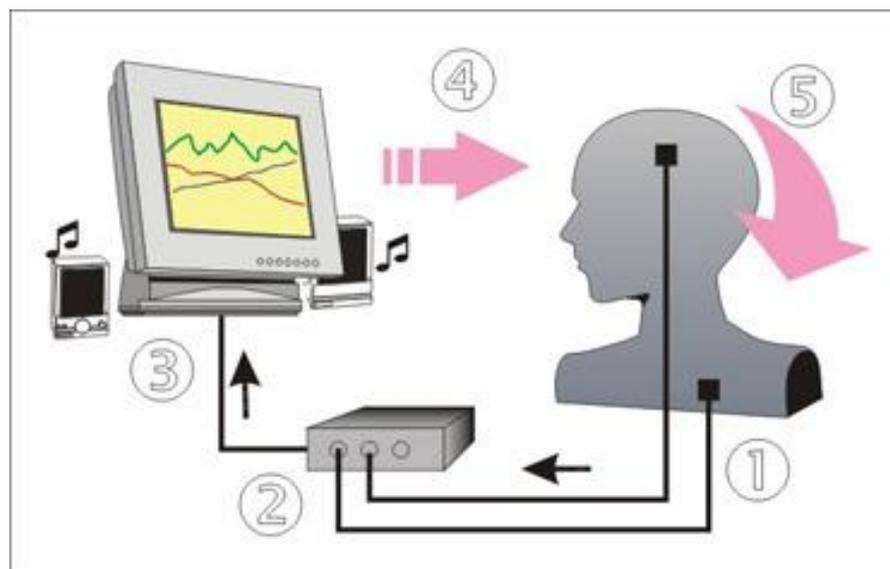


Figure 5 : Représentation d'un biofeedback visuel (22)

4. RESULTATS

4.1. Sélection des études

Les différentes étapes de la sélection des articles se trouvent dans le diagramme de flux PRISMA en Figure 1.

60 articles ont été identifiés dans les bases de données et 52 après suppression des doublons. 27 études sont conservées après la lecture des résumés des articles. Puis 16 sont sélectionnées par la lecture intégrale de la référence. Une étude n'a pas été retenue car elle n'évaluait pas les paramètres de la marche mais seulement les différents scores concernant la fonction globale (23). Notre stratégie de sélection des études se trouve dans le tableau en ANNEXE I.

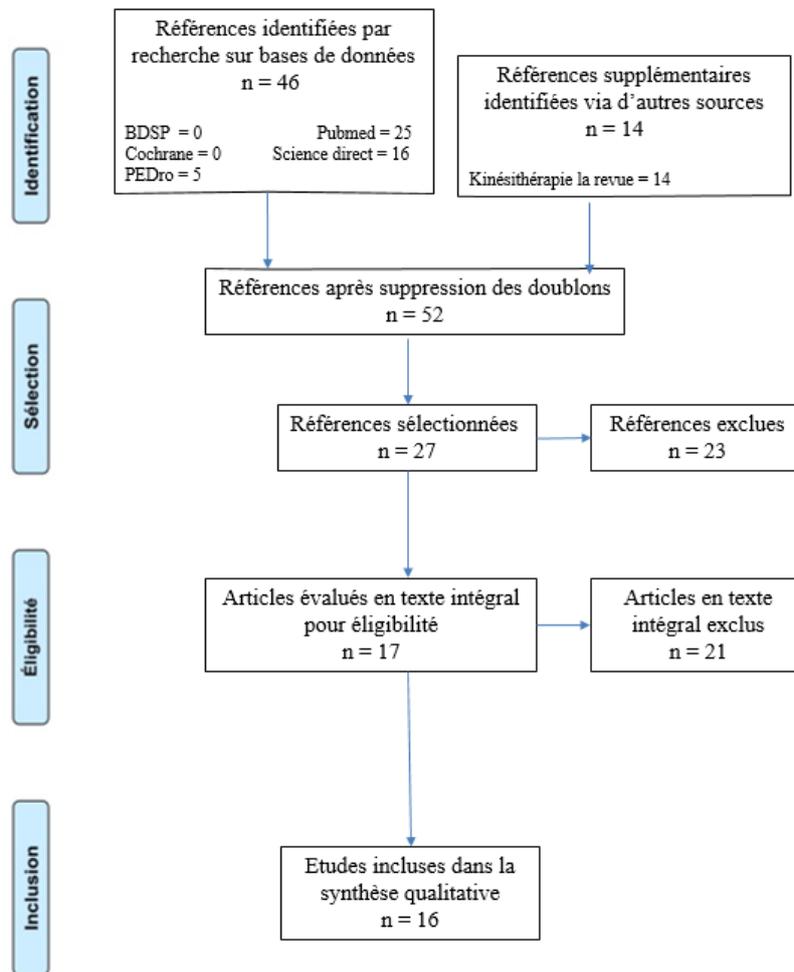


Figure 3 : Diagramme de flux PRISMA (24)

4.2. Récapitulatif des études retenues

Nous présentons, dans un tableau, les caractéristiques principales de chaque étude qui sont :

- Auteur, date, grade
- Modalités de l'exercice (nombre de séances, durée, exercices)
- Population
- Paramètres
- Résultats

Tableau I : Caractéristiques de chaque étude.

Auteur Date Grade	Modalités de l'exercice (exercices, nombre de séances, durée)	Population	Paramètres	Résultats
Druzicki (25), 2015 Niveau de preuve : 2	GT : rééducation sur tapis de marche sans biofeedback visuel et séance classique GE : rééducation sur tapis de marche avec biofeedback visuel de la longueur du pas et séance classique 1,5h pendant 10j	n=50	La vitesse de marche, phase oscillante et d'appui, longueur du pas (système d'analyse de la marche 3D)	Amélioration de la vitesse, la cadence, la longueur des pas, la durée des cycles et la symétrie Pas d'amélioration significative par rapport au groupe témoin (p<0,05)
Brasileiro (26), 2015 Niveau de preuve : 2	GT : PBWS et séance classique GEI : PBWS, biofeedback visuel avec écran (longueur et symétrie du pas) et séance classique. GEII : PBWS et biofeedback auditive (métronome) et séance classique, 20 min pendant 10j	n=30	Vitesse de marche, longueur du pas, amplitude articulaire (système d'analyse du mouvement Qualisysb 3D)	Augmentation de la vitesse, des amplitudes de hanche et de cheville et de la longueur du pas dans tous les groupes Pas d'amélioration significative avec biofeedback visuel et auditif biofeedback par rapport au GT (p<0 ,05)
Chae (27), 2011 Niveau de preuve : 2	GT : rééducation musculaire abdominale sans rétroaction. GE : rééducation musculaire abdominale avec rétroaction visuelle	n=21	Vitesse, cadence, longueur du pas, symétrie du pas, (système d'analyse de la marche)	Amélioration de la vitesse de marche, de la cadence et de la longueur du pas. Pas d'amélioration significative de la symétrie.

	30 min/j pendant 8sem			Pas de différence significative avec le GT (p<0,05)
Won (28), 2015, Niveau de preuve : 2	GT : rééducation sur tapis de marche sans rétroaction et correction posturale GE : rééducation sur tapis de marche avec rétroaction visuelle de la posture et correction posturale avec bandes élastiques 30 min, 2x/j pendant 2sem	n=16	Longueur des pas, phases d'appui et d'oscillation (Système d'analyse de la marche, test 10m)	Amélioration de la longueur des pas, de la vitesse, du temps de phase d'appui (p<0,05)
Druzicki (29), 2016 Niveau de preuve : 2	GT : rééducation sur tapis de marche sans rétroaction visuelle et séance classique GE : rééducation sur tapis de marche avec rétroaction visuelle de la longueur de pas 30min pendant 12j	n=46	Equilibre statique (plaque de force), équilibre dynamique (Get up and go)	Amélioration de la répartition du poids sur les MI + amélioration de l'équilibre dynamique mais pas de l'équilibre statique dans le GE Pas d'amélioration significative par rapport au groupe témoin (p<0,05)
Pavare (30), 2015 Niveau de preuve : 2-3	GT : rééducation sur tapis de marche sans rétroaction et séance classique GE : rééducation sur tapis avec rétroaction visuelle (miroir) et séance classique	n=20	Vitesse de marche, phases d'appui et d'oscillation, longueur des pas (système d'analyse du mouvement 3D)	Amélioration de la vitesse de marche, des phases d'appui et d'oscillation, de la longueur des pas par rapport au GT (p<0,05)

	5 séances/sem, 90 min			
Jung (31), 2012 Niveau de preuve : 2	GT : séance classique GE : rééducation sur une plateforme de force et séance classique 30min, 5x/sem pendant 6 sem	n=32	Equilibre (échelle de Berg), marche (test des 10m)	Equilibre et démarche améliorés Meilleur équilibre dans le groupe GE par rapport au GT (p<0,05)
Jamal (32), 2011 Niveau de preuve : 2-3	GT : séance classique GE : 5 exercices d'équilibre antéro-post et latéral sur la Wii 2x/sem pendant 6sem	n=19	Equilibre (Plateforme de force)	Amélioration de l'équilibre Pas d'amélioration significative par rapport au GT (p<0,05)
Park (33), 2014 Niveau de preuve : 2	GT : séance classique GE I : rééducation de l'équilibre avec biofeedback visuel en chaussure et séance classique GE II : rééducation de l'équilibre avec biofeedback visuel pieds nus et séance classique 30 min, 3x/sem pendant 4 sem	n=46	Equilibre (échelle de Berg, Test d'atteinte fonctionnelle et test clinique modifié de l'interaction sensorielle sur l'équilibre)	Amélioration de l'équilibre dans chaque groupe Amélioration plus importante dans le groupe avec les pieds nus (p<0,05)
Byl (34), 2015 Niveau de preuve : 2-3	GT : séance classique GE : Entraînement à la marche avec	n=24 12 AVC 12 MP	Vitesse (test 10m, test 6min, tinetti), équilibre (thrane, tug, ftsts, berg balance), force	Amélioration de l'équilibre des sujets AVC par rapport au GT mais pas dans la

	<p>rétroaction visuelle (capteur de pression et écran d'ordinateur) et séance classique</p> <p>12 séances, 6sem</p>		(microfet dynamometer)	vitesse, la force et la longueur des pas
<p>Srivastava (35), 2015</p> <p>Niveau de preuve : 3</p>	<p>Application d'une force de guidage sur la jambe HP avec un retour visuel de position de la cheville et malléole</p> <p>40 min, 5x/sem, pendant 3sem</p>	n=9	Vitesse, trajectoire de la malléole, amplitudes articulaires (évaluation de Fugl-Meyer, indice de progression dynamique, test 6min, Timed Up and go)	<p>Amélioration de la vitesse de marche et trajectoire malléole plus proche des individus en bonne santé. Augmentation des amplitudes de hanche et de genou mais pas pour la cheville.</p> <p>(p<0,05)</p>
<p>Ochi (36), 2015</p> <p>Niveau de preuve : 2</p>	<p>GT : entraînement classique de marche et séance classique</p> <p>GE : entraînement à la marche assistée par GAR et séance classique 60min</p> <p>70 min, 5j/sem pendant 4 sem</p>	n=26	Vitesse (test de 10 m)	<p>Améliorations de la vitesse de marche</p> <p>Amélioration par rapport au GT</p> <p>(p < 0,05)</p>
<p>Tsaklis (37), 2012</p> <p>Niveau de preuve : 3</p>	<p>Exercices d'équilibre statique et dynamique avec rétroaction visuelle et entraînement de la marche avec support mural</p> <p>4 sem</p>	n=9	Equilibre (échelle de Berg et plateforme de force), vitesse (test 10m)	<p>Amélioration de l'équilibre et de la vitesse moyenne mais pas la répartition du poids</p> <p>(p<0,05)</p>

Kim (38), 2014 Niveau de preuve : 2	GT : séance classique GE : entrainement du déplacement du poids du corps sur une plateforme avec une rétroaction visuelle et séance classique 3x/sem pendant 6sem	n=30	Vitesse, temps d'appui, longueur de pas, trajectoire de la pression et symétrie (FuglMeyer, FAC, et l'analyse de la pression plantaire)	Amélioration de la vitesse, le temps d'appui du côté affecté, la longueur de pas du côté non affecté, la trajectoire de la pression et la symétrie de pas Amélioration par rapport au GT (p <0,05)
Kim (39), 2015 Niveau de preuve : 3	Rééducation sur une plateforme et déplacement du pointeur sur l'écran. 15 min, 3x/sem pendant 6sem	n=20	Equilibre dynamique (test fonctionnelle (TRAF)), Vitesse et longueur du pas (système d'analyse de la marche)	Améliorations dans la longueur du pas, la vitesse de marche (p <0,05)
Walker (40), 2016 Niveau de preuve : 3	Rééducation sur un tapis de marche avec des lunettes de vision réduite puis avec une rétroaction visuelle (laser)	n=20	Durée du cycle et cadence (10 m test de marche)	La durée du cycle a diminué et la cadence a augmenté (p<0,05)

GT : Groupe témoin

GE : Groupe expérimental

PBWS : Partial body weight support

MI : Membres inférieurs

5. DISCUSSION

L'objectif de notre initiation à la revue de littérature était d'évaluer l'efficacité du biofeedback visuel sur les paramètres de la marche des patients hémiparétiques vasculaires dans les études récentes trouvées dans les bases de données. Nous allons donc comparer les résultats des études entre elles pour nous permettre de répondre à la problématique.

Pour faciliter notre analyse, nous détaillerons dans un premier temps les effets d'une rétroaction visuelle sur les paramètres modifiant la vitesse de marche des patients en rééducation post-AVC, ensuite nous discuterons des effets sur l'équilibre et la répartition du poids du corps, puis sur la longueur du pas et leur symétrie pour finir par l'évolution des amplitudes articulaires.

5.1. Paramètres modifiant la vitesse de marche

12 études abordent l'influence d'une rééducation avec une rétroaction visuelle sur la vitesse de marche des patients hémiparétiques (25–28,30,34–40)

5.1.1. La vitesse (m/s)

10 études ont testé l'efficacité de la rééducation par biofeedback visuel sur la vitesse de marche des patients post-AVC (25-28,30,34-37).

Dans 3 de ces études, l'augmentation de la vitesse de marche au cours du temps était plus importante dans un groupe recevant un biofeedback visuel que dans le groupe contrôle ne recevant pas cette information (30,36,38).

Au contraire, dans les études de Druzicki et al., Brasileiro et al., Chae et al. et Byl et al. (25,27,34), la rétroaction n'apportait pas d'amélioration significative sur la vitesse de la marche par rapport à la même rééducation seule qu'elle soit sur tapis roulant (25), avec une stabilisation du tronc (27), avec des capteurs de pression (34).

Par rapport à une autre sorte de biofeedback comme le biofeedback auditif (26), la rétroaction visuelle n'apparaît pas plus efficace. En effet dans l'étude de Brasileiro et al., les deux types de rétroaction sont comparés l'une à l'autre en entraînement sur tapis roulant avec un système de harnais. D'après les résultats de cette étude, la rétroaction visuelle a permis d'augmenter la vitesse des patients hémiparétiques autant qu'un feedback auditif ou qu'une simple formation sur tapis roulant.

Ces études ne nous permettent pas d'avoir des éléments de comparaison probants et de donner des conclusions tranchées, car les modalités sont diverses et les tailles d'échantillons petites. Bien que ces études montrent un effet positif sur la vitesse, le faible grade pour la plupart d'entre elles ne nous permet pas d'affirmer leurs effets significatifs.

5.1.2. Durée des phases (s)

Les temps du cycle de marche sont cités dans 5 études.

Le biofeedback visuel apparaît aussi efficace sur les temps de phase d'appui et d'oscillation. 2 études démontrent une diminution de la durée des cycles (25,40)

Et 3 articles apportent des données similaires sur le temps de la phase d'appui (28,30,38) et le temps de la phase oscillante (30).

L'étude de Pavare et al. (30) et celle de Kim et al. (38) montrent chacune une amélioration de ces données supérieure à celle du groupe témoin recevant une thérapie classique sans rétroaction qu'elle soit sur un tapis ou sur une plateforme et malgré qu'ils aient utilisé différents tests (un système d'analyse du mouvement ou une échelle de FuglMeyer). En revanche, une étude n'a pas les mêmes résultats, Druzibisci et al. ne trouvent pas une diminution de la durée des cycles plus importante avec un biofeedback (25). Comme il n'y a qu'une seule étude avec ce résultat mais que sa population étudiée est plus importante que les deux autres nous ne pouvons pas affirmer la supériorité de l'une ou l'autre. De plus, les tests sont différents d'une étude à l'autre et peuvent donc biaiser l'analyse.

5.1.3. La cadence

3 articles étudient l'évolution de la cadence (25,27,40).

Nous notons une amélioration de la cadence dans 2 études, l'étude de Druzibicky et al. (25) et celle de Walker et al. (40) testée avec le test des 10m de marche. Ces articles nous permettent de conclure à une amélioration de la vitesse après un entraînement sur tapis de marche avec pour biofeedback un marquage sur le tapis pour l'une et un laser pour l'autre.

De plus, les résultats de l'étude de Chae (27), évaluant la fréquence des pas, sont en accord avec les précédentes malgré le traitement différent, la rééducation n'étant pas axée sur un tapis de marche mais sur le renforcement musculaire du tronc.

Donc l'entraînement avec une rétroaction visuelle semble augmenter la cadence et, par conséquent, améliorer la vitesse du patient hémiparétique mais le faible nombre d'études ne permet pas d'affirmer et de généraliser ces résultats.

5.2. La longueur du pas

La longueur du pas est abordée dans 8 études (25–28,30,34,38,39) et dans chacune d'elles nous retrouvons une amélioration significative de ce paramètre malgré les différences de test et de grade.

Les études de Kim et al. et Pavare et al. (30,38) présentent une augmentation de la longueur de pas plus importante que les groupes n'ayant pas reçu de biofeedback visuel ce qui pourrait nous faire penser que le biofeedback visuel est une technique plus intéressante que la même rééducation seule mais Chae et al. et Brasileiro et al. (26,27) démontrent que les traitements avec et sans rétroaction présentent une efficacité similaire. Dans leur étude les tests sont plus précis (système d'analyse du mouvement en 3D) et avec les mêmes tailles d'échantillons que les études de Kim et al. et Pavare et al., nous pouvons donc en conclure que le biofeedback n'apporte pas d'amélioration par rapport au traitement classique. Druzicki et al. et Byl et al. confortent ces résultats avec des tests plus classiques tels que le test des 10m de marche (25,34).

La longueur du pas serait donc effectivement améliorée avec un biofeedback visuel étant donné que 8 études abordent ce sujet et obtiennent des résultats positifs. De plus, beaucoup de tests différents sont utilisés mais tous permettent de confirmer l'amélioration de la longueur du pas malgré les biais de chaque étude. Seulement, l'efficacité de cette technique par rapport à une rééducation sans rétroaction n'est pas démontrée.

5.3. La symétrie

4 études mesurent la symétrie du pas des patients hémiparétiques suivant une rééducation avec biofeedback (25,27,35,38).

3 prouvent une augmentation de la symétrie des pas au cours de cette rééducation. Druzbiski et al. dans son étude de 2015 (25), décrit une amélioration de la symétrie des pas grâce à un tapis de marche avec rétroaction visuelle, tout comme l'étude de Kim et al. qui, par un système de plateforme de force, obtient des résultats similaires sur la symétrie des pas (38). De plus, la trajectoire de la malléole mesurée dans l'étude de Srivastava et al. (35) lors d'une rééducation avec une aide à la marche robotisée et un retour visuel est plus proche des individus en bonne santé à la fin de l'étude.

En revanche, l'amélioration de la symétrie n'est pas significative dans l'étude de Chae et al. (27) et l'efficacité par rapport à un groupe témoin est controversée. Une plateforme de force accompagnée d'un biofeedback visuel a permis d'avoir une symétrie plus importante que sans la rétroaction alors qu'avec un tapis de course la différence entre les groupes n'était pas significative. Seulement, l'entraînement sur tapis ne se déroulait que sur 10 jours contre 6 semaines pour l'entraînement sur la plateforme.

En conclusion, la faiblesse du nombre d'études et de leur population ne nous permet pas de certifier l'apport bénéfique du biofeedback visuel dans l'amélioration de la symétrie des pas notamment par rapport à une rééducation classique. Des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer les modalités d'efficacité de cette technique et ses effets à long terme.

5.4. L'équilibre

L'équilibre est évoqué dans 6 études (29,31–34,37).

4 des 6 entraînements sont réalisés sur une plateforme de force, 2 pendant 4 semaines (33,37) et 2 pendant 6 semaines (31,32). Les 4 études ont utilisé l'échelle de Berg pour tester l'équilibre des patients hémiparétiques et en ont conclu que la plateforme de force liée à un biofeedback visuel était un moyen efficace pour améliorer l'équilibre des patients post-AVC. De plus, Jung et al. (31) ont montré de meilleurs résultats dans le groupe rééduqué avec un biofeedback visuel. En revanche, l'amélioration rapportée à un groupe contrôle n'est pas significative pour Park et al. (33). En effet, ses résultats montrent que seul le fait d'être pieds nus est plus efficace que les autres formes de rééducation pour augmenter l'équilibre. Les résultats d'une étude sur le système Wii Fit (32) prouvent que le biofeedback n'est pas plus efficace qu'un autre type de rééducation. Cependant, la Wii fit, malgré son aspect ludique, reste un jeu, elle n'est pas un système adapté aux déficiences des patients cérébro-lésés mais d'autres systèmes se développent plus appropriés comme les Serious Games qui permettent de lutter contre la démotivation et induisent des changements cognitifs ou du travail en double tâche. (41,42).

L'échelle de Berg a aussi été utilisée après une rééducation avec des capteurs de pression et une rétroaction visuelle sur ordinateur. Après 6 semaines d'entraînement, l'équilibre des sujets post-AVC était corrigé et le nombre de chutes avait considérablement diminué.

L'étude de Druzicki et al. (29) compare l'évolution de l'équilibre dynamique et de l'équilibre statique des patients avec un entraînement sur un tapis de marche et un retour visuel de la longueur de pas. L'équilibre dynamique, évalué avec le test « Get up and go », a été amélioré chez les patients hémiparétiques. Mais l'équilibre statique, testé par une plateforme de force, n'a pas évolué.

L'efficacité du biofeedback visuel sur l'équilibre est donc réelle mais d'autres études sont nécessaires pour affirmer un gain sur l'équilibre dynamique mais aussi statique.

5.5. La répartition du poids du corps

3 articles étudient la répartition du poids du corps (29,37,38).

L'expérience de biofeedback visuel sur plateforme n'a pas permis l'amélioration de la répartition du poids du corps (37) contrairement à l'expérience sur tapis roulant de Druzicki et al. qui, avec une population (n=46) et un niveau de preuve (2) supérieur, démontre la meilleure répartition du poids entre les deux membres inférieurs, testée sur une plateforme de force également (29). L'analyse de la pression plantaire décrit un meilleur contrôle du poids du corps avec une amélioration de la trajectoire de la pression plantaire (38).

5.6. Les amplitudes articulaires

Brasileiro et al. et Srivastava et al. (26,30,35) étudient les valeurs d'amplitude articulaire au niveau du membre inférieur lésé pendant la marche.

Une étude utilise un système d'analyse du mouvement et une rééducation sur tapis roulant, l'étude de Brasileiro et al. trouve une augmentation de l'amplitude articulaire de la hanche et de la cheville.

La deuxième étude, réalisée à l'aide d'un robot, montre une augmentation de l'amplitude articulaire totale de la hanche et une augmentation de la flexion de genou mais pas de modification de la cheville. En revanche les résultats ne sont pas maintenus lors d'une évaluation 6 mois plus tard.

Les 2 études, ayant des résultats différents, elles ne permettent pas une réponse sans équivoque à la question de savoir si la technique utilisée est efficace sur les amplitudes articulaires des membres inférieurs hémiplegiques. Nous pouvons néanmoins penser qu'il y a une action sur les amplitudes de la hanche retrouvée dans les 2 études et la littérature a montré que les gains d'amplitudes entraînent une plus grande longueur de pas et vitesse, ce qui en fait un aspect important dans le processus de réhabilitation (43).

5.7. Difficultés rencontrées

La plupart des études concernant les effets du biofeedback visuel sur la démarche des hémiplegiques vasculaires sont publiées en anglais rendant la compréhension des protocoles et des résultats plus compliquée.

De plus les protocoles de chaque étude diffèrent dans le matériel utilisé, le nombre de séances, leurs durées et le nombre de participants ce qui rend difficile la généralisation des résultats. La durée des études était entre 2 et 8 semaines et le nombre de séances variait de 2 à 5 fois par semaine. La population sélectionnée oscille entre 9 et 50. Les tests utilisés pour mesurer les différents paramètres ne sont pas communs à toutes les études. Des tests classiques sont utilisés dans certains articles comme l'échelle de Berg, le test de Fugl Meyer, le test des 10m, le test des 6 minutes, le Time up and go test ou le Get up and go test. Pour d'autres références le système de mesure était un système d'analyse de la marche en vidéo avec des capteurs de mouvements. De plus, les techniques de rééducations utilisées en plus du biofeedback visuel et dans les groupes contrôles ne sont pas précisées. La difficulté était donc de comparer ces articles en prenant en compte chaque différence dans toutes les études.

5.8. Limites et biais du mémoire

Ce mémoire réalise un état des lieux sur le biofeedback visuel dans la rééducation des paramètres de marche chez les patients hémiplegiques. Au vu de la littérature sélectionnée, il n'est pas possible d'observer les conséquences du biofeedback visuel sur les paramètres de la marche au long terme comme le précise Won dans son étude.

4 des 17 études sélectionnées ont été réalisées par les mêmes auteurs principaux, Druzichi (25,29) et Kim (38,39). Dans le cadre du mémoire, cette ambiguïté peut avoir une influence sur l'interprétation des résultats.

Les différentes études ont été gradées. Nous avons considéré certaines études comme étant de niveau de preuve 1, car elles regroupent une population randomisée suffisante sans biais majeur. Mais les scores des articles peuvent être biaisés car seulement un lecteur a permis cette gradation mais aussi toutes les informations relatives à la méthodologie des études ne sont pas toujours indiquées tels que l'évaluateur aveugle ou la distribution aléatoire

dans chaque groupe. De plus, les résultats obtenus peuvent être influencés par l'impossibilité de réaliser ces études en double-aveugle.

Nous retrouvons dans l'ANNEXE III le tableau récapitulatif des biais et limites de chaque étude.

6. CONCLUSION

Les résultats des études sélectionnées indiquent que le biofeedback visuel est une technique efficace pour améliorer les paramètres de la marche des patients victimes d'AVC. Qu'il soit pratiqué avec un entraînement sur tapis de course, une plateforme, avec des capteurs de pression ou un système d'aide à la marche, la technique de biofeedback visuel permet un meilleur équilibre, une meilleure symétrie, une longueur de pas ainsi que la durée des phases du cycle augmentées et une vitesse plus importante. L'efficacité sur les amplitudes articulaires n'est pas encore suffisamment démontrée, les résultats étant trop différents dans chaque étude. Le biofeedback apporte donc des effets bénéfiques et les informations visuelles utilisées lors de la rééducation constituent un complément important de la méthode.

Certains articles étudient la différence d'évolution des paramètres de la marche entre une rééducation avec un biofeedback visuel et une rééducation sans. Les résultats de ces études sont mitigés de par la différence entre les tests utilisés, les techniques et la durée de l'étude. Nous ne pouvons donc pas affirmer une meilleure prise en charge avec un retour visuel par rapport aux autres techniques masso-kinésithérapiques.

De plus, une étude a démontré que les résultats fonctionnels et moteurs 5 ans après un AVC étaient similaires aux résultats à 2 mois après l'AVC (44), une étude à long terme est donc nécessaire pour déterminer les effets du biofeedback dans la durée. Les études concernant une même technique sont peu nombreuses et nous retrouvons couramment des échantillons de petites tailles. Les qualités méthodologiques sont variables d'une étude à l'autre et les modalités de traitement sont diverses et hétérogènes en fonction de la technique étudiée et sont parfois non précisées.

Tous ces éléments ne nous permettent pas d'affirmer qu'une technique est significativement plus efficace qu'une autre pour améliorer la démarche d'une personne hémiplegique.

Des études supplémentaires sont nécessaires pour confirmer l'éventuelle efficacité des techniques de masso-kinésithérapie sur le biofeedback comme l'étude de Thikey (45) et évaluer leur efficacité potentielle à long terme.

De nouvelles technologies comme la Kinect®, un périphérique destiné à la console vidéo Xbox-360®, pourront permettre un nouveau type de rééducation. Il s'agit d'une caméra, capable de détecter les mouvements d'un individu. Le corps du sujet devient donc l'interface de jeu, et plus besoin d'une manette ni même d'une plateforme de force (46).

Les personnes ayant des handicaps physiques ne participent souvent pas à des activités de loisirs. La réalité virtuelle est une technique agréable pour les patients car elle est assimilée au loisir. Les participants d'une étude (47) ont démontré une motivation et un apprentissage plus important en réalisant des exercices de réalité virtuelle. De plus, les informations visuelles utilisées ont aidé le patient à se concentrer sur l'exercice et l'ont motivé à s'entraîner (26).

Le biofeedback visuel permet donc de fournir des informations quantitatives en temps réel sur la marche pour connaître les performances du patient, il permet l'analyse de la démarche afin d'améliorer un plan de soins.

Il pourrait établir par la suite, un système pour donner des informations aux patients pendant les exercices à domicile pour corriger les troubles de la marche lorsqu'un thérapeute n'est pas présent et fournir une méthode de transmission à distance des données de l'entraînement à domicile au thérapeute.

En conclusion, si des études complémentaires sont nécessaires, le biofeedback visuel reste une technique efficace pour améliorer la capacité de marche sur le court terme des patients ayant une hémiplegie due à un AV

BIBLIOGRAPHIE

1. Remond A. Biofeedback : principes et applications. Masson ; 1994, 242p
2. Basmajian JV. Biofeedback : principes and practice for clinicians. Balltimore : Williams et Wilkins ; 1979
3. Chaudhury S, Sharma V, Kumar V, Nag TC, Wadhwa S. Activity-dependent synaptic plasticity modulates the critical phase of brain development. *Brain & Development*. avr 2016;38(4):355-63.
4. Haute Autorité de Santé - Accident Vasculaire Cérébral (AVC) - Programme Pilote 2008-2013 [Internet]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_891542/fr/accident-vasculaire-cerebral-avc-programme-pilote-2008-2013
5. Guo Y, Wu D, Liu G, Zhao G, Huang B, Wang L. A Low-Cost Body Inertial-Sensing Network for Practical Gait Discrimination of Hemiplegia Patients. *Telemed J E Health*. déc 2012;18(10):748-54.
6. Spieler J-F, Amarenco P. Aspects socio-économiques de la prise en charge de l'attaque cérébrale. *Revue Neurologique*. nov 2004;160(11):1023-8.
7. Haute Autorité de Santé - Niveau de preuve et gradation des recommandations de bonne pratique - État des lieux [Internet]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_1600564/fr/niveau-de-preuve-et-gradation-des-recommandations-de-bonne-pratique-etat-des-lieux
8. OMS | Accident vasculaire cérébral (AVC) [Internet]. WHO. Disponible sur: http://www.who.int/topics/cerebrovascular_accident/fr/
9. Nadeau SM, Boukadida A, Piote F, Mesure S. CO0319: Weight-bearing perception during standing and sit-to-stand tasks in subacute post-stroke individuals undergoing intensive rehabilitation. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 1 sept 2016;59(Supplement):e71-2.
10. Bensoussan L, Mesure S, Viton J-M, Delarque A. Kinematic and kinetic asymmetries in hemiplegic patients' gait initiation patterns. *Journal Of Rehabilitation Medicine*. sept 2006;38(5):287-94.
11. Plas F, Viel É, Blanc Y. La marche humaine [Texte imprimé] : kinésiologie dynamique, biomécanique et pathomécanique. Paris : Milan : Barcelone : Masson. 1989.; 1989. (Monographies de Bois-Larris: 5).
12. Chotard C, Labrunee M, Dupui P, Montoya R, Marque P, Gasq D. Caractéristiques des paramètres spatio-temporels de la marche chez l'hémiplégique. *Ann Phys Rehabil Med*. 2012;55:11

13. Azulay J-P, Vacherot F, Vaugoyeau M. Troubles de la marche: Locomotion : physiologie et classification des principaux troubles. *Revue Neurologique*. 1 janv 2010;166:142-8.
14. Brugerolle B, Chauvière C, André JM. Rétroaction biologique musculaire : Applications du biofeedback dans les troubles moteurs. Scientifiques et médicales. 1994
15. Morand A. Pratique de la rééducation neurologique. 2^e édition. Vol. 1. 2014. 309 p
16. Bessou P. Le système nerveux. Vol. 2. SIMEP- edition; 1978. 224 p
17. Brugerolle B. Le biofeedback en rééducation motrice : critique et définition. Université de Nancy. 1984, 80 p
18. Roby-Brami A, Goasdoué R. A historical perspective on learning : the legacy and actuality of I.M Pavlov and N.A Bernstein. In : Dider JP, Bigand E. rethinking physical and rehabilitation medicine. Springer;2010, 73-90
19. Pinsault N. Les systèmes de biofeedback. *Kinésithér sci*. 2011;524:55-57
20. Vaillant J. Effets de feedback visuels sur la régulation de la posture debout. *Kinésithér sci*.2004;446:53-54
21. Dos Santos LRA, Carregosa AA, Masruha MR, Dos Santos PA, Da Silveira Coêlho ML, Ferraz DD, et al. The Use of Nintendo Wii in the Rehabilitation of Poststroke Patients: A Systematic Review. *J Stroke Cerebrovasc Dis*. oct 2015;24(10):2298-305.
22. Drouet JL. Biofeedback : Principes [Internet]. 2007 Disponible sur: <http://www.biofeedback.fr/principes.html>
23. Rao N, Zielke D, Keller S, Burns M, Sharma A, Krieger R, et al. Pregait balance rehabilitation in acute stroke patients. *Int J Rehabil Res*. juin 2013;36(2):112-7.
24. Gedda M. Traduction française des lignes directrices PRISMA pour l'écriture et la lecture des revues systématiques et des méta-analyses. *Kinésithérapie, la Revue*. janv 2015;15(157):39-44.
25. Drużbicki M, Guzik A, Przysada G, Kwolek A, Brzozowska-Magoń A. Efficacy of gait training using a treadmill with and without visual biofeedback in patients after stroke: A randomized study. *J Rehabil Med*. mai 2015;47(5):419-25.
26. Brasileiro A, Gama G, Trigueiro L, Ribeiro T, Silva E, Galvão É, et al. Influence of visual and auditory biofeedback on partial body weight support treadmill training of individuals with chronic hemiparesis: a randomized controlled clinical trial. *Eur J Phys Rehabil Med*. févr 2015;51(1):49-58.
27. Chae JB, Lee MH, Lee SY. Post-Stroke Rehabilitation Intervention: Effect of Spinal Stabilization with Visual Feedback on the Mobility of Stroke Survivors. *Journal of Physical Therapy Science*. 2011;23(2):225-8.

28. Won SH, Kim JC, Oh D-W. Effects of a novel walking training program with postural correction and visual feedback on walking function in patients with post-stroke hemiparesis. *J Phys Ther Sci.* août 2015;27(8):2581-3.
29. Evaluation of the Impact of Exercise of Gait on a Treadmill on Balance of People Who Suffered From Cerebral Stroke [Internet]. *PubMed Journals.* [cité 5 avr 2017]. Disponible sur: <https://ncbi.nlm.nih.gov/labs/articles/28133385/>
30. Pavare Z, Garuta I, Ananjeva T, Smolovs A. Gait rehabilitation of post-stroke patients by treadmill gait training with visual feedback. *Gait & Posture.* 1 sept 2015;42:S69-70.
31. Jung J, Goo B-O, Lee D, Roh H. Effects of 3D Visual Feedback Exercise on the Balance and Walking Abilities of Hemiplegic Patients. *Journal of Physical Therapy Science.* 2011;23(6):859-62.
32. Jamal K, Le Floch F, Gallien P. Intérêt de la Wii Fit™ dans la rééducation de l'équilibre debout: Interest of the Wii Fit™ in the upright balance rehabilitation. *Kinésithérapie, la Revue.* sept 2011;11(117):42-6.
33. Park S, Chung SG, Kim K, Lim master Chaiyoung. Poster 26 The Effect of Balance Training Using Visual Feedback in Barefoot and Shoes in Patients with Stroke. *PM&R.* 1 sept 2014;6(Supplement):S190-1.
34. Byl N, Zhang W, Coo S, Tomizuka M. Clinical impact of gait training enhanced with visual kinematic biofeedback: Patients with Parkinson's disease and patients stable post stroke. *Neuropsychologia.* déc 2015;79(Pt B):332-43.
35. Srivastava S, Kao P-C, Kim SH, Stegall P, Zanutto D, Higginson JS, et al. Assist-as-Needed Robot-Aided Gait Training Improves Walking Function in Individuals Following Stroke. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* nov 2015;23(6):956-63.
36. Ochi M, Wada F, Saeki S, Hachisuka K. Gait training in subacute non-ambulatory stroke patients using a full weight-bearing gait-assistance robot: A prospective, randomized, open, blinded-endpoint trial. *J Neurol Sci.* 2015;353(1-2):130-6.
37. Tsaklis PV, Grooten WJA, Franzén E. Effects of weight-shift training on balance control and weight distribution in chronic stroke: a pilot study. *Top Stroke Rehabil.* févr 2012;19(1):23-31.
38. Kim DY, Kim DH, Kim S, Baek YS. Poster Presentation: No. 106 Effect of Anteroposterior Weight Shifting Training With Visual Feedback on Step Length Asymmetry in Post-Stroke Hemiplegic Patients. *PM&R.* 1 août 2014;6(Supplement 2):S116-7.
39. Kim J-S. The effects of symmetric center of pressure displacement training with feedback on the gait of stroke patients. *J Phys Ther Sci.* mars 2015;27(3):855-7.

40. Walker ER, Hynstrom AS, Schmit BD. Influence of visual feedback on dynamic balance control in chronic stroke survivors. *Journal of Biomechanics*. 21 mars 2016;49:698-703.
41. Bonnechère B, Guemann M, Mesure S, Pallot A, Morichon A, André-Vert J. Pratique professionnelle en neurologie. *Kinésithérapie, la Revue*. 1 oct 2015;15(166):18.
42. Barcala L, Grecco LAC, Colella F, Lucareli PRG, Salgado ASI, Oliveira CS. Visual Biofeedback Balance Training Using Wii Fit after Stroke: A Randomized Controlled Trial. *J Phys Ther Sci*. août 2013;25(8):1027-32.
43. Olney SJ, Richards C. Hemiparetic gait following stroke. Part I: Characteristics. *Gait & Posture*. 1 avr 1996;4(2):136-48.
44. Sultana R, Serge M. Résultat fonctionnel et moteur 5 ans après un AVC versus résultat à 2 mois après l'AVC à travers une étude européenne multicentrique. *Kinésither la rev*.2016;16,30-31
45. Thikey H, Grealy M, van Wijck F, Barber M, Rowe P. Augmented visual feedback of movement performance to enhance walking recovery after stroke: study protocol for a pilot randomised controlled trial. *Trials*. 2012;13:163.
46. Zenati X, Saris J, Lachaux A-S, Clérambault A. Comment ne pas perdre pied : travailler l'équilibre avec la Wii ! *Kinésithérapie, la Revue*. 1 juin 2011;11(114):33.
47. Clark RA, McGough R, Paterson K. Reliability of an inexpensive and portable dynamic weight bearing asymmetry assessment system incorporating dual Nintendo Wii Balance Boards. *Gait & Posture*. juin 2011;34(2):288-91.
48. Haute Autorité de Santé - Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations [Internet]. Disponible sur: http://www.has-sante.fr/portail/jcms/c_434715/fr/guide-d-analyse-de-la-litterature-et-gradation-des-recommandations

ANNEXES

ANNEXE I: Les premières étapes de la sélection d'articles médicaux

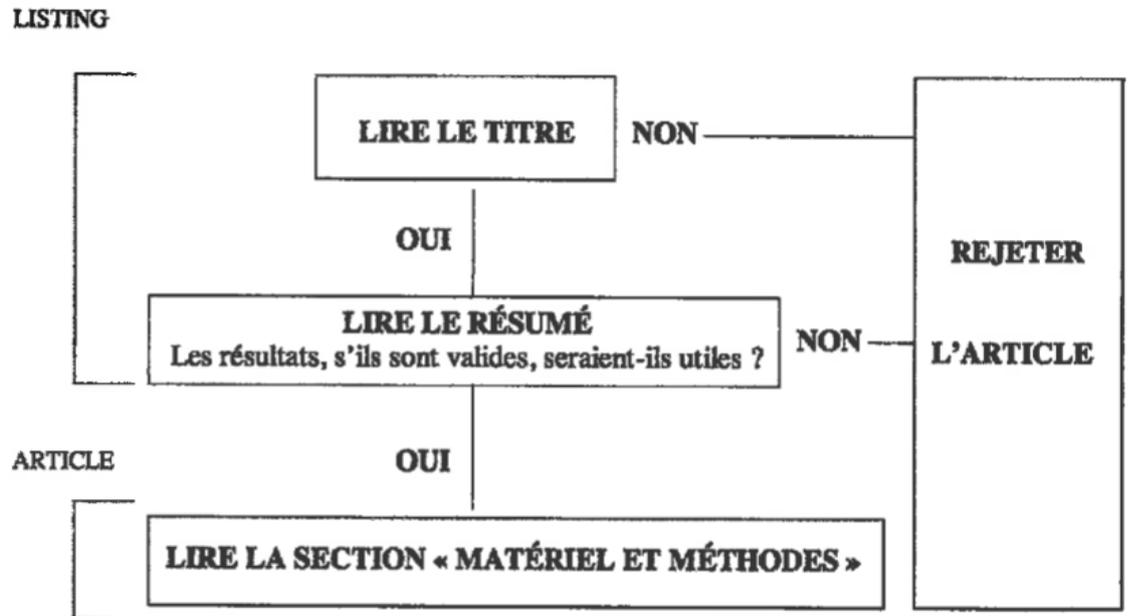
ANNEXE II : Arbre décisionnel de cotation d'une étude clinique ou de synthèse

ANNEXE III : Biais et limites des études

ANNEXE IV : Stratégie de recherche et résultats dans les différentes bases de données

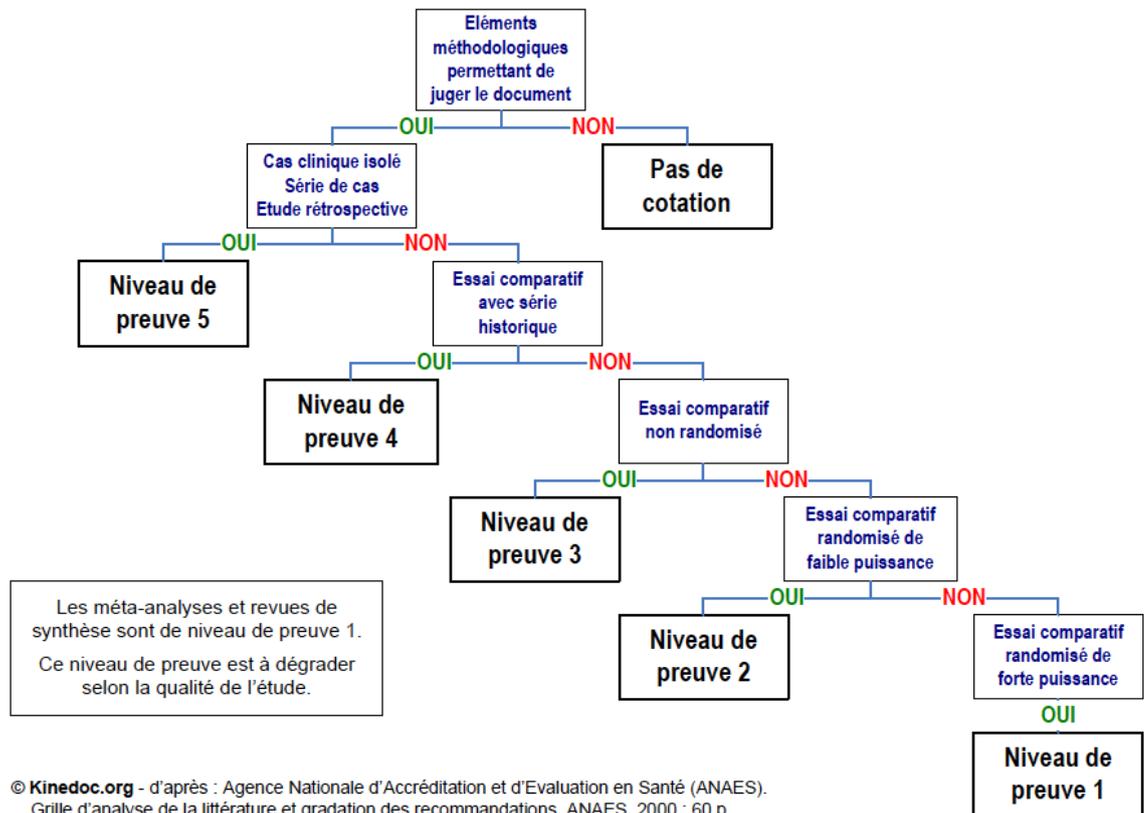
ANNEXE I :

Les premières étapes de la sélection d'articles médicaux. (48)



ANNEXE II :

ARBRE DÉCISIONNEL DE COTATION D'UNE ÉTUDE CLINIQUE OU DE SYNTHÈSE



ANNEXE III :

Biais et limites des études

Etude	Biais/ limite
Druzbicki, 2016	- Sujets, thérapeutes non aveugles
Walker, 2016	- Faible taille d'échantillon
Brasileiro, 2015	- Durée de l'étude trop courte - Sujets, thérapeutes, évaluateurs non aveugles
Byl, 2015	- Sujets, thérapeutes non aveugles - Faible taille d'échantillon - Pas de groupe contrôle - Patient axé sur l'amélioration de la mécanique - Tests multiples caractérisant un paramètre commun peuvent augmenter le risque d'une erreur - Durée de l'étude insuffisante - Ipad gênant pendant la marche
Druzbicki, 2015	- Sujets et thérapeutes non aveugles - Durée de l'étude trop courte
Kim, 2015	- Faible taille d'échantillon - Durée de l'étude trop courte
Ochi, 2015	- Sujets, thérapeutes non aveugles - Faible taille d'échantillon - Protocole non-ajusté en fonction des gains - Pas de comparaison avec d'autres dispositifs robotiques - Pas de résultat au long terme
Pavare, 2015	- Sujets, thérapeutes, évaluateurs non aveugles - Faible taille d'échantillon
Won, 2015	- Sujets, thérapeutes, évaluateurs non aveugles - Faible taille d'échantillon - Absence de donnée à long terme - Pas d'étude de la cinématique
Kim, 2014	- Sujets et thérapeutes non aveugles
Park, 2014	- Non renseigné
Rao, 2013	- Sujets, thérapeutes non aveugles - Faible taille d'échantillon - Durée de l'étude trop courte
Jung, 2012	- Sujets, thérapeutes, évaluateurs non aveugles

Tsaklis, 2012	- Faible taille d'échantillon
Chae, 2011	- Sujets, thérapeutes non aveugles - Faible taille d'échantillon - Exercices de stabilisation de la colonne vertébrale uniforme
Jamal, 2011	- Sujets, thérapeutes, évaluateurs non aveugles - Faible taille d'échantillon - Moins de temps de rééducation pour le GT - Travail en chaussure ou pieds nus selon les patients - Manque de sensibilité de la plateforme

ANNEXE IV :

Stratégie de recherche et résultats dans les différentes bases de données

Site de recherche	Mots clefs utilisés	Nombre de publications	Nombre d'article retenu avec le titre	Nombre d'articles retenus avec le résumé	Nombres d'articles inclus dans l'étude
Pubmed	Feedback visuel or visual feedback and stroke or avc and gait or démarche	34	26	20	9
PEDro	Visual Feedback, stroke, gait	6	5	3	2
PEDro	Feedback visuel, avc, démarche	0	0	0	0
BDSP	Visual Feedback, stroke, gait	0	0	0	0
Science direct	Visual Feedback, stroke, gait (2017-2011) (stroke)	48	16	12	3
The cochrane library	Visual Feedback, stroke, gait	0	0	0	0

Kinésithérapie la revue-EM consulte	Feedback visuel marche avec	47	11	6	2
--	-----------------------------------	----	----	---	---

RESUME

Objectif : Le but de ce travail est de rechercher l'efficacité des techniques de biofeedback visuel sur la marche des hémiplegiques vasculaires à travers une revue de la littérature de 2011 à nos jours.

Méthode : Les recherches sont effectuées à partir des bases de données Pubmed, PEDro, Science Direct, Em Consulte. Nous choisissons de retenir les études réalisées après 2011 sur des adultes volontaires, ayant subi un AVC. Le traitement doit inclure un biofeedback visuel et des tests sur les paramètres de la marche.

Résultats : Sur les 60 articles de départ, 27 ont été analysés et 16 sélectionnés dans notre revue. Les paramètres étudiés dans la discussion sont les paramètres modifiant la vitesse de marche, l'équilibre, la répartition du poids du corps, la longueur du pas, leur symétrie et les amplitudes articulaire.

Conclusions : Les études ont montré une certaine efficacité du biofeedback visuel sur la démarche des patients hémiplegiques vasculaires mais elles ne permettent pas d'affirmer que le biofeedback entraîne des améliorations plus importantes qu'un autre type de rééducation. De plus, les conclusions sont difficiles à fournir à cause du nombre restreint d'études, de leur faible grade et des biais de chacune de ces études.

Mots clés : AVC, démarche, feedback visuel

Keywords : stroke, gait, visual feedback

