



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 : CATINOT

Prénom : Lise

Formation : Masso-Kinésithérapie

Année : 3ème

**Résultats des dernières méthodes de
rééducation sur les mécanismes de plasticité
cérébrale mis en jeu dans la récupération
motrice après AVC :
De la recherche à la réalité clinique.**

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

Année Universitaire 2013/2014

Résumé

L'Accident Vasculaire Cérébral touche plus de 140 000 personnes en France chaque année, et lorsqu'il n'est pas mortel, la majorité des patients gardent de lourdes séquelles notamment motrices et fonctionnelles, représentées par une hémiparésie résiduelle. La rééducation motrice et fonctionnelle est largement étudiée dans le secteur de recherche scientifique, avec de nouvelles techniques de rééducation du membre supérieur et inférieur qui font peu à peu leur apparition. Est-ce que, parmi ces nouvelles méthodes, toutes sont applicables à tout type de patient hémiparétique ou est-ce que la phase de récupération, l'âge des patients ou la localisation hémisphérique de la lésion influencent l'efficacité des méthodes de rééducation ? Des bases de données ont été consultées, et des articles ont été analysés afin de répondre à cette question. Pour ce qui est du traitement du membre supérieur, la thérapie par contrainte-induite, la rééducation par stimulations non invasives telles que la tDCS ou la rTMS (la stimulation transcranienne à courant continu ou la stimulation magnétique transcranienne répétitive), la robotisation associée ou non à la réalité virtuelle et la thérapie miroir sont abordées. Dans le domaine de la rééducation du membre inférieur, la méthode Bobath Based Rehabilitation, les stimulations électriques fonctionnelles, la robotisation associée ou non à la réalité virtuelle sont recensées. Il semblerait que l'âge n'influence la récupération que par l'apparition de comorbidités. La phase de récupération conditionne l'application des méthodes de rééducation et l'hémisphère lésé influence l'efficacité des méthodes de rééducation notamment par le biais des lésions associées telles que l'héminégligence, l'aphasie ou l'anosognosie.

Mots-Clés

- **Hémiplégie,**
- **rééducation,**
 - **AVC**
- héminégligence,
 - équilibre,
 - plasticité,
 - récupération,
 - jeune,
- personnes âgées,
 - enfants,
- « hémiplégie gauche »,
- « hémiplégie droite ».

Abstract

Stroke affects 140 000 people each year in France, and when it does not result in death, a large number of people are left with motor aftereffects such as hemiparesis. Many authors have investigated the efficacy of various different new therapies, and our question is: are all these new therapies effective in every hemiparetic patient? , Does the age, phase of recovery, or the affected hemisphere influence their efficacy? Data bases have been interrogated and many articles have been written. We selected the good ones. For treating the upper limb, constraint induced movement therapy, mirror therapy, non-invasive stimulations as tDCS or rTMS (transcranial direct current stimulation or repetitive transcranial magnetic stimulation) and robots (with and without virtual reality) have been investigated. For the lower limb and gait recovery, Bobath based rehabilitation, functional electrical stimulation and robots (with or without virtual reality) have all been evaluated. Age seems to be the most influential factor affecting the efficacy of therapies because of comorbidities which are more frequent with increasing age. Treatment application depends upon recovery phase and associated lesions linked to the side of the affected hemisphere hinder the application of some therapies.

Keywords

- **Hemiplegia,**
- **rehabilitation,**
- **stroke,**
- upper extremity,
 - neglect,
- lower extremity,
 - balance,
 - plasticity,
 - recovery,
- “left hemiplegia”,
- “right hemiplegia”.

Sommaire

I. INTRODUCTION.....	<u>1</u>
I.1. MOTIVATION CLINIQUE DE LA RECHERCHE	<u>1</u>
I.2. LES VOIES MOTRICES	<u>1</u>
I.3. DEFINITION DE L'ACCIDENT VASCULAIRE CEREBRAL (AVC)	<u>2</u>
I.4. MECANISMES	<u>2</u>
I.5. EPIDEMIOLOGIE ET OBJECTIFS	<u>2</u>
I.6. TABLEAU CLINIQUE POST-AVC	<u>3</u>
I.7. DISTINCTION HEMISPHERE MAJEUR/MINEUR	<u>3</u>
I.8. PLASTICITE CEREBRALE	<u>4</u>
<i>I.8.1. COURBES DE RECUPERATION MOTRICE</i>	<i><u>4</u></i>
<i>I.8.2. MECANISMES DE PLASTICITE CEREBRALE</i>	<i><u>4</u></i>
I.9. HYPOTHESES	<u>5</u>
I.10. PROBLEMATIQUE ET OBJECTIFS	<u>6</u>
II. METHODOLOGIE.....	<u>6</u>
II. 1. MOTS-CLES	<u>7</u>
II. 2. CRITERES D'INCLUSION ET D'EXCLUSION	<u>7</u>
II. 3. BASES DE DONNEES CONSULTEES	<u>8</u>
<i>II. 3. 1. MEDLINE PAR L'INTERFACE PUBMED</i>	<i><u>8</u></i>
<i>II. 3. 2. PASCAL</i>	<i><u>8</u></i>
<i>II. 3. 3. PEDRO</i>	<i><u>8</u></i>
<i>II. 3. 4. KINEDOC.....</i>	<i><u>8</u></i>
II. 4. CRITERES DE VALIDITE	<u>9</u>
<i>II. 4. 1. L'OBJECTIF.....</i>	<i><u>9</u></i>
<i>II. 4. 2. LE TYPE D'ETUDE</i>	<i><u>9</u></i>
<i>II. 4. 3. LES FACTEURS ETUDIES</i>	<i><u>9</u></i>
<i>II. 4. 4. LES CRITERES DE JUGEMENT</i>	<i><u>9</u></i>
<i>II. 4. 5. LA POPULATION, LES SUJETS ETUDIES.....</i>	<i><u>10</u></i>
<i>II. 4. 6. LES FACTEURS DE CONFUSION</i>	<i><u>10</u></i>
<i>II. 4. 7. LES ANALYSES STATISTIQUES</i>	<i><u>10</u></i>
<i>II. 4. 8. LA CONCLUSION</i>	<i><u>10</u></i>
II. 5. EVALUATION DU NIVEAU DE PREUVE	<u>10</u>
III.RESULTATS	<u>10</u>
III. 1. MEMBRE SUPERIEUR : LES PREHENSIONS	<u>10</u>
<i>III. 1. 1. THERAPIE DE CONTRAINTE-INDUITE PAR LE MOUVEMENT.....</i>	<i><u>10</u></i>
<i>III. 1. 2. STIMULATIONS CEREBRALES NON INVASIVES ET DE SURFACE</i>	<i><u>12</u></i>
<i>III. 1. 3. REALITE VIRTUELLE/ROBOTISATION.....</i>	<i><u>14</u></i>
<i>III. 1. 4. THERAPIE MIROIR.....</i>	<i><u>16</u></i>
<i>III. 1. 5. AUTRES METHODES.....</i>	<i><u>18</u></i>
III. 2. MEMBRE INFERIEUR : LA POSTURE, L'EQUILIBRE ET LA MARCHÉ	<u>19</u>
<i>III. 2. 1. METHODE BOBATH BASED REHABILITATION.....</i>	<i><u>20</u></i>
<i>III. 2. 2. STIMULATIONS ELECTRIQUES FONCTIONNELLES</i>	<i><u>21</u></i>

III. 2. 3. REALITE VIRTUELLE/ROBOTISATION.....	23
III. 2. 4. AUTRES METHODES.....	25

IV. DISCUSSION..... [26](#)

IV. 1. LIMITES DES ETUDES	26
IV. 2. IMPACT DE L'AGE SUR LA REEDUCATION ET LA RECUPERATION	27
IV. 3. METHODES SELON LA PHASE DE TRAITEMENT	28
IV. 4. METHODES SELON LA LOCALISATION DE LA LESION CEREBRALE	30
IV. 5. MATERIELS ET METHODE	31
IV. 6. PREVENTION : LUTTE CONTRE LES MALADIES CARDIO-VASCULAIRES	32
IV. 7. RECOMMANDATIONS DE LA HAS	32

V. CONCLUSION..... [32](#)

VI. BIBLIOGRAPHIE

- VI. 1. PRINCIPALE
- VI. 2. SECONDAIRE

VII. ANNEXES

I. INTRODUCTION

I.1. Motivation clinique de la recherche

La rééducation après AVC présente de nombreuses disparités en fonction des établissements de soins français. Au sein de l'Unité Neuro-Vasculaire de l'Hôpital de Chambéry, nous avons eu de nombreux patients victimes d'un AVC à prendre en charge en rééducation, principalement en phase aiguë. Face à la grande diversité de tableaux cliniques rencontrés en fonction de l'importance de l'AVC et de sa localisation, nous nous sommes alors remis en question afin de savoir si face aux cas non répondant à la rééducation proposée sur la base du concept Bobath réactualisé, il n'existerait pas une autre méthode plus adaptée et plus efficace. De plus, devant la forte prévalence des accidents vasculaires cérébraux et devant l'importance des séquelles en résultant, la remise en question de la rééducation de l'hémiplégie vasculaire était tout à fait d'actualité. Par ailleurs, nous avons été confrontés à une seconde problématique de terrain. En effet, les AVC nécessitent une longue période de rééducation avec souvent une hospitalisation nécessaire vis-à-vis des fortes limitations d'activité et restrictions de participation entraînées par l'accident, ce qui engendre un coût économique relativement important. Les nouvelles directives de rééducation tiennent compte de cette problématique en essayant de diminuer au maximum les périodes d'hospitalisation que ce soit en hôpital ou en centre, et donc visent à rendre une autonomie et une indépendance fonctionnelle le plus rapidement possible.

I.2. Les voies motrices

L'organisation des voies motrices représente le fondement de la physiopathologie des conséquences de l'AVC. Le faisceau pyramidal naît du cortex moteur primaire appelé M1 situé en avant de la scissure de Rolando au niveau pariétal. Chaque faisceau, un provenant de chaque hémisphère, descend et traverse le tronc cérébral pour ensuite donner deux faisceaux : le faisceau pyramidal croisé (le principal, 70 à 90 % des fibres du faisceau pyramidal initial) et le faisceau pyramidal direct. Le faisceau pyramidal croisé qui innerve les membres, va subir un phénomène dit de décussation au niveau du bulbe du tronc cérébral avant de rejoindre la moelle épinière, c'est-à-dire qu'il va croiser son homologue opposé pour aller innerver les membres situés du côté opposé de l'hémisphère duquel il provient. A cause de la décussation du faisceau pyramidal moteur, une atteinte d'un hémisphère cérébral entraîne une atteinte motrice contralatérale. Les fibres du faisceau pyramidal direct (20%) qui innervent le tronc et la partie proximale des membres, ne décussent pas au niveau du bulbe mais croisent la ligne médiane de la moelle épinière au niveau de leur terminaison à chaque niveau métamérique.

I.3. Définition de l'Accident Vasculaire Cérébral (AVC)

L'Accident Vasculaire Cérébral (AVC) est défini internationalement par l'OMS (Organisation Mondiale de la Santé) comme « un déficit brutal d'une fonction cérébrale focale sans autre cause apparente qu'une cause vasculaire » ou autrement formulé par « la présence de signes cliniques de dysfonctionnement cérébral focal (ou global) de survenue rapide avec des symptômes persistant 24 heures ou plus ». Dans la littérature lorsque les scientifiques évoquent l'AVC, ils excluent les hémipariés résultant de traumatismes crâniens, de pathologies évolutives ou dégénératives du système nerveux central et les formes d'installation lente, selon la Haute Autorité de Santé (HAS).

I.4. Mécanismes

Le cerveau étant un organe noble, est un organe richement vascularisé (figure 1) ce qui le place face à deux risques principaux : l'ischémie par thrombus d'une artère, ou l'hémorragie. Ce sont les deux grands mécanismes impliqués dans les AVC. 80% des AVC sont de cause ischémique due à un infarctus cérébral qui est la conséquence de l'obstruction d'un vaisseau sanguin. Les 20% restant sont de cause hémorragique secondaire à une rupture d'un vaisseau irriguant le cerveau.

De plus, la différenciation entre l'ischémie et l'hémorragie est difficile car les deux mécanismes sont liés. En effet, il est commun qu'après décoagulation d'un thrombus, l'AVC se transforme en hémorragie ce qui aggravera ses conséquences.

L'accident ischémique transitoire (AIT) est défini actuellement comme étant un déficit neurologique focalisé, d'origine ischémique, dont les symptômes régressent rapidement.

I.5. Epidémiologie et objectifs

Les données de l'HAS (Haute Autorité de Santé) estiment à 140 000 le nombre de personnes touchées par un AVC, en France, chaque année. Il représente la troisième cause de décès avec près de 40 000 décès par an, ainsi que la huitième cause de perte d'espérance de vie car il est considéré comme la première cause de handicap non traumatique étant donné que plus de 50% des personnes gardent des déficiences neurologiques sévères, le plus souvent motrices. De plus, il existe 30 à 50 % de risque de récurrence à 5 ans. L'objectif fixé par la Haute Autorité de Santé (HAS) est de réduire la mortalité et le handicap liés à l'AVC. Pour ce faire, toutes les filières médicales et de rééducation sont mobilisées afin de réaliser un soin centré sur le patient, dans lequel il est placé comme acteur de sa récupération. La coordination entre les acteurs de santé est alors indispensable. La part de la kinésithérapie est prépondérante dans cette rééducation, s'intéressant principalement aux troubles moteurs, sensitifs, du tonus, articulaires, douloureux, cutanés trophiques et vasculaires ainsi qu'aux incapacités fonctionnelles et au reconditionnement à l'effort.

I.6. Tableau clinique post-AVC

Le tableau clinique principal présenté après AVC est l'hémiplégie. Elle est définie comme un déficit moteur total d'un hémicorps. Lorsque l'atteinte de l'hémicorps est incomplète, il faut alors parler d'hémi-parésie. Elle peut affecter à la fois le visage, le membre supérieur et le membre inférieur de façon proportionnelle ou non. Bien souvent la période initiale est dite flasque, hypotonique, puis elle évolue plus ou moins rapidement vers une forme spastique, hypertonique. Il s'agit d'un déficit de la commande motrice et non de la force musculaire. A ce tableau se rajoutent des troubles associés. D'un point de vue sensitif, l'existence d'une hémianesthésie peut être retrouvée sur l'hémicorps atteint, ou de façon moins complète qui correspond à une hypoesthésie, qui peut toucher tous les types de sensibilité : superficielle, profonde, thermique et douloureuse. D'un point de vue sensoriel, il est possible de retrouver une hémianopsie qui correspond à une amputation d'une partie du champ visuel, ou au niveau auditif, une hémianacousie lors d'atteintes de l'hémicorps droit, ou une négligence auditive lors d'atteintes de l'hémicorps gauche. D'un point de vue cognitif, il est fréquent, le plus souvent après AVC droit et hémiplégie gauche, de retrouver une hémignégligence (négligence spatiale de tout l'hémichamp homolatéral à l'hémiplégie) plus ou moins associée à une anosognosie (méconnaissance par le patient de sa maladie) alors que dans les tableaux d'hémiplégie droite après AVC à gauche, il est plus fréquent de retrouver une aphasie associée (trouble du langage oral et/ou écrit, d'un point de vue de la compréhension et/ou de l'expression). Fréquemment, il est de mise de retrouver des troubles de la déglutition qui augmentent le risque de fausse-route. L'hémiplégie est souvent associée à des troubles de l'humeur ou du comportement, avec une forte fréquence de dépression. Des troubles urinaires peuvent se surajouter au tableau clinique, comme des rétentions urinaires (surtout chez l'homme) ou ensuite par des mictions impérieuses (plus chez les femmes).

Face au large panel de déficits, nous tenons à préciser que dans ce travail, nous traiterons principalement des lésions motrices et de la récupération fonctionnelle.

I.7. Distinction hémisphère majeur/mineur

Actuellement, plutôt que de parler d'hémiplégie droite ou gauche, les scientifiques préfèrent les termes d'hémisphère majeur et/ou mineur. Effectivement, les premières imageries ont montré que la structure fonctionnelle du cerveau n'était pas la même si l'on était gaucher ou droitier, par rapport à l'hémisphère qui est dit majeur. Ainsi plusieurs structures fonctionnelles décrites habituellement dans un seul hémisphère, dites asymétriques, peuvent se retrouver dans l'hémisphère opposé. Par exemple, au niveau des zones liées à la production de la parole, les scientifiques les situent habituellement dans l'hémisphère gauche au niveau temporal chez 95% des sujets droitiers, pour seulement 60% des sujets gauchers. Ainsi une personne qui aurait son hémisphère gauche touché, serait donc hémiplégique droit avec des troubles de la parole.

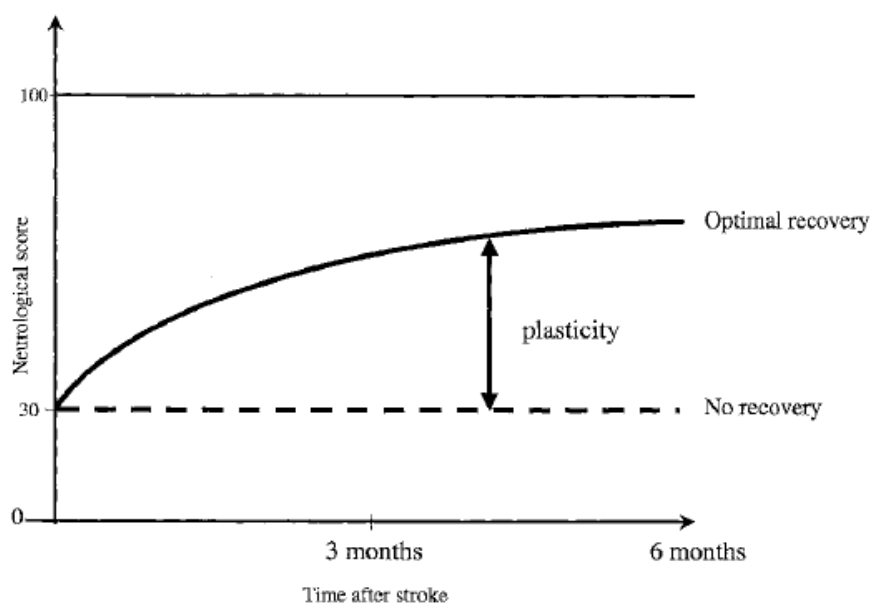


Figure 2 : (Calautti et al, 2003) Courbe de récupération motrice.

Sauf qu'une autre personne pourrait être aussi bien hémiplégique droit sans avoir de troubles de la parole si les zones consacrées à celle-ci sont situées dans l'autre hémisphère. Cependant, des chercheurs ont montré que la préférence manuelle, qui est l'expression la plus directement explorable de la latéralisation hémisphérique, est étroitement liée à l'asymétrie de volume du cortex sensori-moteur. La préférence manuelle peut être explorée par l'intermédiaire de différents questionnaires. Il existe encore de nombreuses questions autour de la latéralisation des hémisphères cérébraux qui ne sont pas l'objet de notre recherche.

I.8. Plasticité cérébrale

La lésion entraîne des déficits. Des mécanismes de plasticité cérébrale se développent pour combler la lésion initiale, et ceux-ci concourent à la récupération.

I. 8. 1. Courbes de récupération motrice

Des courbes de récupération spontanée montrent qu'il existe une période de forte récupération initiale d'environ 3 mois, suivie d'une période de récupération plus lente en plateau (figure 2). L'écart entre la courbe de récupération spontanée et une ligne imaginaire de non récupération représente la plasticité cérébrale, c'est-à-dire la capacité du cerveau de se remanier suite à une lésion. La récupération se fait selon un gradient le plus fréquemment, proximo-distal lors d'une atteinte cérébrale contrairement aux atteintes du tronc cérébral. Attention cependant, la récupération totale acquise sera souvent inférieure aux capacités antérieures du patient touché par l'AVC. Donc lorsqu'une courbe de récupération est à 100%, ceci ne signifie pas que le patient a retrouvé ses qualités d'antan, mais seulement qu'il a atteint le maximum des capacités des mécanismes de récupération. Ceci permet d'individualiser une période critique à la rééducation qui se situerait dans les 3 premiers mois.

I. 8. 2. Mécanismes de plasticité cérébrale

Pour la rééducation, il est important de connaître préalablement les mécanismes de plasticité cérébrale qui œuvrent pour la récupération. De nombreuses études dans les années 1990, ont démontré plusieurs types de mécanismes de récupération après AVC. Ces mécanismes de plasticité cérébrale peuvent être rassemblés sous quatre sous-thèmes. Le premier consiste en la régression d'un diaschisis qui est défini comme une soudaine perte de fonction d'une partie du cerveau située à distance de la lésion, mais connectée à celle-ci par des neurones. Cette inhibition à distance régresse progressivement et, est à l'origine de la récupération fonctionnelle. Ensuite, il existe une plasticité de l'hémisphère lésé qui se remanie pour combler les espaces lésés. Par ailleurs, des auteurs ont montré dans les années 1990, qu'il existe une activation des voies motrices de l'hémisphère homolatéral, donc non lésé, pour combler la perte de fonction de l'hémisphère lésé lors d'une tâche motrice du membre paralysé. Petit à petit, une réorganisation inter-hémisphérique du système moteur se produit pour diminuer la participation de l'hémisphère sain au profit de

l'activation de l'hémisphère lésé. En effet, une activation du cortex sain plusieurs mois après l'AVC, serait corrélée avec une mauvaise récupération. A cause de la lésion, un déséquilibre inter-hémisphérique se met en place créant des modifications de la connectivité inter-cérébrale. Et pour finir, de nouvelles voies motrices polysynaptiques se créent, par l'intermédiaire d'interneurones, les neurones propriospinaux, toujours dans le but de combler la lésion et réduire le déficit.

I.9. Hypothèses

Outre le fait que, pour bénéficier des effets de la rééducation par la méthode de contrainte induite par le mouvement, il est nécessaire de bénéficier d'un début de motricité distale du membre supérieur, il serait aussi possible qu'une personne héminégligente, le plus souvent à gauche, n'ait jamais accès à l'utilisation de son membre atteint lorsqu'on lui bloque son membre non hémiplégique, ne créant ainsi aucune amélioration de sa fonction motrice. Peut-on alors comparer la rééducation de l'hémiplegie gauche et celle de l'hémiplegie droite ?

Autre exemple, la littérature nous a aujourd'hui prouvé que les mécanismes de plasticité cérébrale indispensables à la récupération motrice, n'étaient pas les mêmes en fonction de l'âge du patient lésé. En effet, pendant longtemps, après que l'on ait découvert les mécanismes de plasticité cérébrale, ceux-ci n'étaient décrits que chez les enfants, ou les populations d'adultes jeunes, et considérés comme inexistantes à l'âge avancé. Aujourd'hui, la plasticité est décrite chez les populations jeunes et moins jeunes, mais l'on sait que ces mécanismes sont moins puissants avec l'âge. Alors nous sommes en cas de nous demander si la rééducation peut avoir les mêmes effets de récupération quel que soit l'âge moyen des patients rééduqués. Bien que l'AVC soit un phénomène qui touche plus particulièrement la deuxième moitié de la vie, il existe des cas où des patients jeunes sont touchés. Nous aborderons la jeunesse sous le seuil des 55 ans.

Chez les enfants, il existe une forme de paralysie cérébrale unilatérale congénitale qui donne des symptômes d'hémiplegie, dont certains sont causés par des infarctus cérébraux périnataux, qui ne sont autres que des AVC ischémiques du cerveau avant ou peu après la naissance. Cependant, cet aspect assez distinct de l'hémiplegie, ne sera pas abordé dans ce travail aux vues de l'étendue du domaine. En effet, les mécanismes de plasticité cérébrale étant prépondérants lors de l'enfance et du développement, l'effet de la rééducation reste peu discernable de la récupération spontanée. De plus, l'autre raison qui nous pousse à ne pas comparer de trop près l'hémiplegie adulte suite à un AVC, aux paralysies cérébrales unilatérales, est l'importance de l'action de la croissance sur la maturation du système nerveux central, qui modifie les objectifs de prise en charge des enfants paralysés cérébraux face aux adultes hémiplegiques post-AVC.

Typiquement, les médecins et autres scientifiques ont décrit trois phases principales, reprises par la HAS : la phase aiguë comprenant les treize premiers jours suivant l'AVC, suivie par la phase subaiguë allant du quatorzième jour au 6^e mois, puis la phase chronique au-delà des 6 mois post-AVC. En fonction de la phase de prise en charge des troubles liés à l'AVC, les méthodes utilisées sont-elles toutes aussi

efficaces ? Habituellement, nous avons tendance à s'entendre dire qu'après trois mois après l'accident, si aucune récupération ne s'est réalisée, alors il y a peu de chances pour que le cerveau récupère après. La récupération est maximale les trois premiers mois. Cela ne signifie peut-être pas qu'aucune récupération n'est encore possible au-delà, en phase chronique. Est-ce que la rééducation présente encore un intérêt au-delà de cette période critique ?

I.10. Problématique et objectifs

Parmi les méthodes de rééducation décrites actuellement pour le patient hémiparétique, est-ce que toutes les méthodes ont le même impact quel que soit le type de population hémiparétique, sur les mécanismes de plasticité cérébrale mis en jeu dans la récupération motrice après AVC ? Est-ce qu'une méthode serait plus adaptée à un certain type de population et non applicable à toute la population hémiparétique ?

L'objectif ainsi visé est de définir s'il existe ou non des méthodes de rééducation qui ont montré plus de résultats sur certaines catégories de population hémiparétique que sur d'autres.

La localisation dans l'hémisphère, majeur ou mineur ou à défaut gauche ou droit, et l'âge des patients atteints, ainsi que la phase de prise en charge seront les trois principaux facteurs de population étudiés.

II. METHODOLOGIE

II. 1. Mots-clés

L'étude de bibliographie ici présente a pour thème les méthodes de rééducation de l'hémiparésie après AVC en fonction de la population hémiparétique. Pour réaliser la recherche d'articles scientifiques, différentes bases de données ont été questionnées à l'aide des mots-clés préalablement définis suite à une analyse du thème exploré. Aucun article ne traite de notre sujet de façon ouverte, nous avons alors recherché des articles par méthode de rééducation et l'analyse de la population testée pour chaque s'est réalisée dans un second temps. Ainsi plusieurs associations de mots-clés en ont découlées. Les principaux mots-clés ont été en Français : hémiparésie, rééducation, hémiparésie, équilibre, plasticité, récupération, jeune, personnes âgées, enfants, « hémiparésie gauche », « hémiparésie droite ». La plupart des bases de données étant référencées en anglais, voici les mots-clés qui ont été utilisés : hemiplegia, rehabilitation, stroke, upper extremity, neglect, lower extremity, balance, plasticity, recovery, "left hemiplegia", "right hemiplegia".

A ces mots-clés, des opérateurs booléens ont été ajoutés, ainsi que des limites concernant la recherche telles que l'année de parution qui limite aux seules études publiées après les années 2000, ou encore telles que l'âge des patients en fonction de la base de données et des fonctionnalités

qu'elle offre. Par exemple l'une des recherches ressemblait à *rehabilitation AND (hemiplegia OR stroke) AND "upper extremity"*. Sur l'interface pubmed de la plateforme MEDLINE, les termes ont été recherchés en terme MeSH avant, étant donné que la base de données attribue automatiquement un terme MeSH ressemblant au mot-clé que nous avons entré, incluant parfois beaucoup de hors sujet. Ainsi le terme *neglect* est référencé sous le terme MeSH "*perceptual disorders*". Par cette manipulation nous sommes sûrs de ne trouver que des articles faisant référence au type de négligence que nous souhaitons. Par ailleurs, dans MEDLINE, le mot-clé "*rehabilitation*" n'a pas été entré car dans les options MeSH des mots « *hemiplegia* » ou « *stroke* », nous pouvons sélectionner la sous-partie "*rehabilitation*". Le mot-clé devient automatiquement *hemiplegia/rehabilitation*. Concernant un des critères d'exclusion, nous avons pu aussi ajouter à notre formule de recherche, le mot-clé « *child** » ou « *enfant** » avec l'opérateur booléen NOT.

II. 2. Critères d'inclusion et d'exclusion

Plusieurs critères d'inclusion pour la recherche d'articles ont été préalablement établis : correspondance du sujet de l'article aux mots-clés entrés sans hors sujet ; le fait que ce soit un article source et non pas une revue de la littérature ou une méta-analyse malgré la puissance de ces derniers articles. De façon plus importante, afin de répondre aux exigences du travail, les critères d'exclusion dans la sélection d'articles ont été principalement la langue dans laquelle l'article a été publié. En effet aucun article rédigé autrement qu'en français et/ou anglais n'a pu être compréhensible et donc interprétable. Une seconde exigence tenait compte de la date de parution, limitant ainsi les articles traités aux uniques publiés après les années 2000. Une autre limite, malheureuse cependant, faisait référence à l'accessibilité du texte intégral. En effet, depuis les nombreuses bases de données, en fonction du journal dans lequel a été publié un article dont le résumé paraît intéressant, tous les journaux n'offrent pas un accès libre et gratuit au texte intégral. La gratuité de l'accès a donc été également un critère d'inclusion. Le type d'article a aussi fait partie d'un critère d'exclusion. En effet, nous ne sommes autorisés qu'à utiliser des articles sources donc tout autre type d'article à savoir les revues de la littérature y compris les méta-analyses, n'a pu être étudié. Le dernier critère d'exclusion est relatif à la date de consultation des bases de données qui a été comprise entre les mois de juillet 2013 et décembre 2013. Tout article non publié dans cette période n'a pu être trouvé et analysé. De plus, par rapport aux limitations de nos recherches, tous les articles concernant la rééducation de l'enfant paralysé cérébral hémiplégique ont été écartés. Enfin, les études qui, après lecture, avaient un niveau de preuve selon l'Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé (ANAES) supérieur ou égal à 3 n'ont pas été retenues. Ce niveau de preuve correspond pour les recommandations de l'HAS, à des études de grade C, peu fiables, dont la preuve scientifique n'a pas été établie.

II. 3. Bases de données consultées

Quatre principales bases de données relatives à notre domaine de recherche ont été questionnées. Les deux premières étant les plus puissantes, sont la source de la plupart des textes

présentés dans ce travail.

II. 3. 1. Medline par l'interface Pubmed

« MEDLINE est la base créée en 1966, par la *National Library of Medicine* (Bethesda, USA), la plus connue et la plus utilisée. Elle contient plus de 7 millions de citations dont plus de 5 millions concernent l'homme. Elle indexe la littérature scientifique de plus de 4000 revues internationales. Sa couverture est essentiellement anglo-saxonne. Des termes normalisés et structurés (mots clés) sont utilisés pour indexer les documents et les questions. L'ensemble de ces termes constitue un thésaurus. Le thésaurus de MEDLINE s'appelle MeSH pour *Medical Subject Headings*. Quand un article est indexé dans MEDLINE, 10 à 12 termes du MeSH y sont attachés. Le MeSH est régulièrement actualisé. » (Définition de l'ANAES)

II. 3. 2. Pascal

« PASCAL est une banque de données Française produite par l'Institut National de l'Information Scientifique et Technique (INIST). Créée en 1973, cette base multidisciplinaire couvre les domaines aussi divers que la biologie, la médecine, les disciplines fondamentales de la physique et de la chimie, les sciences de l'ingénieur, l'océanographie... La littérature Française représente environ 10 % des 12 millions de références bibliographiques. » (Définition de l'ANAES)

II. 3. 3. PEDro

« Le Centre pour la Physiothérapie Fondée sur les Preuves (CEBP) a créé PEDro (Physiotherapy Evidence Database) et Physiotherapy Choices et s'occupe de leurs mises à jour. Le Centre pour la Physiothérapie Fondée sur les Preuves (CEBP) a été créé en 1999 par un petit groupe de physiothérapeutes praticiens et universitaires. Il est situé à l'Institut George pour la santé internationale ("The George Institute for Global Health"). La mission du CEBP est de potentialiser au maximum l'efficacité des services rendus par la physiothérapie en facilitant l'application clinique des meilleures preuves disponibles. Le CEBP croit qu' "une physiothérapie efficace doit être centrée sur le patient, tournée vers la prévention, sûre et techniquement compétente, fondée sur les meilleures preuves disponibles, et mise en œuvre de manière efficiente". » (D'après <http://www.pedro.org.au/french/about-us/> le 26/09/13)

II. 3. 4. Kinedoc

« Un réseau humain vivant, constitué de professionnels de la rééducation et réadaptation, de la documentation et de l'édition s'est construit pour valoriser la littérature francophone en masso-kinésithérapie / physiothérapie. La banque de données constituée vise l'exhaustivité d'indexation des sources documentaires Francophones. Elle est en évolution permanente, tant sur son contenu que sur ses procédures. Il s'agit d'une dynamique collective de participation et de partage, ancrée au sein des principaux pays francophones afin de « couvrir » la plupart des sources documentaires francophones. » (D'après <http://kinedoc.org/Kinedoc-war/aPropos.do> le 26/09/13).

II. 4. Critères de validité

Lorsque de nombreux articles ont été ainsi recensés, il a fallu en analyser le contenu. Pour ce faire, nous avons utilisé les critères de validité décrits par la Haute Autorité de Santé. Chaque article a ainsi été soumis aux huit critères de validité des articles. Il y a trois questions à se poser pour chaque critère à savoir : 1/ le critère est-il présent dans l'étude ? ; 2/ La façon d'aborder le critère est-elle correcte ? Et 3/ Si elle est incorrecte, cela menace-t-il la validité de l'étude ? L'interprétation de chaque critère est variable selon le type d'étude analysée. C'est pourquoi, l'utilisation de grilles de lecture en fonction du type d'article, a représenté une aide à l'analyse (annexe 29).

II. 4. 1. L'objectif

Il doit être clairement défini dans l'article et formulé par des hypothèses.

II. 4. 2. Le type d'étude

Il doit être décrit et convenir aux hypothèses posées. Dans le cas actuel il s'agit le plus souvent d'essais contrôlés plus ou moins randomisés. Selon le type d'étude, la preuve scientifique apportée par l'étude est alors différente. Les études randomisées et contrôlées de forte puissance, ce qui signifie que le risque d'erreur statistique est infime, ou que l'échantillon étudié est très grand, sont considérées comme étant des études à haut niveau de preuve, sur lesquelles la Haute Autorité de Santé (HAS) pourra ensuite s'appuyer pour élaborer ses recommandations de bonne pratique professionnelle.

II. 4. 3. Les facteurs étudiés

Il peut s'agir d'une exposition ou d'une intervention dans le cas présent. Plusieurs critères seront alors analysés tels que le caractère aveugle de la réalisation des traitements qui consiste à ce que le thérapeute appliquant la rééducation n'ait pas connaissance du groupe auquel appartiennent les patients qu'il rééduque. Dans la mesure du possible, une réalisation dite en double aveugle serait préférable. Il faut alors que le patient ne sache pas non plus dans quel groupe il a été affecté. De plus, il est préférable pour l'interprétation des résultats que les méthodes de traitement soient identiques entre les groupes et ne diffèrent que par un seul point, celui qui est testé comme efficace ou non. Il est d'usage de comparer la méthode innovante à évaluer au « gold standard » des méthodes utilisées habituellement dans cette pathologie. En effet, la comparaison au placebo est souvent trop aisée et peu significative car il est plus simple de prouver qu'une méthode est efficace face à un traitement placebo que face à la méthode de référence déjà reconnue comme efficace.

II. 4. 4. Les critères de jugement

« Un critère de jugement précise un aspect de l'intervention évaluée qui va permettre d'apprécier son mérite, son efficacité, son succès ». Il est nécessaire alors d'apprécier si tous les critères de jugement pertinents ont été évalués ainsi que la façon dont ils ont été mesurés.

II. 4. 5. La population, les sujets étudiés

Ils doivent être décrits précisément avec des critères d'inclusion et d'exclusion. Il convient d'évaluer ici la taille de l'échantillon, le caractère randomisé de l'étude, le nombre de pertes de vue au cours de l'étude par rapport à l'échantillon initial ainsi que la comparabilité des groupes réalisés.

II. 4. 6. Les facteurs de confusion

Ils sont aussi appelés biais et se définissent comme « une démarche ou un procédé qui engendre des erreurs dans les résultats d'une étude ». Ils doivent être envisagés et contrôlés.

II. 4. 7. Les analyses statistiques

Elles sont indispensables et doivent préciser les méthodes d'analyse statistiques et préciser les intervalles de confiance.

II. 4. 8. La conclusion

La réponse à la question initiale doit être apportée dans la conclusion et ne pas être hors sujet face à l'objectif précisé préalablement.

II. 5. Evaluation du niveau de preuve

Ensuite, seules les études répondant à ces critères ont été retenues et leur contenu, analysé dans la suite de ce document. Les articles ayant passé ces deux barrages, ont subi une évaluation de leur niveau de preuve selon la grille de l'Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé (ANAES) présentée en annexe (cf. annexe 32), permettant ainsi de pondérer le poids des propos de chaque article présenté.

III. RESULTATS

III. 1. Membre supérieur : les préhensions

III. 1. 1. Thérapie de contrainte-induite par le mouvement

Cette thérapie a été décrite initialement par le Docteur Taub dans les années 2000, basée sur le principe de non-utilisation acquise. Pour éviter ce phénomène qui tend à laisser de côté le membre supérieur parétique, il a proposé une thérapie de deux semaines de rééducation intensive avec mise en contrainte du membre supérieur sain 90% du temps d'éveil dans la journée. De nombreuses études ont cherché à évaluer l'efficacité de cette méthode, puis d'autres ont essayé de tester si la méthode pouvait être tout aussi efficace avec quelques modifications. Les chercheurs ont alors étudié la méthode de thérapie contrainte modifiée, qui allège le temps de port de la contrainte ou diminue le temps de rééducation.

Kononen et al. (Kononen et al, 2012), en Finlande, ont cherché s'il existait une corrélation

entre l'amélioration motrice constatée après thérapie de contrainte-induite, et l'imagerie cérébrale. Ils ont mis en place un protocole d'essai non contrôlé non randomisé, sur un échantillon de population (n=11), relativement jeune car âgé en moyenne de 46.9 ans (+/- 10 ans), en phase chronique (37 +/- 36 mois) après AVC ischémique uniquement, dont 7 souffraient d'hémiplégie gauche. Leur protocole de CIMT, de niveau 3, grade C, présentait 2 semaines de contrainte portée 6 heures par jour, hors week-end, avec contrôle du temps de port de la contrainte par horloge thermique. Ils ont étudié l'activation en Imagerie par Résonance Magnétique fonctionnelle après mouvements répétitifs du muscle court Abducteur du pouce et enregistrement dans les cortex sensorimoteur primaire (SM1) et pré-moteur (PM). Leurs résultats indiquent que les patients ont porté en moyenne 8 heures par jour leur contrainte, et passé en moyenne 5 heures par jour à réaliser des exercices avec le membre parétique. Avant la thérapie, il existait une différence significative de l'activation corticale entre les mouvements réalisés par la main parétique et ceux réalisés par la main saine. En effet, les mouvements de la main parétique entraînaient une plus grande activation bilatérale dans le cortex SM1 que les mouvements réalisés par la main non parétique. Ceux-ci différaient également significativement, après la thérapie, mais cette fois dans les aires SM1 et PM. Cependant, ils n'ont pas montré une amélioration de la balance interhémisphérique lorsqu'ils ont comparé l'activation avant et après la thérapie. Ils ont mis en évidence une corrélation négative entre les scores pré-CIMT de l'évaluation motrice par le score Wolf-Motor (WMFT), et l'augmentation de l'activation corticale en IRMf lors des mouvements réalisés par la main parétique. Ceci suggère que les patients avec une mauvaise fonction motrice de la main avant la thérapie ont montré une meilleure amélioration de l'activation en IRMf dans le cortex lésé sensori-moteur primaire, que les patients présentant une meilleure fonction motrice au départ. Ils ont donc conclu, qu'il existait une forte corrélation entre l'amélioration clinique motrice du contrôle de la main parétique et l'amélioration des paramètres d'imagerie. Leurs résultats montrent une participation du cortex sensori-moteur primaire dans le contrôle de la tâche réalisée avec le membre supérieur parétique.

Singh et al. en Inde (Singh et al, 2013), ont cherché à tester si le protocole de rééducation par CIMT modifiée serait efficace avec seulement deux heures de rééducation par jour. Ils ont donc présenté un protocole d'essai contrôlé randomisé (RCT) dans lequel ils ont inclus 40 patients, âgés en moyenne de 56 ans, en phase subaiguë (moyenne de 19 semaines post-AVC), répartis en deux groupes : un groupe a reçu la thérapie contrainte par port 5 jours sur 7, 10 heures par jour sur deux semaines, avec 2 heures de rééducation unilatérale par jour en semaine, alors que le groupe contrôle a reçu une thérapie conventionnelle non unilatérale avec séances de rééducation de même intensité. Ils ont conclu à une efficacité de cette méthode en période subaiguë, avec une étude de niveau de preuve 3/5, grade C.

D'autre part, Brunner et al, (Brunner and al, 2012) en Norvège, ont voulu comparer l'efficacité de la méthode mCIMT avec celle de la méthode de rééducation bimanuelle aussi intensive, en phase subaiguë. Ils ont inclus 30 patients, dans un protocole RCT en simple aveugle

de niveau de preuve 2/5, âgés en moyenne de 63 ans, dont 12 étaient hémiplésiques droits. Ils ont considéré comme critères de jugement, la motricité évaluée sur les tests « Action Research Arm » et sur le « Nine Hole Peg », qui évalue également la dextérité du membre supérieur, ainsi que les activités de la vie quotidienne avec le « Motor Activity Log ». Les patients du groupe mCIMT devaient porter leur contrainte au moins 4 heures par jour, et tous les patients des deux groupes ont reçu 4 heures de rééducation par semaine avec un programme d'auto-rééducation durant au moins 2 heures par jour lors des activités de la vie quotidienne, pendant 4 semaines, soit à visée unimanuelle soit bimanuelle. Leurs résultats ont montré que les groupes n'ont pas différé significativement à aucun temps d'évaluation (avant, après, et 3 mois après), sur aucune évaluation. Le rapport rédigé par les patients indiquait qu'ils avaient réalisé leurs exercices d'auto-rééducation en moyenne durant 2 à 3 heures par jour, et les patients du groupe mCIMT avaient porté en moyenne 3.5 heures par jour leur contrainte donc moins que ce qui était prévu. Ils ont justifié leur différence de temps de port de la contrainte par l'affirmation que des études précédentes avaient montré qu'en phase plus précoce un temps moins long de contrainte était nécessaire.

Nous avons donc trois études, dont deux en phase subaiguë et une en phase chronique, qui ont analysé différents aspects de la méthode par contrainte induite. Il semblerait d'après leurs conclusions, que la méthode soit efficace pour améliorer la fonction motrice et la dextérité du membre supérieur, même lorsqu'elle est réalisée avec seulement 2 heures de rééducation par jour au lieu des 6 heures préconisées (Singh et al, 2013), mais que la rééducation bimanuelle peut être tout aussi efficace si elle est prodiguée à une même intensité que la mCIMT en phase subaiguë (Brunner et al, 2012). En phase chronique, la méthode est toujours efficace avec un port de 6 heures par jour de la contrainte sur deux semaines (Kononen et al, 2012).

III. 1. 2. Stimulations cérébrales non invasives et de surface

Yamada et al, au Japon, (Yamada et al, 2013) ont étudié la réorganisation fonctionnelle corticale après traitement par stimulation magnétique transcranienne répétitive (rTMS) associée à une rééducation standard, par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf). Ils ont inclus 47 patients d'une moyenne d'âge d'environ 59 ans, en phase chronique (moyenne 5.7 ans après AVC) dans un protocole non randomisé, non contrôlé de niveau de preuve 3/5. L'application de rTMS à basse fréquence inhibe l'activité corticale, et d'autre part, l'application basse fréquence sur l'hémisphère sain diminue l'inhibition interhémisphérique vers l'hémisphère lésé, ce qui a pour conséquence indirecte d'améliorer l'excitabilité du cortex lésé. Ils ont appliqué une stimulation rTM de 1 hertz focale directement sur l'aire motrice primaire des doigts sur l'hémisphère sain. Chaque session dure 40 minutes. La rééducation standard proposée en association consistait en 1 heure de rééducation face au thérapeute puis d'une heure d'auto-rééducation, réalisées après rTMS. Le thérapeute surveillait la réalisation des séances d'auto-rééducation. La thérapie durait 15 jours. Leurs résultats montrent que les patients ont présenté une amélioration significative de leur fonction motrice (Fugl-Meyer Assessment, et Wolf Motor Function Test) aux termes de la thérapie.

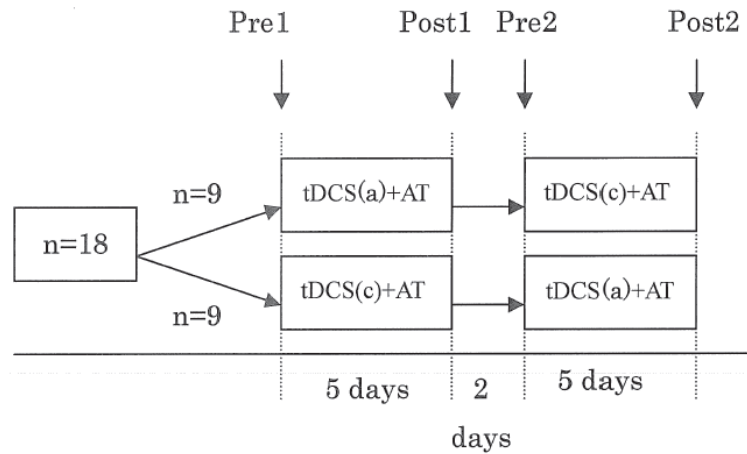


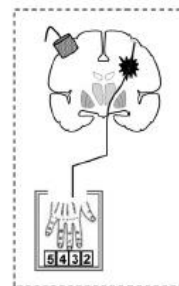
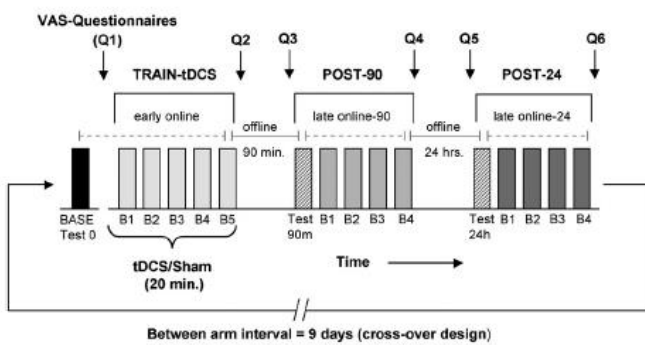
Figure 3 : (Ochi et al, 2013) Protocole expérimental.

(AT = arm training) réalisée avec le Bi-Manu-Track robotic arm trainer. Ce système permet une réalisation sur la base du miroir de pronation/supination et Flexion/extension du poignet. Chaque main est accrochée à une poignée et deux modes peuvent être sélectionnés : passif/passif où les deux bras sont mobilisés par la machine, ou actif/passif dans lequel le bras sain entraîne le bras parétique.

tDCS(a) = stimulation à courant continu sous l'anode placée en regard de l'hémisphère lésé, pour stimuler son excitabilité.

tDCS (c) = stimulation à courant continu sous la cathode placée en regard de l'hémisphère sain dans le but d'inhiber son action sur l'hémisphère lésé.

A Behavioural experiment – Motor skill acquisition



B Neurophysiological measurements – Motor cortex excitability changes at rest

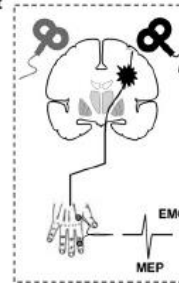
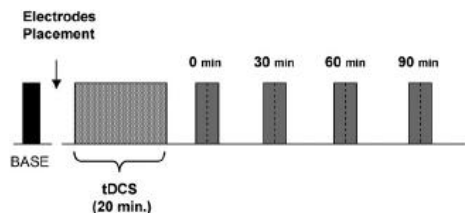


Figure 4 : Le protocole Expérimental (Zimmerman et al, 2012). A, après les mesures de départ (BASE), les patients ont suivi un entraînement composé de 5 blocs (B1-B5) combiné avec de la tDCS ou de la stimulation placebo (TRAINtDCS). 90 minutes et 24 heures après, les effets ont été réévalués par un test de bloc suivi par 4 blocs de pratique (POST-90 et POST-24). SICI, L'attention et la fatigue ont été évaluées par des échelles analogiques visuelles (VAS) avant et après chaque séance. Les effets en ligne et hors ligne ont été analysés. Le diagramme illustre la position des électrodes de tDCS avec la cathode placée sur la projection du cortex primaire moteur controlésionnel (cM1).

B, dans une autre expérience, les potentiels évoqués moteurs et les courts intervalles d'inhibition intracorticale par TMS (short interval intracortical inhibition SICI), ont été mesurés avant et après la tDCS dans les deux hémisphères dans un plan frontal.

Leurs résultats suggèrent un décalage de l'activation vers l'hémisphère lésé, chez les patients présentant une activation bilatérale avant l'intervention (index de latéralité). Cependant, il n'existe pas de corrélation entre les changements d'index de latéralité et les changements de score moteur.

Ochi et al, au Japon (Ochi et al, 2013) ont étudié la stimulation électrique transcranienne à courant continu (tDCS transcranial direct current stimulation). La stimulation anodale dépolariserait les membranes des neurones, alors que la stimulation cathodale créerait une hyperpolarisation membranaire. Ils ont testé si la stimulation tDCS associée à de la rééducation du bras assistée par robotisation pouvait augmenter la récupération motrice chez des patients chroniques avec de sévères déficiences motrices du membre supérieur. Ils ont inclus 18 patients de moyenne d'âge de 61 ans tous en phase chronique (4.4 ans post-AVC), tous droitiers, dans un protocole croisé (figure 3). Leurs résultats montrent une amélioration significative de la récupération motrice (Fugl-Meyer Assessment pour le membre supérieur) et de la spasticité (Echelle d'Ashworth Modifiée MAS, coude, poignet et doigts) mais pas sur la fonctionnalité (Motor Activity Log). Leurs analyses n'ont pas montré un effet de l'ordre d'application de la tDCS. Seule la stimulation cathodale a été associée à une amélioration significative de la spasticité pour les doigts. De plus, chez les patients ayant l'hémisphère droit lésé, les améliorations de la spasticité des doigts (MAS) ont été significativement plus grandes lors de la stimulation cathodale de l'hémisphère gauche (sain) que lors de la stimulation anodale de l'hémisphère droit (lésé). Les effets de la tDCS ont différencié selon l'hémisphère atteint.

D'autres auteurs ont étudié la rétention d'un apprentissage d'une tâche motrice sous stimulation transcranienne à courant continu (tDCS) associée à l'entraînement moteur de la tâche en question (Zimmerman et al, 2012). Seuls des patients (n=12) avec des lésions sous-corticales, en phase chronique (moyenne de 30 mois post-AVC), et de moyenne d'âge de 58.3 ans, sans troubles associés (déficit mental, aphasie, apraxie, héminégligence) ont été considérés dans le protocole croisé contrôlé double aveugle, de niveau de preuve 3/5 (fig. 4). La tDCS a été réalisée pendant 20 minutes. Les principaux résultats de cette étude sont au nombre de trois : tout d'abord, l'application de la tDCS inhibitrice sur le cortex moteur primaire controlésionnel concourante avec l'entraînement, peut faciliter les effets de l'entraînement provoquant une amélioration dans la période d'apprentissage précoce, ensuite, cette amélioration est traduite par une meilleure performance pour au moins 24 heures et pour finir, elle révèle une association entre une diminution de l'inhibition induite par l'intervention au sein de M1 lésé, et une augmentation de l'acquisition motrice induite par la tDCS. Ces résultats supportent les effets bénéfiques apportés aux patients avec des déficiences motrices modérées de techniques de stimulation non invasive pas pour seulement améliorer les fonctions motrices mais aussi pour booster l'acquisition et la potentielle rétention de fonctions motrices complexes avec la main parétique (Zimmerman et al, 2012).

Par ailleurs, certains auteurs (Rosewilliam et al, 2012) se sont essayés à déterminer si le traitement par stimulation neuromusculaire électrique de surface (sNMES) sur les extenseurs du

poignet, associé à la rééducation standard, améliorerait la récupération de la fonctionnalité du bras chez les patients avec de mauvais pronostics fonctionnels de récupération. 67 patients situés en phase aiguë et subaiguë précoce (moyenne de moins de 6 semaines post-AVC), de moyenne d'âge de 72 ans, avec de forts déficits de la motricité de la partie distale du membre supérieur et ne présentant pas de contre-indications à la stimulation électrique de surface, ont terminé le protocole RCT simple aveugle de niveau de preuve 2/5. L'intervention consistait en l'application de 2 séances par jour de 30 minutes de stimulation électrique neuromusculaire (sNMES) sur les muscles extenseurs du poignet et des doigts associée à une rééducation focalisée sur la récupération motrice distale du membre supérieur, pendant 6 semaines. Ils ont montré que, bien que les scores moteurs du membre supérieur (Action Research Arm Test) aient été davantage améliorés dans le groupe intervention que dans le groupe contrôle, cette différence n'était pas significative. La fonctionnalité du membre supérieur (Indice de Barthel), l'amplitude de flexion/extension du poignet n'ont pas montré de différences significatives entre les deux groupes. Par contre, les forces d'extension et de préhension se sont améliorées significativement plus dans le groupe traitement pendant l'intervention, mais la différence n'était plus significative entre les deux groupes après l'intervention. Le taux de récupération de l'amplitude active en extension a été 3 fois plus rapide et celui de la force d'extension, 6 fois plus rapide dans le groupe traitement que dans le groupe contrôle pendant la période de traitement.

Nous avons donc trois études évaluant les deux modes de stimulation cérébrale non invasive. La stimulation non invasive (tDCS) combinée avec un entraînement moteur, améliore l'acquisition de nouvelles compétences motrices avec la main parétique et conduit à une amélioration persistante de la fonctionnalité chez des patients en bonne récupération après un AVC sous-cortical en phase chronique, sans troubles associés (Zimmerman et al, 2012). La récupération motrice est possible même chez des patients avec de forts déficits moteurs du membre supérieur en phase chronique, après traitement de 12 jours de stimulation tDCS associée à un entraînement du membre supérieur (Ochi et al, 2013). La rTMS combinée à une rééducation intensive du membre supérieur, permet d'un point de vue cortical, de décaler la latéralisation de l'activation des hémisphères, associée à une amélioration motrice du membre supérieur (Yamada et al, 2013). A ceci s'ajoute la thérapie par stimulation électrique neuromusculaire de surface des muscles extenseurs du poignet, qui permet, après 2 séances de 30 minutes par jour pendant 6 semaines, associée à une rééducation ciblée sur le membre supérieur, d'améliorer les fonctions motrices du membre supérieur, et ceci plus rapidement qu'une simple rééducation conventionnelle du membre supérieur (Rosewilliam et al, 2012), en phase aiguë à subaiguë précoce chez des patients relativement âgés.

III. 1. 3. Réalité virtuelle/robotisation

Da Silva Cameirao et al, (Da Silva Cameirao et al, 2011) en Espagne, ont testé un système de rééducation par réalité virtuelle appelé Rehabilitation Gaming System (figure 5, page suivante).

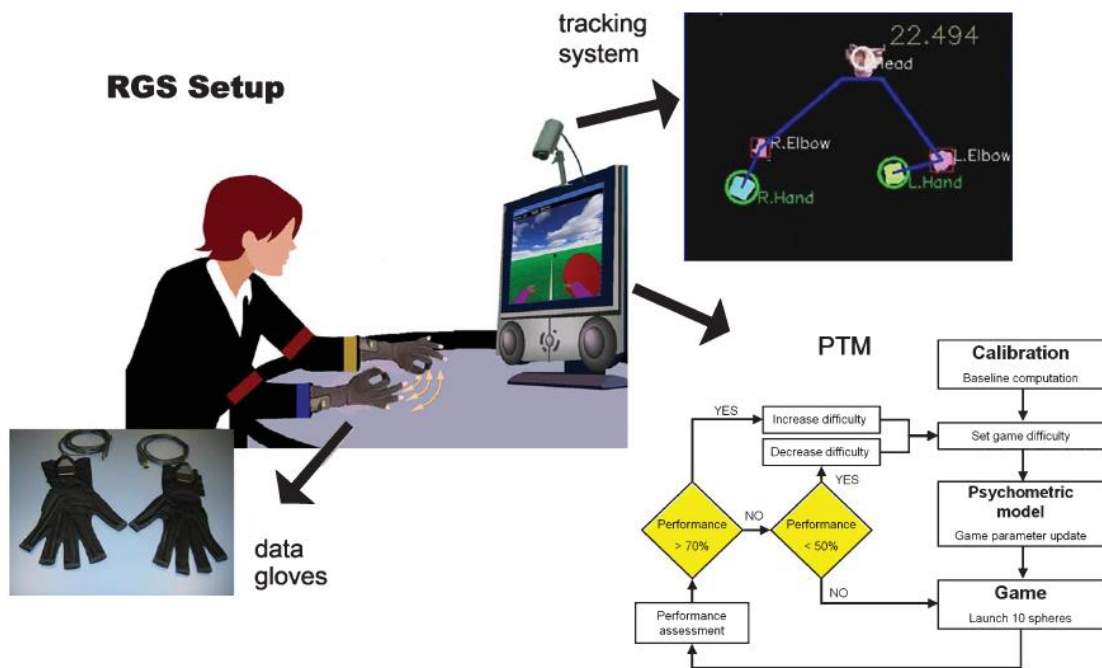


Figure 5 : (Da Silva Cameirao et al, 2012) Le Rehabilitation Gaming System RGS. Le sujet travaille avec ses bras sur une table face à un écran d'ordinateur. Les mouvements du bras sont capturés par un système qui détecte les patches de couleur placés sur les poignets, coudes et doigts, et la flexion est mesurée par des gants. Les mouvements capturés sont cartographiés en temps réel par le mouvement de deux bras virtuels qui miment les mouvements du patient sur l'écran. Dans les exercices de réalité virtuelle, nommés Sphéroïds, des sphères approchant doivent être interceptées, attrapées ou placées. La difficulté de la tâche est ajustée au patient par un contrôleur intelligent, le Personalized Training Module (PTM) qui mesure le nombre d'évènements réussis et adapte la difficulté pour le niveau suivant.

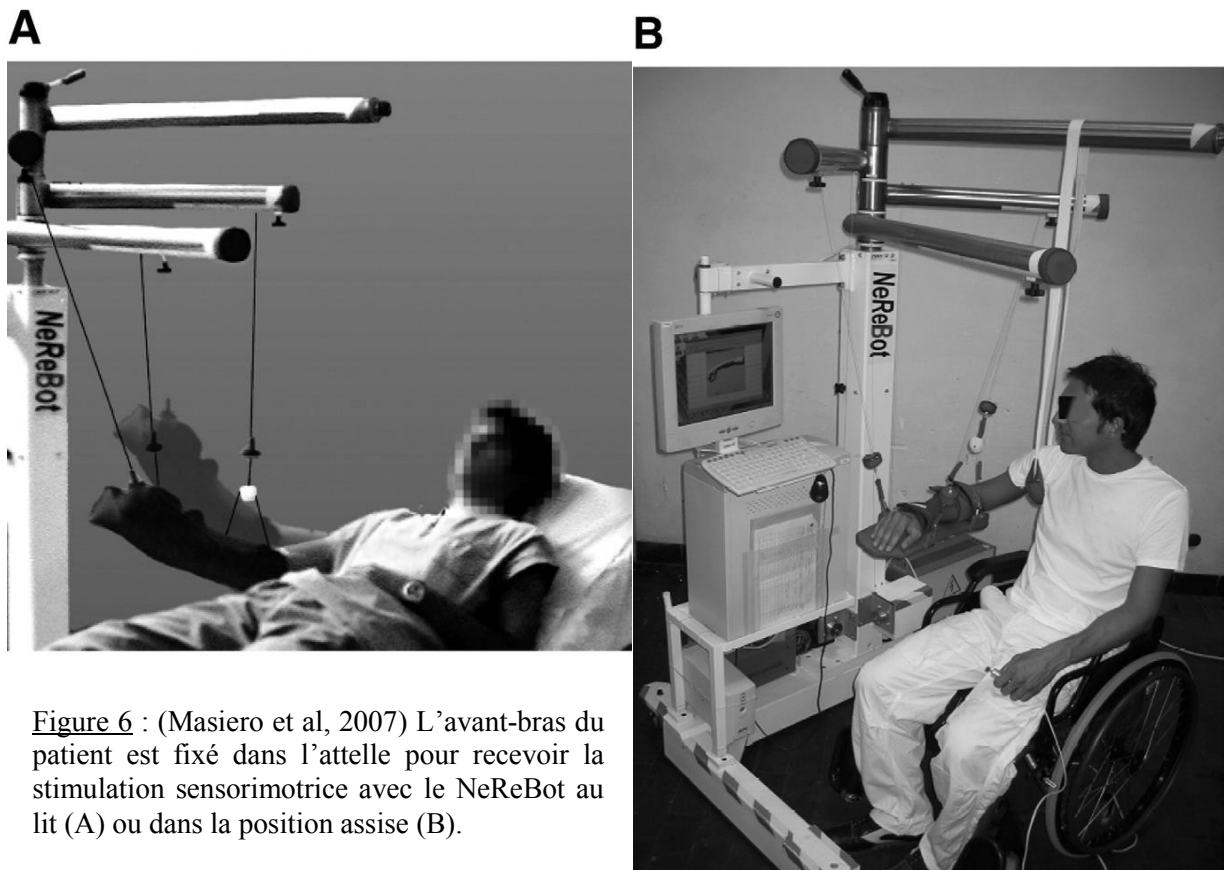


Figure 6 : (Masiero et al, 2007) L'avant-bras du patient est fixé dans l'attelle pour recevoir la stimulation sensorimotrice avec le NeReBot au lit (A) ou dans la position assise (B).

Ils ont cherché à savoir, étant donné que la plasticité cérébrale s'exprimait majoritairement dans les premiers mois, si leur protocole de rééducation virtuelle par le système RGS était plus efficace qu'une rééducation conventionnelle dans la récupération motrice et fonctionnelle du membre supérieur hémiparétique en phase aiguë. Dans un protocole RCT, ils ont inclus 19 patients, dont 12 étaient hémiparétiques à gauche, de moyenne d'âge de 63 ans, et en moyenne 13 jours post-AVC. Ils ont considéré 3 groupes : le groupe intervention a reçu la RGS par 3 sessions par semaine de 20 minutes chacune, en plus de la rééducation conventionnelle ; et ils ont séparé le groupe contrôle en deux groupes dont l'un a reçu une thérapie conventionnelle basée sur les mêmes exercices de préhension que prodigue le RGS, et l'autre a reçu une thérapie additionnelle par traitement sur jeux virtuels non spécifiques sur la Wii. A la fin du traitement, le groupe RGS est significativement meilleur pour la partie bras du test de Fugl-Meyer (motricité) mais pas pour la partie main, ainsi que pour le CAHAI (« Chedoke Arm and Hand Activity Inventory », qui évalue la fonctionnalité du bras). Ceci suggère que leur système est efficace pour améliorer la fonction motrice proximale mais pas forcément efficace pour la motricité distale. Leurs résultats ont montré que les patients RGS ont présenté en moyenne des scores plus élevés aux différentes périodes de mesure, et ont fait preuve d'une amélioration plus rapide et plus soutenue que le groupe contrôle. Le bras parétique des patients RGS a toujours atteint des niveaux inférieurs de difficulté par rapport au bras non-parétique de ces mêmes patients mais la différence a cessé d'être significative à la semaine 6 de traitement.

Kang et al, (Kang et al, 2012) ont développé un nouveau système de réalité virtuelle utilisant le paradigme du miroir qui est décrit dans le chapitre de la thérapie miroir.

Masiero et al, en Italie (Masiero et al, 2007) ont testé un système de robotique. Ils ont cherché à savoir si l'association Robotique et Rééducation standard améliorait la récupération motrice et fonctionnelle. Leur robot, le NeReBot (figure 6) associe 3 degrés de liberté sur l'épaule et deux sur le coude, à deux types de feedback : visuel et auditif, et peut être réalisé couché, ou assis. Ils ont inclus 30 patients, situés en phase aiguë post-AVC, de moyenne d'âge d'environ 63 ans, qu'ils ont randomisés en deux groupes : intervention et contrôle. Le groupe intervention a reçu 25 séances de quatre heures par semaine, à raison de deux séances par jour, pendant 5 semaines d'entraînement sur le NeReBot, en plus du traitement Bobath, alors que le groupe contrôle a reçu les mêmes sessions additionnelles mais sur le bras sain. Leurs résultats ont montré, à la fin du protocole, une amélioration de la motricité (Fugl Meyer épaule et coude, et coordination, Medical research Council pour le Biceps et deltoïde) et fonctionnelle (Mesure D'indépendance Fonctionnelle) significative en faveur du groupe intervention, cependant, pas de différence pour la mesure de la force musculaire des fléchisseurs de poignet (Medical Research council). A 3 et 8 mois de suivi, les différences significatives en faveur du groupe intervention ont perduré sauf pour le biceps. Ils ont mis en évidence l'absence de différence significative en termes de spasticité (Echelle d'Ashworth Modifiée) et sur le contrôle et la stabilité du tronc (Trunk Control Test) entre les deux groupes, et l'absence de douleurs de type syndrome épaule main dans les deux groupes.



Figure 7 : Le robot permettant les mouvements synchronisés individualisés des doigts (Hwang et al, 2012).

D'autres chercheurs ont cherché à étudier l'action d'un robot permettant la réalisation de mouvements synchronisés et individualisés des doigts, sur la récupération motrice distale du membre supérieur (Hwang et al, 2012), (figure 7). Ainsi, 17 patients randomisés en deux groupes ont été inclus dans un protocole RCT, de preuve scientifique 2/5. Ils étaient situés en phase chronique (moyenne de 6.5 mois post-AVC) et de moyenne d'âge de 50.6 ans. Leur protocole a exclu la participation de la rééducation conventionnelle pour n'étudier que les effets de séances de 30 minutes, 5 fois par semaine, pendant 1 mois de rééducation robotisée assistée par environnement virtuel. Les auteurs ont montré une amélioration significative de la fonctionnalité de la main (Jebsen Taylor test et Fugl Meyer pour la main) et maintenue 4 semaines après l'arrêt du traitement, avec un effet dose-dépendante car les effets étaient supérieurs dans le groupe ayant reçu 20 séances en 1 mois, par rapport au groupe ayant reçu seulement 10 séances en deux semaines, précédées de 10 séances de mobilisation passive du membre supérieur.

Nous avons donc une étude RCT qui a montré que la rééducation virtuelle prodiguée par le système RGS réalisée en 3 sessions de 20 minutes, sur 12 semaines était plus efficace dans l'amélioration motrice et fonctionnelle que l'absence de réalité virtuelle ou que des jeux non spécifiques sur la Wii (Da Silva Cameirao et al, 2011), et une étude qui a montré l'efficacité de séances de robotisation, par le système NeReBot réalisées en complément d'une rééducation de type Bobath, sur l'amélioration motrice et fonctionnelle de l'extrémité proximale du membre supérieur (Masiero et al, 2007). Il semblerait que les exercices orientés vers un but précis, mais avec stimulations proprioceptives seraient plus efficaces dans l'apprentissage moteur en réalité virtuelle (Kang et al, 2012) (Da Silva Cameirao et al, 2011). La rééducation virtuelle ne ferait qu'accélérer la récupération motrice et fonctionnelle du bras, par rapport à la rééducation conventionnelle (Da Silva Cameirao et al, 2011). De plus, lorsque de nombreuses études ont peine à montrer des effets sur la récupération distale du membre supérieur par l'intermédiaire de robotisation et/ou réalité virtuelle, (Da Silva Cameirao et al, 2011), d'autres ont mis en évidence la possibilité d'améliorer la fonctionnalité de la main, après 20 séances de 30 minutes de rééducation sur robot et réalité virtuelle sans association à une thérapie conventionnelle, en phase chronique (Hwang et al, 2012).

III. 1. 4. Thérapie miroir

Yavuzer et al, (Yavuzer et al, 2008), en Turquie, ont cherché à évaluer les effets de la thérapie miroir sur la récupération de l'extrémité distale du membre supérieur, concernant la motricité, la spasticité et le fonctionnel, en phase subaiguë (5.5 mois après AVC). Ils ont inclus 36 patients qu'ils ont répartis en deux groupes de façon randomisée (n=17 pour le groupe miroir, et n=19 pour le groupe contrôle), d'une moyenne d'âge d'environ 63 ans, dans leur protocole de niveau de preuve 2/5. Les deux groupes ont reçu une rééducation de 2 à 5 heures par jour, 5 jours par semaine pendant 4 semaines. Les patients du groupe miroir ont reçu en plus des sessions de 30 minutes de thérapie miroir, durant lesquelles ils devaient réaliser des mouvements de flexion/extension du poignet et des doigts de la main saine dont l'image se reflétait dans le miroir



Figure 8 : (Yavuzer et al, 2008) Thérapie Miroir.

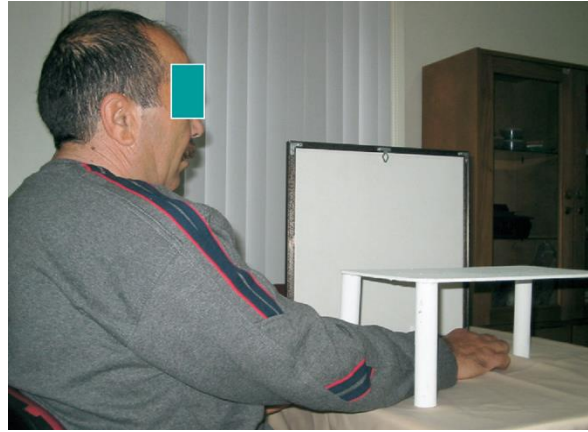


Figure 9 : (Yavuzer et al, 2008) Fausse thérapie Miroir.

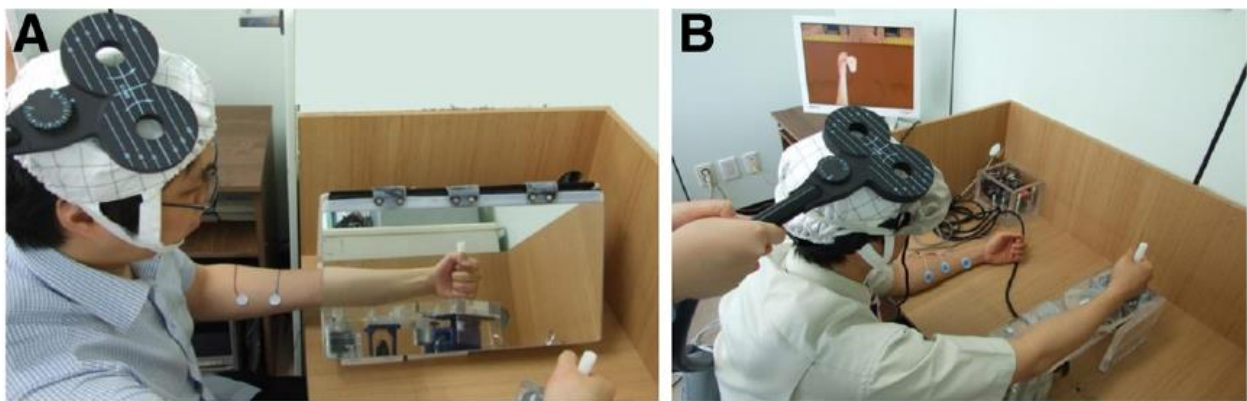


Figure 10 : (Kang et al, 2012) Expérience en vrai miroir (A), et en miroir virtuel (B). Dans la tâche en miroir virtuel, le sujet porte un visiocasque pendant qu'il est assis devant la table. Le membre supérieur gauche des sujets sains, ou le membre supérieur non lésé des patients hémiparétiques, était placé sur une plateforme qui enregistre les angles de mouvement du poignet. Les sujets pouvaient voir sur une table virtuelle et un membre supérieur virtuel controlatéral à celui qui bouge, dans le visiocasque. Les mouvements du membre supérieur virtuel étaient contrôlés par les mouvements de l'extrémité distale du membre supérieur sain, ou gauche.

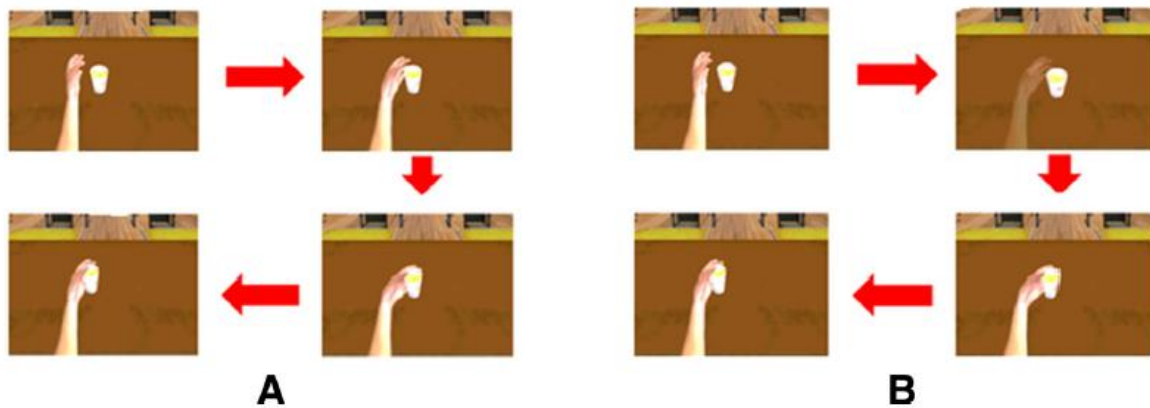


Figure 11 : (Kang et al, 2012) Pendant la tâche A, les patients pouvaient voir un bras gauche virtuel (bras affecté chez les patients hémiparétiques) continuellement pendant l'exercice. Cependant, pendant la tâche B, le bras virtuel et le verre devenaient invisibles, de façon à ce que le patient devait trouver la position exacte du verre virtuel dans l'environnement virtuel en utilisant ses facultés cognitives.

et avaient pour consignes d'observer le miroir et d'essayer de faire les mêmes mouvements avec la main parétique cachée derrière le miroir (figure 8). Les patients du groupe contrôle ont reçu les mêmes consignes mais réalisées avec le côté non réfléchissant du miroir créant ainsi une rééducation miroir placebo (figure 9). Ils ont pu observer, des différences significatives entre les groupes, concernant la récupération motrice (Brunnstrom stage), et la fonctionnalité (Mesure d'Indépendance Fonctionnelle), aussi bien à la fin du traitement mais aussi après 6 mois de suivi longue durée, en faveur du groupe miroir. Aucune différence n'a été établie entre les deux groupes pour ce qui est de la spasticité (Echelle d'Aschworth Modifiée).

L'équipe de Kang et al, en Corée (Kang et al, 2012), a cherché à comparer l'excitabilité corticospinale lors d'exercices réalisés sur un vrai miroir, avec des exercices réalisés sur un miroir virtuel chez les patients en phase subaiguë post AVC. Ils ont donc inclus 18 patients hémiparétiques dont 12 présentaient une hémiparésie gauche, de moyenne d'âge de 61 ans pour le groupe hémiparétique, dans leur protocole de niveau de preuve 2/5. La tâche sur miroir réel consistait en des mouvements de 0 à 60 degrés de flexion/extension relative du poignet au rythme d'un Hertz régulé par métronome (figure 10). Il a été demandé aux patients de prêter attention au reflet dans le miroir et de ne pas bouger leur membre parétique. Lors de la tâche en miroir virtuel, les patients avaient leur bras sain placé sur une plateforme sur roulettes, munie de capteurs, et un visiocasque par lequel ils percevaient l'environnement virtuel (figure 11A). Tous les patients ont réalisé les deux protocoles dans un ordre aléatoire. Parallèlement, ils ont fait réaliser à tous les patients une seconde expérience. Ils ont testé les exercices sur miroir virtuel en mode continu, où l'image virtuelle était toujours présente lors de l'expérience, et en miroir virtuel en mode intermittent dans lequel l'image du bras et du verre disparaissaient un certain temps pendant lequel les patients devaient analyser la position de leur bras pour atteindre le verre (figure 11B). Leurs résultats ont montré une supériorité significative des exercices réalisés en miroir virtuel sur l'excitabilité corticospinale, et dans la seconde expérience, ils ont trouvé une supériorité de l'excitabilité corticospinale lors d'exercices en miroir virtuel intermittent.

Nous avons donc deux études en phase subaiguë, qui considèrent la thérapie miroir en addition à une thérapie conventionnelle comme étant plus efficace pour améliorer la motricité, et la fonctionnalité mais sans effet sur la spasticité du membre supérieur hémiparétique que la seule rééducation conventionnelle (Yavuzer et al, 2008), et par ailleurs, la réalité virtuelle utilisant le paradigme du miroir, serait plus efficace sur l'excitabilité corticale et d'autant plus en mode intermittent (Kang et al, 2012).

Dans la conférence de l'hôpital Henry Gabrielle, (annexe 31) en novembre 2013, présidée par le Professeur G. Rode, les rééducateurs ont réalisé d'après des études scientifiques, une synthèse de l'utilisation de la thérapie miroir selon 3 objectifs : pour le travail moteur du membre supérieur hémiparétique, pour la diminution de l'héminégligence, et pour la diminution de la douleur du syndrome épaule-main souvent retrouvé dans l'hémiplégie. Dans la lutte contre la douleur, ils préconisent un mouvement unilatéral, alors que dans le travail moteur et la diminution

de l'héminégligence, des mouvements bilatéraux, quitte à mobiliser en passif le membre parétique, seraient plus indiqués afin d'éviter un conflit perceptif entre la vue qui voit le membre parétique bouger alors que la sensibilité du membre parétique ne rapporte aucun mouvement. Ils réalisent des séances courtes, plus axées sur la qualité du mouvement, avec des mouvements lents par séries de 10 avec possibilité de réaliser 2 séances par jour durant un cycle de 4 semaines.

III. 1. 5. Autres méthodes

Depuis le début, toutes les études sont contrôlées par une rééducation dite « standard ». Parfois, plutôt qu'une nouvelle méthode à rajouter à celle-ci, il semblerait que ce ne soit que l'intensité de la rééducation qui entre en jeu dans le fait que la nouvelle méthode plus conséquente en termes de temps de rééducation soit plus efficace que la rééducation conventionnelle. Certains auteurs se sont alors penchés sur la question, et plutôt que d'étudier une nouvelle méthode de rééducation, ils ont cherché à déterminer les effets de l'intensité de la rééducation standard du membre supérieur sur la récupération motrice et fonctionnelle de celui-ci (Han et al, 2012). Pour ceci, 30 patients ont été randomisés en 3 groupes qui ont reçu chacun une différente intensité de rééducation basée sur le réapprentissage moteur (1 heure pour le groupe A, 2h pour le B et 3 h pour le C) pendant 6 semaines. Les patients étaient situés en phase subaiguë et âgés en moyenne de 50.2 ans. Le protocole RCT réalisé dans cette étude en simple aveugle a un niveau de preuve de 2/5. Il existe une légère relation dose-effet concernant l'intensité de la rééducation et les modifications de la fonction du membre supérieur, cependant, l'étude n'a pas confirmé que les effets de 3 heures par jour, 5 jours par semaine de rééducation intensive du membre supérieur étaient meilleurs que ceux de 2 heures par jour, sur la récupération fonctionnelle du membre supérieur hémiparétique en 6 semaines de traitement.

Chen et al, à Taïwan (Chen et al, 2005), ont exploré l'efficacité d'une méthode peu intuitive : la thérapie thermique. Ils ont cherché à montrer que la récupération fonctionnelle peut être facilitée par une stimulation thermique complémentaire en phase aiguë. Ils ont inclus dans un protocole RCT pilote, 29 patients de moyenne d'âge de 59 ans, situés en moyenne à 13 jours post-AVC. Ils ont réalisé deux groupes. L'intervention thermique impliquait l'application de pack chauds (75 degrés) ou froids (0 degrés) entourés de serviettes, placés sur le poignet et la main parétique, avec entre la main et l'agent thermique, un contrôle de la température de la peau. Les temps de pose de l'agent thermique ont été limités à 15 secondes de chaud et 30 secondes de froid pour éviter les dommages tissulaires. Leur protocole de stimulation thermique implique deux phénomènes : la stimulation thermique et des mouvements actifs volontaires de retrait. Ces mouvements diffèrent de l'entraînement moteur spécifique. Les sensations ont déjà été testées sur le côté sain avant d'application sur la main parétique : 10 applications de l'agent thermique séparées par au moins 30 secondes de pause, et alternance de deux cycles de 10 applications de chaud et 10 de froid, 1 fois par jour, 5 jours par semaine sur 6 semaines. Les patients du groupe contrôle ont reçu la visite du thérapeute selon une même intensité que les séances de stimulation thermique du groupe

expérimental pour discuter de la rééducation. Leurs résultats ont montré, une différence significative en faveur du groupe intervention, en fonction du temps sur toutes les mesures : motricité (Brunnstrom Stage), fonctionnel (MMAS, Modified Motor Assessment Scale), force de préhension (Dynamomètre de Jamar), angles de flexion et extension du poignet, et sensibilité de la main (monofilament Semmes-Weinstein). Les courbes de récupération de chaque mesure semblent dévier après la 4^e semaine de traitement. La spasticité (Echelle d'Ashworth Modifiée) n'a pas différé significativement entre les groupes. L'avantage de ce traitement est qu'il est peu coûteux et facilite la récupération fonctionnelle sensori-motrice, ce qui permet de forcer le patient à prêter attention à son membre parétique.

Précédemment, il a été montré chez les personnes ayant eu des lésions cérébrales, que l'exercice physique améliorait le contrôle exécutif. Des auteurs ont donc cherché à déterminer si une séance d'exercice physique sur tapis roulant avec support du poids du corps pouvait améliorer les performances motrices du membre supérieur (Ploughman et al, 2008). Dans un protocole croisé randomisé de niveau de preuve 2/5, ils ont sélectionné un échantillon de 21 patients situés en phase chronique et de moyenne d'âge de 61 ans. Ils ont montré qu'après une seule séance de 20 minutes de marche sur tapis roulant avec les membres supérieurs tenus aux rails du tapis, et support de 20 % du poids du corps, la motricité du membre supérieur (Action Research Arm Test, ARAT) était améliorée modestement, mais significativement plus qu'après 20 minutes d'exercices physiques. Ils n'ont pas noté d'effets significatifs sur la force de préhension. Les améliorations des scores ARAT étaient négativement corrélées avec la vitesse maximum de marche sur tapis ce qui signifie que les sujets marchant le plus lentement ont eu les meilleures améliorations sur le score ARAT. De plus, les patients décrivaient une facilité de mouvement du membre supérieur après l'exercice sur tapis roulant.

Pour résumer, 3 heures de rééducation standard du membre supérieur n'apportent pas de meilleurs résultats sur la récupération motrice du membre supérieur que deux heures ne le feraient. Cependant, 2 heures valent mieux qu'une heure de rééducation du membre supérieur par jour pendant 6 semaines (Han et al, 2012). La stimulation thermique réalisée pendant 6 semaines, 5 jours par semaine, une séance par jour, par l'alternance de deux cycles de chaud et de froid, en addition à la thérapie conventionnelle, est efficace pour améliorer la récupération fonctionnelle de la main parétique en phase aiguë. Contrairement aux idées reçues, elle ne crée aucun changement concernant la spasticité par rapport à une rééducation conventionnelle (Chen et al, 2005). Autrement, une seule séance de marche sur tapis roulant avec support de 20% du poids du corps, permet d'améliorer la motricité du membre supérieur chez des patients hémiparétiques chroniques (Ploughman et al, 2008).

III. 2. Membre inférieur : la posture, l'équilibre et la marche

Les effets des méthodes de rééducation sur la marche ont été largement étudiés. En effet, l'acquisition de la marche reflète souvent la capacité du patient à rentrer chez lui, donc plus les méthodes faciliteront et accéléreront cette acquisition, de façon qualitative, quantitative et

respectueuse de la douleur, plus la personne pourra retrouver sa vie sociale et familiale rapidement. Il existe une rupture biographique importante suite à l'AVC, forçant souvent les patients à abandonner leur identité sociale pour de longues périodes de rééducation. Ces périodes se doivent d'être les plus courtes possibles afin d'éviter l'isolement social de la personne hémiparétique. La déambulation fait partie intégrante de la socialisation et de la participation.

III. 2. 1. Méthode Bobath Based Rehabilitation

La méthode Bobath Based Rehabilitation (BBR), ou NDT (NeuroDevelopmental Treatment) est la méthode actuellement décrite comme référence dans la rééducation neurologique. Elle a été adaptée de la méthode Bobath initiale décrite dans les années cinquante. Le concept actuel est basé sur 3 éléments fondateurs. Le premier vise l'adoption de techniques actives, en jouant sur le tonus postural, dans le but de passer des mouvements actifs à l'automatisation, et favorisant les mouvements sélectifs. Le second principe est d'adopter une approche neuro-thérapeutique nécessitant la participation active du patient, dont variété, intensité et répétition sont les critères de base de la méthode d'apprentissage. Le dernier vise une approche bio-psychologique et communautaire qui s'intéresse aux différents facteurs spécifiques à chaque patient.

L'équipe de Brock, Germano-Australienne (Brock et al, 2011) s'est intéressée à l'efficacité d'un protocole Bobath associé à la pratique de la tâche afin d'améliorer la marche. La pratique de la tâche, c'est-à-dire ici la marche, consiste à penser que la marche ne s'améliore qu'en la pratiquant. Cette équipe a étudié le passage de la marche en intérieur à la marche en extérieur afin de déterminer l'approche la plus efficace pour réaliser cette transition. Elle a inclus 26 patients, dont 13 étaient hémiparétiques gauches, de moyenne d'âge d'environ 59 ans, situés en phase subaiguë (moyenne de 3 mois post-AVC) dans un protocole de niveau de preuve 2/5. Les patients devaient être capables de marcher en intérieur 15 mètres avec supervision, avec ou sans aide technique, cependant elle a exclu les patients ayant acquis une marche indépendante en intérieur dans les 4 semaines suivant l'AVC. Après 6 sessions d'une heure réalisées sur 2 semaines, tous les patients ont amélioré leur vitesse de marche (Test de marche de 6 minutes adapté pour simuler la marche dans différents environnements, Vitesse de marche chronométrée sur un parcours de 10 mètres), et leur équilibre (Berg Balance Scale). Cependant, seule la mesure de la vitesse de marche a été significativement meilleure pour le groupe ayant reçu la thérapie combinée, et les mesures du test de marche de 6 minutes adapté ont montré une tendance à la significativité ($p=0.07$) en faveur du groupe Bobath + pratique de la tâche.

En Pologne, Emilia Mikolajewska (Mikolajewska, 2013) a supposé que la méthode NDT Bobath était efficace pour améliorer la marche des patients hémiparétiques après AVC ischémique. Elle a inclus 60 patients, 30 hémiparétiques gauches, de moyenne d'âge de 65 ans, dont 33 étaient situés en phase subaiguë et 27 en phase chronique après un AVC ischémique uniquement. Le niveau de preuve scientifique de cet article est de 3/5. Après 5 sessions de 30 minutes sur 2 semaines de pratique de la méthode NDT, son étude a révélé une amélioration significative de la vitesse de

marche chez tous les patients. La cadence n'a été améliorée significativement que chez les hémiparétiques droits, les hommes, âgés de plus de 68 ans et situés à 1 à 2 ans post-AVC. La longueur du pas a été améliorée significativement chez tous les types de patients excepté chez les patients situés après 2 ans post-AVC.

Pour résumer, en phase subaiguë, la vitesse de marche, chez des patients capables initialement de marcher en intérieur avec supervision, semble être améliorée d'autant plus par une approche BBR associée à la pratique de la marche, plutôt que par la pratique de la marche seule (Brock et al, 2011). La marche semble être significativement améliorée après deux semaines de rééducation basée sur le concept NDT-Bobath, chez des personnes ayant subi un AVC ischémique (Mikolajewska, 2013).

III. 2. 2. Stimulations électriques fonctionnelles

Le steppage du pied est habituellement retrouvé comme déficit moteur perdurant. Il est défini par l'incapacité à attaquer par le talon le cycle de marche. La stimulation électrique fonctionnelle (FES) a été largement testée comme alternative pour palier le steppage du pied.

Morone et al, en Italie, (Morone et al, 2012) ont testé l'efficacité du système Walk Aid à améliorer la vitesse de marche chez des patients avec steppage et en phase subaiguë. Ils ont réalisé une étude RCT, avec 20 patients, âgés en moyenne de 57 ans. Leur système Walk Aid a été comparé avec une attelle anti-équin. Leurs résultats montrent qu'il y a eu une plus grande amélioration de la vitesse de marche dans le groupe intervention par rapport au groupe contrôle. Les différences entre les groupes n'ont été significatives qu'en termes de capacité de marche évaluée par le Functional Ambulation Classification (FAC), en faveur du groupe intervention.

D'autres auteurs avant eux (Yan et al, 2005), ont cherché si la stimulation électrique fonctionnelle (FES) combinée à un programme de rééducation standard est plus efficace que de recevoir une stimulation placebo combinée au programme de rééducation, ou seulement la rééducation standard (RS, groupe contrôle) pour la récupération motrice du membre inférieur à la phase aiguë. Ils ont considéré 41 patients de moyenne d'âge de 70 ans, en phase aiguë en moyenne 3 jours après l'AVC. Tous les sujets des 3 groupes ont reçu la même rééducation standard une fois par jour, 5 jours par semaine, pendant 3 semaines. Le groupe test a reçu en plus une FES sur le quadriceps, ischio-jambiers, tibial antérieur et sur le gastrocnémien médial, pendant 30 minutes par jour, 5 jours par semaines, sur 3 semaines. Le groupe placebo a reçu une FES déconnectée, pendant 1 heure/jour pour maximiser l'effet placebo. Leurs résultats indiquent que les scores de spasticité (Composite Spasticity Scale) étaient similaires à tous les intervalles de mesure entre les groupes. En termes de Capacité de marche (Timed up and Go), les scores étaient significativement meilleurs dans le groupe FES aux semaines 2, 3 et 8 que dans les deux autres groupes. Les patients du groupe FES tendaient à commencer à marcher 2 ou 3 jours plus tôt que les patients des groupes contrôle. 84.6% des patients du groupe FES sont rentrés chez eux comparé à 53.3% du groupe placebo et 46.2% du groupe contrôle.

Embrey et al, aux Etats Unis d'Amérique, (Embrey et al, 2010) ont étudié l'efficacité d'une

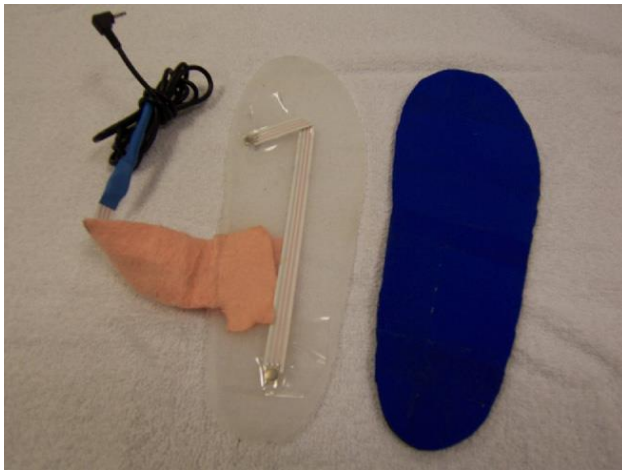


Figure 12 : (Embrey et al, 2010) La plaque plantaire : deux capteurs, un sous le talon, un sous la tête du premier métatarsien

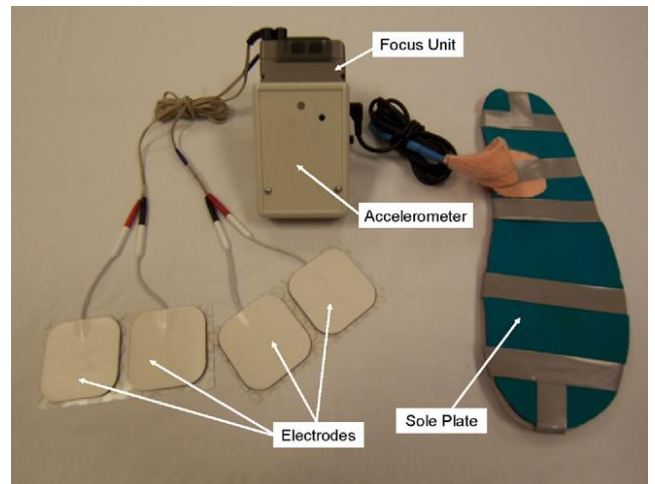


Figure 13: (Embrey et al, 2010) Composants du Gait Myoelectric Stimulator (GMES) : boîtier de mise au point, accéléromètre, électrodes et plaque plantaire.

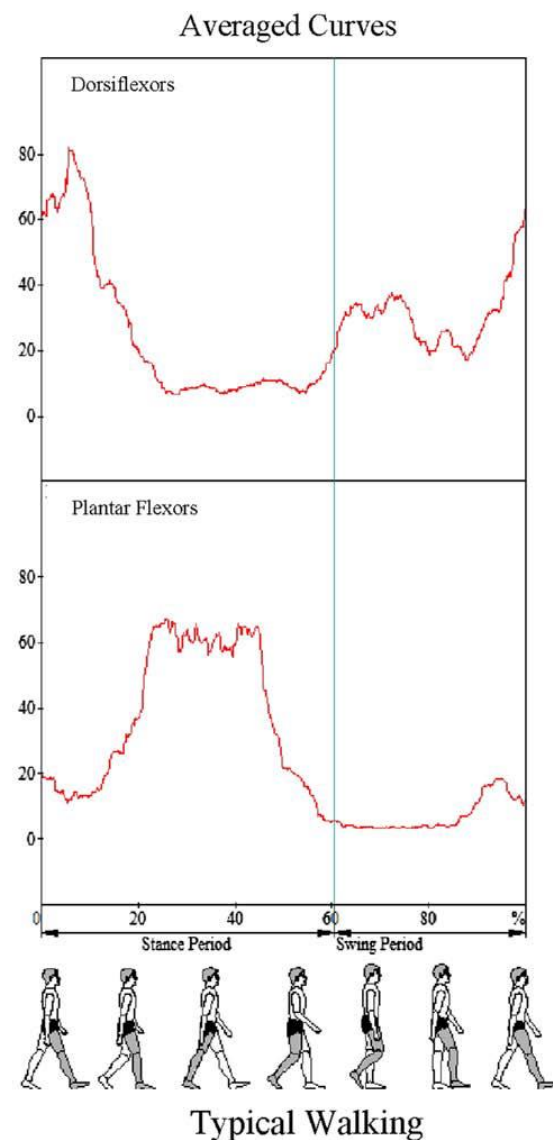
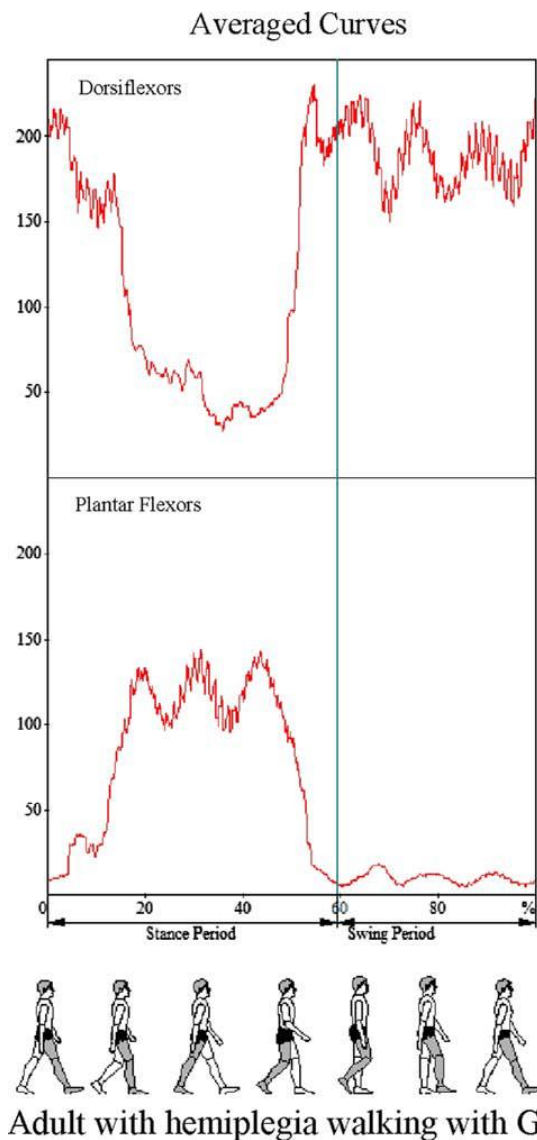


Figure 14 : (Embrey et al, 2010) Données électromyographiques (EMG) lors de la marche. GMES = Gait Myoelectric stimulator.

stimulation électrique fonctionnelle des muscles fléchisseurs plantaires et fléchisseurs dorsaux de cheville, au moment opportun du cycle de marche, à améliorer les capacités fonctionnelles et la participation aux tâches de la vie quotidienne de patients hémiparétiques chroniques (moyenne 5 ans post-AVC). 28 patients de moyenne d'âge de 60 ans, ont été inclus dans un protocole croisé dans lequel chaque patient a été son propre contrôle avec randomisation de l'ordre d'intervention. Les patients ont été sollicités pour porter le système de stimulation (figures 12 et 13) 6 à 8 heures/jour, 7 jours par semaine pendant 3 mois, et marcher une heure par jour, 6 jours par semaine par étapes de 15 minutes minimum, à leur vitesse habituelle avec leurs aides techniques usuelles. Lors des 3 mois de période contrôle, les patients devaient marcher selon les mêmes consignes. Leurs résultats ont montré, une amélioration significative fonctionnelle (Test de marche de 6 minutes, Emory Functional ambulatory profile) avec maintien dans le temps trois mois après l'arrêt de la stimulation mais en continuant la marche intensive. La participation aux activités de la vie quotidienne a également été augmentée significativement après période de stimulation (stroke impact-scale-16). Le système n'a aucun effet sur la spasticité (Echelle d'Ashworth modifiée). De plus, la force musculaire des fléchisseurs dorsaux de cheville a été significativement augmentée lors de la période sous stimulation, contrairement à celle des fléchisseurs plantaires (figure 14).

D'autres auteurs avant eux, (Kottink et al, 2007) ont cherché à tester l'efficacité d'un système de stimulation électrique fonctionnelle du nerf fibulaire implantable (figure 15 page suivante), sur la marche et l'activité physique des patients hémiparétiques en phase chronique, comparée à un traitement usuel par attelle mollet-plantar. 29 patients ont été inclus, dont 16 étaient hémiparétiques gauches, de moyenne d'âge de 55 ans, situés en phase chronique (moyenne de 7 ans post-AVC) dans un protocole RCT de 6 mois. Il a été conclu que la vitesse de marche (test de marche de 6 minutes, et parcours chronométré sur 10 mètres) est augmentée significativement en faveur du groupe avec le stimulateur implanté. Cependant, le temps passé assis ou couché a augmenté de 6 % chez ces patients. La vitesse de marche diminuait à 4 semaines après la chirurgie d'implantation, pour ensuite augmenter à nouveau. Ceci peut être expliqué par la diminution d'activité engendrée par la chirurgie.

Nous avons donc, une étude en phase aiguë (Yan et al, 2005) qui affirme que 15 sessions de 30 minutes de stimulation électrique fonctionnelle associées à une rééducation standard 5 jours par semaine, améliore la récupération fonctionnelle et motrice relativement plus qu'une stimulation placebo ou que la simple rééducation standard. Le système Walk Aid serait une méthode de stimulation électrique efficace dans l'amélioration de la vitesse de marche des patients présentant un steppage limitant la clearance du pas en phase subaiguë (Morone et al, 2012). En phase chronique, l'implantation d'un système de stimulation électrique fonctionnelle est efficace pour augmenter la vitesse de marche des patients hémiparétiques présentant un steppage (Kottink et al, 2007). La stimulation électrique à la fois des fléchisseurs plantaires et dorsaux au moment opportun du cycle de marche, améliore les capacités fonctionnelles et la participation aux activités de la vie courante des patients hémiparétiques chroniques et cette amélioration se maintient après 3 mois de

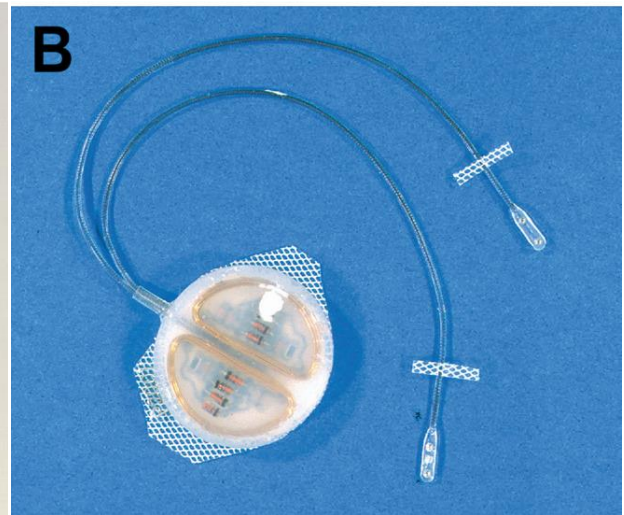


Figure 15 : (Kottink et al, 2007) Le système implantable à deux canaux de stimulation du nerf fibulaire : (A) le système externe et (B) l'implant.



Figure 16 : Le système Lokomat (Site internet biosistemas, référence en bibliographie secondaire) utilisé dans les protocoles de Huseman et al, 2007 et Hornby et al, 2008.

pratique de marche 1 heure par jour, 6 jours /7, sans stimulation (Embrey et al, 2010). De plus, leurs résultats ont montré que la marche intensive permettait déjà à elle seule d'améliorer la marche et la participation des patients hémiparétiques ce qui représente un message important à faire passer aux patients.

III. 2. 3. Réalité virtuelle/robotisation

L'équipe de Husemann, en Allemagne (Husemann et al, 2007) a étudié l'efficacité d'un système de robotisation appelé Lokomat (figure 16). Elle a comparé son utilisation pour réaliser un entraînement à la marche sur tapis roulant, chez des patients en phase subaiguë non-marchant sans aide humaine, comparée à une kinésithérapie conventionnelle. 30 patients ont été inclus dans leur protocole RCT. Leurs résultats ont montré qu'après 4 semaines d'entraînement soit par Lokomat, soit par séances de kinésithérapie conventionnelle, en séances de 30 minutes ; la vitesse, la cadence et la sévérité de la marche, ainsi que l'indépendance et la motricité, ont été améliorées significativement après la thérapie dans les deux groupes sans montrer de différence significative entre-eux. Les patients du groupe Lokomat ont amélioré leur temps d'appui monopodal hémiparétique contrairement aux patients du groupe contrôle. Les patients du groupe intervention n'ont pas présenté de variation de poids lors de l'entraînement contrairement aux patients du groupe contrôle qui ont vu leur masse grasseuse augmenter. Ces résultats suggèrent l'activation d'un métabolisme aérobie lors de l'entraînement par Lokomat bénéfique à l'ensemble du système cardiovasculaire, ainsi qu'un transfert du poids grasseux, en poids de cellules musculaires, rétablissant une hypertrophie musculaire pas forcément objectivable en mesure de la force musculaire. De plus, le système présente alors des avantages pour lutter contre les complications liées à l'immobilisation.

Hornby et al, 2008 (Hornby et al, 2008) ont examiné les capacités de l'entraînement de la marche sur tapis roulant assistée par robot, de type Lokomat (figure 16), à améliorer la marche comparée à un entraînement de la marche sur tapis roulant assisté par un thérapeute qui ne prodigue des stimulations que lorsqu'elles sont nécessaires. Dans leur protocole RCT de niveau de preuve 2/5, les auteurs ont considéré un échantillon de 48 personnes hémiparétiques dont 16 étaient hémiparétiques gauches, âgées en moyenne de 57 ans, situées en phase chronique (moyenne 50 mois post-AVC), capables de marcher sur 10 mètres mais présentant des déficits sévères (marche à moins de 0.4 m/s = 1.44 km/h) ou modérés (marche entre 0.4 et 0.8 m/s soit jusqu'à 2 km/h) de la marche. Après 12 séances de 30 minutes d'entraînement de la marche sur tapis roulant, soit avec l'assistance du Lokomat (figure 16) symétrique, bilatérale et constante pour le groupe intervention, soit avec l'assistance manuelle d'un thérapeute pour le groupe contrôle ; l'analyse de la vitesse de marche a révélée de meilleures améliorations en vitesse spontanée et en vitesse maximum non dangereuse pour le groupe assisté par un thérapeute, après la thérapie et maintenue à 6 mois sauf que les différences n'ont été significatives que pour les mesures post-traitement. De plus, les auteurs ont observé de meilleures améliorations de la vitesse de marche des sujets avec un déficit modéré à comparer aux personnes avec déficit sévère de la marche.



Figure 17 : (Mirelman et al, 2008) Le système robotisé avec réalité virtuelle.

Mirelman et al, (Mirelman et al, 2008) ont cherché si l'association robot plus réalité virtuelle était supérieure à l'entraînement par robot seulement pour améliorer la marche et son transfert vers l'ambulation en communauté. 15 patients, dont 10 étaient hémiparétiques gauches, situés en phase chronique (37 mois en moyenne), et de moyenne d'âge de 61 ans, ont été inclus. Dans un protocole RCT, de niveau de preuve 2/5, ils ont comparé un entraînement de 4 semaines à raison de 3 séances par semaine d'une durée moyenne d'une heure chacune, sur plateforme Rutgers Ankle Rehabilitation system (figure 17). Pour le groupe contrôle, ils ont supprimé l'environnement virtuel et le feedback prodigué par l'ordinateur relié à la plateforme. Leurs résultats montrent une amélioration de la vitesse de marche de 24% et de la distance parcourue de 21 % (Test de marche de 6 minutes) pour le groupe avec réalité virtuelle, comparée à seulement 2% de gain en vitesse de marche et 0.5 % de gain en distance parcourue pour le groupe avec entraînement par robot seul. Ces améliorations ont été maintenues dans le temps pour les patients du groupe réalité virtuelle. Dans les environnements communautaire et familial, les améliorations significatives n'ont été obtenues que pour le groupe réalité virtuelle après l'entraînement pour ce qui est du nombre de pas par jour, de la distance moyenne parcourue, de la vitesse moyenne de marche et de la vitesse maximale de marche.

En 2010, cette même équipe a publié une seconde étude qui a étudié les résultats de l'analyse des biomécanismes de la marche (Mirelman et al, 2010). 18 patients dont 8 étaient hémiparétiques gauches, de moyenne d'âge de 62 ans, situés en phase chronique (en moyenne 2 ans après l'AVC) ont participé au protocole de RCT simple aveugle de niveau de preuve scientifique 2/5. Après 4 semaines de thérapie par réalité virtuelle pour le groupe intervention, ou de thérapie sans feedback, sans réalité virtuelle pour le groupe contrôle, les patients du groupe intervention ont montré de meilleures améliorations des paramètres spatio-temporels, cinétiques et cinématiques en condition de mesure pieds-nus, par rapport au groupe contrôle. La vitesse de marche spontanée a été augmentée, et maintenue à 3 mois après l'intervention pour le groupe intervention. Il y a eu une amélioration de la cinétique de cheville du groupe intervention, avec amélioration de force de propulsion, et de la puissance lors de la phase de propulsion, et ont été maintenues à 3 mois. La cinématique de cheville et du genou s'est améliorée significativement plus chez les patients du groupe intervention que chez ceux du groupe contrôle. En moyenne, le début de la propulsion de cheville pour les deux groupes était à 55% du cycle de marche alors qu'après l'entraînement, il était à 57.7% de ce même cycle pour le groupe intervention, et inchangé pour le groupe contrôle. Cependant, aucune amélioration significative entre les deux groupes n'a été démontrée en mesure avec attelle mollet-plante.

Pour résumer, les bénéfices de l'entraînement sur les paramètres spatio-temporels de la marche mesurés lors du retour à la communauté, n'étaient significatifs que chez les patients du groupe Robot + Réalité virtuelle. Les résultats suggèrent que l'entraînement par robot + réalité virtuelle présente un meilleur transfert à la marche fonctionnelle dans les environnements familiaux et communautaires (Mirelman et al, 2008) en phase chronique. Le feedback semble jouer un rôle

indispensable dans l'apprentissage moteur. L'entraînement des effecteurs distaux par réalité virtuelle peut améliorer la marche des patients atteints d'AVC en phase chronique, capables de réaliser une flexion dorsale partielle de cheville contre pesanteur et de marcher au moins 4.5 mètres seuls, avec ou sans aide technique, et coupler l'entraînement des effecteurs distaux et la réalité virtuelle est plus efficace que l'entraînement sur robot seul (Mirelman et al, 2010). Par ailleurs, il semblerait que la rééducation de l'entraînement à la marche sur tapis roulant assisté par robot ne soit pas meilleure qu'un entraînement de la marche sur tapis roulant assisté par un thérapeute chez des patients chroniques capables de marcher seuls mais présentant des déficits sévères de la marche (Hornby et al, 2008). Cependant, l'entraînement par robotisation peut être indiqué pour des patients non-marchants, en phase subaiguë (Husemann et al, 2007). La supériorité de l'utilisation de la robotisation de type Lokomat n'est pas prouvée face à une kinésithérapie conventionnelle cependant, en phase précoce chez les sujets non-marchants, le système Lokomat présente des effets cardiovasculaires et trophiques intéressants.

III. 2. 4. Autres méthodes

La vibration à corps entier a déjà été reconnue comme efficace dans la réduction de la spasticité des extenseurs de genou des adultes paralysés cérébraux et après lésions de la moelle épinière en phase chronique. Cependant, son action sur la spasticité des fléchisseurs plantaires chez les patients hémiparétiques en phase chronique n'a pas été rapportée. C'est pourquoi, des auteurs (Chan et al, 2012) ont étudié les effets d'une séance de vibration à corps entier pour diminuer la spasticité des fléchisseurs plantaires de cheville. Ils ont réalisé un protocole RCT double aveugle, de niveau de preuve 2/5, dans lequel 30 patients ont été inclus, dont 11 étaient hémiparétiques gauches, âgés en moyenne de 55 ans, situés en phase chronique (en moyenne 34 mois post-AVC). Après une séance de deux fois 10 minutes de vibrations séparées par 1 minute de repos, leurs résultats montrent une amélioration significative de la spasticité (Ashworth modifiée), et de la sensation subjective de la spasticité (Echelle Visuelle analogique). De plus, il a été montré, une amélioration significative de l'équilibre (Timed up and Go test), ainsi que de la vitesse de marche (test de marche sur 10 mètres) et une meilleure répartition des appuis entre les deux membres inférieurs (plateforme de posturographie).

D'autres auteurs se sont attardés sur le fait que les patients hémiparétiques étaient souvent trop dépendant visuellement, et ont donc cherché si cette dépendance visuelle était réversible après un programme de rééducation de l'équilibre avec privation visuelle (Bonan et al, 2004). Ils ont cherché à prouver que la rééducation réalisée avec privation visuelle améliorerait l'équilibre plus qu'une rééducation de l'équilibre avec la vision. 20 patients d'âge moyen de 50 ans, situés en phase chronique (moyenne de 20 mois post-AVC) ont alors été inclus dans un protocole RCT. Les patients ont suivi un programme de rééducation de l'équilibre pendant 5 sessions d'une heure par jour, 5 jours par semaine pendant 4 semaines. Les patients du groupe intervention ont reçu le même traitement mais avec le port d'un masque occultant la vue en supplément. Leurs résultats montrent

que l'amélioration de l'équilibre est corrélée avec l'amélioration de la vitesse de marche et de la montée d'escaliers. Les patients ayant bénéficié de l'entraînement par privation visuelle ont montré des améliorations significatives dans deux conditions du test Sensory Organization test, à savoir yeux ouverts, fixer un point fixe, et yeux ouverts sur plateforme instable. Cependant toutes les valeurs d'équilibre étaient meilleures pour le groupe intervention. Il semblerait que la privation visuelle force les sujets à utiliser leurs informations sensibles et vestibulaires sans dépendre des stratégies de compensation visuelles.

Donc, en phase chronique, une séance de vibrations à corps entier d'une trentaine de minutes, permet de réduire la spasticité des fléchisseurs plantaires de cheville et ainsi améliore la vitesse de marche (Chan et al, 2012). La dépendance visuelle dont sont victimes les patients ayant subi une désafférentation sensitive, après AVC en phase chronique, semble être réversible par un entraînement de l'équilibre avec privation visuelle, à raison de 5 séances d'une heure par jour, 5 jours par semaine sur 1 mois (Bonan et al, 2004), rendant ainsi la récupération de l'équilibre meilleure que suite à un entraînement de l'équilibre sans privation visuelle.

IV. DISCUSSION

IV. 1. Limites des études

Parmi tous nos résultats, chaque étude possède ses limites. La principale, qui est applicable à la grande majorité de celles-ci, est la faiblesse de l'échantillon testé, et la non-représentativité de l'échantillon de la population hémiplegique avec exclusion des patients avec des troubles associés, de la spasticité trop élevée, des déficits cognitifs et des comorbidités. Or, dans la vie de tous les jours, beaucoup plus de patients présentent ces caractéristiques par rapport aux échantillons parfaits des auteurs. De plus, plusieurs études n'évaluent pas les effets à long terme de leurs méthodes (Brock et al, 2011), (Bonan et al, 2004), (Chan et al, 2012), (Yamada et al, 2013), (Mikolajewska, 2013), alors que d'autres ne décrivent pas suffisamment leur échantillon (Husemann et al, 2007), (Mirelman et al, 2010), (Masiero et al, 2007). Certaines très bien menées, n'ont pas considéré toutes les évaluations nécessaires comme l'équipe de Kang et al, 2012 qui n'a pas considéré la clinique motrice mais seulement l'excitabilité corticale, ou encore celle de Kottink et al, 2007 qui n'a pas pris en compte la force musculaire ni la spasticité dans leur protocole pour tester l'efficacité d'un système de stimulation électrique fonctionnelle du nerf fibulaire implantable.

Par ailleurs, de nombreuses études n'obtiennent pas la reconnaissance scientifique égale à au moins 2/5, à cause de la méthodologie de leur protocole. Parfois il manquerait seulement un groupe contrôle (Yamada et al, 2013), (Mikolajewska, 2013), (Ochi et al, 2013), (Kononen et al, 2012) ou des mesures à l'aveugle (Hornby et al, 2008), ou alors les analyses statistiques réalisées ne correspondent pas aux objectifs proposés de l'étude comme notamment lorsque l'on cherche à comparer deux méthodes et que les analyses ne mesurent jamais la significativité entre les deux groupes pour seulement considérer les variables au sein de chaque groupe. Ceci permet de montrer

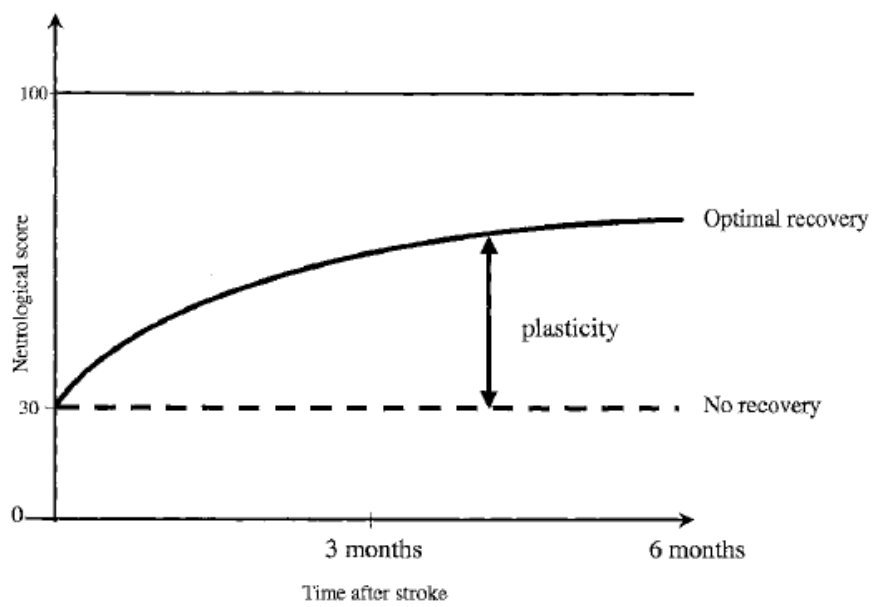


Figure 2 : (Calautti et al, 2003) Courbe de récupération motrice.

l'efficacité de chaque méthode séparément, mais pas de montrer si la méthode intervention est meilleure que la méthode contrôle (Singh et al, 2013).

IV. 2. Impact de l'âge sur la rééducation et la récupération

Lors d'études sur le vieillissement normal du cerveau, les chercheurs ont mis en évidence, contrairement aux idées reçues qui laissaient penser qu'il existait une importante atrophie du volume cérébral, une réduction du volume cérébral au cours du vieillissement qui est réelle cependant, faible et tardive. Il a été montré une différence significative de l'activation corticale en fonction de l'âge des patients, d'où l'intérêt d'utiliser des groupes contrôles qui ne diffèrent pas en fonction de leur âge pour pouvoir comparer une récupération motrice en imagerie fonctionnelle après AVC (Calautti et al, 2003). Globalement, dans tous les textes recensés dans ce travail, lorsque des groupes ont été formés de façon randomisée ou non, les groupes ne différaient pas significativement entre eux en termes d'âge

Dans la conférence de l'hôpital Henry Gabrielle, (annexe 31) il a été évoqué, par le professeur Luauté, que l'âge semblait avoir un impact modéré sur la récupération neurologique, cependant, il aurait une action délétère sur la récupération fonctionnelle à cause des comorbidités. En effet, les patients âgés présentant un AVC si c'est pour cause de plaques d'athérome, peuvent souffrir par ce même mécanisme de diverses localisations de ces plaques entraînant d'autres maladies cardiovasculaires restreignant leurs capacités et leur indépendance/autonomie.

Il convient alors de distinguer la récupération neurologique de la récupération fonctionnelle. Les courbes de récupération qui ont été évoquées en introduction (figure 2) correspondent aux courbes de récupération neurologique, autrement dit la capacité du système nerveux par le biais de la plasticité cérébrale à se remanier et combler les espaces morts. Si cette récupération lorsqu'elle est maximale est souvent en deçà des capacités neurologiques précédant l'accident, elle ne correspond pas aux seules capacités de récupération possibles par le patient. S'ajoute alors la récupération fonctionnelle. Il est de ce fait possible d'observer dans les études, des scores qui permettent de mettre en évidence ces deux phénomènes. En effet, il est tout à fait possible de présenter un score faible sur l'Echelle de Fugl-Meyer qui cote rappelons-le, la récupération motrice, que l'on traduit comme résultante de la récupération neurologique des fonctions motrices, face à un score élevé sur la Mesure d'Indépendance Fonctionnelle (MIF), grâce à des astuces d'appareillage et l'augmentation des possibilités dans ce domaine afin de suppléer les fonctions faibles. Et finalement, d'après les objectifs de la HAS, qui sont de diminuer le handicap, toutes ces mesures qui entrent en compte dans la récupération fonctionnelle sont toutes aussi importantes que la simple récupération motrice. Donc tout n'est pas fini lorsque la récupération neurologique semble avoir atteint un plateau. Le patient peut encore espérer voir ses capacités fonctionnelles s'améliorer grâce à différents appareillages par exemple.

D'après nos résultats de recherche, les méthodes ont été testées en moyenne sur des patients âgés de 57 à 72 ans, sauf pour ce qui est de la thérapie de contrainte induite (Kononen et al, 2012) qui a été testée sur des patients âgés en moyenne de 47 ans. Entre les études de Singh et al, 2013

et Kononen et al 2012, dont les deux moyennes d'âges présentent une différence de 10 ans, les résultats sont efficaces dans les deux cas. Cependant, nous ne pouvons rien conclure car les deux méthodes n'ont pas été réalisées dans les mêmes conditions. Il serait intéressant de comparer par exemple la méthode de contrainte induite réalisée sur deux groupes des patients dont les moyennes d'âge diffèreraient significativement afin de pouvoir évaluer l'impact réel de l'âge sur la récupération. Pour ne pas conclure trop vite il faudrait également pouvoir contrôler les résultats avec une rééducation standard appliquée sur des groupes de patients dont les âges ne diffèreraient pas des âges moyens des groupes CIMT.

Séparément, la cadence de marche n'a été améliorée significativement, après deux semaines de traitement par la méthode NDT-Bobath, que chez les patients âgés de plus de 68 ans (Mikolajewska, 2013).

Par ailleurs, la dépendance visuelle augmente avec l'âge, et la moyenne d'âge des patients inclus dans le protocole de Bonan et al, (Bonan et al, 2004) était de 50 ans. Autrement dit, ils auraient pu montrer d'autant plus de résultats s'ils avaient sélectionné un groupe plus âgé, voire de comparer la dépendance visuelle entre deux groupes d'âges différents.

IV. 3. Méthodes selon la phase de traitement

Les courbes de récupération présentées en introduction, présentent la récupération motrice comme étant maximale les trois premiers mois car elle atteint vite un plateau. Cependant cette récupération correspond à la récupération neurologique, et la récupération qui peut s'observer par la suite au-delà des trois premiers mois, qui peuvent être considérés comme la période critique où les rééducateurs devront mettre en œuvre le maximum de sollicitations afin de stimuler les mécanismes de plasticité cérébrale. Il faut garder à l'esprit que les courbes de récupération sont décrites pour une moyenne de la population, rien n'empêche qu'à l'échelle individuelle ces délais ne puissent correspondre exactement. Il reste toujours dans les études un facteur difficile à individualiser et à écarter qui est la récupération spontanée : le fait de savoir si les améliorations constatées sont dues à une récupération spontanée ou si c'est une réelle efficacité de la méthode de rééducation. En effet, le seul moyen pour essayer de mettre en évidence ce phénomène et ainsi déduire ce qui provient de la rééducation ou ce qui provient uniquement de la plasticité cérébrale, serait de réaliser un protocole d'étude où les chercheurs testeraient sur un groupe intervention leur méthode de rééducation, face à un groupe contrôle auquel aucun soin ne serait prodigué. Cependant, d'un point de vue éthique, ceci n'est pas réalisable. Il convient de ne jamais léser le patient dans les méthodes de mise en place du protocole, et donc de toujours comparer la méthode testée à la méthode de référence. De plus, il faudrait inclure un facteur de variabilité inter-individuelle de la récupération spontanée qui n'est pas forcément toujours le même entre les individus. Autrement dit, les chercheurs essaient alors de modérer leurs propos lorsqu'ils parlent d'efficacité d'une méthode de rééducation surtout lorsque celle-ci est testée en phase aiguë ou subaiguë, où la récupération spontanée est majorée face à une période chronique dans laquelle ses effets sont moins individualisés. C'est aussi pourquoi nous ne considérons pas les effets de la rééducation

directement sur la récupération mais sur les mécanismes de plasticité cérébrale, ce qui implique ces phénomènes de récupération spontanée. Dans la réalité clinique, il n'est d'aucun intérêt d'écarter la plasticité cérébrale et la récupération spontanée de chaque patient, cependant, ces variabilités interindividuelles peuvent parfois expliquer l'absence de résultats après l'application d'une méthode qui a été montrée dans la littérature comme efficace. Chaque patient est unique, on lui applique seulement un modèle de récupération, qui à son échelle peut ne pas lui correspondre exactement.

Pour le membre supérieur, d'après nos résultats de recherche, nous pourrions considérer comme méthodes efficaces pour améliorer la récupération motrice et/ou fonctionnelle, en phase aiguë : la réalité virtuelle (Da silva Cameirao et al, 2011), la robotisation (Masiero et al, 2007), la stimulation thermique (Chen et al, 2005) ainsi que la stimulation électrique neuromusculaire de surface sur les extenseurs du poignet (Rosewilliam et al, 2012). En phase subaiguë, c'est-à-dire passés les 15 premiers jours après l'AVC, seraient efficaces sur la récupération motrice et/ou fonctionnelle les méthodes suivantes : Contrainte induite (Singh et al, 2013) (Brunner et al, 2012), la thérapie miroir (Yavuzer et al, 2008), (Kang et al, 2012) et la robotisation (Hwang et al, 2012), ainsi que 2 heures de thérapie conventionnelle face à 1 heure, pendant 6 semaines (Han et al, 2012). Puis en phase chronique, il apparaîtrait que les méthodes de thérapie contrainte induite (Kononen et al, 2012) et de stimulation non invasive (Yamada et al, 2013 pour la rTMS), (Ochi et al, 2013 pour la tDCS), (Zimmerman et al, 2012) et de robotisation (Hwang et al, 2012), ainsi que la marche sur tapis roulant avec support de poids (Ploughman et al, 2008) améliorent la récupération motrice et/ou fonctionnelle du membre supérieur.

Concernant la récupération motrice et/ou fonctionnelle du membre inférieur, en phase aiguë, la stimulation électrique fonctionnelle (Yan et al, 2005) semble présenter des résultats encourageants ; en phase subaiguë, la robotisation (Husemann et al, 2007), la stimulation électrique fonctionnelle par l'intermédiaire du système Walk Aid (Morone et al, 2012), et la méthode Bobath (Brock et al, 2011) (Mikolajewska, 2013) semblent améliorer l'équilibre et la marche des patients hémiparétiques ; en phase chronique, la marche est améliorée par l'association robotisation et réalité virtuelle (Mirelman et al, 2008) (Mirelman et al, 2010), la stimulation électrique fonctionnelle des muscles fléchisseurs plantaires et dorsaux de cheville (Embrey et al, 2010), la méthode Bobath (Mikolajewska, 2013), et la vibration à corps entier (Chan et al, 2012). L'équilibre est amélioré par la privation visuelle en phase chronique (Bonan et al, 2004). La marche sous lokomat, système de robotisation, ne présente pas d'intérêt en phase chronique chez des personnes ayant acquis la marche (Hornby et al, 2008), cependant elle peut être indiquée en phase subaiguë chez des personnes non marchantes (Husemann et al, 2007). D'autre part, (Mikolajewska, 2013) l'amélioration de la cadence de marche n'a été significative seulement pour les personnes situées entre 1 et 2 ans post-AVC ischémique, après deux semaines de traitement par la méthode NDT-Bobath, et l'amélioration de la longueur des pas n'a pas été significative pour les personnes situées à plus de 2 ans post-AVC ischémique.

IV. 4. Méthodes selon la localisation de la lésion cérébrale

La principale différence qui pourrait séparer la rééducation d'une hémiparésie droite après AVC gauche, et d'une hémiparésie gauche après un AVC droit, trouve son origine dans les troubles associés, car d'un point de vue moteur il n'existe pas de différence entre les hémisphères si ce n'est en termes de latéralité. Nous savons désormais que nous avons tous un hémisphère majeur et un hémisphère mineur. Ceci peut être dû à une asymétrie du volume du Cortex sensori-moteur. Il est bien évident, que lorsque c'est l'hémisphère dominant qui est touché, le patient est d'autant plus lésé surtout au niveau du membre supérieur (MS) car son MS préférentiel pour les activités unimanuelles telles que l'écriture, seront d'autant plus handicapantes que si c'était l'autre hémisphère qui avait été touché, jouant un rôle prépondérant sur ses capacités fonctionnelles. Cependant, il n'y a pas qu'au niveau de la main qu'il existe une préférence due à l'hémisphère dominant, mais aussi au niveau des pieds, lors de prises d'appuis par exemple, ou au niveau sensoriel : œil et oreille dominants.

Outre ce fait, la présence des troubles associés liés à la variation de localisation des fonctions asymétriques corticales représente la principale mise en difficulté et en échec de la rééducation motrice. Beaucoup d'études ont tendance à considérer l'aphasie (Kononen et al, 2012) (Hwang et al, 2012) et les troubles cognitifs, souvent évalués sur le MMSE (Mini Mental State Examination), comme des critères d'exclusion de leurs protocoles (Zimmerman et al, 2012), (Yamada et al, 2013), (Mirelman et al, 2008, 2010), (Brunner et al, 2012), (Kang et al, 2012), (Hornby et al, 2008), (Singh et al, 2013), (Morone et al, 2012), (Chan et al, 2012), (Ploughman et al, 2008), (Yavuzer et al, 2008), (Masiero et al, 2007), (Chen et al, 2005), (Da Silva Cameirao et al, 2011), (Ochi et al, 2013), (Yan et al, 2005) ainsi que les comorbidités agissant sur les systèmes neuro-cardio-musculo-squelettique. Il est compréhensible que la présence d'une aphasie de Wernicke qui touche la compréhension du langage soit un frein à la rééducation, le patient ne pouvant pas réaliser les consignes demandées par défaut de compréhension.

Des auteurs (Gialanella et al, 2005) ont étudié l'impact de la présence d'anosognosie associée à l'héminégligence sur la récupération fonctionnelle après traitement de type Bobath (niveau de preuve 3, grade C). Ils ont comparé deux groupes de patients héminégligents avec hémiparésie gauche âgés en moyenne de 68 ans, en phase subaiguë (moyenne 23 jours après AVC), et ont séparés ceux présentant une anosognosie associée. Ils ont réalisé 1 heure par jour sur 5 jours par semaine de rééducation motrice, associée à 30 minutes, 4 jours par semaine de rééducation neuropsychologique. Ils ont mis en évidence dans les deux groupes, que la récupération motrice après méthode Bobath était significativement plus importante dans le membre inférieur que dans le membre supérieur. Après le traitement, les patients négligents présentaient une récupération fonctionnelle significativement meilleure que les patients négligents et anosognosiques. Ceci met en évidence que la présence d'anosognosie associée à l'héminégligence affecte négativement le pronostic de récupération fonctionnelle. L'anosognosie est un indicateur d'une héminégligence plus sévère. Toutefois, les relations entre l'anosognosie et la négligence sont peu documentées. Par

ailleurs, il aurait été intéressant de rajouter un groupe contrôle de patients hémiplésiques gauches mais non négligents afin de pouvoir mesurer l'impact de la négligence sur la rééducation de l'hémiplégié gauche. Cependant ce n'était pas l'objectif des auteurs.

D'autres auteurs ont mis en évidence des différences d'efficacité de méthodes selon l'hémisphère touché. Une amélioration de la spasticité distale serait plus importante après traitement par tDCS cathodale des hémiparétiques gauches, que droit (Ochi et al, 2013). La stimulation thermique pourrait aider à diminuer l'héminégligence des patients hémiparétiques gauches en les forçant à prêter attention à leur membre parétique (Chen et al, 2005). La cadence de marche n'a pas été améliorée significativement chez les personnes hémiparétiques gauches, après 2 semaines de traitement par méthode NDT-Bobath, contrairement aux personnes hémiparétiques droites (Mikolajewska, 2013). Il pourrait être intéressant de chercher si la rééducation par thérapie contrainte induite est toute aussi efficace sur des patients hémiplésiques gauches et négligents, que sur des patients non négligents gauches et droits. Cet aspect n'a pas été développé dans les recherches qui nous avons sélectionnées. Ceci pourrait faire l'objet d'une recherche bibliographique plus approfondie, autour de l'héminégligence qui n'a pas été beaucoup développée dans notre travail.

IV. 5. Matériels et méthode

Plusieurs facteurs peuvent être reprochés à ce travail. Premièrement, il faut considérer que la recherche d'articles n'a pas été exhaustive. Elle fait l'état des études actuelles à la fois disponibles et accessibles dans la période de recherche assez limitée mais aussi du fait des exigences de forme du travail rendu ne devant pas traiter de plus de trente articles, en trente pages. Ainsi, toutes les méthodes de rééducation ne sont pas abordées ici. Seules les méthodes de rééducation qui ont été testées ces dix dernières années ont été traitées. De plus, les critères d'exclusion qui ont été portés à cette étude présentent sa principale limitation, notamment du point de vue de la langue de parution. Bien que la majorité des textes internationaux soient rédigés en anglais, parfois seul le résumé est rédigé dans la langue internationale mais pas le texte intégral rendant ainsi ses propos ininterprétables malgré la pertinence de l'étude au sujet de ce travail. Beaucoup d'articles intéressants n'ont pas pu être consultés en texte intégral pour une question de prix.

Par ailleurs, les textes étant principalement rédigés en anglais, rien n'exclut une mauvaise interprétation de la langue, pouvant conduire à des mauvaises interprétations des propos des auteurs ou à une mauvaise traduction des termes anglophones. Dans le même thème, l'analyse de la qualité des articles étant réalisée avec des critères précis mais pas moins subjectifs pourrait constituer un biais de notre étude, conduisant à l'écartement de certaines bonnes études au profit d'études moins bien menées.

Il faut aussi considérer les articles avec du recul. Les facteurs de risques biaisant intrinsèquement chaque étude peuvent créer de mauvaises interprétations. Puis, de même, il faut considérer le risque alpha comme risque d'erreur propre à chaque étude. Il y a deux types d'erreurs

statistiques possibles. A chaque analyse statistique est posée une hypothèse H0 dite « Hypothèse nulle » qui ne considère pas de différence significative entre les chiffres comparés, attribuant la différence au hasard, et une Hypothèse H1 dite « alternative » considérant que la différence entre les deux valeurs testées est significative et n'est pas due au hasard. Il y a deux types d'erreur : l'erreur dite de première espèce qui correspond au risque alpha, de rejeter H0 alors qu'elle est vraie, et l'erreur de seconde espèce est le risque bêta, de ne pas rejeter H0 alors qu'elle est fausse. Il y a alors selon la valeur de significativité alpha, placé le plus souvent à 0.05, 5 % de risques de se tromper dans l'interprétation des résultats. Les tests statistiques d'hypothèse ne permettent pas d'accepter H0 seulement de la rejeter ou non. Ne pas rejeter H0 signifie que la probabilité que H0 soit fausse est très petite.

IV. 6. Prévention : lutte contre les maladies cardio-vasculaires

Face à l'importance épidémiologique, à la fréquence des séquelles associées suite à un AVC, il advient que le meilleur traitement reste la prévention primaire. Il s'agit ici de réduire le taux des maladies cardiovasculaires en agissant sur le contrôle des facteurs de risques cardiovasculaires modifiables qui sont : l'hypertension artérielle, l'hypercholestérolémie, le diabète, le tabac, la surcharge pondérale. Ces différents facteurs ont été reconnus comme favorisant l'apparition de plaques d'athérome entraînant des sténoses puis des thrombus dans les vaisseaux sanguins. L'OMS a donc décrit des principes de prévention des maladies cardiovasculaires. Cependant, il existe des facteurs de risque sur lesquels la prévention ne peut rien : le sexe masculin, l'âge et l'hérédité.

IV. 7. Recommandations de la HAS

Le guide de la HAS recense quant à lui toutes les méthodes de rééducation applicables dans la rééducation de l'hémiplégie vasculaire. La HAS a réalisé en juin 2012, les recommandations de bonne pratique professionnelle concernant la rééducation après AVC pour lesquelles elle met en évidence trois principes fondamentaux : Précocité, Intensité et Continuité. Elle présente ainsi les méthodes recommandées en fonction de la phase de prise en charge (annexe 30). Cependant, beaucoup de questions restent encore d'actualité car de nombreuses méthodes n'ont pas prouvé leur efficacité. Il convient de garder en tête qu'actuellement, en fonction de l'état de la recherche, il ne faut pas préférer une méthode par rapport à une autre, mais il convient de cibler, en fonction des objectifs personnels et individuels la méthode de rééducation, voire de mélanger les techniques. De plus, il n'est actuellement pas possible de « recommander un type particulier d'activité ou une durée précise d'entraînement ».

V. CONCLUSION

La plasticité cérébrale permet une récupération neurologique maximale dans les trois premiers mois. Cependant, une récupération est toujours possible au-delà de cette période critique. La récupération fonctionnelle entre alors en jeu et permet grâce à l'appareillage de suppléer les

fonctions motrices qui n'ont pas récupéré d'un point de vue neurologique, fournissant ainsi au patient une indépendance dans ses activités de la vie quotidienne. La récupération spontanée des fonctions cérébrales reste un facteur difficile à identifier et limitant parfois la généralisation des résultats. Beaucoup d'études ont été réalisées sur des échantillons de population qui ne sont pas toujours représentatifs de la population hémiplegique, comme par exemple lorsque les chercheurs choisissent d'exclure les patients aphasiques, avec des troubles cognitifs, ou négligents. Autrement dit, ils se doutent que la participation de ce type de patient dans leurs protocoles ne sera pas aisée et pourra fortement influencer les résultats. Il est facile de montrer l'efficacité d'une méthode si l'on sait manier les outils de mesure. Si l'on choisit d'utiliser telle ou telle échelle motrice plutôt qu'une autre par ce que celle-ci est supposée plus précise, nous avons la possibilité d'influencer les résultats. Il faudrait pouvoir comparer les études lorsqu'il existera un consensus permettant de dire quelle échelle est la plus précise pour évaluer les différentes fonctions. Globalement, nous retrouvons souvent les mêmes échelles : Fugl-Meyer, Wolf Motor Function Test pour la motricité, Ashworth modifiée pour la spasticité, etc.

L'âge ne semble pas avoir d'effet significatif sur la récupération après AVC et donc n'influencerait pas la rééducation, seules les comorbidités plus fréquentes avec l'âge avancé l'influenceraient. Cependant, les troubles associés tels que l'héminégligence et l'anosognosie (Gialanella et al, 2005) auraient une action néfaste sur la récupération fonctionnelle. La phase de traitement joue un rôle dans l'efficacité des méthodes de rééducation en fonction des mécanismes de plasticité cérébrale. La localisation hémisphérique de la lésion ne semble pas être un facteur prépondérant de disparités en termes de méthode de rééducation à appliquer.

Nous l'aurons compris, la rééducation de l'hémiplegie vasculaire n'est pas une chose aisée, et face à l'importance épidémiologique de l'incidence des AVC dans le monde, l'OMS a mis en place des protocoles de prévention afin de limiter la prévalence des maladies cardio-vasculaires, notamment par le contrôle des facteurs de risque cardio-vasculaires.

Devant le nombre de méthodes que nous avons recensées dans ce travail, bien qu'il ne soit pas exhaustif, et face aux disparités de rééducation utilisées dans les différents centres de soins, il serait intéressant de questionner les professionnels de santé exerçant essentiellement en neurologie, afin de déterminer la fréquence d'utilisation des méthodes de rééducation décrites comme efficaces, et ainsi pouvoir essayer de comprendre pourquoi certaines méthodes sont moins utilisées. Parce que l'intérêt de déterminer par la recherche quelles sont les méthodes efficaces, est d'améliorer la prise en charge thérapeutique, donc l'application de ces méthodes jugées efficaces doit être rendue possible. Si les méthodes telles qu'elles sont décrites actuellement sont difficiles à mettre en pratique, il faudrait alors continuer la recherche afin de trouver des alternatives allégeant les protocoles pour augmenter leur observance.

VI. BIBLIOGRAPHIE

VI. 1.Principale

- Bonan, Yelnik, Colle, Michaud, Normand, Panigot, Roth, Guichard, Vicaut. 2004. Reliance on visual information after stroke. Part II: effectiveness of a balance rehabilitation program with visual cue deprivation after stroke: a Randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **85**:274-8
- Brock, Haase, Rothacher, Cotton. (2011). Does physiotherapy based on the Bobath concept, in conjunction with a task practice, achieve greater improvement in walking ability in people with stroke compared to physiotherapy focused on structured task practice alone? A pilot randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **25** (10): 903–912.
- Brunner I.C., Skouen J.S., Strand L.I. 2012. Is modified constraint-induced movement therapy more effective than bimanual training in improving arm motor function in the subacute phase post stroke? A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **26**(12): 1078–1086.
- Chan KS, Liu CW, Chen TW, Weng MC, Huang MH, Chen CH. 2012. Effects of a single session of whole body vibration on ankle plantarflexion spasticity and gait performance in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **26**(12): 1087–1095.
- Chen, Liang, Shaw. 2005. Facilitation of sensory and motor recovery by thermal intervention for the hemiplegic upper limb in acute stroke patients. A single-blinded randomized controlled trial. *Stroke*; **36**: 2665-2669.
- Da Silva Cameirao, Bermudez i Badia, Duarte, Verschure. 2011. Virtual Reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. *Restorative Neurology and Neuroscience*; **29**: 287–298.
- Embrey, Holtz, Alon, Brandsma, Westcott McCoy. 2010. Functional Electrical stimulation to dorsiflexors and plantarflexors during gait to improve walking in adults with chronic hemiplegia. *Arch Phys Med Rehab*; **91**: 687-96.
- Gialanella, Montguzzi, Santorno, Rocchi. 2005 Functional Recovery After Hemiplegia in Patients With Neglect. The rehabilitative role of anosognosia. *Stroke*; **36**: 2687-2690.

- Han C, Wang Q, Meng P, Qi MZ. 2012. Effects of intensity of arm training on hemiplegic upper extremity motor recovery in stroke patients: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **27**(1): 75–81.
- Hornby TG, Campbell DD, Kahn JH, Demott T, Moore JL, Roth HR. 2008. Enhanced Gait-Related Improvements After Therapist-Versus Robotic-Assisted Locomotor Training in Subjects With Chronic Stroke. A Randomized Controlled Study. *Stroke*; **39**: 1786-1792.
- Husemann B, Müller F, Krewer C, Heller S, Koenig E. 2007. Effects of locomotion training with assistance of a Robot-Driven Gait Orthosis in hemiparetic patients after stroke. A randomized controlled pilot study. *Stroke*; **38** (2): 349-354.
- Hwang, Seong, Son. 2012. Individual finger synchronized robot-assisted hand rehabilitation in subacute to chronic stroke: a prospective randomized clinical trial of efficacy. *Clinical Rehabilitation*; **26**(8): 696–704.
- Kang, Park Hae Kyung, Kim, Lim, Ku, Cho, Kim, and Park Eun Sook. 2012. Upper extremity rehabilitation of stroke: Facilitation of corticospinal excitability using virtual mirror paradigm. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*; **9**: 71.
- Kononen M., Tarkka, Niskanen, Pihlajamaki, Mervaala, Pitkanen, Vanninen. 2012. Functional MRI and motor behavioral changes obtained with constraint-induced movement therapy in chronic stroke. *European Journal of Neurology*; **19**: 578-586.
- Kottink, Hermens, Nene, Tenniglo, Van der Aa, Buschman Ijzerman. 2007. A Randomized controlled trial of an implantable 2-channel Peroneal Nerve stimulator on walking speed and activity in post-stroke hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil*; **88**: 971-8.
- Masiero, Celia, Rosati, Armani. 2007. Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*; **88**: 142-149.
- Mikolajewska E. 2013. The value of the NDT-Bobath method in post-stroke gait training. *Adv Clin Exp Med*; **22**: 2, 261-272.
- Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. 2008. Effects of Training With a Robot-Virtual Reality System Compared With a Robot Alone on the Gait of Individuals After Stroke. *Stroke*; **40**: 169-174.
- Mirelman, Patriitti, Bonato, Deutsch. 2010. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait & Posture*; **31**: 433–437.

- Morone G, Fusco A, Di Capua P, Coiro P, Pratesi L. 2012. Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: A randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase. *Stroke Research and Treatment*; 2012: **523564**. doi: 10.1155/2012/523564.
- Ochi, Saeki, Oda, Matsushima, Hachisuka. 2013. Effects of anodal and cathodal transcranial direct current stimulation combined with robotic therapy on severely affected arms in chronic stroke patients. *J Rehabil Med*; **45**: 137-140
- Ploughman, McCarthy, Bossé, Sullivan, Corbett. 2008. Does Treadmill Exercise Improve Performance of Cognitive or Upper-Extremity Tasks in People With Chronic Stroke? A Randomized Cross-Over Trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **89**: 2041-7.
- Rosewilliam S, Malhotra S, Roffe C, Jones P, Pandyan AD. 2012. Can surface neuromuscular electrical stimulation of the wrist and hand combined with routine therapy facilitate recovery of arm function in patients with stroke? *Arch Phys Med Rehabil*; **93**: 1715-21.
- Singh P, Pradhan B. 2013. Study to assess the effectiveness of modified constraint induced movement therapy in stroke subjects: a randomized controlled trial. *Ann Indian Acad Neurol*; **16**(2): 180-184.
- Yamada N, Kakuda W, Senoo A, Kondo T, Mitani S, Shimizu M., Abo M. 2013. Functional cortical reorganization after low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation plus intensive occupational therapy for upper limb hemiparesis: evaluation by functional magnetic resonance imaging in poststroke patients. *Int J Stroke*; **8**(6): 422-9.
- Yan, Hui-Chan, Li. 2005. Functional Electrical Stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke, a randomized placebo-controlled trial. *Stroke*; **36**: 80-85.
- Yavuzer, Selles, Sezer, Sutbeyaz, Bussman, Koseoglu, Atay, Stam. 2008. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a Randomized Controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **89**: 393-8.
- Zimmerman M, Heise KF, Hoppe J, Cohen LG, Gerloff C, Hummel FC. 2012. Modulation of training by single session transcranial direct current stimulation to the intact motor cortex enhances motor skill acquisition of the paretic hand. *Stroke*; **43**: 2185-2191.

VI. 2. Secondaire

❖ Articles scientifiques :

- Calautti C., Serrati C. and Baron J-C. 2001. Effects of Age on Brain Activation During Auditory-Cued Thumb-to-Index Opposition: A Positron Emission Tomography Study. *Stroke*; **32**: 139-146.

- Cinzia Calautti and Jean-Claude Baron. 2003. Functional Neuroimaging Studies of Motor Recovery After Stroke in Adults: A Review. *Stroke*; **34**: 1553-1566.

- Pedlow K, Lennon S, Wilson C. 2014. Application of Constraint-Induced Movement Therapy in Clinical Practice: An Online Survey. *Arch Phys Med Rehabil*; **95**: 276-82.

- Wolf Steven L., Catlin Pamela A., Ellis Michael, Archer Audrey Link, Morgan Bryn, Piacentino Aimee. 2001. Assessing Wolf Motor Function Test as Outcome Measure for Research in Patients After Stroke. *Stroke*. 2001; **32**: 1635-1639.

❖ Conférence de Hôpital Henry Gabrielle du 23 Novembre 2013 intitulée « La récupération motrice après Accident Vasculaire Cérébral ». (cf. annexe 31)

❖ Cours de « Récupération et plasticité après déficience motrice d'origine cérébrale » Licence Sciences de la réadaptation LSR2S3. 2012. Professeur G. Rode.

❖ Guide d'analyse de la littérature et gradation des recommandations selon l'ANAES Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé.

❖ Référentiel d'auto-évaluation des pratiques professionnelles en masso-kinésithérapie. Évaluation fonctionnelle de l'AVC. 2006. HAS

❖ Sites Internet :

- <http://www.info.univ-angers.fr/~gh/wstat/testscmpar.htm> (le 13.01.2014)

- <http://kinedoc.org/Kinedoc-war/aPropos.do> (le 26/09/13)

- <http://www.pedro.org.au/french/about-us/> (le 26/09/13)

- http://www.who.int/cardiovascular_diseases/priorities/fr/index.html (le 15.02.2014)

- http://www.has-sante.fr/portail/jcms/fc_1249601/fr/evaluation-recommandation (le 13.01.2013).

- http://www.google.fr/imgres?sa=X&rlz=1C1CHLJ_frFR552FR552&espsvd=210&es_sm=122&biw=1366&bih=643&tbnid=0UWjVPdzOQO9YM%3A&imgrefurl=http%3A%2F%2Fwww.biosistemas.com.uy%2Fproductos%2Fsisistema-lokomat-

[para-desordenes-musculares&docid=2jDcDQPAUy1X0M&imgurl=http%3A%2F%2Fwww.biosistem.com.uy%2Ffiles%2Fproduct%2Fimages%2Fflokomat_2.jpg&w=348&h=284&ei=9q4MU-f5NqO00wWT3YGIBg&zoom=1&iact=rc&dur=352&page=1&start=0&ndsp=18&ved=0CG8QrQMwCA](http://www.biosistem.com.uy/files/product/images/flokomat_2.jpg) (le 25/02/2014)

VII. ANNEXES

ANNEXE 1 - Bonan, Yelnik, Colle, Michaud, Normand, Panigot, Roth, Guichard, Vicaut. 2004. Reliance on visual information after stroke. Part II: effectiveness of a balance rehabilitation program with visual cue deprivation after stroke : a Randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **85**: 274-8

ANNEXE 2 - Brock, Haase, Rothacher, Cotton. 2011. Does physiotherapy based on the Bobath concept, in conjunction with a task practice, achieve greater improvement in walking ability in people with stroke compared to physiotherapy focused on structured task practice alone? A pilot randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **25** (10): 903–912.

ANNEXE 3 - Brunner I.C., Skouen J.S., Strand L.I. 2012. Is modified constraint-induced movement therapy more effective than bimanual training in improving arm motor function in the subacute phase post stroke? A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **26**(12): 1078–1086.

ANNEXE 4 - Chan KS, Liu CW, Chen TW, Weng MC, Huang MH, Chen CH. 2012. Effects of a single session of whole body vibration on ankle plantarflexion spasticity and gait performance in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **26**(12): 1087–1095.

ANNEXE 5 - Chen, Liang, Shaw. 2005. Facilitation of sensory and motor recovery by thermal intervention for the hemiplegic upper limb in acute stroke patients. A single-blinded randomized controlled trial. *Stroke*; **36**:2665-2669.

ANNEXE 6 - Da Silva Cameirao, Bermudez i Badia, Duarte, Verschure. 2011. Virtual Reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. *Restorative Neurology and Neuroscience*; **29**: 287–298.

ANNEXE 7 - Embrey, Holtz, Alon, Brandsma, Westcott McCoy. 2010. Functional Electrical stimulation to dorsiflexors and plantarflexors during gait to improve walking in adults with chronic hemiplegia. *Arch Phys Med Rehab*; **91**: 687-96.

ANNEXE 8 - Gialanella, Montguzzi, Santorno, Rocchi. 2005 Functional Recovery After Hemiplegia in Patients With Neglect. The rehabilitative role of anosognosia. *Stroke*; **36**: 2687-2690.

ANNEXE 9 - Han C, Wang Q, Meng P, Qi MZ. 2012. Effects of intensity of arm training on hemiplegic upper extremity motor recovery in stroke patients: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **27**(1): 75–81.

ANNEXE 10 - Hornby TG, Campbell DD, Kahn JH, Demott T, Moore JL, Roth HR. 2008. Enhanced Gait-Related Improvements After Therapist-Versus Robotic-Assisted Locomotor Training in Subjects With Chronic Stroke. A Randomized Controlled Study. *Stroke*; **39**: 1786-1792.

ANNEXE 11 - Husemann B, Müller F, Krewer C, Heller S, Koenig E. 2007. Effects of locomotion training with assistance of a Robot-Driven Gait Orthosis in hemiparetic patients after stroke. A randomized controlled pilot study. *Stroke*; **38** (2): 349-354.

ANNEXE 12 - Hwang, Seong, Son. 2012. Individual finger synchronized robot-assisted hand rehabilitation in subacute to chronic stroke: a prospective randomized clinical trial of efficacy. *Clinical Rehabilitation*; **26**(8): 696–704.

ANNEXE 13 - Kang, Park Hae Kyung, Kim, Lim, Ku, Cho, Kim, and Park Eun Sook. 2012. Upper extremity rehabilitation of stroke: Facilitation of corticospinal excitability using virtual mirror paradigm. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **9**: 71.

ANNEXE 14 - Kononen M., Tarkka, Niskanen, Pihlajamaki, Mervaala, Pitkanen, Vanninen. 2012. Functional MRI and motor behavioral changes obtained with constraint-induced movement therapy in chronic stroke. *European Journal of Neurology*; **19**: 578-586.

ANNEXE 15 - Kottink, Hermens, Nene, Tenniglo, Van der Aa, Buschman Ijzerman. 2007. A Randomized controlled trial of an implantable 2-channel Peroneal Nerve stimulator on walking speed and activity in post-stroke hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil*; **88**: 971-8.

ANNEXE 16 - Masiero, Celia, Rosati, Armani. 2007. Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*; **88**: 142-149.

ANNEXE 17 - Mikolajewska E. 2013. The value of the NDT-Bobath method in post-stroke gait training. *Adv Clin Exp Med*; **22**: 2, 261-272.

ANNEXE 18 - Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. 2008. Effects of Training With a Robot-Virtual Reality System Compared With a Robot Alone on the Gait of Individuals After Stroke. *Stroke*; **40**: 169-174.

ANNEXE 19 - Mirelman, Patritti, Bonato, Deutsch. 2010. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait & Posture*; **31**: 433–437.

ANNEXE 20 - Morone G, Fusco A, Di Capua P, Coiro P, Pratesi L. 2012. Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: A randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase. *Stroke Research and Treatment*; 2012:**523564**. doi: 10.1155/2012/523564.

ANNEXE 21 - Ochi, Saeki, Oda, Matsushima, Hachisuka. 2013. Effects of anodal and cathodal transcranial direct current stimulation combined with robotic therapy on severely affected arms in chronic stroke patients. *J Rehabil Med*; **45**: 137-140.

ANNEXE 22 - Ploughman, McCarthy, Bossé, Sullivan, Corbett. 2008. Does Treadmill Exercise Improve Performance of Cognitive or Upper-Extremity Tasks in People With Chronic Stroke? A Randomized Cross-Over Trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **89**: 2041-7.

ANNEXE 23 - Rosewilliam S, Malhotra S, Roffe C, Jones P, Pandyan AD. 2012. Can surface neuromuscular electrical stimulation of the wrist and hand combined with routine therapy facilitate recovery of arm function in patients with stroke? *Arch Phys Med Rehabil*; **93**: 1715-21.

ANNEXE 24 - Singh P, Pradhan B. 2013. Study to assess the effectiveness of modified constraint induced movement therapy in stroke subjects: a randomized controlled trial. *Ann Indian Acad Neurol*; **16**(2): 180-184.

ANNEXE 25 - Yamada N, Kakuda W, Senoo A, Kondo T, Mitani S, Shimizu M., Abo M. 2013. Functional cortical reorganization after low-frequency repetitive transcranial magnetic stimulation plus intensive occupational therapy for upper limb hemiparesis: evaluation by functional magnetic resonance imaging in poststroke patients. *Int J Stroke*. **8**(6): 422-9.

ANNEXE 26 - Yan, Hui-Chan, Li. 2005. Functional Electrical Stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke, a randomized placebo-controlled trial. *Stroke*; **36**: 80-85.

ANNEXE 27 - Yavuzer, Selles, Sezer, Sutbeyaz, Bussman, Koseoglu, Atay, Stam. 2008. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a Randomized Controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **89**: 393-8.

ANNEXE 28 - Zimmerman M, Heise KF, Hoppe J, Cohen LG, Gerloff C, Hummel FC. 2012. Modulation of training by single session transcranial direct current stimulation to the intact motor cortex enhances motor skill acquisition of the paretic hand. *Stroke*; **43**: 2185-2191.

ANNEXE 29 - Grille de lecture d'article scientifique.

ANNEXE 30 - HAS : Les méthodes recommandées en fonction de la phase de prise en charge.

ANNEXE 31 - Feuille de présence de la conférence de l'hôpital Henry Gabrielle.

ANNEXE 32 - Kinedoc : arbre décisionnel niveau de preuve.

Références :

Bonan, Yelnik, Colle, Michaud, Normand, Panigot, Roth, Guichard, Vicaut. 2004. Reliance on visual information after stroke. Part II: effectiveness of a balance rehabilitation program with visual cue deprivation after stroke: a Randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **85**: 274-8

Résumé

Il a été démontré précédemment que les patients post-AVC avaient du mal à supprimer les informations visuelles peu fiables et étaient trop dépendants visuels. Le but de cette étude était de vérifier si cette dépendance visuelle était réversible après un programme de rééducation de l'équilibre avec ou sans privation visuelle. La privation visuelle a pour but de forcer les patients à utiliser leurs informations sensibles et vestibulaires pour contrôler leur équilibre.

Pour ce faire, des patients présentant les critères d'inclusion, c'est-à-dire, ceux ayant subi un unique AVC avec hémiplégié résiduelle depuis au moins 1 an, et ne présentant pas ceux d'exclusion, à savoir, l'incapacité à la marche sans aide humaine, un trouble orthopédique touchant le membre inférieur, une maladie neurologique autre que l'AVC, et une anesthésie articulaire dans un membre inférieur, ont été sélectionnés. La randomisation s'est faite en aveugle, en deux groupes : un groupe contrôle a reçu la rééducation de l'équilibre sans privation visuelle, contrairement au groupe test. La rééducation de l'équilibre dispensée à chaque groupe était la même, la seule différence était le port d'un masque pour les patients testés, et ce pendant 5 sessions d'une heure par jour, 5 jours par semaine pendant 4 semaines. Chaque patient a été évalué au départ : une évaluation de leur lésion par scanner, l'évaluation de leurs capacités fonctionnelles par la Mesure d'Indépendance Fonctionnelle (MIF), et leurs capacités de contrôle moteur du membre inférieur avec l'évaluation de Fugl-Meyer. Les sujets avec des déficiences cochléo-vestibulaires ont été éliminés par des tests audio-vestibulaires. La rééducation ne comportait pas de passage sur plateforme de posturographie. Les mesures au départ de l'équilibre ont été réalisées grâce au « Sensory Organization Test » (SOT) sur plateforme. La marche a été évaluée au départ et à la fin du programme de rééducation, en terme de vitesse, d'aisance et de temps pour monter 10 marches. Une évaluation de la qualité de vie a aussi été réalisée à l'aide du « Nottingham Health Profil ». Les résultats ont été analysés statistiquement.

Les deux groupes de 10 patients chacun, ne présentaient pas de différences significatives. Les résultats du test SOT, à l'avantage du groupe test, n'étaient significatifs que dans deux conditions sensorielles qui sont la fixation yeux ouverts sur plan stable, et sur surface mobile yeux ouverts. L'amélioration de la marche et de la qualité de vie n'était pas significative entre les deux groupes. L'amélioration de l'équilibre est corrélée avec l'amélioration de la vitesse de marche et de la montée d'escaliers.

Le choix de patients dont l'AVC remontait à plus d'un an a été proposé pour limiter les biais liés à une récupération spontanée de l'équilibre. L'équilibre et la marche se sont améliorés

significativement pour chaque patient, avec un meilleur équilibre pour les patients avec privation visuelle. La méthode de rééducation n'impliquait pas l'utilisation de plateforme de posturographie afin de ne pas entraîner les patients pour l'évaluation finale. La petite taille de l'échantillon ne permet pas de tirer des conclusions définitives. La dépendance visuelle est connue pour être une compensation naturelle après lésion sensitive ou vestibulaire sur une population de personnes âgées. Nous pouvons penser que les patients privés de la vue ont développé des voies de récupération de l'équilibre qui n'auraient pas été utilisées sans privation à cause de la prédominance de la vue dans le processus de récupération.

Références :

Brock, Haase, Rothacher, Cotton. (2011). Does physiotherapy based on the Bobath concept, in conjunction with a task practice, achieve greater improvement in walking ability in people with stroke compared to physiotherapy focused on structured task practice alone? A pilot randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **25** (10): 903–912.

Résumé :

L'amélioration de la marche se réalise grâce à la pratique de celle-ci. Cependant, d'autres méthodes peuvent aussi l'améliorer. De plus, beaucoup d'études n'ont testé que la marche en intérieur qui est très différente de la marche en extérieur. Le but de cette étude pilote est de déterminer l'approche optimale nécessaire pour pouvoir passer à la marche en extérieur. L'hypothèse des auteurs propose que l'intervention basée sur le concept de Bobath en conjonction avec la pratique structurée de tâches, puisse améliorer davantage la capacité de marche que la pratique structurée de tâches seule.

La méthode utilisée consiste en un essai prospectif multicentré en Australie et en Allemagne, contrôlé et randomisé dont les évaluations ont été réalisées en aveugle. Les patients présentant un AVC que ce soit le premier ou une rechute, et quel que soit le type de lésion, entre 4 et 20 semaines post-AVC lors du début des mesures, participant à un programme de rééducation et capables de marcher 15 mètres en intérieur avec ou sans aide, avec supervision, ont été inclus dans l'étude. Cependant, s'ils présentaient une mobilité comorbide ne leur permettant que de marcher en intérieur, des déficiences motrices d'autre étiologie que de l'AVC, une mobilité indépendante en intérieur atteinte avant les 4 premières semaines ou l'incapacité de suivre des ordres verbaux en une seule étape avec des supports visuels, ils n'ont pu être inclus. Ils ont été répartis en deux groupes dans les deux sites géographiques. Le groupe A a reçu la thérapie Bobath en plus d'un entraînement tâche spécifique alors que le groupe B n'a reçu que la dernière partie. La rééducation a duré 2 semaines en 6 sessions d'une heure. La rééducation par pratique d'une tâche consiste en l'amélioration des capacités du patient à marcher sereinement dans différents environnements comprenant l'endurance, des pentes, le franchissement d'une marche et la marche sur terrain accidenté. La rééducation a pour principe de répéter la pratique de cette tâche dans des contextes fréquemment rencontrés en extérieur dont la première moitié s'est réalisée en simulation en intérieur et la seconde réellement en extérieur. Les mesures ont été réalisées au départ puis à la fin du traitement. La principale mesure comprenait un test adapté de marche de 6 minutes dont la fiabilité a été démontrée, sur 12,5 mètres. Il incluait une rampe, une marche et des tapis de sol fins en mousse. Le patient n'a pas été rééduqué avec ce parcours. Il a eu deux essais pour se familiariser avec celui-ci avant les mesures. Si le thérapeute était obligé d'intervenir, la mesure était annulée et reportée d'une semaine si impossible sans intervention. La vitesse de marche a été évaluée par chronométrage et l'échelle de Berg a estimé l'équilibre. Le patient a réalisé les tests avec son aide technique au début et à la fin de la rééducation. 29 patients ont été recrutés, mais seulement 26 ont

terminé l'étude. Le temps moyen d'évaluation post-thérapeutique (sans intervention) a été de 12.8 +/-3.9 jours pour le groupe A et de 11.8 +/- 2.9 pour le B.

Aucune différence au départ n'a été constatée sur les 3 tests pour les deux groupes. Tous les patients se sont améliorés significativement sur toutes les mesures pendant la période d'intervention. Il y a eu une tendance à montrer une amélioration supérieure pour l'intervention Bobath mais cette différence n'a pas été significative statistiquement. ($p = 0.07$). Cependant, une différence significative a été établie pour la vitesse de marche améliorée pour le groupe A par rapport au groupe B. Aucune différence entre les groupes n'a été trouvée sur l'échelle de Berg. Les mêmes résultats ont été obtenus dans les deux sites. Une étude statistique a déterminé qu'un échantillon de 32 patients par groupe était nécessaire pour établir une conclusion définitive.

La méthode de cette étude ne permet pas d'évaluer le bénéfice à long terme. Elle n'est qu'un reflet de l'état à un moment donné. Cependant, étant donné que le retour à la marche saine fait souvent référence pour la sortie de centre de rééducation, il est intéressant de pouvoir atteindre cet objectif de la façon la plus rapide possible. Pour éviter que l'étude soit biaisée, les mesures ont été réalisées sans qu'aucune autre intervention de rééducation n'ait été effectuée. La taille modérée de l'échantillon testé ici est à considérer comme principale limite dans l'interprétation des résultats.

Références :

Brunner I.C., Skouen J.S., Strand L.I. 2012. Is modified constraint-induced movement therapy more effective than bimanual training in improving arm motor function in the subacute phase post stroke? A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **26**(12): 1078–1086.

Résumé :

L'objectif de cette étude était de comparer l'efficacité d'une rééducation par la méthode modifiée de contrainte induite (mCIMT) face à une rééducation aussi intensive par procédés bimanuels orientés vers des tâches fonctionnelles, chez des patients post-AVC en phase subaiguë. Leur hypothèse suggérait une supériorité de la méthode mCIMT comme cela avait déjà été montré comparée à une rééducation conventionnelle.

Dans un protocole d'étude contrôlée randomisée, ils ont inclus 30 patients qu'ils ont divisés de façon randomisée en deux sous-groupes : le groupe recevant la mCIMT (n=14) et le groupe recevant la thérapie bimanuelle (n=16). Les patients pour être inclus devaient présenter un unique épisode d'AVC datant de 2 à 16 semaines, avec une hémiparésie du membre supérieur permettant 10 degrés au minimum de mouvement du poignet et des doigts, mais présentant encore des déficits de dextérité représentés par un score inférieur à 52 sur l'« Action Research Arm Test » (ARAT). Ils n'ont pu être inclus s'ils présentaient une autre maladie neurologique, des conditions médicales instables, ou des troubles musculo-squelettiques affectant la mobilité du membre supérieur hémiparétique, et des déficits cognitifs importants caractérisés par un score inférieur à 24 sur le MMSE (Mini Mental State Examination). L'intervention comprenait pour les deux groupes, le même temps de rééducation du membre supérieur avec un professionnel soit 4 heures par semaine pendant 4 semaines additionné à des exercices d'autorééducation ajustés à chaque patient en fonction de ses possibilités. Ils ont demandé aux patients d'utiliser au minimum deux à trois heures par jour leur membre parétique de préférence lors de la réalisation des activités de la vie quotidienne. Les patients devaient rapporter par écrit à la fois le temps de port de la contrainte pour le groupe mCIMT, et le temps passé à réaliser les auto-exercices qui concernaient les activités de la vie quotidienne, un entraînement de la mobilité et de la force. Les patients du groupe mCIMT devaient porter au minimum 4 heures par jour leur contrainte et leur programme de rééducation concernait des activités unimanuelles. Les évaluations ont coté la fonction motrice par le test ARAT au début, à la fin de la période de rééducation puis 3 mois après la fin du protocole. Secondairement, ils ont également évalué la dextérité de la main par le Nine Hole Peg Test (NHPT) qui se focalise sur les compétences motrices fines de la main, et la répercussion de l'utilisation du membre supérieur parétique dans la réalisation des activités de la vie quotidienne par le Motor Activity Log (MAL) pour lequel des scores élevés représentent une utilisation plus fréquente et de meilleure qualité.

Deux patients sur les 30 patients inclus, un de chaque groupe, n'ont pas pu terminer le protocole pour cause d'autres problèmes médicaux adjacents. Il n'y avait aucune différence entre

les deux groupes en termes d'âge, de sexe, de côté paralysé et de scores aux tests de base. Les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les scores moteurs du membre supérieur entre les deux groupes, ni immédiatement après l'intervention, ni à 3 mois post-intervention, sur les trois évaluations. Il y a eu des améliorations significatives de cette fonction motrice et fonctionnelle néanmoins au sein de chaque groupe, maintenues à 3 mois. Les patients n'ont réalisé en moyenne que 2 à 3 heures par jour d'auto-exercices, et porté que 3.5 heures par jour en moyenne leur contrainte pour le groupe mCIMT, dont le non-port de la contrainte est justifié par les patients par une nécessité d'utilisation des deux membres supérieurs dans les activités de la vie quotidienne.

Les seules différences entre les deux groupes étaient le port d'une contrainte et des activités unimanuelles pour le groupe mCIMT opposés à l'absence de contrainte et des activités fonctionnelles bimanuelles pour l'autre groupe. L'intensité des deux traitements n'a ainsi pas été une variable du protocole. Il faut aussi considérer que l'application du protocole s'est réalisée en phase subaiguë, en moyenne 43 jours après l'AVC, contrairement à d'autres études qui ont pu montrer une supériorité de la méthode mCIMT par rapport à l'entraînement bimanuel tâche orientée, qui avaient mélangé toutes les phases de récupération entraînant de fortes variations. Ici les patients ont reçu la même intensité de rééducation et toujours avec des exercices orientés vers la fonctionnalité. D'autres études préalables avaient montré que le port de la contrainte devait être moins important lors de l'application en phase précoce de la méthode. Ici même si les patients ont porté quotidiennement moins longtemps que prévu la contrainte, le temps moyen de port représentait une utilisation convenable du membre parétique. La faiblesse de cette étude réside dans la taille modérée de l'échantillon testé à cause des limites de temps, et des critères d'inclusion pour la contrainte induite en phase subaiguë qui limitait beaucoup le recrutement. De plus, les patients ont reçu peu de contrôle de professionnels sur les auto-exercices, où la seule preuve était écrite dans le cahier de suivi. Les résultats suggèrent donc qu'il n'y a pas de supériorité de la méthode mCIMT par rapport à l'entraînement bimanuel, ce qui implique que la contrainte n'est pas nécessaire à appliquer lors de la phase subaiguë, et le traitement devrait se focaliser sur une utilisation du membre supérieur hémiparétique associée à des activités bimanuelles étant données qu'elles sont nombreuses dans la vie quotidienne. Des recherches plus approfondies entre les deux thérapies ne seraient pas forcément nécessaires étant donné que les possibles différences trouvées seraient être si petites qu'elles ne seraient pas cliniquement pertinentes.

Références :

Chan KS, Liu CW, Chen TW, Weng MC, Huang MH, Chen CH. 2012. Effects of a single session of whole body vibration on ankle plantarflexion spasticity and gait performance in patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **26**(12): 1087–1095.

Résumé :

La vibration à corps entier a déjà été reconnue comme efficace pour augmenter la force musculaire et le contrôle proprioceptif. Bien qu'elle puisse moduler l'excitabilité du motoneurone, ses actions sur la spasticité sont encore méconnues. L'objectif des auteurs a été de déterminer l'habileté d'une unique séance de vibration à corps entier à réduire la spasticité des fléchisseurs plantaires de la cheville chez les patients post-AVC.

Ils ont inclus des patients présentant : un premier épisode unilatéral d'AVC datant d'au moins 6 mois, une spasticité de la cheville avec un score d'Ashworth supérieur ou égal à 2/5, la capacité de marcher au moins 100 mètres avec ou sans aide, des fonctions cognitives et de communication intactes (score d'au moins 24 sur le Mini Mental State Examination), aucune limitation articulaire et un contrôle moteur suffisant pour réaliser les épreuves de marche. Ils ont exclu les patients présentant des calculs rénaux ou de la vésicule biliaire, une fracture récente du membre inférieur, des implants internes, un pacemaker cardiaque, une hypertension intractable, une récente thrombo-embolie ou des maladies infectieuses. Ils ont réalisé un protocole RCT double aveugle dans lequel ils ont inclus 30 patients, dont 11 étaient hémiparétiques gauches, âgés en moyenne de 55 ans, situés en phase chronique (en moyenne 34 mois post-AVC). Les patients du groupe intervention ont reçu une séance de vibration à corps entier. Ils étaient placés debout, en position de demi-squat avec appui fessier, et devaient essayer de maintenir une bonne répartition des appuis. Ils ont reçu 10 minutes de vibration, deux fois, séparées par 1 minute de repos. Les sujets du groupe contrôle ont été positionnés de la même façon mais la vibration n'a pas été allumée. A la suite de la séance de vibration, les sujets ont été ramenés dans la salle d'évaluation en fauteuil roulant pour éviter toute activité physique qui aurait pu influencer les résultats. Les mesures ont considéré : la spasticité (Echelle d'Ashworth Modifiée sur 5, et le « Deep tendon reflex of Achille Tendon » côté sur 5. Mesure du Reflexe d'Hoffmann, ainsi que le rapport du réflexe d'Hoffmann maximum divisé par la réponse musculaire maximum (Hmax/Mmax), ont été considérés pour mesurer la spasticité), l'expérience subjective de la spasticité (Echelle visuelle analogique où 10 représente une spasticité maximum gênant la marche), l'équilibre (Timed Up and Go test), la vitesse de marche (10 mètres de test de marche), la répartition des appuis au sol (plateforme de stabilométrie) sans assistance technique.

Les caractéristiques de départ n'ont pas différencié entre les deux groupes. Après l'intervention, du côté non affecté, le ratio a été significativement diminué dans le groupe vibration, mais pas dans le groupe contrôle. La spasticité mesurée par Ashworth a été significativement différente en faveur du groupe intervention comparée au groupe contrôle, ainsi que la mesure subjective de la spasticité.

Cependant, le deep tendon reflex des deux côtés n'a pas présenté de différence significative entre les deux groupes, ni le réflexe d'Hoffmann, ni le ratio Hmax/Mmax du côté pathologique. Les performances du timed up and go ont été améliorées significativement plus dans le groupe intervention après l'intervention, ainsi que celles mesurées sur le test de 10 mètres de marche. Le changement de cadence n'a pas été significatif dans le groupe intervention. Il a été observé une différence significative de la répartition des appuis plantaires dans le groupe vibration par rapport au groupe contrôle. Avant l'intervention, plus de poids était enregistré du côté affecté contre une diminution significative après la séance de vibration.

Donc, après une séance de vibration à corps entier, la spasticité des fléchisseurs plantaires est diminuée significativement, et ainsi la marche est améliorée notamment en termes de vitesse de marche. L'absence de modification significative de la cadence de marche peut être relative à un temps d'adaptation nécessaire après la séance de vibration pour ajuster la coordination neuromusculaire. Les résultats suggèrent que la vibration à corps entier est efficace pour améliorer la rééducation neuromusculaire. Les principales limitations de cette étude sont représentées par un échantillon modeste, ainsi que l'absence de mesure à long terme. Le traitement a été bien toléré et apprécié par les patients, ce qui en ferait un bon traitement d'appoint pour les patients dont la spasticité en phase chronique est importante.

Références :

Chen, Liang, Shaw. 2005. Facilitation of sensory and motor recovery by thermal intervention for the hemiplegic upper limb in acute stroke patients. A single-blinded randomized controlled trial. *Stroke*; **36**: 2665-2669.

Résumé :

Le but visé ici est de tester si la récupération fonctionnelle peut être facilitée par une stimulation thermique complémentaire en phase aiguë.

Deux groupes de 15 personnes ont été créés de manière randomisée, en aveugle, afin de comparer le traitement standard à l'association avec une stimulation thermique. Les critères d'inclusion rassemblaient : un premier AVC datant de moins d'un mois, l'absence de problèmes cardiaques et/ou orthopédiques avant l'AVC, aucun problème de cognition, un déficit moteur sous Brunnstrom 4, l'absence de problèmes d'aphasie, l'absence de diabète ou maladie vasculaire périphérique ou neuropathie. Les deux groupes ont reçu la même rééducation, et le groupe test a reçu en plus des sessions de 20 à 30 minutes 5 jours/semaine de stimulation thermique. La stimulation thermique consistait en l'application de pack chauds (75 degrés) et froids (0 degrés) en alternance de 15 secondes de chaud et 30 secondes de froid sur la main et le poignet selon 2 cycles de chaud/froid, une fois par jour pendant 6 semaines. Pendant le développement de sensations inconfortables, les patients étaient encouragés à déplacer activement leur main pour l'éloigner de la source de chaleur. Les agents chaud et froid ont d'abord été testés sur la main non parétique, et un capteur contrôlait la température. La fonction motrice a été évaluée avec le « Brunnstrom stage » chaque semaine. Le « Modified motor assessment scale » mesurait l'activité fonctionnelle. Le dynamomètre de Jamar ainsi qu'un goniomètre ont été utilisés afin d'effectuer des mesures pour évaluer respectivement la force du grasp et l'amplitude des mouvements de flexion/extension du poignet. La tonicité musculaire a été quantifiée par l'échelle d'Ashworth modifiée, et les sensations mécaniques ressenties par le « Semmed-Weinstein monofilament ». Les analyses statistiques ont été réalisées avec un degré de significativité de $p < 0,05$.

Aucun danger physique ou effet indésirable n'a été rapporté après les 6 semaines de traitement. La randomisation des groupes s'est faite de manière à créer de vrais groupes comparatifs. La récupération sensori-motrice des patients du groupe expérimental était significativement meilleure que celle de ceux du groupe contrôle, sur le Brunnstrom, les flexion/extension du poignet et sur les sensations. Les taux de récupération du groupe expérimental étaient remarquablement plus élevés que ceux du groupe contrôle à 4 et 6 semaines de traitement, sur le Brunnstrom stage, MMAS, l'extension du poignet et les sensations. Aucune différence significative sur la tonicité musculaire n'est prouvée.

La spasticité n'a pas été empirée par la stimulation thermique. Un biais éventuel pourrait s'établir dans la sélection du groupe contrôle : il était impossible de réaliser le traitement en aveugle des patients. De plus, l'échantillon est de petite taille et ne permet pas de généraliser les effets

connotés. La flexion du poignet n'est pas aussi sensible que l'extension. L'évaluation du grasp n'a pas montré de différence significative, car il est dépendant de la force musculaire. L'activité musculaire provoquée par la stimulation thermique montre une réelle contribution à la récupération fonctionnelle. L'avantage de la thérapie par la stimulation thermique est qu'elle est peu coûteuse et facilement réalisable. Elle pourrait être adaptée pour un traitement à domicile en évitant les dommages tissulaires. Il serait intéressant d'étudier si la facilitation observée par la stimulation thermique perdure à long terme.

Références :

Da Silva Cameirao, Bermudez i Badia, Duarte, Verschure. 2011. Virtual Reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: a randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the rehabilitation gaming system. *Restorative Neurology and Neuroscience*; **29**: 287–298.

Résumé :

Cette étude a pour objectif de montrer si la rééducation par réalité virtuelle basée sur un système de rééducation par le jeu (« rehabilitation gaming system » RGS) est plus efficace qu'une rééducation conventionnelle, dans la récupération motrice et fonctionnelle du membre supérieur de l'hémiplégique en phase aiguë.

25 patients sur les 142 admis dans l'hôpital de L'Esperança de Barcelone entre 2007 et 2009 ont pu être inclus dans l'étude car ils présentaient : un premier épisode d'AVC aigu de moins de 3 semaines au départ, des déficits sévères à modérés du membre supérieur parétique selon l'échelle MRC entre 2 et 3 (« Medical Research Council »), l'absence d'aphasie, aucun autre déficit cognitif, la coopération et un âge inférieur à 80 ans. Ils ont été affectés de manière randomisée aux deux groupes : un groupe expérimental RGS (n = 13) et un groupe contrôle comprenant soit une intense rééducation conventionnelle (IOT : n = 6) ou des jeux interactifs non spécifiques (NGS : n = 6). Parmi les 25 patients ainsi sélectionnés, 6 n'ont pas terminé l'étude (nRGS=10 et nIOT=5 et nNGS=4). Les patients ont été évalués au départ, aux semaines 5, 12 (correspondant à la fin du traitement) et 24 (constituant le suivi dans le temps). La moyenne d'âge des patients était de 63 +/- 11 ans. Chaque groupe a reçu une rééducation standard, avec en plus la rééducation spécifique incombée au groupe sur 3 sessions par semaine pendant 20 minutes. Le système RGS consistait en une évaluation des mouvements du membre supérieur sur trois tâches principales qui étaient l'interception, la préhension et le déplacement de sphères virtuelles. La difficulté était évaluée constamment : augmentée si réussite sur 70% des actions, et diminuée si réussite seulement de 50%. Le groupe contrôle IOT a bénéficié des mêmes exercices sans l'interface virtuelle, alors que le groupe contrôle NGS a réalisé des jeux sur la console Nintendo Wii, dont les mouvements demandés sont non spécifiques à la rééducation et sans feedback. L'évaluation a été réalisée par l'intermédiaire de plusieurs échelles : L'index de Barthel mesurant l'indépendance dans les activités de la vie quotidienne, le MRC et l'index de motricité pour la force musculaire, le test d'évaluation de Fugl-Meyer pour le fonctionnement moteur et articulaire du membre supérieur, et le « Chedoke arm and hand activity inventory » (CAHAI) concernant les mesures fonctionnelles du bras et de la main. D'autres mesures spécifiques au RGS en terme de vitesse, de taux de réussite, de difficulté maximum atteinte et par auto-questionnaires de retour concernant l'adaptation des patients au système ont été réalisées. Le degré de significativité des résultats statistiques a été placé à 5%.

Les résultats des auto-questionnaires ont montré que les patients ont bien toléré le

traitement par la méthode RGS. Les deux sous-groupes contrôles n'ont présenté aucune différence statistique. Ils ont donc été fusionnés. Le groupe RGS a atteint un meilleur score au test de Fugl-Meyer grâce à la distinction de la partie poignet/main du test. Concernant l'évolution dans la vitesse, le groupe RGS a montré de meilleures améliorations dans la vitesse du bras parétique comparé aux groupes contrôles après la 9e semaine de traitement. Le groupe contrôle a eu une amélioration brutale mais qui s'est stabilisée après la 5e semaine. A la fin du traitement, le groupe RGS a montré une amélioration significative pour la partie concernant le bras du test de Fugl-Meyer et pour le CAHAI. Tous les groupes ont montré une amélioration significative pour tous les tests entre les mesures de départ et de la semaine 5. Entre les semaines 5 et 12, le groupe RGS s'est amélioré dans toutes les mesures alors que le groupe contrôle ne s'est amélioré que pour l'index de Barthel et le CAHAI. En résumé, les patients RGS ont présenté en moyenne des scores plus élevés aux différentes périodes de mesure, et ont fait preuve d'une amélioration plus rapide et soutenue que le groupe contrôle. Le bras parétique des patients RGS a toujours atteint des niveaux inférieurs de difficulté par rapport au bras non-parétique de ces mêmes patients mais la différence a cessé d'être significative à la semaine 6 de traitement.

La différence de vitesse constatée entre les deux groupes peut être expliquée par le fait qu'il était nécessaire d'améliorer la vitesse pour passer à un niveau de difficulté supérieur dans le système RGS. La rééducation par RGS semble avoir un impact sur les mouvements proximaux du membre supérieur, mais n'a pas montré d'amélioration dans le test de Fugl-Meyer pour la main. Une des explications proposée impliquerait le fait qu'il n'y ait pas de feedback sensitif dans la rééducation virtuelle. C'est pourquoi, ils proposent l'ajout d'une interface haptique qui pourrait prodiguer le feedback sensori-moteur manquant aux tâches de préhension. Par rapport aux autres méthodes de rééducation comme la robotique ou la stimulation électrique transcranienne, la rééducation par la méthode RGS montre une amélioration dans les activités de la vie quotidienne (CAHAI), cependant, de nouvelles études sont nécessaires pour déterminer le mécanisme d'action de la RGS sur ces activités. La perte de différence significative lors du suivi des patients pousse à déterminer si la rééducation par RGS ne fait qu'accélérer le processus ou si elle peut plus nettement améliorer la récupération par une augmentation de l'intensité ou de la durée du traitement. La principale limite de cette étude réside dans la taille réduite de l'échantillon cependant les résultats restent prometteurs.

Références :

Embrey D. G., Holtz S. L., Alon G., Brandsma B. A., Westcott McCoy S. 2010. Functional electrical stimulation to dorsiflexors and plantar flexors during gait to improve walking in adults with chronic hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil*; **91**: 687-91.

Résumé :

Le but de cette étude est d'évaluer si la stimulation électrique des muscles fléchisseurs plantaires et dorsaux de cheville au moment approprié de la marche peut améliorer les capacités fonctionnelles et la participation aux activités de la vie quotidienne des patients atteints d'hémiplégie chronique après AVC.

Pour cela les chercheurs ont mis en place un protocole croisé comprenant un traitement A qui consiste à porter pendant 3 mois le système de stimulation électrique et un traitement B n'incluant pas le port du même système, d'une durée de 3 mois également. Pendant les 6 mois, les patients ont été sollicités pour marcher 1 heure par jour, 6 jours par semaine, par étapes de 15 minutes minimum à leur vitesse habituelle avec leurs aides techniques usuelles. Les évaluations se sont faites au début du protocole, au bout des 3 premiers mois puis à la fin des 6 mois. Ils ont utilisé deux outils fonctionnels : le test de marche de 6 minutes (6MWT) et le « Emory Functional ambulatory profile » (EFAP) ainsi qu'une évaluation de la participation avec le « stroke impact-scale-16 » (SIS). Parallèlement, ils ont évalué la force musculaire avec dynamomètre et la spasticité avec l'échelle d'Ashworth modifiée sur les deux groupes musculaires concernés par la stimulation électrique. 28 adultes de moyenne d'âge de 60 (+/- 10.9) ans, situés à environ 4.9 (+/- 3.8) ans de leur AVC ont été randomisés en deux groupes homogènes. Le premier groupe a reçu le traitement A pendant 3 mois puis le traitement B pendant les 3 mois suivants, alors que le deuxième groupe a commencé par le B puis terminé avec le A. Ils ont exclu tout patient ayant reçu un traitement contre la spasticité ou une intervention orthopédique moins d'un an avant le début du protocole ; ceux portant une orthèse rigide de cheville ou ayant moins de 10° de flexion dorsale et plantaire passives. De plus, aucun patient n'a été inclus s'il présentait un impact du talon visible pendant la marche sur surface plane sans orthèse. Les patients ont reçu 4 sessions d'entraînement afin de les familiariser avec le système de stimulation et d'évaluer leur éligibilité à participer à l'étude. Ces sessions ont eu lieu 2 semaines avant le début du protocole. Chaque semaine, les patients avaient une visite de contrôle pour vérifier la tolérance cutanée/trophique du système et éventuellement replacer les électrodes. Pour le traitement A, les patients devaient porter le système de stimulation 6 à 8 heures/jour, 7 jours par semaine et marcher 1 heure par jour 6 jours /7. Le système incluant des capteurs de vitesse est capable de détecter quand le patient marche ou se tient debout et peut ainsi adapter ses stimulations. Le « Gait MyoElectric Stimulator » est le système de stimulation électrique testé dans cette étude. Il permet de stimuler les fléchisseurs dorsaux parétiques uniquement lors du contact initial du talon, avant la phase d'oscillation et pendant l'oscillation alors que les fléchisseurs plantaires sont stimulés en position moyenne d'appui et terminale. Le

risque alpha est placé à 5%.

Aucune différence n'a été trouvée entre les deux groupes initialement. Les analyses montrent une amélioration significative dans le test de marche de 6 minutes au bout de trois mois d'entraînement en faveur du groupe A-B. Le temps de réalisation du EFAP tend à montrer une différence significative ($p = 0.08$) en diminution, supérieure pour le groupe A-B. L'analyse des effets à long terme dans la période B du groupe A-B, n'a pas montré une différence significative au bout des six mois comparé aux 3 mois. Tous les changements dans les 3 tests principaux ont été significatifs dans les deux groupes, entre l'évaluation du départ et la terminale. Au niveau de la force musculaire des fléchisseurs plantaires, aucune différence significative n'a été obtenue entre le début et les 6 mois. Cependant, la force musculaire des muscles fléchisseurs dorsaux de cheville a augmenté significativement pour le groupe A-B entre 0 et 3 mois et pour le groupe B-A, entre 3 et 6 mois. Ainsi le groupe A-B présentait une meilleure force musculaire à 3 mois comparé au groupe B-A. Aucun changement significatif dans la mesure de la spasticité n'a été obtenu.

La nouveauté dans cette étude est la stimulation des deux groupes musculaires au moment approprié du cycle de marche associée à la pratique intensive 1 heure par jour de la marche. Le groupe A-B a vu leurs améliorations fonctionnelles perdurer à 6 mois bien que les effets à plus long terme n'aient pas été évalués. Ici tous les tests ont été effectués sans stimulation. La principale limite de cette étude réside dans la petite taille de l'échantillon testé. Pour conclure, la stimulation électrique à la fois des fléchisseurs plantaires et dorsaux au moment opportun du cycle de marche améliore les capacités fonctionnelles et la participation aux activités de la vie courante des patients hémiplegiques chroniques et cette amélioration se maintient après 3 mois de pratique de marche 1 heure par jour, 6 jours /7, sans stimulation.

Références :

Gialanella, Montguzzi, Santorno, Rocchi. 2005. Functional Recovery After Hemiplegia in Patients With Neglect. The rehabilitative role of anosognosia. *Stroke*; **36**: 2687-2690.

Résumé :

Le but de cette étude est de montrer s'il existe une influence de l'anosognosie sur la récupération fonctionnelle de l'hémiplégie associée à l'héminégligence, par la méthode de Bobath.

Dans cette optique, deux groupes statistiquement similaires ont été créés à partir des archives d'un centre de rééducation sur un intervalle de 5 ans. Sur un total de 241, 30 patients ont été sélectionnés car présentant les critères d'inclusion, à savoir, la présence de sévères déficiences motrices lors de l'admission, la présence d'une lésion isolée située dans l'hémisphère droit et l'absence de séquelles dues à un AVC précédent ou à d'autres maladies neurologiques. Le groupe N présentait 15 patients négligents sans anosognosie d'une moyenne d'âge de 68 +/- 6 ans, et le groupe A+N rassemblait 15 patients négligents et anosognosiques d'une moyenne d'âge de 72 +/- 6 ans. Les auteurs ont analysé la taille de leurs lésions cérébrales et leur origine et aucune différence significative entre les deux groupes en termes de taille de la lésion n'a été créée. Le « Mesulam test » prodigué à l'admission et à la sortie évaluait la présence et la sévérité de la négligence. Parallèlement le « Bisiach test » mesurait la présence ou non d'anosognosie ainsi que sa sévérité. Le « Wechsler Adult Intelligence Scale » (WAIS) administré lors de l'admission évaluait les fonctions intellectuelles des patients. L'échelle de Fugl-Meyer était utilisée pour la fonction motrice, l'équilibre assis et la sensibilité des patients. L'indépendance fonctionnelle des patients cognitive ou motrice, a été mesurée grâce à la Mesure d'Indépendance Fonctionnelle (MIF) et le handicap par le « Rankin scale ». La rééducation prodiguée était à la fois motrice sur le concept Bobath (5 jours par semaine), et aussi neuropsychologique (4 jours par semaine). Des analyses statistiques ont été effectuées avec un risque α placé à 5%.

Le score de WAIS était significativement plus haut chez les patients du groupe N que chez ceux du groupe N+A à l'admission. Cependant, les scores du Mesulam Test, de l'équilibre assis et de la sensibilité n'ont pas montré une différence significative entre les deux groupes à l'entrée et à la sortie. Dans les deux groupes la récupération motrice était meilleure pour le membre inférieur que pour le membre supérieur. Avant la rééducation, le score en MIF cognitive était significativement plus élevé chez les patients N que chez les N+A, alors qu'il n'y avait pas de différence entre les scores moteurs et totaux MIF. Cependant après la rééducation, une différence significative, entre les deux groupes, en faveur du groupe N, a été établie sur tous les scores MIF. L'efficacité était meilleure dans le groupe N que dans le groupe N+A.

Les sujets négligents (N) ont eu une récupération fonctionnelle (MIF) statistiquement supérieure à celle des sujets négligents et anosognosiques. La présence de l'anosognosie alourdit le pronostic de récupération de l'héminégligent. Comparé aux résultats mitigés concernant la possible aggravation de l'anosognosie dans la récupération, ici, seuls des patients négligents et

anosognosiques ont été comparés à des patients seulement négligents, ce qui fait la différence avec les études contradictoires. De plus, dans cette étude les patients ont été pris en charge après une moyenne de 23 jours post-AVC, donc les patients présentaient des déficits neuropsychologiques stables. Le fait que les patients négligents soient restés plus de jours en rééducation que les patients A+N ne constitue pas un biais de l'étude car cette différence n'est pas significative. De plus, le fait que les deux groupes ne diffèrent entre eux seulement par les scores WAIS et MIF cognitif ne doit pas être considéré comme un biais non plus, car il a été prouvé que les patients anosognosiques avaient des difficultés de mémoire verbale, des confabulations et autres, et parce que le point d'évaluation concernait plutôt le score MIF moteur que cognitif. Le petit échantillon de patients sélectionné pourrait être considéré comme non représentatif de la population hémiparalysée mais n'est pas considéré comme une limite de l'étude car les groupes composés étaient homogènes.

Références :

Han C, Wang Q, Meng P, Qi MZ. 2012. Effects of intensity of arm training on hemiplegic upper extremity motor recovery in stroke patients: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*; **27**(1): 75–81.

Résumé :

L'objectif de cette étude était d'examiner les effets de différentes intensités de rééducation du bras sur la récupération fonctionnelle du membre supérieur hémiplégique après une thérapie conventionnelle. Les auteurs ont supposé que la fréquence et la durée sont des dérivés valides de l'intensité de l'entraînement.

Les patients ont pu être inclus dans le protocole RCT en simple aveugle, s'ils satisfaisaient aux critères suivants: (1) avoir eu un tout premier AVC sur le territoire de l'artère cérébrale moyenne (MCA) ; (2) présenter une altération de la fonction motrice du bras due à un ou plusieurs des éléments suivants : faiblesse, perte sensorielle, ataxie, troubles visuo-spatiaux ; (3) être capable de tolérer les interventions et les évaluations ; (4) ne pas présenter de spasticité excessive touchant les doigts, le poignet et le coude hémiparétiques, telle que définie comme une note de 3 ou plus sur l'échelle d'Ashworth modifiée ; (5) ne ressentir aucune douleur excessive dans le bras affecté, mesurée par le score de 4 ou plus sur une échelle visuelle analogique de 10 points ; (6) avoir donné le consentement. Les patients n'ont pu être inclus s'ils présentaient une hémorragie subarachnoïdienne, s'ils étaient plus jeunes que 25 ans ou plus vieux que 80 ans et si l'AVC pour lequel ils étaient pris en charge, était un AVC récidivant. Les patients ont été randomisés en trois groupes A, B et C. Le groupe A a reçu 1 heure par jour de rééducation standard, le B a reçu 2 heures par jour et le C, 3 heures par jour pendant 6 semaines. Le programme de rééducation était basé sur le réapprentissage moteur, avec mobilisation passive et active aidée, entraînement de la motricité et de la force musculaire, l'apprentissage de la position correcte du membre supérieur, et la pratique d'activités fonctionnelles. Les évaluations de la motricité du membre supérieur ont été réalisées par l'intermédiaire du « Fugl Meyer Assessment » (FMA) et le « Action Research Arm test » (ARAT), alors que la participation aux activités de la vie quotidienne a été évaluée par l'indice de Barthel. Les mesures ont été effectuées au départ, puis à la fin du traitement, ainsi qu'à 2 semaines, 4 semaines et 6 semaines après le début du traitement par un évaluateur aveugle. 30 patients ont ainsi été inclus, de moyenne d'âge de 50 ans, et situés en moyenne à 40 jours post-AVC donc en phase subaiguë.

Les résultats n'ont montré aucune différence significative entre les caractéristiques des patients des trois groupes. Après 6 semaines de traitement, les groupes A, B et C ont reçu respectivement, 30, 60 et 90 heures de traitement, donc le groupe B a reçu 30 heures de rééducation du membre supérieur de plus que le groupe A mais 30 de moins que le groupe C. Dans chaque groupe, après les 6 semaines de traitement, les scores moteurs et fonctionnels se sont améliorés significativement. Après 2 semaines, il n'y avait pas de différence significative pour les trois tests lorsqu'on comparait les valeurs des trois groupes. Après 4 semaines, les améliorations du score

FMA étaient plus significatives dans le groupe C que dans les groupes A et B. Il n'y avait pas de différence significative entre les groupes B et A. L'amélioration du score ARAT étaient plus significatives dans le groupe C que dans le groupe A mais il n'y avait pas de différence significative entre les groupes C et B, ou entre les groupes A et B. Après 6 semaines de traitement, les scores ARAT et FMA se sont améliorés significativement plus dans les groupes C et B que dans le groupe A. Il n'y avait pas de différence significative de ces scores entre les groupes C et B. Donc l'étude n'a pas confirmé que les effets de 3 heures par jour, 5 jours par semaine de rééducation intensive du membre supérieur étaient meilleurs que ceux de 2 heures sur la récupération fonctionnelle du membre supérieur hémiparétique en 6 semaines de traitement. Les scores des indices de Barthel n'ont pas différé entre les groupes.

Dans cette étude, les auteurs ont montré qu'il existe une faible relation dose-effet entre l'intensité et les modifications de la récupération fonctionnelle du membre supérieur hémiparétique. Les résultats peuvent expliquer l'observation que les modèles de récupération de la fonction du bras ont montré une amélioration plus lente que celles de la jambe chez les patients avec des AVC de l'artère cérébrale moyenne, donc 20 heures de rééducation supplémentaires n'ont pas montré d'effet. 40 heures de rééducation supplémentaires du bras ont montré leurs effets dans l'amélioration de la fonction motrice du membre supérieur des patients post-AVC. Les résultats des scores FMA et ARAT n'étaient pas cohérents. Ceci peut être expliqué par le fait que le FMA évalue le déficit du membre supérieur alors que le test ARAT mesure la fonctionnalité du membre supérieur par l'intermédiaire de l'évaluation de 4 mouvements basiques, et qu'une petite quantité d'entraînement similaire au ARAT a été effectuée. Après 6 semaines de rééducation, 60 heures supplémentaires de rééducation du bras dans le groupe C et 30 heures dans le groupe B, ont montré un effet dans l'amélioration de la fonction motrice du membre supérieur des patients post-AVC en phase subaiguë. Il n'existe pas de différenciation faite entre les patients les plus et les moins déficients. Dans cette étude les évaluations en sous-groupes de patients en fonction de leurs déficits n'étaient pas possible à cause de la petite taille de l'échantillon sélectionné. Cependant, il a été suggéré que meilleur était le contraste entre l'habitude et les niveaux de traitement additionnels, meilleurs étaient les effets. Ceci pourrait expliquer l'absence de différence entre les groupes B et C pour les scores FMA. Les scores fonctionnels tels que l'indice de Barthel ne nous renseignent pas sur la façon de réaliser les activités de la vie quotidienne. En effet, soit l'amélioration de la participation est due à une meilleure utilisation du membre supérieur parétique, soit elle peut être due à une meilleure compensation avec le membre sain, ou une combinaison des deux. Ceci peut expliquer l'absence de différence entre les groupes. Il convient aussi de noter que les temps de rééducation utilisés dans cette étude restaient bien inférieurs à celui nécessaire pour d'autres techniques intensives comme la contrainte induite ou la thérapie par répétition de la tâche pouvant nécessiter jusqu'à 6 heures de rééducation par jour. Les limitations de cette étude sont la petite taille de l'échantillon sélectionné, et l'absence de mesure en fonction de la sévérité de l'atteinte du membre supérieur des patients hémiparétiques.

Références :

Hornby TG, Campbell DD, Kahn JH, Demott T, Moore JL, Roth HR. 2008. Enhanced Gait-Related Improvements After Therapist-Versus Robotic-Assisted Locomotor Training in Subjects With Chronic Stroke. A Randomized Controlled Study. *Stroke*; **39**: 1786-1792.

Résumé :

L'objectif visé par les auteurs était de déterminer l'étendue des améliorations de la marche des individus post-AVC avec de moyens ou sévères déficits de marche, après entraînement par robotisation, ou avec thérapeute. Leur hypothèse concernait une amélioration supérieure de la marche après entraînement par le thérapeute qui ne fournissait son aide qu'au besoin contrairement au robot.

48 sujets ont été inclus dans le protocole randomisé contrôlé. Ils présentaient une hémiparésie datant de plus de 6 mois, liée à un AVC unique et délimité par imagerie, étaient capables de marcher 10 mètres sans assistance physique à une vitesse auto-sélectionnée inférieure ou égale à 0.8 mètres par seconde avec ou sans assistance technique. Les critères d'exclusion comprenaient : une maladie cardiorespiratoire ou métabolique ou toute autre maladie limitant la marche, des limites de taille de harnais ou de poids supportable, pas d'injection de toxine botulique dans les 6 derniers mois dans le membre inférieur, ou des scores inférieurs à 23 sur le MMSE (Mini Mental State Examination), et les sujets ne devaient pas recevoir d'autre thérapie adjacente. Les patients ont été classés en deux groupes ; les patients présentant des déficits sévères de la marche traduits par une vitesse de marche inférieure ou égale à 0.5 m/s, et ceux avec des déficits modérés de 0.5 à 0.8 m/s, puis ont été randomisés. L'intervention consistait en 12 séances de 30 minutes chacune de rééducation à la marche soit avec l'assistance d'un robot soit avec l'assistance d'un thérapeute. Dans les deux groupes, les patients ont été suspendus avec 30% du poids de leurs corps en moyenne supporté par le harnais lors de la première session puis diminuait de 10 % si possible lors des sessions suivantes s'ils n'observaient pas de dérochement du genou ou de pied qui traîne. La vitesse commençait à 2km/h (0.5m/s) et était augmentée de 0.5km/h toutes les 10 minutes en fonction de la tolérance, jusqu'à 3 km/h puis restait à cette valeur pour les séances suivantes. La pression artérielle et la fréquence cardiaque étaient mesurées pendant l'exercice et maintenues en dessous de 220/110mmHg et sous 85% de la fréquence cardiaque théorique en fonction de l'âge. Les patients ont été autorisés à prendre des pauses si nécessaire à condition de réaliser l'entraînement à la marche en une heure. Les patients du groupe assisté par robot ont reçu une assistance de pas symétrique et continue avec le système Lokomat, qui fournissait une assistance de la trajectoire dans le plan sagittal des articulations de hanche et genou similaire à une marche normale. Des élastiques assuraient la clearance du pas. L'assistance était fournie durant tout le cycle de marche avec feedback visuel continu par miroir et encouragements verbaux. Les sujets de l'entraînement de la marche par assistance du thérapeute ont été stimulés du côté parétique lorsqu'il

était nécessaire, réalisés avec le même support de poids et à la même vitesse que ceux du groupe robot, avec feedback visuel en miroir et encouragements verbaux. Les évaluations ont été réalisées au départ, à la fin des 12 séances puis 6 mois après, mais n'ont pu être réalisées en aveugle à cause d'un manque de personnel. Les premières mesures concernaient les paramètres spatio-temporels de la marche évalués sur plateforme de marche Gait Mat II ; selon deux conditions : marcher à leur vitesse habituelle confortable (SSV), puis marcher le plus vite possible sans danger (FV). Deux essais de chaque condition ont été réalisés et moyennés. Ils ont ainsi calculé le temps de phase d'appui (avec 40% considérés comme normaux), et l'asymétrie des pas où 100% représente une marche parfaitement symétrique droite/gauche. Les mesures secondaires ont concerné la marche (Test de marche de 6 minutes à vitesse SSV, et « Modified Emory Functional Ambulation Profile »), l'équilibre (Berg Balance Scale), des activités de la vie quotidienne (« Frenchay Activities Index » et le « physical SF36 »), la motricité (cotée de 0 à 5) des muscles fléchisseurs plantaires et dorsaux de cheville, fléchisseurs et extenseurs de genou, et fléchisseurs, extenseurs, abducteurs et adducteurs de hanche bilatéralement, la spasticité (Modified Ashworth Score) sur les muscles fléchisseurs plantaires de cheville, fléchisseurs et extenseurs de genou, et fléchisseurs, extenseurs et adducteurs de hanche, et la dépression (Center of Epidemiological Studies depression scale).

Aucune différence significative sur les mesures de base n'a été établie entre les deux groupes. Entre les deux groupes, par séance, il y a eu une légère mais significative différence de vitesse de réalisation moyenne par séance qui était de 0.01m/s supérieure dans le groupe avec thérapeute, et de ce fait, une diminution de 0.3 minutes de durée de séance moyenne. Autrement, le poids supporté entre les groupes à chaque séance n'était pas différent, ainsi que la distance parcourue. L'analyse de la vitesse de marche a révélée de meilleures améliorations en SSV et FV pour le groupe assisté par un thérapeute, après la thérapie et maintenue à 6 mois sauf que les différences n'ont été significatives que pour les mesures post-traitement. Secondairement, les sujets ayant reçu l'entraînement de la marche par un thérapeute ont amélioré leur pourcentage de temps d'appui du côté parétique à vitesse maximale mais pas à vitesse normale alors que le groupe assisté par robot n'a présenté que peu de changements. Aucune différence significative entre les groupes n'a été obtenue en termes d'asymétrie de pas aux deux vitesses. Ils ont observé de meilleures améliorations de la vitesse de marche des sujets avec un déficit modéré à comparer aux personnes avec déficit sévère de la marche. En termes d'asymétrie de longueur de pas, il y a eu de meilleures améliorations chez les sujets avec déficit sévère de la marche mais seulement à la vitesse SSV. Il n'y avait pas d'effet de la sévérité de l'atteinte locomotrice pour le temps d'appui monopodal. Pour l'activité et la participation, des améliorations ont été remarquées dans les deux groupes sans effet significatif entre les traitements ni selon le déficit locomoteur sauf pour le score SF36. Il a été observé sur ce test de meilleures améliorations dans le groupe avec thérapeute et pour les personnes ayant un déficit sévère de la locomotion avec interaction significative car les améliorations ont été vue chez les personnes avec déficit sévère et recevant l'entraînement par thérapeute. Il n'a eu aucune différence significative dans le temps (6 mois) pour toutes les mesures cliniques.

Bien qu'ils aient réalisé les entraînements dans les mêmes conditions, ils ont observé une différence de vitesse et de durée de réalisation de chaque séance, ce qui peut être associée à un élan que pouvait prodiguer le thérapeute au départ. Les principales limitations résident dans l'absence de mesure à l'aveugle et la taille petite de l'échantillon. Ils ont donc pu montrer que l'entraînement de la marche réalisé par le thérapeute était supérieure à l'entraînement assisté par robotisation (soutien qui demande moins d'efforts métaboliques dans le maintien de la posture, assistance délivrée durant tout le cycle de marche ne forçant pas le patient à faire de son mieux) et qu'aux vues du coût des dispositifs de robotisation, il convient d'évaluer le type de patient qui peut bénéficier de la marche assistée par robotisation qui n'est pas nécessaire chez des patients chroniques ayant une capacité de marche seul même très lente sur au moins 10m. Cependant, comme dans des études précédentes, l'entraînement par robotisation peut être indiqué pour des patients non-marchant, en phase subaiguë.

Références :

Husemann B, Müller F, Krewer C, Heller S, Koenig E. 2007. Effects of locomotion training with assistance of a Robot-Driven Gait Orthosis in hemiparetic patients after stroke. A randomized controlled pilot study. *Stroke*; **38** (2): 349-354.

Résumé :

Les objectifs des auteurs étaient de comparer l'entraînement avec Lokomat, un système robotisé d'aide à la marche sur tapis roulant, avec une kinésithérapie conventionnelle, et de mesurer les effets sur la marche, les signes d'entraînement neuromusculaire, la composition des tissus corporels et l'indépendance dans les activités de la vie quotidienne.

Ils ont inclus dans leur protocole RCT, 30 patients présentant les critères d'inclusion suivants : premier épisode d'AVC, aucune autre déficience neurologique ou orthopédique, déambulation indépendante avant l'AVC, aucune maladie sévère. Ils ont considéré des patients hémiparétiques sévères avec une motricité du membre inférieur cotée à 3 ou moins sur l'échelle Medical Research Council sur plus de deux groupes musculaires, et ayant un score d'1 ou moins sur la Classification Functional Ambulation, indiquant la présence obligatoire d'une tierce personne. Les patients étaient situés entre 28 jours post-AVC et 200 jours maximum (6 mois). L'intervention consistait en 20 séances d'entraînement sur Lokomat avec support du poids placé au départ à 30 % du poids du corps supporté par un harnais, puis diminué si possible, de la marche sur tapis roulant dont la vitesse a été modulée de 0 à 3 km/h, augmentée en fonction de la tolérance des patients. Les thérapeutes stimulaient les patients à utiliser activement leurs membres inférieurs. Une séance durait en moyenne 1 heure avec seulement 30 minutes de pratique de la marche, considérant le temps d'installation et de désinstallation du système. Le groupe contrôle a reçu 30 minutes de kinésithérapie conventionnelle d'entraînement à la marche, si possible sur tapis roulant, avec support du kinésithérapeute. Le traitement a duré 4 semaines. Les mesures ont évalué : la sévérité de la marche (Massachusetts General Hospital Functional Ambulation Classification FAC), la vitesse de marche (Parcours de 10 mètres chronométré à la vitesse maximum confortable), paramètres de marche à savoir la cadence, la longueur du pas, de temps d'appui, et le temps d'appui monopodal de chaque membre inférieur (Parotec system), la composition tissulaire du corps c'est-à-dire le poids, la masse cellulaire corporelle et la masse grasseuse (Bioelectrical impedance analysis), la tonicité musculaire (Echelle d'Ashworth modifiée), la puissance musculaire (Index de Motricité) et les activités de la vie quotidienne (Index de Barthel).

Les résultats ont montré que les deux groupes étaient comparables entre-eux au départ. La sévérité de la marche s'est améliorée significativement après la thérapie mais n'a pas été significativement différente entre les groupes. La vitesse de marche et la cadence se sont également améliorées après le traitement dans les deux groupes sans atteindre de différence significative entre les groupes, et le temps du pas a diminué. Dans le groupe intervention, le temps d'appui monopodal

hémiparétique s'est amélioré pour rapprocher des valeurs normales de la marche, contrairement au groupe contrôle. Ces changements indiquent que l'entraînement par le Lokomat est significativement plus efficace pour améliorer le schéma de marche qu'une kinésithérapie conventionnelle. L'indépendance et la motricité se sont significativement améliorées après les 4 semaines de traitement pour les deux groupes sans montrer de différence significative entre-eux. Cependant, aucune différence n'a été mise en évidence en termes de spasticité dans aucun groupe, mais la spasticité n'a pas semblé être le principal problème de ces patients (cotée à 1/5). Les patients du groupe contrôle ont pris du poids pendant le traitement, montrant une augmentation de la masse grasseuse, alors que le groupe intervention n'a présenté aucun changement de poids après l'entraînement mais une transformation de la masse grasseuse en masse cellulaire. Comme l'augmentation de la masse cellulaire est supposée causée par les cellules musculaires, ces résultats suggèrent que l'entraînement par Lokomat a induit un gain de tissu musculaire. Le système a provoqué des lésions cutanées chez deux patients, et une déformation de l'articulation tibiotarsienne non permanente, et dans le groupe contrôle 3 personnes ont eu une phlébite et un sujet est mort d'embolie pulmonaire malgré les traitements.

Les résultats montrent que l'entraînement à la marche avec utilisation du système Lokomat est efficace chez les patients non marchant avec hémiparésie sévère après AVC en phase subaiguë. Etant donné l'absence de différence significative entre les groupes de la fonction motrice, ni la rééducation avec robot, ni la kinésithérapie conventionnelle ne présente d'avantage en termes de récupération de la marche. Des études précédentes ont montré des effets bénéfiques de la marche accélérée sur tapis roulant, ce qui est rendu possible lors de l'entraînement par Lokomat contrairement à la kinésithérapie conventionnelle. La modification de la composition tissulaire montre que l'entraînement par Lokomat est associé à une augmentation du métabolisme aérobie comme souvent lors du travail cardiovasculaire, ce qui permet en plus de lutter contre la rechute de l'AVC, et permet de prévenir les complications liées à l'immobilisation ou à la spasticité. L'entraînement par Lokomat permet de restaurer l'hypertrophie musculaire qui n'est pas mesurable en échelle de motricité. Pour conclure, le Lokomat est comparable à un entraînement orienté vers la marche si l'on considère uniquement la vitesse de marche et la capacité de marche des sujets avec une hémiparésie sévère, cependant, il présente de nombreux effets positifs associés non négligeables, sur la restauration musculaire et les paramètres de marche.

Références :

Hwang C. H. ; Seong J.W ; Son D.S. 2012. Individual finger synchronized robot-assisted hand rehabilitation in subacute to chronic stroke: a prospective randomized clinical trial of efficacy. *Clinical rehabilitation*; **26** (8): 696 – 704.

Résumé :

Les études précédentes concernant l'utilisation de la robotisation et de la réalité virtuelle ont montré des effets sur la récupération proximale du membre supérieur post AVC mais rarement sur la partie distale. Les auteurs ont alors voulu tester l'utilisation et les effets dans le temps de leur système robotisé permettant des mouvements individuels et synchronisés des doigts dans un environnement virtuel.

Le système robotisé (Amadeo, Tyromotion, Austria) est fixé aux doigts et mesure l'alignement du mouvement des articulations des doigts. Le poignet est immobilisé pour limiter les mouvements du coude et de l'épaule. Des capteurs transmettent les informations du mouvement en temps réel et les projettent sur l'écran de l'ordinateur. Il est capable de calibrer l'amplitude passive des mouvements de chaque doigt avant chaque séance et de suppléer la force d'assistance prodiguée au patient afin de l'aider à terminer l'amplitude complète du mouvement pendant un exercice. 15 patients de moyenne d'âge de 50,6 ans (+/-10 ans), situés en phase chronique (6,5 mois +/- 5,3 mois post AVC) ont été inclus dans le protocole contrôlé randomisé en simple aveugle. Ils ont été séparés en deux groupes : le premier dit « intervention complète » (FTI) a reçu 20 séances, 5 fois/semaine pendant 4 semaines de rééducation avec le système. Une séance comprenait un entraînement de 20 minutes de prise/relâchement stimulés, 5 minutes de pause suivies de 20 minutes d'activités réactionnelles à l'environnement virtuel. Le second groupe, dit « intervention mi-temps » (HTI) a reçu 10 séances de mobilisation passive suivies de 10 séances en deux semaines, similaires au groupe FTI. Les patients ont été inclus s'ils étaient majeurs, situés à au moins 3 mois de l'AVC, possédaient plus de 10° d'amplitude volontaire de l'articulation metacarpophalangienne du 2° doigt, présentaient un score de 2-20 au Fugl-Meyer du poignet et de la main, et capables de réaliser le « nine-hole pegboard test » avec plus de 25% de temps supplémentaire avec le bras parétique quand comparé au membre supérieur sain. Cependant, pour les raisons suivantes, les patients ont été exclus : apraxie (≤ 2 sur échelle Alexander) ; une altération de la conscience (≥ 1 pour NIH Stroke Scale question Ia-c), des déficits sensitifs ($< 75\%$ du score controlatéral obtenu au Nottingham Sensory scale) une augmentation de la spasticité (4 sur Ashworth Scale) ; une aphasie (≥ 2 NIH question IX) ou dépression (≥ 8 sur le Geriatric depression scale) ou présentant une maladie affectant la main hémiparétique. Les patients ont été évalués avec plusieurs échelles et tests avant le début du protocole, à la 2eme semaine, la 4eme (la fin de l'intervention) puis à la 8eme semaine (soit 4 semaines après la fin de l'intervention). Le Jebsen Taylor test et le Fugl-Meyer pour poignet et main mesurent la motricité de la main ; l'échelle d'Ashworth mesure la spasticité des muscles du coude et poignet ; le « nine-hole pegboard test » évalue la motricité et

l'agilité de la main ; une sous-partie du Stroke Impact Scale estime les gênes dans les activités de la vie quotidienne ; la force de flexion de la main et la force de prise pouce-index ont évalué la force musculaire, l'amplitude articulaire de l'articulation métacarpophalangienne du 2ème doigt a aussi été mesurée.

Les deux groupes de patients se sont révélés similaires en termes de données démographiques avant l'intervention. Par rapport aux scores de référence, chaque patient a montré une amélioration à la fois à 4 ($P < 0,05$) et 8 ($P < 0,05$) semaines sur les tests suivants : Jebsen Taylor, Fugl-Meyer du poignet et de la main, l'amplitude active de la 2ème articulation métacarpophalangienne, les forces de préhension et de pincement. Les autres variables testées n'ont montré aucune amélioration significative pour les patients individuellement ou entre les groupes.

Les conclusions de l'étude ont suggéré que l'effet de l'intervention était dose-dépendante. Les avantages de la rééducation de la main par robot-assistée comprennent qu'un robot peut administrer des exercices répétitifs stéréotypés et intensifs plus longtemps et avec plus de précision qu'un thérapeute humain. La récupération motrice du bras exige des environnements sensoriels enrichis avec des stimulations multimodales comme la vision et l'attention, et la performance contextuelle avec un objet réel peut améliorer la récupération motrice. En exploitant la capacité de la réalité virtuelle d'introduire un objet réel dans un environnement contextuel, qui augmente la rétroaction visuelle et attentive, un robot peut avoir un effet synergique sur l'amélioration de l'hémiplégie. L'environnement de rééducation avantageux par l'utilisation de robot peut renforcer les signaux afférents sensoriels envoyé au cortex sensoriel, et comme il existe de nombreuses interactions entre les cortex sensoriels et moteurs, la rééducation par robot peut ainsi renforcer l'excitabilité du cortex moteur, en augmentant le volume cortical recruté. Les changements présents dans cette étude n'ont pas influencé la spasticité ou les stratégies de compensation. Le fait d'être situés en phase chronique permet de suggérer que les effets notés sont dus au traitement plus qu'à la récupération spontanée. Les limitations de cette étude sont représentées par la taille modeste de l'échantillon, localisé dans un seul centre d'étude, le simple insu, et l'absence d'effets à long terme. De plus, cette étude n'a pas utilisé d'outil pour évaluer la participation aux activités de la vie quotidienne tel que la mesure d'indépendance fonctionnelle ou l'index de Barthel. La thérapie conventionnelle a été exclue de ce protocole, afin de ne tester que l'action du robot.

Références :

Kang, Park Hae Kyung, Kim, Lim, Ku, Cho, Kim, and Park Eun Sook. 2012. Upper extremity rehabilitation of stroke: Facilitation of corticospinal excitability using virtual mirror paradigm. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, **9**: 71.

Résumé :

Les objectifs de cette étude étaient de comparer les changements de l'excitabilité corticospinale lors d'exercices avec un vrai miroir, face à des exercices réalisés face à un miroir virtuel chez des patients post-AVC. Par ailleurs, ils ont aussi cherché à déterminer quel était le rôle de la modulation visuelle au sein de l'environnement virtuel chez des patients sains et chez des patients hémiplésiques.

18 patients droitiers sains de moyenne d'âge de 31 ans ont été inclus face à 18 patients hémiplésiques post-AVC (12 droits / 6 gauches) de moyenne d'âge de 61.33 ans, et en phase subaiguë (17 patients) ou chronique (1 patient) de moyenne de 19.7 semaines post-AVC. Précédemment, il a été démontré que l'âge n'influçait pas l'amplitude des potentiels évoqués moteurs. Les patients sains ont été inclus s'ils ne présentaient pas de maladie neurologique, ni anomalies musculo-squelettique, neurologique ou physique. Les patients ayant subi un AVC ont été inclus s'ils présentaient les critères suivants : premier AVC ischémique ou hémorragique révélé en imagerie, une faible ou modérée parésie du membre supérieur, l'absence d'autre maladie neurologique entraînant un déficit moteur, l'absence de déficit sévère de la communication, de l'orientation spatio-temporelle, de la mémoire avec un score au MMSE (Mini Mental State Examination) supérieur à 24. Ils ont été exclus s'ils présentaient des contre-indications à l'utilisation de la stimulation magnétique transcranienne : pace maker, dépression, apraxie, grossesse. La stimulation magnétique transcranienne (TMS) a été réalisée sur l'hémisphère non dominant (gauche) chez les patients sains, et sur l'hémisphère lésé chez les hémiplésiques. Les électrodes pour mesurer les potentiels évoqués ont été placées sur le point moteur du muscle fléchisseur radial du carpe (FRC) du côté gauche pour les personnes saines, et sur le côté lésé pour les personnes hémiplésiques, et sur le tendon correspondant. Le seuil moteur a été défini comme étant l'intensité la plus petite déclenchant 6 potentiels évoqués d'au moins 50microVolts sur une série de 10 stimulations. Il y a eu un contrôle par Electromyographie (EMG). Deux expériences ont été réalisées parallèlement. Les sujets ont été affectés de façon randomisée à chaque tâche de chaque expérience afin d'éliminer un effet surajouté d'ordre de stimulation. Les trois tâches demandées dans chaque expérience étaient : pour l'expérience 1, relâchement, exercice face au vrai miroir, et exercice face au miroir virtuel ; et pour l'expérience 2, relâchement, feedback continu, et feedback intermittent. 3 minutes de repos ont été accordées entre la réalisation de chaque tâche. Dans l'expérience 1, qui compare les exercices face au vrai miroir ou face au miroir virtuel, les patients devaient réaliser des mouvements de flexion/extension du poignet sain ou droit pour les patients sains, de 0 à 60 degrés contrôlés par goniométrie, au rythme d'1 Hertz coordonné par

métronome. 20 potentiels évoqués ont été recueillis et moyennés. La TMS a été délivrée lors de la phase de flexion du poignet correspondant à 5 degrés d'amplitude tous les 5 cycles de flexion/extension. Pour limiter les compensations, l'épaule et le coude étaient fixés. Il a été demandé aux sujets de prêter attention aux mouvements de leur poignet dans le miroir ou dans l'environnement virtuel et de ne pas bouger leur membre supérieur affecté ou gauche pour les sains, vérifié par contrôle EMG pour mesurer le relâchement. Préalablement, des mesures de repos EMG du muscle FRC du côté relâché ont été réalisées afin de contrôler l'activité musculaire du côté relâché à chaque potentiel évoqué enregistré. Le système de miroir virtuel développé par les auteurs, comportait un ordinateur couplé à un visiocasque et des capteurs d'angles pour détecter les mouvements du membre supérieur sain/droit pour les patients sains. L'environnement virtuel était projeté directement dans le visiocasque dans lequel, les patients voyaient les mouvements du membre supérieur parétique ou gauche pour les patients sains en même temps qu'ils bougeaient le côté sain. L'environnement virtuel montrait un verre à attraper situé à une distance égale à un mouvement de 60 degrés de flexion du poignet. L'expérience 2 évaluée au sein de l'environnement virtuel la réalisation des exercices avec feedback continu, ou avec feedback intermittent. Lors du feedback intermittent, l'image du bras et du verre disparaissait (durant 500 millisecondes) à intervalles réguliers ce qui obligeait le patient à ré-estimer la position de leur poignet et du verre invisible durant la tâche. Si leur estimation n'était pas correcte, l'image du verre réapparaissait pendant 500 millisecondes et ils devaient recommencer la tâche.

Chez les sujets sains, l'enregistrement des potentiels évoqués (augmentation de l'amplitude et diminution de la latence) était significativement meilleur lors de la tâche en miroir virtuel qu'en miroir réel. Les amplitudes ont été augmentées jusqu'à 46.3% comparé aux amplitudes des potentiels évoqués mesurés lors des exercices sur miroir réel. Similairement, chez les sujets hémiplegiques, la même augmentation significative a été observée (44.2%). De même, chez les sujets sains, l'enregistrement des potentiels évoqués étaient meilleurs en feedback intermittent qu'en feedback continu, avec une augmentation des amplitudes des potentiels évoqués jusqu'à 40.4%. Des observations similaires ont été rapportées chez les sujets hémiplegiques avec une augmentation de l'amplitude des potentiels évoqués jusqu'à 48.1%.

Tous les patients ont montré une facilitation corticospinale dans les conditions d'une tâche en miroir virtuel, et en mode de feedback intermittent. Une explication possible peut être que l'environnement virtuel prodigue une tâche orientée avec un but (attraper un verre) qui serait plus interactive et plus intéressante car elle augmente l'attention et évoque l'illusion virtuelle qui pourrait activer le système putatif des neurones miroirs et le cortex moteur homolésionel. Cependant, les auteurs n'ont enregistré que les amplitudes et la latence des potentiels moteurs évoqués (l'excitabilité corticospinale), et ils ont supposé en s'appuyant sur des études préalables, que la grande quantité de facilitation constatée dans cette étude aurait impliqué plus le niveau cortical que le niveau spinal. Les résultats montrant que la facilitation est meilleure lors d'exercices en feedback intermittent suggèrent que la proprioception nécessaire à la réalisation de l'exercice

activerait d'autant plus le cortex moteur étendu (cortex pariétal, prémoteur et moteur primaire). Ceci apporterait des preuves qui soutiendraient, que l'attention portée à la tâche, l'habilité à résoudre le problème, et le niveau de difficulté spécifique aux individus auraient un effet considérable sur l'apprentissage moteur, et l'affirmation que l'environnement virtuel peut être plus bénéfique que l'entraînement en environnement réel. Les limites de l'étude sont représentées principalement par un nombre limité de sujets, leur hétérogénéité de lésions, de temps après l'AVC, de dextérité manuelle, de niveau de récupération motrice et fonctionnelle, qu'ils ont essayé de contrôler en transformant les moyennes des valeurs des potentiels évoqués sur une échelle logarithmique normale comme le suggérait un autre auteur avant et en réalisant l'expérience sur une courte période (moins d'une heure par patient). De plus, les sujets inclus présentaient une bonne récupération motrice, et le manque d'évaluation des contractions musculaires, limitent la généralisation à la population générale hémiplegique. Cependant ils ont minimisé les contractions musculaires adjacentes en plaçant le plateau sur roulettes et en gardant le membre supérieur dans une position correcte.

Référence :

Kononen M., Tarkka, Niskanen, Pihlajamaki, Mervaala, Pitkanen, Vanninen. 2012. Functional MRI and motor behavioral changes obtained with constraint-induced movement therapy in chronic stroke. *European Journal of Neurology*; **19**: 578-586.

Résumé :

Des changements fonctionnels au niveau cortical ont déjà été démontrés chez des adultes post-AVC ayant reçu la thérapie de contrainte induite par le mouvement (CIMT). Le but de cette étude est de rechercher les associations entre l'imagerie fonctionnelle et le gain moteur cliniquement observable chez des patients ayant bénéficié de la CIMT.

Pour cela, 11 jeunes patients (47 +/- 10 ans) ayant eu un AVC ischémique (droit = 7 ; gauche = 4) depuis en moyenne 37 (+/- 36) mois, ont été inclus dans l'étude. Les syncinésies et la main dominante n'ont pas été retenues comme critères d'exclusion. Contrairement, des troubles sévères du langage, une maladie aiguë concomitante, un minimum de 10 degrés de mobilité volontaire du poignet et des doigts et la condition d'être à plus de 6 mois de l'épisode d'AVC aigu ont fait l'objet de critères d'exclusion. Les patients ont reçu une thérapie CIM de deux semaines, 6 heures/jour, 5 jours/7 et une horloge activée par la température du corps incluse sur le plâtre contrôlait le temps de port de celui-ci. La récupération motrice a été évaluée, avant et après la thérapie, selon le « Wolf Motor Function Test » (WMFT). L'activation cérébrale a été évaluée, avant et après la CIMT, grâce à des enregistrements en imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) dans les cortex pré-moteur et sensorimoteur, ainsi qu'avec stimulation magnétique transcraniale (TMS) par mesure des potentiels évoqués dans deux muscles de la main à savoir les court abducteur du pouce et du petit-doigt. Chaque évaluation s'est réalisée de façon bilatérale afin de comparer les résultats obtenus par le côté parétique comparé au non parétique. Pour l'interprétation des données, des tests statistiques ont été effectués, avec un degré de signifiante de $p < 0,05$.

Les résultats montrent une amélioration clinique du score WMFT et une diminution du temps nécessaire pour réaliser les tâches correspondantes au score. Les patients qui sont partis d'un score plus bas ont eu une meilleure amélioration que ceux partis avec une meilleure base motrice. L'index de latéralité mesuré en IRMf, montre que la balance inter-hémisphérique n'a pas changé avant et après la thérapie du côté parétique, cependant il montre une différence significative entre l'activation des membres parétique et non parétique, avant et après. Il existe donc une différence entre les deux membres qui perdure après la thérapie mais pas de différence entre avant et après la CIMT dans les deux aires étudiées. Par contre, le mouvement de la main parétique induit un signal plus fort dans les cortex homolatéraux que les mouvements de la main non parétique. Une corrélation négative a été établie entre le score WMFT pré-CIMT et l'augmentation de l'étendue de l'activation en IRMf lors des mouvements réalisés par la main parétique. Ce qui signifie que les

patients ayant une fonction musculaire basse au départ, ont eu une meilleure amélioration dans l'étendue de l'activation en IRMf pendant les mouvements de la main parétique dans le cortex sensori-moteur controlatéral, que les patients avec une meilleure fonction musculaire de base. De plus, les patients avec une lésion sous-corticale (n = 4) ont présenté une augmentation de l'activation bilatérale plus grande lors de mouvements de la main non parétique que les patients présentant des lésions corticales (n = 7). Cependant la localisation de la lésion n'a pas d'effet systématique sur les résultats en IRMf. Les mesures en TMS par potentiels évoqués (présents chez 7 patients) ont montré qu'avant la CIMT, les latences étaient plus longues du côté de l'hémisphère lésé. Après la thérapie, les latences ont diminué sur le court abducteur du pouce dans l'hémisphère lésé. Cependant, aucune corrélation entre les résultats IRMf et TMS n'a été trouvée. Par ailleurs, les patients n'ayant pas de potentiels évoqués moteurs, étaient ceux qui avaient les plus bas scores WMFT de départ et après la thérapie. Aussi, l'augmentation de l'étendue de l'activation en IRMf a été significativement plus grande chez les patients n'ayant pas de potentiels évoqués au départ que chez ceux qui en avaient.

Les valeurs de base indiquant une déficience plus sévère en terme de fonctionnalité de la main parétique suggèrent une meilleure amélioration des mouvements volontaires et une augmentation de l'activation en IRMf. Les patients présentant des syncinésies ont été contrôlés visuellement lors des enregistrements en IRMf pour éviter les biais dus à celles-ci. Il n'a pas été trouvé de corrélation entre l'index de latéralité de l'IRMf et les paramètres fonctionnels cliniques, cependant, les mouvements de la main parétique étaient plus bilatéraux que ceux de la main non parétique. La tâche effectuée lors des enregistrements en IRMf était plus simple que celle utilisée dans d'autres études similaires. Des études antérieures ont montré que les patients avec une fonction motrice plus basse au départ bénéficiaient plus de la thérapie que les autres. Cette différence peut s'expliquer par le fait que dans les études précédentes, les patients avaient une paralysie plus sévère du membre supérieur. Les patients étudiés ici, présentaient des mouvements volontaires de la main, nécessaires pour bénéficier de la CIMT, ce qui n'est pas le cas pour toute la population hémiplegique. Les résultats en IRMf indiquent une contribution du cortex sensorimoteur primaire dans le contrôle de la tâche par la main parétique. Les patients présentant des potentiels évoqués au départ peuvent bénéficier de gains moteurs encore 3 ans après l'AVC, mais parfois aussi pour les patients sans potentiel évoqué au départ. Ici, tous les patients ont amélioré leur fonction motrice et ont tiré des bénéfices de la thérapie CIM. Les patients sans potentiel évoqué au début, avaient les pires scores fonctionnels mais ont plus amélioré leur fonction motrice que les autres. L'échantillon sélectionné pour l'étude est certes petit et hétérogène en terme de lésions, mais les résultats sont représentatifs des changements fonctionnels observés dans le cerveau suite à la CIMT. Des études multimodales en imagerie fonctionnelle dans la rééducation après AVC aideraient à comprendre les fondements fonctionnels de la récupération motrice et à élucider les mécanismes complexes impliqués dans la plasticité cérébrale induite par l'entraînement qui semble possible même chez des patients chroniques.

Références :

Kottink A.I., Hermens H.J., Nene A.V., Tenniglo M.J., Van der Aa H.E., Buschman H.P., IJzerman M.J. 2007. A Randomized controlled trial of an implantable 2-channel peroneal nerve stimulator on walking speed and activity in post stroke hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil*; **88**: 971-8.

Résumé :

La stimulation électrique fonctionnelle des muscles fléchisseurs dorsaux a déjà montré des résultats sur la correction du steppage. L'objectif de cette étude contrôlée randomisée est de montrer les effets d'un stimulateur implantable à 2 canaux du nerf fibulaire sur la vitesse de marche et sur l'activité physique en comparaison au traitement habituel du steppage c'est-à-dire une attelle mollet/plante anti varus/équien. Les auteurs s'attendent à observer une augmentation de la vitesse de marche d'au moins 20m/s dans le groupe test sur une période de 6 mois, ainsi qu'une augmentation de l'activité physique à la fin de l'étude contre aucun changement dans le groupe contrôle.

Ils ont sélectionné comme critères d'inclusion la présence d'un steppage identifié par une incapacité d'obtenir une attaque du talon au sol lors de la marche, un premier épisode d'hémiplégie datant d'au moins 6 mois après AVC, et la capacité à la marche en extérieur. Ont été exclus les mineurs, la limitation de moins de 5 degrés de dorsiflexion passive de cheville avec le genou en extension, les antécédents médicaux autres que l'AVC limitant la fonction de déambulation, la lésion des nerfs fibulaires profond et superficiel, et sciatique, toute maladie excluant la chirurgie ou l'anesthésie, la grossesse et l'incapacité à enfiler et enlever l'équipement. Les sujets ont été évalués au départ puis à 4, 8, 12 et 26 semaines après la chirurgie. Ils ont utilisé pour évaluer la vitesse de marche, le test de marche de 6 minutes et le chronométrage d'une passerelle de 10 mètres de marche. Le test de marche de 6 minutes n'a été pratiqué qu'au départ puis aux semaines 12 et 26. La vitesse de marche confortable a été mesurée sur une distance de 10 mètres à chaque période d'évaluation. L'activité physique a été étudiée au départ puis au bout de 26 semaines par monitoring de deux patients choisis par randomisation dans chaque groupe par manque de moyens pour monitorer tous les patients. La réalisation en double aveugle a été impossible à cause des conditions chirurgicales. Tous les patients ont été autorisés à poursuivre leurs séances de rééducation durant l'étude. Pour l'évaluation de départ, les sujets marchaient avec leur aide technique de marche conventionnelle pour la correction du steppage alors qu'à la fin le groupe test a été évalué avec le stimulateur implanté. Le système d'évaluation de l'activité physique mesure, grâce à un accéléromètre, la marche, la position debout et assise/couchée pendant la journée. Cet outil a été testé comme étant un outil valide et fiable. Il a été fixé à mi-cuisse par un adhésif. 29 patients ont été inclus (âge 55 +/- 11 ans). Le risque alpha est placé à 0.05.

Aucune différence entre les deux groupes n'a été signifiée à l'exception d'un temps plus long après l'AVC du groupe test. 4 sujets n'ont pas terminé le protocole dont un à cause d'une

déficience du système de stimulation au bout de 10 semaines. Les analyses ont montré une différence significative entre les deux groupes pour chaque évaluation en faveur d'un effet bénéfique de la stimulation sur le test de 6 minutes. A la semaine 12, les deux groupes montraient une amélioration significative sur ce test mais cette différence ne différait pas significativement entre les deux groupes. A 26 semaines, le groupe contrôle a continué à montrer des améliorations alors que le groupe test a présenté même quelques détériorations, rendant ainsi la différence entre les deux groupes significative. Sur la vitesse de marche, lorsqu'aucun dispositif de marche n'était utilisé, aucune différence significative entre les deux groupes n'était objectivable et les changements entre l'évaluation de départ et la finale de chaque groupe ne présentaient pas non plus de différence significative. Cependant, lorsque le groupe contrôle utilisait son aide de marche et le groupe test, la stimulation électrique, les analyses montrent une différence significative entre les deux groupes. La vitesse de marche du groupe contrôle restait constante alors que pour le groupe test, la vitesse de marche diminuait à la 4e semaine pour ensuite s'améliorer lorsque le système de stimulation était porté plus longtemps. De plus, lorsque les mesures de départ et finales ont été comparées pour le groupe test, la différence était significative en faveur d'une amélioration de la vitesse de marche avec stimulateur. Lorsqu'ils ont comparés seulement les valeurs de départ et les finales entre chaque groupe, une tendance à la significativité ($p = 0.097$) en faveur de groupe test a été analysée. Les analyses ont aussi montré une forte relation entre le test de marche de 6 minutes et la passerelle de 10 mètres. Concernant l'activité physique, aucune différence significative entre les deux groupes n'a été objectivée. Le temps passé assis ou couché a augmenté d'environ 6 % dans le groupe test contre une diminution de 1 % dans de groupe contrôle. La différence était significative.

La vitesse de marche a été évaluée de deux manières différentes. Sur la distance des 10 mètres, les patients pouvaient être davantage tentés de s'appliquer alors que la longue période des 6 minutes peut refléter plutôt la cadence naturelle, mais peut aussi inclure l'effet de fatigue. Cependant, les deux tests ont montré des résultats très similaires sans différence significative. Les sujets inclus étaient dans la phase chronique ainsi, l'intervention de la récupération spontanée a été limitée, ce qui est confirmé par l'absence d'amélioration de la vitesse de marche des patients contrôles au cours du temps. Les effets positifs alors trouvés peuvent être attribués facilement au système de stimulation électrique fonctionnelle. Un autre aspect de l'étude est que les patients inclus présentaient déjà au départ une relativement bonne marche. Bien que la stimulation électrique implantable présente des effets bénéfiques pour les patients, elle implique une chirurgie invasive augmentant ainsi les coûts. Les patients éligibles devraient être testé avec un système de surface préalablement afin d'estimer leurs bénéfices à recevoir le système implantable. Ou alors, lorsque des problèmes de défaillance d'électrode, de sensations douloureuses et de difficultés à mettre et enlever le système, l'implantation peut être considérée. A la semaine 4, une détérioration de la vitesse de marche a été montrée. Elle peut être expliquée par la période d'inactivité suivant la chirurgie et le déconditionnement. La principale limitation de cette étude réside dans la taille

modérée de l'échantillon analysé. L'hypothèse que le groupe test montre une amélioration de la vitesse de marche cliniquement pertinente est vérifiée ici. L'activité physique a diminué dans le groupe test, comme le montre la diminution du temps passé à marcher et l'augmentation du temps passé couché/assis. Les résultats suggèrent que les patients n'ont pas changé leurs habitudes de distances moyennes de marche avec le stimulateur alors que l'augmentation de la vitesse de marche leur permet de passer moins de temps à marcher sur une même distance.

Références :

Masiero, Celia, Rosati, Armani. 2007. Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil*; **88**: 142-149.

Résumé :

Le but recherché par cette étude est de savoir si l'association d'un protocole de rééducation assistée par robot avec une rééducation standard améliore la récupération motrice et fonctionnelle. Le système robotisé développé par les auteurs (NeReBot) a été étudié pour la rééducation du membre supérieur de l'hémiplégie. Il associe 3 degrés de liberté sur l'épaule et le coude, et peut être réalisé couché, ou assis. Il est associé à deux types de feedback : acoustique et visuel. Les deux groupes formés par randomisation, contrôle (n=18) et expérimental (n=17) correspondaient aux critères d'exclusion qui étaient une instabilité neurologique ou cardiovasculaire, une spasticité sévère, des lésions multiples cérébrovasculaires et des déficiences neuropsychologiques importantes telles qu'une aphasie ou une hémiparésie. Plusieurs outils de mesure ont été utilisés. Le « Medical Research Council » (MRC) étudie la force musculaire du deltoïde, du biceps et des fléchisseurs du poignet. Le « Fugl-Meyer Assessment » (FMA) est relatif aux faiblesses motrices. La Mesure d'Indépendance Fonctionnelle (MIF) s'intéresse aux capacités fonctionnelles. Le « Trunk Control Test » (TCT) évalue le contrôle des mouvements du tronc et la stabilité. Et enfin l'échelle d'Ashworth modifiée (MAS) mesure la spasticité. La tolérance au protocole de robotisation a aussi été contrôlée, avec la douleur. La rééducation était basée sur le concept Bobath. La rééducation avec le NeReBot, a été prodiguée au groupe expérimental sur le membre parétique contrairement au groupe contrôle. Les sessions ont duré 4 heures par semaine, en deux sessions par jour, pendant 5 semaines. Chaque session a été adaptée aux possibilités du patient et la difficulté a augmenté au cours de la rééducation. Au début, le patient devait rester passif aux mouvements du robot puis il a dû essayer de contribuer aux différents mouvements. Les analyses ont été réalisées avec un risque α de 0,05.

Cinq patients n'ont pas effectué la rééducation en entier. Les deux groupes étaient similaires sauf au niveau du score MIF qui était plus élevé dans le groupe expérimental. A la fin de la thérapie robotisée, des améliorations ont été soulignées sur le FMA épaule et coude, sur le score moteur de la MIF, sur le MRC pour le deltoïde et le biceps mais pas pour les fléchisseurs du poignet. Après 3 et 8 mois de suivi post-thérapie, des effets significatifs ont été relevés pour la robotisation sur le FMA épaule et coude, le score MRC pour le deltoïde, et la MIF globale ainsi que le score moteur de la MIF. Aucune différence n'a été trouvée entre les deux groupes concernant la douleur, et la thérapie s'est révélée bien tolérable et acceptée par les patients.

La thérapie semble efficace au niveau moteur et fonctionnel même après 8 mois de suivi. Les mécanismes d'action ne sont pas encore très bien compris. Les avantages du NeReBot, tel que sa maniabilité, le fait qu'il soit utilisable assis et couché et qu'il permette de débiter précocement la rééducation ainsi que sa bonne tolérance par les patients, en font un outil sûr et fiable. De plus

la présence du double feedback motive les patients et permet aux thérapeutes de s'occuper d'autres personnes pendant que le robot agit sous sa supervision.

Références :

Mikolajewska E. 2013. The value of the NDT-Bobath method in post-stroke gait training. *Adv Clin Exp Med*, **22**: 2, 261-272.

Résumé :

Le but de cette étude est de présenter les résultats sur la marche d'un traitement par la méthode NDT-Bobath (NDT) de patients post-AVC. L'hypothèse de l'auteur est que cette méthode est efficace dans la rééducation de la marche des adultes post-AVC ischémique.

Les patients ont été inclus s'ils présentaient un AVC ischémique, étaient âgés d'au moins 18 ans, et dont l'AVC était survenu entre 6 semaines et 3 ans avant le début de la rééducation. Ainsi 60 patients ont été inclus, dont la moyenne d'âge était de 65.7 ans +/- 10.3. 33 patients ont reçu le traitement en phase subaigue (de 6 semaines à 1 an post AVC), contre 27 en phase chronique (de 1 à 3 ans post-AVC). Les côtés parétiques et la répartition homme/femme était de 50%. Les patients ont bénéficié de dix sessions de 30 minutes chacune, 5 jours par semaine sur deux semaines de thérapie NDT-Bobath réalisée par un thérapeute possédant les reconnaissances de formation NDT-Bobath. Les évaluations de la marche ont été réalisées à l'entrée en rééducation puis à la sortie au bout de la 10e séance. L'évaluation de la marche s'est réalisée par le même thérapeute utilisant l'analyse visuelle, un enregistrement vidéo et la mesure des paramètres spatio-temporels (vitesse, cadence et longueur de pas) avec l'utilisation du « Clinical Gait Analysis free software » de Chris Kirtley (Etats Unis d'Amérique).

Les résultats concernent les paramètres spatio-temporels. Ils sont présentés comme ceci : récupération signifie qu'il y a eu une différence significative entre le début et la fin en faveur d'une amélioration des performances, la rechute signifie qu'il y avait une différence significative mais en défaveur d'une amélioration des performances, et aucun changement signifie qu'il n'y avait pas de différence significative entre avant et après l'intervention pour chaque personne et selon différents critères. Pour les mesures de la vitesse de marche : il y a eu récupération pour 65% des patients, rechute pour 15%, et aucun changement mesurable pour 20%. Pour la cadence de marche, il y a eu récupération (65%), rechute (26.67%) ou absence de différence (8.33%). Pour la longueur du pas : récupération (83.33%), rechute (6.67%), pas de différence (10%). Pour chaque paramètre, l'auteur a comparé les différences de sexe (hommes/femmes), d'âge en fonction de la médiane (avant 68 ans, après), le côté parétique (droite/gauche), délai depuis AVC en 4 phases (6 semaines à 6 mois / 6 mois non inclus à 1 an / 1 an non inclus à 2 ans / 2 ans non inclus à 3 ans). En termes de vitesse de marche, les récupérations ont toutes été significatives selon chaque critère. Pour la cadence, la récupération était significative seulement selon l'hémiplégie droite, les hommes, âgés de plus de 68 ans, et de 1 à 2 ans post-AVC. Pour la longueur du pas, toutes les récupérations étaient significatives sauf pour la période de 2 à 3 ans.

Les résultats montrent que la méthode peut être efficace pour rééduquer la marche de l'hémiplégie ischémique. Les rechutes observées peuvent être le reflet d'un aspect particulier de

la méthode : les thérapeutes doivent prêter une attention particulière à la qualité de la marche pour pouvoir passer à l'étape supérieure. Les rechutes montrent principalement une diminution de la vitesse de marche due à une augmentation significative de la qualité de la marche observée par les vidéos, ce qui pourrait améliorer les paramètres spatio-temporels avec plus de rééducation. Des analyses plus détaillées de la marche auraient pu être réalisées avec des systèmes plus performants mais l'intérêt de l'évaluation de la marche par une méthode reproductible mais sans matériel coûteux présente l'avantage de pouvoir être réalisée facilement en clinique.

Références :

Mirelman A, Bonato P, Deutsch JE. 2008. Effects of Training With a Robot-Virtual Reality System Compared With a Robot Alone on the Gait of Individuals After Stroke. *Stroke*; **40**: 169-174.

Résumé :

Les auteurs ont cherché si l'entraînement sur robot et réalité virtuelle produit un meilleur transfert lors de la marche au sol et si ce protocole améliore la distance parcourue plus que par entraînement avec robot seul.

Ils ont inclus 15 patients de moyenne d'âge de 61 ans situés en phase chronique (moyenne de 37.7 mois après l'AVC pour le groupe intervention). Les patients ont été inclus s'ils présentaient des déficits résiduels de la marche mais étant capables de marcher 15 mètres sans aide humaine, et capables de présenter une dorsiflexion contre pesanteur de la cheville. Ils n'ont été inclus s'ils présentaient une maladie motrice, ou s'ils recevaient une thérapie en parallèle du protocole. Ils présentaient tous des capacités de communication et des fonctions cognitives suffisantes pour accepter de participer au protocole. Les mesures ont été réalisées une semaine avant le début du protocole, puis une semaine après la fin de celui-ci, et ensuite 3 mois plus tard. Les mesures ont été réalisées par : parcours de 7 mètres de marche et le test de marche de 6 minutes (6MWT) pour analyser la vitesse de marche ; la partie du membre inférieur de l'échelle de Fugl-Meyer et le test de Berg Balance Scale pour évaluer l'activité motrice ; un système PAM (Patient Activity Monitor) qui est un accéléromètre placé sur la cheville des patients capable de mesurer différents paramètres comme : nombre de pas par jour, distance moyenne parcourue par jour, vitesse, cadence, la foulée de marche, vitesse maximale de marche, la plus longue période de temps de marche en minutes et la plus longue distance consécutive parcourue. Le PAM mesurait les paramètres de marche lors du retour à la maison. L'entraînement a été réalisé sur le Rutgers Ankle Rehabilitation system, qui est une plateforme à 6 degrés de liberté couplée à un environnement virtuel sur ordinateur. Le système fournit deux types de feedback : visuel et auditif. L'entraînement a duré 4 semaines, à raison de 3 séances par semaine d'environ 1 heure chacune. Les deux groupes qui ont été réalisés par randomisation, ont suivi le même entraînement à une différence près. Le groupe Robot+Réalité Virtuelle (RVR) a reçu l'entraînement avec les deux feedbacks proposés par le système : ils devaient réaliser des mouvements de la cheville pour atteindre des cibles avec un avion ou un bateau à l'écran de l'ordinateur. Les patients du groupe Robot seul (R) ont été privés de l'environnement virtuel et des deux feedbacks. Le thérapeute les guidait, et un métronome leur donnait le rythme à suivre pour atteindre un nombre similaire de cibles que les patients du groupe RVR. Le robot ajustait lui-même la difficulté des exercices en fonction des paramètres de réussite. La fatigue a été évaluée pendant les séances par l'échelle visuelle analogique (EVA), et l'entraînement a été stoppé si le sujet indiquait une fatigue >8 sur l'EVA ou s'il était incapable de produire le mouvement nécessaire pour atteindre 3 cibles de suite. Dans les deux groupes, le

thérapeute donnait des indices concernant la direction et la vitesse du mouvement à réaliser pour atteindre les cibles (visibles ou non) toutes les 30 secondes ce qui augmentait le feedback concernant la performance. Un feedback sur les résultats était donné à la fin de la séance par le thérapeute au groupe robot seul, concernant la durée de performance et le nombre de répétitions.

Les résultats ont montré que les groupes étaient similaires entre eux lors de l'inclusion au protocole. Le temps moyen d'entraînement par séance était significativement meilleur dans le groupe RVR, cependant il n'y existait pas de différences significatives entre les deux groupes en termes de nombre de répétitions par séance et entre chaque séance. Il n'a pas été trouvé de différence significative concernant la vitesse de marche entre les deux groupes cependant, des différences significatives ont été mises en évidence dans l'évolution dans le temps : les patients du groupe RVR ont amélioré de 24 % leur vitesse de marche à la fin de l'entraînement, pour une amélioration de 2 % dans le groupe R, et ces améliorations ont été maintenues dans le temps (3 mois) pour le groupe RVR mais pas pour le groupe R. Les différences entre les groupes à propos de la distance parcourue n'étaient pas significatives cependant, après l'entraînement, les sujets du groupe RVR ont montré une amélioration significative de 21 % de la distance parcourue (6MWT) pour seulement 0.5% non significative dans le groupe R. Ils ont mis en évidence des différences significatives lors des analyses de sous-groupes. Ils ont exclu les patients qui n'étaient pas situés dans l'intervalle de confiance qui représente le maximum de sujets (supérieur ou égal à 0.4 m/s et inférieur ou égal à 0.8 m/s) ce qui concernait 4 sujets dans le groupe RVR et 3 dans le groupe R. Alors, les sujets du groupe RVR marchaient significativement plus vite et plus loin que les sujets du groupe R, après l'entraînement et maintenu à 3 mois. Les résultats du PAM évaluant la marche à domicile, ne différaient pas entre les groupes avant l'entraînement. Après l'entraînement, la distance parcourue était significativement plus grande chez les patients RVR, que chez les patients R, et le nombre de pas par jour, la vitesse moyenne et la vitesse maximale étaient les seuls paramètres à présenter une augmentation significative pour le groupe RVR. Aucun paramètre n'a montré d'amélioration significative post entraînement dans le groupe R. 55 % des sujets du groupe RVR ont amélioré leur vitesse de marche afin de passer dans la catégorie de marche supérieure (supérieure à 0.8m/s) contre aucun dans le groupe R.

Il semblerait que l'entraînement en environnement virtuel soit plus contributif à l'amélioration de la marche que l'entraînement comparable par uniquement répétition de mouvements sans but précis. L'entraînement assis semble être plus approprié pour les sujets marchant aux vitesses lentes à moyennes que pour les sujets marchant plus vite (>0.8m/s). Cette étude a mesuré les paramètres de marche dans la communauté et dans le laboratoire. Les résultats suggèrent que l'entraînement par robot + réalité virtuelle présente un meilleur transfert à la marche fonctionnelle dans les environnements familiaux et communautaires. Le feedback semble jouer un rôle indispensable dans l'apprentissage moteur. Pour conclure, des améliorations des capacités de marche, non seulement en laboratoire mais aussi dans le monde réel, ont été mises en évidence après entraînement par réalité virtuelle couplée à de la robotisation.

Références :

Mirelman A, Patriitti BL, Bonato P, Deutsch JE. 2010. Effects of virtual reality training on gait biomechanics of individuals post-stroke. *Gait and Posture*; **31**: 433-437.

Résumé :

Suite à leur étude précédente, les auteurs ont spéculé que les améliorations fonctionnelles de la marche étaient le produit de l'augmentation de la force et de génération de puissance de la cheville comme un résultat de la combinaison entraînement tâche spécifique et de spécificité de l'entraînement des effecteurs distaux. Ils ont posé pour hypothèse que les caractéristiques temporo-spatiales de la cinétique de la cheville seraient modifiées dans le groupe qui s'entraînait avec le robot et la réalité virtuelle mais pas dans le groupe qui s'entraînait avec le robot seul. Leur objectif ici était de rapporter les résultats de l'analyse quantifiée de la marche et d'élucider les mécanismes sous-jacents qui contribuent aux changements de vitesse de marche observés.

Ils ont inclus 18 patients hémiparétiques suite à un AVC unique datant de plus de 2 ans, donc dans la phase chronique. Il fallait que les personnes incluses exposent des déficits de marche résiduels, possèdent une dorsiflexion partielle de la cheville parétique contre pesanteur, et capables de marcher sur une distance de 4.5 mètres sans l'assistance d'une tierce personne, et ne recevant aucune autre thérapie concomitante. Les patients devaient avoir des capacités cognitives et de communication suffisantes pour rejoindre l'étude. Les Patients ont été randomisés en deux groupes : un groupe 1 qui a reçu la thérapie avec réalité virtuelle (VR), et un groupe 2, contrôle qui n'a pas bénéficié de la réalité virtuelle (NVR). Les deux groupes étaient similaires et présentaient un déficit modéré du membre inférieur évalué en moyenne à 23 sur l'échelle de Fugl-Meyer, un risque faible de chute évalué par un score moyen de 47 sur l'échelle de Berg, et des vitesses de marche pré-intervention comparables (évaluées en moyenne à 0.6m/s). L'entraînement durait 4 semaines, et les patients ont été évalués à trois reprises : initialement, au terme de l'entraînement puis 3 mois après la fin de l'entraînement. 12 patients parmi les 18 inclus marchaient avec une attelle cheville-pied, c'est pourquoi les mesures de l'analyse quantifiée de la marche ont été récoltées sous deux conditions distinctes : marche pieds nus, et marche avec chaussures et attelle si nécessaire. Les données récoltées de l'analyse quantifiée de la marche concernaient les paramètres spatio-temporels, la cinématique et la cinétique de cheville, genou et hanches, durant les phases d'appui et de d'oscillation de la marche. 5 essais ont été réalisés dans les deux conditions, afin d'obtenir une marche correcte possédant un appui complet par jambe sur chaque plateforme de force. L'entraînement a été réalisé sur le « Rutgers ankle rehabilitation system » (RARS) dont le développement a été testé antérieurement. Cette plateforme Stewart de force/feedback à 6 degrés de liberté permet d'exercer l'extrémité inférieure en naviguant au sein d'un environnement virtuel visualisé sur l'ordinateur. Tous les entraînements (une heure, trois fois par semaine) ont été réalisés assis sur une chaise, placée à un mètre de l'écran dans leur champ de vision. Le pied parétique sans

L'attelle mollet-plante était placée sur la plateforme et attachée confortablement la cheville en position neutre et les genoux et hanches fléchies à 90 degrés. La tâche consistait en des mouvements de la cheville en dorsiflexion, flexion plantaire, inversion, éversion ou dans une combinaison de ces mouvements. Les critères d'intensité et de progression ont été appliqués en fonction d'études précédentes et ajustés à chaque patient en fonction de ses résultats. Les patients du groupe VR (n=9) devaient déplacer un avion ou un bateau sur l'écran de l'ordinateur avec des mouvements de cheville à travers une série de cibles alors que les patients du groupe NVR (n=9) devaient réaliser le même type de mouvements sans le feedback visuel prodigué par l'écran de l'ordinateur, ni auditif. Ils déplaçaient l'objet sans le voir ni l'entendre sur ordres du thérapeute, et selon un rythme déterminé au métronome afin de créer un nombre similaire de mouvements entre les deux groupes. Les caractéristiques cinétique et cinématiques ont été calculées en moyenne des cinq essais. Les paramètres cinématiques incluaient les amplitudes de mouvement de la cheville et de la hanche durant le cycle complet de marche, et du genou séparément entre phases d'appui et d'oscillation. Les données pieds nus et avec chaussures/orthèse ont été analysées de façon séparée. Dans les conditions pieds nus, deux sujets, un dans chaque groupe ont été identifiés comme extrêmes car ayant des moyennes situées à plus de deux écarts types de la moyenne de l'échantillon, et ont donc été exclus des analyses pieds nus. Le degré de significativité a été placé à 5%.

Durant les douze séances, aucun effet indésirable n'a été observé. Les valeurs entre les deux groupes en termes de nombre de répétitions de mouvements de cheville n'ont pas différencié significativement. Pour le groupe VR, il y a eu une augmentation significative de 24% de la vitesse auto sélectionnée de marche, par rapport au groupe NVR (2%), et ces améliorations ont été conservées à trois mois pour le groupe VR mais inchangées pour le groupe NVR. La cinétique de cheville a été significativement différente entre les deux groupes sur les mesures pieds nus. Le groupe VR présentait un pourcentage de changement plus grand dans les moments de force de cheville en phase de propulsion (21%) comparé au groupe NVR (-1.5%). Les groupes différencieraient également en termes de puissance développée par la cheville lors de la propulsion avec les patients du groupe VR présentant une large augmentation de la puissance de cheville après l'entraînement (44%) comparé au groupe NVR (4%) et cette amélioration est maintenue à trois mois pour le groupe VR. Cependant, aucune différence n'a été établie entre les groupes en termes de cinétique de cheville dans la condition pied avec chaussure/orthèse. D'un point de vue cinématique, pieds nus, les amplitudes de mouvement de la cheville ont augmenté significativement dans les deux groupes. Le groupe VR a montré une plus grande amélioration des amplitudes de mouvement du genou lors des phases d'appui (34%) et d'oscillation (15.7%) comparativement au groupe NVR (7.2% / 3.9%). Les amplitudes de cheville et de genou seulement durant la phase d'appui ont été maintenues à 3 mois uniquement pour le groupe VR. Il n'y a eu aucune différence significative entre les deux groupes mesurés avec chaussure/orthèse au niveau des amplitudes de cheville ce qui était attendu, cependant, les deux groupes ont montré des changements dans les amplitudes de genou après entraînement. Les sujets du groupe VR ont augmenté leurs amplitudes de genou durant

la phase d'appui de 36%, alors que ceux du groupe NVR les ont significativement diminuées mais ils ont augmenté significativement leurs amplitudes de genou durant la phase oscillante de 31%. Les deux groupes ont maintenus leurs améliorations en amplitudes de genou au bout de 3 mois comparativement aux valeurs de pré-entraînement. Des changements significatifs ont été observés entre les groupes en phase de début de propulsion après entraînement. Avant l'entraînement, les sujets débutaient la phase de propulsion prématurément comparé aux valeurs de sujets normaux. En moyenne, le début de la propulsion de cheville pour les deux groupes était à 55% du cycle de marche alors qu'après l'entraînement, il était à 57.7% de ce même cycle pour le groupe VR, et inchangé pour le groupe NVR.

Les résultats présents dans cette étude supportent ceux d'autres études, montrant que l'entraînement tâche spécifique par réalité virtuelle peut améliorer la marche des patients atteints d'AVC en phase chronique, et que coupler l'entraînement basé sur la tâche et par réalité virtuelle est plus efficace que l'entraînement sur robot seul. L'entraînement de cette étude n'était pas tâche spécifique, c'est-à-dire la marche, cependant la tâche de navigation contient des caractéristiques pertinentes de la marche en abordant la diminution de force. L'absence d'entraînement de la tâche de marche pourrait être le facteur limitant le report en tâche fonctionnelle. Les changements d'amplitude de genou en phase d'appui pour le groupe VR, pourraient être associés avec une amélioration du contrôle de la cheville et de la force musculaire qui permettent une meilleure avancée du tibia. Les valeurs d'amplitudes se rapprochaient des valeurs normales ce qui suggère que le mouvement de genou était contrôlé et n'était pas une simple compensation. Ils ont déduit que les capacités de contrôle moteur qui ont été produites durant l'entraînement étaient spécifiques à l'entraînement VR et que ce contrôle a pu être transposé aux activités en charge. Pour le groupe NVR, il n'y avait aucune amélioration en vitesse après entraînement, suggérant que l'augmentation d'amplitude du genou non affecté durant la phase oscillante était une compensation nécessaire pour améliorer la longueur et la clearance du pas. Les individus avec les meilleurs gains en puissance de cheville étaient également ceux possédant les meilleurs gains en vitesse de marche, ce qui renforce la pertinence de l'idée d'entraîner spécifiquement les effecteurs distaux. Les résultats encourageants de cette étude suggèrent qu'il pourrait être possible d'entraîner selon différents niveaux en utilisant les spécificités de ce programme, ce qui pourrait être une alternative pertinente d'entraînement lorsque la marche n'est pas possible.

Références :

Morone G, Fusco A, Di Capua P, Coiro P, Pratesi L. 2012. Walking training with foot drop stimulator controlled by a tilt sensor to improve walking outcomes: A randomized controlled pilot study in patients with stroke in subacute phase. *Stroke Research and Treatment*; 2012:**523564**. doi: 10.1155/2012/523564.

Résumé :

L'objectif des auteurs était d'évaluer l'efficacité d'un système de stimulation électrique avec capteur d'inclinaison pour améliorer la vitesse de marche chez des patients en phase subaiguë post AVC, et de vérifier les effets de celui-ci sur la marche, la mobilité et la spasticité.

Les patients ont été inclus, s'ils présentaient un angle de dorsiflexion inadéquate pendant la phase d'oscillation de la marche créant une mauvaise clearance du pas, un score sur le Mini Mental State Examination (MMSE) supérieur à 24, et la capacité de marcher avec ou sans aide humaine et/ou appareillage sur une distance d'au moins 10 mètres. Ils ont exclus les patients présentant des maladies cardiaques sévères ; ceux chez qui genou tendu, il apparaissait une contracture avant 5 degrés de flexion plantaire ; comorbidités orthopédiques ou neurologiques autre que l'AVC limitant la marche. Ils ont recruté 20 patients âgés en moyenne de 57 ans en phase subaiguë. Les patients ont été randomisés en deux groupes : intervention et contrôle. Le groupe intervention a reçu 20 séances de 40 minutes 5 fois par semaine d'entraînement à la marche avec le système Walk Aid, alors que le groupe contrôle a utilisé une simple orthèse mollet/plante (AFO). Parallèlement les sujets ont reçu des séances de 40 minutes de rééducation de la main et des activités de la vie quotidienne. Les mesures ont été réalisées au départ puis au terme de la thérapie. La première mesure recueillie était la vitesse de marche sur 10mètres. Puis ils ont associé des mesures de la capacité de marche (Functional Ambulation Classification FAC), l'indépendance dans les activités de la vie quotidienne (Index de Barhel), la mobilité (Rivermead Mobility Index), force musculaire (Medical Research Council), le statut neurologique (Canadian neurological Scale) et la spasticité (Ashworth).

Les résultats ne montrent aucune différence significative entre les deux groupes avant le traitement. Il y a eu une plus grande amélioration de la vitesse de marche du groupe intervention que dans le groupe contrôle mais cela peut être dû au fait que les patients du groupe intervention marchaient plus doucement au départ par rapport à ceux du groupe contrôle, et marchaient plus vite à la fin. Toutes les mesures ont été significativement améliorées dans les deux groupes entre le départ et la fin du traitement sauf pour ce qui est de la spasticité. Les différences entre les groupes n'ont été significatives en faveur du groupe intervention, qu'en termes de capacité de marche (FAC), bien que toutes soient supérieures pour le groupe intervention par rapport au groupe contrôle (proche de la signifiante pour la mobilité (RMI) et la force musculaire MRC).

Il existe des avantages à porter une AFO : facilité de mise en place, et possibilités de réalisation sur mesure, cependant elle ne corrige le steppage seulement de manière passive qui n'implique pas de participation des circuits neuromusculaires.

Références :

Ochi, Saeki, Oda, Matsushima, Hachisuka. 2013. Effects of anodal and cathodal transcranial direct current stimulation combined with robotic therapy on severely affected arms in chronic stroke patients. *J Rehabil Med*; **45**: 137-140

Résumé :

L'objectif de cette étude croisée en double aveugle, est de montrer si la combinaison d'une thérapie robotisée du bras avec la stimulation transcraniale en courant continu (TDCS) anodale ou cathodale, provoquerait une augmentation de la récupération motrice chez des patients hémiplésiques chroniques sévères.

Deux groupes de neuf patients chacun (moyenne d'âge 61 +/- 10 ans) ont été randomisés aveuglément. Les critères d'inclusion excluaient un AVC précédent, une épilepsie, des déficiences cognitives sévères, des problèmes sévères cardiaques ou orthopédiques ainsi que la présence de pièces métalliques implantées dans le cerveau. Le premier groupe a reçu, toujours en association avec le protocole de robotisation, en premier la thérapie tDCS anodale + robotisation, pendant 5 jours suivis de 2 jours de pause pour éviter les effets cumulés, puis 5 jours de tDCS cathodale + robotisation. L'autre groupe, suivant le même protocole, a reçu en premier la tDCS cathodale puis l'anodale. L'entraînement de robotisation consistait en la réalisation de 1000 cycles de mouvements de l'avant-bras en prono-supination et du poignet en flexion-extension. Deux modes de contrôle de la robotisation ont été sélectionnés tels qu'une activation passive/passive où les deux bras sont mobilisés par la machine, et une activation active/passive dans laquelle le bras non parétique mobilise le bras parétique. La stimulation par tDCS a été appliquée pendant les 10 premières minutes du protocole de robotisation. Les électrodes de stimulation ont été placées de façon à stimuler le cortex moteur primaire (M1) soit par la cathode, soit par l'anode qui ont été recouvertes par un bandage du crâne pour réaliser l'étude en double-aveugle sans que le thérapeute ne puisse les voir. Pour l'évaluation qui a eu lieu au départ puis à chaque fin d'intervention (donc une après chaque période de 5 jours), trois outils ont été utilisés : l'évaluation de Fugl-Meyer « FMUL » mesure les déficiences motrices et sensitives du membre supérieur, où un score élevé indique un meilleur état fonctionnel, l'échelle d'Ashworth modifiée (MAS) évalue la spasticité, et la « Motor Activity Log » (MAL) s'intéresse aux activités de la vie quotidienne. La partie de la qualité de réalisation des activités de la vie quotidienne du MAL n'ont pas été évaluées étant donné que les patients présentaient un degré sévère, ou modérément sévère de déficience motrice. Seule la partie concernant la fréquence a été retenue. Les analyses statistiques ont été effectuées avec un risque α de 5%.

Les résultats n'indiquent aucun effet défavorable à l'application de tDCS. Les analyses montrent une légère amélioration significative sur FMUL et MAS pour les deux stimulations mais pas sur MAL. De plus, elles montrent que l'ordre de la stimulation n'a pas eu d'effet sur les résultats. Les effets de la tDCS diffèrent selon l'hémisphère affecté. En effet, chez les hémiplésiques Gauche

(hémisphère droit affecté) l'amélioration est significativement meilleure lors de la stimulation par cathode (donc stimulation de l'hémisphère sain, gauche) que celle par l'anode sur l'hémisphère lésé droit. Aucune différence n'a été significative pour les personnes dont l'hémisphère gauche a été lésé.

Les résultats montrent ici que même pour les patients chroniques avec de sévères déficits du membre supérieur, une récupération de la fonction motrice est possible grâce à la thérapie combinée. Trois limitations peuvent être identifiées. Premièrement, le fait que les patients étaient plus sévèrement atteints et que la durée de traitement était plus courte que dans d'autres études similaires peut expliquer le fait qu'il n'y ait qu'une légère amélioration. Deuxièmement, l'hétérogénéité des sujets concernant les lésions ischémiques et hémorragiques peut être considérée comme limitante même si elle est considérée comme minimale étant donné que les résultats ne sont pas liés au type d'AVC. Et troisièmement, l'inclusion d'un groupe « Contrôle avec stimulation placebo » aurait facilité l'interprétation des résultats.

Références :

Ploughman, McCarthy, Bossé, Sullivan, Corbett. 2008. Does Treadmill Exercise Improve Performance of Cognitive or Upper-Extremity Tasks in People With Chronic Stroke? A Randomized Cross-Over Trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **89**: 2041-7.

Résumé :

Précédemment, il a été montré chez les personnes ayant eu des lésions cérébrales, que l'exercice physique améliorait le contrôle exécutif. Les auteurs ont donc cherché à déterminer si une séance d'exercice physique sur tapis roulant avec support du poids pouvait améliorer les performances cognitives et celles du membre supérieur.

Les patients inclus devaient présenter un score de 2 à 7 niveaux de contrôle moteur sur le Chedoke-McMaster Impairment Inventory for Arm and Hand, un score supérieur à 24 sur le Mini Mental State Examination,, être âgés de plus de 16 ans, n'avoir subi qu'un seul AVC, ne recevoir aucune autre thérapie active de rééducation et être capables de marcher avec ou sans canne. Ainsi, 21 patients ont été recrutés. Ils étaient âgés en moyenne de 61.4 ans (+/-10), et situés en phase chronique (en moyenne 20.1 mois +/-14 mois post AVC). Le protocole croisé randomisé a consisté en une session A divisée en deux parties, séparée de la session B par 7 à 10 jours. Les patients ont été randomisés en deux groupes afin de ne pas inclure d'effet d'ordre dans les résultats. La partie 1 de la séance A commençait par la mesure de la force de préhension avec dynamomètre de Jamar, puis des tests cognitifs tels que le (Trail Making Tests, en deux parties, le Symbol-Digit Test et le Paced Auditory Addition Test), suivis de la séance de 20 minutes sur tapis roulant avec 20% du poids du corps supporté par harnais, avant de recommencer les tests cognitifs. Après 60 minutes de pause entre les deux parties de la séance A, la partie 2 mesurait la force de préhension, puis la motricité du membre supérieur avec le test Action Research Arm Test (ARAT) suivis de 20 minutes d'exercices à domicile qui représentaient la condition contrôle du protocole, puis répétition des mesures de force et de motricité du membre supérieur. La session B prenait place 7 à 10 jours plus tard avec inversion des parties, l'exercice de la partie 2 devenait la marche sur tapis roulant et partie 1, alors que les exercices de la partie 1 devenaient les exercices contrôle et la deuxième partie du traitement. Lors des 20 minutes de marche sur tapis roulant, le rythme cardiaque et le ressenti du travail par l'échelle de Borg, ont été contrôlés toutes les 5 minutes en arrêt du tapis. Les patients devaient tenir le harnais avec leurs deux mains pendant la marche. L'intensité du travail a été déterminée par 70 % de la fréquence cardiaque maximale, ou le score de 13/20 sur l'échelle de Borg en fonction du premier atteint.

Les résultats ont montré qu'il n'existait pas d'effet d'ordre des traitements. La performance des tests cognitifs a été augmentée entre les mesures pré et post -intervention dans les deux conditions (tapis roulant et contrôle), mais aucune différence n'a été observée lorsqu'on compare les valeurs obtenues après tapis roulant, et celles obtenues après exercices contrôles. L'intensité de l'exercice sur tapis roulant (mesurée par l'échelle de Borg) n'est pas corrélée avec les changements

dans les scores cognitifs. Cependant, les scores ARAT ont été améliorés après le tapis roulant mais pas après les exercices contrôlés. Les scores ARAT ont été significativement plus améliorés après l'exercice sur tapis qu'après les exercices contrôlés. La force de préhension ne s'est pas améliorée significativement dans les 7 à 10 jours séparant les 2 séances, ni entre les interventions ce qui suggère que la force n'a pas été modifiée après les deux exercices. Il n'existait pas de corrélation entre les changements de force de préhension, avant et après l'intervention, et la vitesse de marche sur tapis, ce qui signifie que l'exercice sur tapis roulant n'a pas rendu le membre supérieur plus fort ni plus faible. Les changements des scores ARAT n'étaient pas corrélés avec l'intensité de l'exercice de marche cependant, les améliorations des scores ARAT étaient négativement corrélées avec la vitesse maximum de marche sur tapis ce qui signifie que les sujets marchant les plus lentement ont eu les meilleures améliorations sur le score ARAT. Les individus avec un moins bon fonctionnement du membre supérieur n'étaient pas forcément les patients avec les vitesses de marche les plus lentes pendant l'exercice sur tapis, car les scores de départ ARAT n'étaient pas corrélés avec la vitesse maximale de marche sur tapis. Les patients décrivaient une facilité de mobilité du membre supérieur après l'exercice sur tapis.

Une séance de 20 minutes d'exercice de marche sur tapis roulant avec support de 20 % du poids du corps améliore les capacités motrices du membre supérieur (test ARAT) mais n'agit pas sur les fonctions cognitives. Les variations de l'évaluation des scores ARAT selon les évaluateurs n'a pas pu être un effet limitant les interprétations des résultats car le score ARAT est réputé pour être très fiable. Même si le gain moteur du membre supérieur est modeste, il apparaît après seulement une séance de 20 minutes de marche sur tapis roulant avec support de poids. Les sujets marchant plus vite ont pu ressentir plus de fatigue dans le membre supérieur ce qui pourrait expliquer la corrélation trouvée entre la vitesse de marche et l'amélioration de la motricité du bras, cependant, aucun déficit de force n'a été mis en évidence. Le fait de garder les membres supérieurs tenus aux rails du tapis roulant a pu servir pour relâcher le tonus musculaire du membre supérieur, ou alors l'exercice sur tapis roulant a pu agir comme échauffement du membre supérieur. Il faudrait évaluer la différence entre l'exercice avec les membres supérieurs tenus aux rails du tapis roulant et sans, pour pouvoir déterminer un tel aspect d'action. Par ailleurs, l'exercice physique améliore l'humeur et diminue la dépression chez les individus sains et post-AVC ce qui a pu influencer les scores ARAT. Il existe une interaction entre l'intensité de l'exercice, la durée et la complexité des exercices cognitifs, ce qui implique que l'absence d'effets positifs cognitifs après tapis roulant peut être expliquée par un temps d'entraînement trop court comme d'autres chercheurs auraient suggéré que 40 minutes d'entraînement étaient nécessaires avant d'avoir des effets cognitifs. Les limitations de cette étude peuvent être représentées par la non-cécité des évaluateurs, ou encore par l'absence de mesure des effets à long terme.

Références :

Rosewilliam S., Malhotra S., Roffe C., Jones P., Pandyan A.D. 2012
Can Surface Neuromuscular Electrical Stimulation of the wrist and hand combined
with routine therapy facilitate recovery of arm function in patients with stroke ? *Arch.
Phys. Med. Rehabil*; **93**: 1715-1721.

Résumé :

Le but de cette étude a été de déterminer si le traitement par stimulation neuromusculaire électrique de surface (sNMES) sur les extenseurs du poignet, associé à la rééducation standard, améliore la récupération de la fonctionnalité du bras chez les patients avec de mauvais pronostics fonctionnels de récupération.

Les auteurs ont inclus 90 patients dans leur protocole randomisé contrôlé en simple aveugle, mais seulement 67 ont terminé le protocole. Leur moyenne d'âge était de 72 ans et ils étaient tous situés à moins de 6 semaines après l'AVC donc en phase aiguë à subaiguë précoce. Ils ont été inclus car ils ne présentaient aucune activité du membre supérieur représentée par un score de 0 au test Action Research Arm (ARAT) et qu'ils ne présentaient pas de contre-indications à l'application de sNMES. Cependant, les patients médicalement instables, ou avec des antécédents d'ostéoarthrite ou polyarthrite rhumatoïde ou pathologies du tissu résultant en contractures ou diminution des amplitudes du poignet et des doigts. Les patients inclus ont été divisés en 2 groupes : un traitement et un contrôle. Les patients du groupe traitement ont reçu 2 séances par jour de 30 minutes de stimulation électrique neuromusculaire (sNMES) sur les muscles extenseurs du poignet et des doigts. Les paramètres de réglages ont été les suivants : durée d'impulsion 300µsec, temps de travail 15 sec, temps de repos 15 sec avec rampe de 6 sec de chaque côté de la phase de travail et une fréquence de 40 Hz. L'intensité a été ajustée pour obtenir une extension maximale mais tolérée par le patient et sans créer de fatigue. Le traitement a duré 6 semaines. Les deux groupes ont reçu des séances de kiné ciblées sur le membre supérieur. Les évaluations ont été réalisées au départ, à 6 semaines (la fin du traitement) puis à 3, 6 et 9 mois après la fin du traitement. Les mesures ont été prises avec le test du « Action Research Arm » qui évalue la récupération fonctionnelle du Membre Supérieur. Parallèlement, l'index de Barthel a évalué la dépendance pour les activités de la vie quotidienne ; l'amplitude active en extension et en flexion du poignet, la force des fléchisseurs et extenseurs du poignet et la force de préhension ont été également mesurées.

Les résultats du test ARAT n'ont pas montré de différence significative entre les groupes à aucun temps, bien que les scores du groupe traitement aient été davantage augmentés que ceux du groupe contrôle. Le taux de récupération du groupe traitement a été supérieur à celui du groupe contrôle sur toute la période d'étude mais la différence n'était pas significative. L'index de Barthel s'est amélioré dans les deux groupes sans différer significativement entre les deux. L'extension et la flexion active du poignet se sont davantage améliorées dans le groupe traitement sans être

significativement différentes du groupe contrôle. Par contre, la force d'extension et de préhension se sont améliorées significativement plus dans le groupe traitement pendant l'intervention, mais la différence n'était plus significative entre les deux groupes après l'intervention. Le taux de récupération de l'amplitude active en extension a été 3 fois plus rapide et celui de la force d'extension, 6 fois plus rapide dans le groupe traitement que dans le groupe contrôle pendant la période de traitement mais ce furent les seules différences en taux de récupération.

Les effets du traitement ont cessé après la période d'intervention ce qui peut être dû à la diminution de la focalisation sur membre supérieur dans la rééducation simple et/ou à la perte de translation de ces effets du traitement dans les activités de la vie quotidienne. Les améliorations significatives de la force musculaire suggèrent que le traitement est efficace pour diminuer les déficits. Les mécanismes d'actions de la NMES ne sont pas encore élucidés pour ce qui est de déterminer si elle agit sur la physiologie musculaire ou sur la plasticité neuronale. La durée de traitement nécessaire pour ce type de patients reste encore à déterminer. La principale limitation de cette étude est liée au mouvement cyclique d'un seul segment du membre supérieur (le poignet) qui peut ne pas être reconnu comme fonctionnellement pertinent et puisse expliquer la faiblesse des résultats.

Références :

Singh P, Pradhan B. 2013. Study to assess the effectiveness of modified constraint induced movement therapy in stroke subjects: a randomized controlled trial. *Ann Indian Acad Neurol*; **16**(2): 180-184.

Résumé :

Des études précédentes ont déjà montré l'efficacité de la méthode modifiée de contrainte induite (mCIMT). Cependant ce que les auteurs ont recherché s'appuie sur le peu d'adhérence des patients au protocole trop contraignant, et pour les thérapeutes car cela demande trop de temps de consacrer 6 à 7 heures de rééducation à une seule personne. Leur but était alors de montrer si la méthode mCIMT peut être efficace si elle ne comporte que deux heures de rééducation.

40 sujets ont été admis dans le protocole car ils présentaient les critères d'inclusion à savoir : un premier épisode d'AVC ischémique ou hémorragique en phase subaiguë, possédant au moins 10 degrés d'extension active de chaque articulation métacarpophallangienne et interphallangienne de tous les doigts et 10 degrés d'extension du poignet du côté parétique, une spasticité comprise entre 1 et 4 de l'échelle d'Ashworth modifiée, un score au mini mental state examination supérieur ou égal à 17. Cependant les patients présentant une aphasie sévère, une douleur d'épaule affectant la rééducation ou toute autre comorbidité limitant la fonctionnalité du membre supérieur ont été exclus. Ils ont été séparés de façon randomisée en deux groupes : intervention et contrôle. Les tests moteurs ont été réalisés avant l'intervention puis au bout des deux semaines d'intervention, grâce au Wolf Motor Function Test (WMFT) et à l'échelle de Fugl-Meyer. Les patients du groupe mCIMT ont porté une attelle limitant la manipulation des objets mais autorisant l'aide aux transferts et à la déambulation sur le bras non affecté pendant et après la séance de rééducation de façon à porter la contrainte 10 heures par jours pendant 5 jours sur 7, sur deux semaines. Les séances de rééducation duraient 2 heures par jour. Le total de port de la contrainte a été rapporté par le patient sur un cahier fourni par le thérapeute. Le groupe contrôle a reçu la même intensité de traitement sans le port de la contrainte et sans consignes concernant l'utilisation du membre supérieur dans les activités de la vie quotidienne.

Ils ont observé une amélioration significative sur les deux tests moteurs dans les deux groupes. La différence de l'augmentation sur le WMFT dans le groupe intervention était de 14.75 (+/-4.83) et celle dans le groupe contrôle de 7.21 (+/-2.01). Sur l'échelle de Fugl-Meyer, la différence d'augmentation des scores pré et post intervention était de 24.95 (+/- 3.74) dans le groupe intervention, et de 9.5 (+/-2.7).

Les résultats montrent donc une efficacité de la méthode modifiée de la contrainte induite dans la récupération motrice du membre supérieur. Les limitations de cette étude résident dans l'absence de mesure à l'aveugle, l'absence de suivi à long terme de la récupération motrice, et la taille limitée des échantillons testés. Le protocole original de CIMT imposait 90% du temps de vie passé avec contrainte pendant deux semaines complètes. Ici avec la méthode modifiée, il est tout

autant efficace de porter au moins 10 heures par jour la contrainte, avec des pauses le week-end sur deux semaines, avec seulement 2 heures de rééducation du membre supérieur hémiparétique par jour, ce qui pourrait augmenter la compliance à la fois des patients et de thérapeutes au protocole.

Références :

Yamada N, Kakuda W, Senoo A, Kondo T, Mitani S, Shimizu M, Abo M. 2013. Functional cortical reorganization after low frequency repetitive transcranial magnetic stimulation plus intensive occupational therapy for upper limb hemiparesis: evaluation by functional magnetic resonance imaging in post stroke patients. *International journal of stroke*; **8**: 422-429.

Résumé :

Précédemment, des études ont montré que la stimulation répétitive magnétique transcraniale (rTMS) à basse fréquence de l'hémisphère sain améliore la fonction motrice du membre supérieur lésé et diminue la spasticité en réduisant l'excitabilité des neurones moteurs. Le but de cette étude est d'étudier le développement de la réorganisation fonctionnelle corticale par imagerie par résonance magnétique fonctionnelle (IRMf) provoquée grâce à un traitement associant rTMS et rééducation intensive.

Les critères d'inclusion à l'étude étaient : présence d'hémiplégie spastique du membre supérieur classée à 4-6 sur le score de Brunnstrom main et doigts ; un âge compris entre 18 et 70 ans ; une durée après le premier épisode d'AVC supérieure à 12 mois ; des antécédants d'un seul épisode d'AVC non bilatéral ; une spasticité cotée à 3 ou moins sur l'échelle d'Ashworth modifiée ; l'absence de déficits cognitifs évalués sur le mini mental state examination MMSE supérieur ou égal à 26 ; être dans une phase stable de récupération motrice évaluée sous rééducation, par une absence d'amélioration sur le Fugl-Meyer Assessment FMA dans les trois derniers mois ; l'absence de maladie cognitive ou physique nécessitant des aménagements médicaux ; l'absence d'agrafes métalliques intracrânielles ou de pace maker ; Absence de convulsions lors de la dernière année et aucune anomalies présentes à l'Electroencéphalogramme EEG. Ils ont exclus les patients n'étant pas capables de réaliser la tâche motrice nécessaire à l'évaluation par IRMf à savoir l'extension et la flexion de tous les doigts du membre lésé au moins égale à la moitié de l'amplitude disponible articulairement. Ainsi, 47 patients de moyenne d'âge 59.1 ans et de temps moyen après AVC de 5.7 ans, ont été inclus dans le protocole. L'intervention consistait en 12 séances de thérapie combinée comprenant 40 minutes de rTMS à 1Hz en regard de la zone du cortex moteur primaire des doigts de l'hémisphère non lésé dont l'emplacement a été défini par potentiels évoqués mesurés sur le premier interosseux dorsal de la main saine. Après une séance de rTMS, le patient passait 60 minutes en rééducation avec un professionnel puis 60 minutes d'entraînement personnel dont le programme a été réalisé en fonction des centres d'intérêts du patient, et du travail d'entretien de la maison. Lors des séances avec rééducateur, les tâches consistaient à écrire des lettres et dessiner, pincer de petites pièces, des étirements et techniques de facilitation ainsi que des exercices de dextérité manuelle. Aucune instruction n'a été donnée concernant l'utilisation du membre sain lors des Activités de la vie courante. Le thérapeute contrôlait la performance de chaque séance d'auto entraînement, et l'apparition de la fatigue a été le marqueur de fin de la séance d'entraînement. Les mesures consistaient en une évaluation par IRMf, qui a été réalisée avant et après l'intervention.

La tâche à réaliser pour la mesure IRMf était de fléchir/étendre les doigts sur une durée de 30 secondes par doigt de la première main, suivie de 30 secondes de repos, puis 30 secondes de mouvement des doigts de la main opposée, et ce trois fois de suite, créant 6 minutes d'enregistrement. Les mouvements étaient demandés à un taux de 1 par seconde. Si le patient n'était pas capable de faire ce taux, il lui était demandé de réaliser les mouvements de flexion/extension le plus vivement possible. Les régions étudiées étaient les aires corticales motrices 4 et 6 de Brodmann. Pour chaque patient, ils ont également mesuré les index de latéralité de l'activation des aires d'intérêt de chaque hémisphère. Cela représente le taux d'activation de chaque hémisphère (+1 pour l'activation de l'hémisphère lésé, -1 pour l'activation de l'hémisphère non lésé). Ils ont ainsi classé leurs patients en deux groupes : ceux qui présentaient une activation bilatérale avant intervention (groupe 1), et ceux qui présentaient une activation unilatérale avant intervention (groupe 2). Les mesures cliniques de la fonction motrice ont été réalisées avant et après l'intervention par les échelles Fugl-Meyer (FMA) et Wolf Motor Function Test (WMFT). La p-value a été fixée à 0.05 pour représenter une différence significative.

Au niveau clinique, tous les patients ont présenté une amélioration significative de la fonction motrice sur les deux échelles, et aucun effet indésirable n'a compromis l'étude. En imagerie, le groupe 1 a montré une amélioration après traitement des index de latéralité des aires 4 et 6 ce qui suggère un décalage de l'activation vers l'hémisphère lésé. Le groupe 2 a montré une augmentation significative du nombre de voxels activés après traitement. Le groupe 1 a montré qu'il n'existait pas de corrélation entre le côté d'activation au départ et le score moteur initial, mais l'index de latéralité initial semble corrélé avec le temps de réalisation des tâches du test WFMT au départ. Ceci suggérerait que l'index de latéralité de base diminuerait avec la sévérité de la fonction motrice initiale cependant, il n'existe pas de corrélation entre les changements d'index de latéralité et les changements de score moteur.

Les modifications obtenues en IRMf suggèrent que le protocole de combinaison de traitement produise une réorganisation fonctionnelle bénéfique de l'hémisphère lésé chez des patients présentant une activation bilatérale et unilatérale pré-traitement. Plusieurs facteurs sont responsables de l'activation des hémisphères. Ici ils ont inclus des patients avec une activité dans l'hémisphère sain avant l'intervention pour analyser les effets de l'activité de l'hémisphère sain sur la fonction motrice. Les limites de cette études résident dans la taille modeste de l'échantillon, l'absence de groupe contrôle, l'absence de contrôle des effets à long terme de la combinaison rTMS et rééducation intensive, la localisation et le calcul moins précis des régions d'intérêt pour les mesures IRMf, et le manque de mesures en aveugle pour l'évaluation motrice clinique.

Références :

Yan, Hui-Chan, Li. 2005. Functional Electrical Stimulation improves motor recovery of the lower extremity and walking ability of subjects with first acute stroke, a randomized placebo-controlled trial. *Stroke*; **36**: 80-85.

Résumé :

L'objectif visé par ces auteurs est de chercher si la stimulation électrique fonctionnelle (FES) combinée à un programme de rééducation standard est plus efficace que de recevoir une stimulation placebo combinée au programme de rééducation, ou seulement la rééducation standard (RS, groupe contrôle) pour la récupération motrice du membre inférieur à la phase aiguë.

Dans cette étude randomisée, contrôlée contre placebo, en simple aveugle, le nombre nécessaire de patients à inclure statistiquement a été établi préalablement à l'étude. Ainsi 33 suffisaient mais l'échantillon a été élevé à 46 pour contrecarrer les abandons. En effet, 5 personnes n'ont pas pu suivre tout le programme. Les critères d'inclusions mentionnaient un AVC unilatéral, d'un âge compris entre 45 et 85 ans, et l'indépendance dans les tâches quotidiennes avant l'AVC. Des lésions cérébrales ou du tronc cérébral, une comorbidité médicale, une dysphasie réceptive ou des déficiences cognitives ont été considérées comme étant des critères d'exclusion. Tous les sujets des 3 groupes ont reçu la même rééducation standard une fois par jour, 5 jours par semaine, pendant 3 semaines. Le groupe test a reçu en plus une FES sur le quadriceps, ischio-jambiers, tibial antérieur et sur le gastrocnémien médial, pendant 30 minutes par jour, 5 jours par semaines, sur 3 semaines. Le groupe placebo a reçu une FES déconnectée, pendant 1 heure pour maximiser l'effet placebo. Les sujets avaient été prévenus qu'ils pouvaient sentir ou non la stimulation. Le programme a été réalisé par un thérapeute en aveugle. Les patients ont été évalués avant le traitement, chaque semaine pendant le protocole et ensuite 8 semaines post-AVC. Pour mesurer la spasticité, le « Composite spasticity scale » (CSS) a été préféré à l'échelle d'Ashworth pour des critères de fiabilité. La contraction maximum volontaire en isométrique de dorsiflexion de la cheville et d'extension a été mesurée par couple d'articulation et électromyographie de surface (EMG). Durant l'enregistrement, le patient devait contracter ses muscles en flexion puis extension pendant au moins 3 secondes. 6 essais ont été enregistrés. L'aptitude à la marche a été évaluée par le test du « Timed up and Go » validé pour les AVC. Le taux de significativité des tests statistiques a été fixé à 5%.

La composition des 3 groupes de patients était statistiquement homogène. Au niveau de la spasticité, les scores CSS des fléchisseurs plantaires du membre atteint dans les 3 groupes étaient similaires. Cependant, le pourcentage d'augmentation des scores CSS dans le groupe placebo et dans le groupe contrôle à la 3e semaine étaient meilleurs que dans le groupe FES. Aucune différence n'a été constatée entre les groupes placebo et contrôle. Les données sur la contraction musculaire indiquent un avantage pour le groupe FES, lors de la première semaine de traitement comparé au groupe contrôle, et lors de la troisième semaine comparé au groupe placebo. Pour la

flexion plantaire (extension) de la cheville, l'avantage pour le groupe FES n'est significatif qu'à la 3e semaine par rapport aux deux autres groupes. Les analyses concernant l'habilité à la marche montrent une différence significative entre les groupes FES et contrôle/placebo aux semaines 2 ou 3 et 8. Le groupe FES avait tendance à marcher 2 ou 3 jours plus tôt que les deux autres groupes mais cette différence n'est pas significative. Cependant, plus de sujets du groupe FES sont rentrés chez eux comparés à ceux des deux autres groupes.

Ici, le traitement a été appliqué bien plus tôt et plus intensivement que dans d'autres études. Aucune différence n'a été significative entre les groupes placebo et contrôle ce qui élimine tout effet placebo de la stimulation. La FES peut être capable de normaliser la tonicité des muscles fléchisseurs plantaires de la cheville atteinte. Les critères d'inclusion/exclusion pourraient représenter des limites à la généralisation des résultats de cette étude. L'hypothèse concernant le mécanisme d'action de la FES pourrait être qu'elle renforce les connexions du réseau cérébral par plasticité cérébrale.

Référence :

Yavuzer, Selles, Sezer, Sutbeyaz, Bussman, Koseoglu, Atay, Stam. 2008. Mirror therapy improves hand function in subacute stroke: a Randomized Controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*; **89**: 393-8.

Résumé :

L'objectif de cette étude était d'évaluer les effets d'une thérapie miroir sur la récupération motrice de l'extrémité du membre supérieur, de la spasticité et de la récupération fonctionnelle des mains chez des patients en phase subaiguë d'AVC.

Pour ceci, ils ont inclus une population plutôt âgée de 40 patients (63 +/- 9 ans) venant de toutes les régions de la Turquie dans un essai randomisé contrôlé. Les critères d'inclusion des patients impliquaient qu'ils aient eu un AVC dans les 12 mois, avec un score de Brunnstrom entre 1 et 4 pour le membre supérieur, la capacité de comprendre et de suivre des ordres simples, et l'absence de troubles cognitifs pouvant interférer avec l'étude. Un logiciel a réparti les patients dans deux groupes similaires : un groupe témoin qui a reçu en plus de la thérapie conventionnelle de rééducation, une fausse thérapie, et un groupe test qui a bénéficié de la thérapie miroir associée à la thérapie conventionnelle. Ils ont évalué les patients au début de la rééducation, puis au terme de celle-ci, c'est-à-dire 4 semaines, puis 6 mois après la fin de la thérapie pour évaluer les bénéfices à long terme. 3 outils ont été utilisés pour cette évaluation. Le « Brunnstrom stages of motor recovery » pour la récupération musculaire, l'échelle d'Ashworth modifiée pour la spasticité et la partie des soins personnels de la Mesure d'Indépendance Fonctionnelle (MIF). Les versions Turques de ces tests ont été validées. Des études statistiques d'analyse d'échantillons indépendants ont été réalisées avec risque α de 5%.

Les résultats montrent une amélioration, dans le groupe test, au terme de la thérapie et par la suite (6 mois après) concernant la récupération motrice ainsi que l'indépendance fonctionnelle par rapport au groupe témoin. Cependant, aucune amélioration significative n'a pu être démontrée concernant la spasticité.

Plusieurs explications pourraient définir les mécanismes de la thérapie miroir parmi lesquelles l'action des neurones miroirs semble fortement impliquée. Les biais possibles de cette étude seraient liés à leurs critères d'inclusion/exclusion. Effectivement, aucun patient souffrant d'apraxie et/ou de négligence spatiale n'a été inclus dans l'étude. Ceci reste un champ à étudier. De plus, il n'existe pas encore de consensus concernant les modalités de la prise en charge par la thérapie miroir à propos de la durée et/ou de l'intensité du traitement ni du moment d'inclusion de celui-ci dans la thérapie de rééducation conventionnelle.

Références :

Zimmerman M, Heise KF, Hoppe J, Cohen LG, Gerloff C, Hummel FC. 2012. Modulation of training by single session transcranial direct current stimulation to the intact motor cortex enhances motor skill acquisition of the paretic hand. *Stroke*; **43**: 2185-2191.

Résumé :

L'objectif de cette étude est d'évaluer les conséquences comportementales de la diminution de l'excitabilité du cortex controlésionel moteur primaire (cM1) pendant un entraînement d'une tâche des doigts dans un échantillon de patients en récupération après AVC sous-cortical en phase chronique.

L'échantillon est composé de 12 patients, de moyenne d'âge de 58.3 ans, situés en moyenne à 30 mois après un AVC sous-cortical. Ils ont été dans un premier temps très atteints au niveau de leur main mais étaient en récupération pour pouvoir réaliser la tâche motrice exigée par le protocole d'entraînement. Ils ne souffraient pas de négligence, ni d'aphasie, d'hémianopsie, ou de sévère déficit cognitif (Mini mental state examination supérieur à 23) et ne prenaient pas de traitement affectant le système nerveux central. Aucun des patients n'était un professionnel du piano ni entraîné en dactylo. Le protocole a été réalisé en double aveugle, et contrôlé par stimulation placebo. La tâche motrice consistait en une séquence de 5 éléments à presser sur un clavier à 4 touches avec la main parétique aussi rapidement et précisément que possible. Chaque patient a réalisé la tâche deux fois, une avec chaque main, séparée par 9 à 10 jours. Dans chaque épreuve avec une main, la tâche a été divisée en trois parties : stimulation placebo (TRAIN tDCS), 90 minutes après (POST-90), et 24 heures après (POST-24). Les patients étaient assis devant un écran. Les patients ont avant chaque épreuve, été familiarisés avec la tâche avant d'être évalués comme mesures de référence. Après cette évaluation, ils ont suivi le programme TRAIN tDCS composé de 5 blocs de 3 minutes chacun avec 2 minutes de pause entre chaque. Deux ré-entraînements ont été réalisés après 90 minutes et après 24 heures composés de 4 blocs. Avant chaque séance, un bloc de test de 3 minutes a été évalué afin de mesurer la rétention comportementale (Test-90 et Test-24) comme principale mesure de résultats. Un sous-groupe de 5 patients a été évalué également après 90 jours pour mesurer la rétention à long terme. La principale mesure de résultats a été le nombre de séquences correctes réussies pendant chaque bloc de 3 minutes. Parallèlement, le nombre total de séquences réalisées pour chaque bloc a été analysé. Le protocole suivant permettait d'évaluer les composantes temporelles de l'acquisition de la tâche motrice dans et entre chaque séance. Initialement, l'apprentissage rapide avec des améliorations considérables durant la séance peut être attendu pour une nouvelle tâche motrice (effet online précoce). Davantage d'améliorations peuvent être attendues après des séances d'entraînement consécutives (effet online tardif). Pendant les périodes immédiates, entre les séances réussies, d'autres phénomènes se produisent avec un entretien ou une diminution de la performance motrice définie comme l'effet offline. De plus, ils ont examiné les facteurs qui pourraient influencer l'apprentissage moteur comme le niveau d'attention, la

perception de la fatigue, et l'inconfort ou la douleur ressentie lors de la stimulation, par l'intermédiaire d'échelles visuelles analogiques. Après l'entraînement par TRAINtDCS, les patients ont été invités à déterminer s'ils avaient reçu une vraie stimulation ou si c'était une stimulation placebo. La cathode de la tDCS a été placée en regard du cortex moteur primaire controlésionel, dont la localisation a été déterminée par des processus de stimulation magnétique transcrânienne TMS. La tDCS a été réalisée pendant 20 minutes. La stimulation placebo commençait comme la vraie stimulation par une rampe d'augmentation de l'intensité du courant mais disparaissait au bout de 30 secondes, ce qui a garanti une procédure efficace de mesure en aveugle. Dans le protocole croisé chaque patient a reçu chaque stimulation dans un ordre plus ou moins randomisé. Les mesures ont été réalisées en double aveugle. L'excitabilité du cortex moteur au repos a été déterminée par mesure TMS dans une expérience séparée. La TMS a été pratiquée avant la tDCS (mesure de référence), immédiatement, 30 minutes, 60 minutes et 90 minutes après l'arrêt de la tDCS. La performance motrice des patients a été enregistrée grâce à un clavier ergonomique électrique à 4 boutons connecté à un ordinateur utilisant un logiciel de Présentation.

Les résultats n'ont mis en évidence aucune différence en terme de douleur ou d'inconfort de la stimulation entre les stimulations placebo et réelle, ainsi que le type de stimulation n'a influencé l'attention, la fatigue ou la faiblesse de la main. De plus, aucun des patients n'a été capable de différencier les deux stimulations. L'ordre des séquences A et B n'a pas eu d'effet sur les performances de base que ce soit pour les séquences correctes ou toutes les séquences. Les tests 90 et 24 ont montré une différence significative entre les stimulations placebo et réelle tDCS. Le nombre de séquences correctes a été significativement meilleur après l'intervention tDCS. Les composantes temporelles de l'acquisition motrice (effets online et offline) n'ont démontré aucune différence dans l'apprentissage tardif (online) ainsi que offline, pour les deux stimulations, à POST-90 et POST-24. Il n'existe aucune différence significative entre les séquences correctes réalisées pendant l'intervention, et celles réalisées au suivi à 3 mois. Il a été démontré une amélioration significative dans le nombre de séquences correctes après la tDCS cathodale comparée à la stimulation placebo. Par rapport à la stimulation placebo, la tDCS facilite l'effet d'entraînement à un effet plus grand aux second, quatrième et cinquième blocs d'entraînement. Il y a eu une différence significative entre les deux stimulations sur l'apprentissage précoce (online) de toutes les séquences. Par ailleurs, après la tDCS, il existe une diminution significative de la latence des potentiels évoqués moteurs du cortex sain, mais aucune modification de la latence des potentiels évoqués du cortex lésé. La tDCS a résulté en une augmentation de l'inhibition intra corticale dans le cortex moteur primaire controlésionel. En contraste, une diminution de l'inhibition intracorticale a été démontrée dans l'hémisphère lésé. Cependant, des analyses post-hoc ont montré que la désinhibition dans le cortex M1 lésé a été restreinte à l'évaluation post0 (immédiatement après la tDCS). Une corrélation significative a été observée entre l'amélioration induite par la tDCS pendant le TRAIN-tDCS et la modulation induite par la tDCS de l'inhibition réduite intracorticale (désinhibition) dans le cortex lésé M1.

Les principaux résultats de cette étude sont 1) l'application de la tDCS inhibitrice sur le cortex moteur primaire controlésionnel concourante avec l'entraînement, peut faciliter les effets de l'entraînement provoquant une amélioration dans la période d'apprentissage précoce, 2) cette amélioration est traduite par une meilleure performance pour au moins 24 heures et 3) elle révèle une association entre une diminution de l'inhibition induite par l'intervention au sein de M1 lésé et une augmentation de l'acquisition motrice induite par la tDCS. Ces résultats supportent les effets bénéfiques apportés aux patients avec des déficiences motrices modérées de techniques de stimulation non invasive pas pour seulement améliorer les fonctions motrices mais aussi pour booster l'acquisition et la potentielle rétention de fonctions motrices complexes avec la main parétique. Il n'est pas défini si l'application de stimulations non invasives pendant une période d'acquisition précoce avant que la performance n'atteigne un niveau asymptotique, pourrait potentialiser ou même accélérer les processus d'apprentissage d'une nouvelle tâche motrice avec une meilleure rétention consécutive. D'autre part, même après des séances réussies d'entraînement, les niveaux de performance atteints avec la tDCS ne pourraient pas être atteints après une stimulation placebo, cependant on ne sait pas encore combien de temps durent ces effets sur la rétention. Le cortex moteur primaire n'est pas seulement crucial pour l'exécution mais aussi pour l'acquisition et la consolidation d'une nouvelle tâche motrice. La pratique motrice est associée à une augmentation de l'excitabilité du cortex sensori-moteur, promouvant la plasticité même dans les phases chroniques après AVC. Ces changements de plasticité sont représentés par la rapide formation et stabilisation d'épines dendritiques. Ces processus sont basés sur le démasquage de connexion préexistantes au sein du cortex ce qui permet de rapides changements dans les représentations sensori-motrices en réduisant l'activité des connexions existantes inhibitrices. Les limites de l'étude sont représentées par le fait que la tDCS a été prodiguée avec de larges électrodes qui ont pu impliquer d'autres structures que seulement le cortex moteur primaire, comme le cortex prémoteur. La notion que le cortex sain aurait une activité non bénéfique à la récupération du cortex lésé ne s'applique pas à tous les groupes de patients. Ce processus dépend de la localisation de la lésion, du temps après l'AVC, et de la taille et de l'intégrité des connexions corticospinales parmi d'autres facteurs. Les résultats de cette étude ne sont applicables qu'à l'échantillon homogène et sélectionné de patients avec des déficiences modestes et des lésions sous-corticales, testés dans cette étude et n'est pas généralisable. On ne sait pas encore si les effets sont efficaces sur les patients avec de plus gros déficits qui ont subi des lésions étendues corticales et sous corticales. On peut même spéculer que cette intervention ne serait pas efficace sur ce sous-groupe de patients.

Pour résumer, la stimulation non invasive combinée avec un entraînement moteur améliore l'acquisition de nouvelles compétences motrices avec la main parétique et conduit à une amélioration persistante de la fonctionnalité chez des patients en bonne récupération après un AVC en phase chronique. L'intervention influence plus particulièrement la phase d'apprentissage précoce conduisant à des améliorations comportementales toujours présentes 24 heures après l'intervention.

Grille de lecture d'un article dans le domaine de la santé

Pour chacun des huit critères d'évaluation, il faut répondre aux questions suivantes :

1/ L'information existe-t-elle ? 2/ La façon d'aborder la question est-elle correcte ? 3/ Sinon, cela menace-t-il la validité de l'étude ?

Références de l'article : [Auteur(s), Titre, Journal, année, volume, pages]		Type d'article : [thérapeutique, diagnostique, de conseil, pronostique, épidémiologique, de recommandations]
1. Objectif :		
2. Type d'étude :		
3. Facteur(x) étudié(x) :		
4. Critère(x) de jugement :		
5. Population source et sujets étudiés :		
6. Facteurs de confusion potentiels et biais :		
7. Analyses statistiques :		
8. Conclusion des auteurs :		

C:\Users\Lise\Documents\COURS LISE\K3\MEMOIRE\TEXTES A IMPRIMER AVEC LE MEMOIRE\AAnnexe B_HAS_synt_avc_methodes_de_reeducation.docx



Hospices Civils de Lyon

LIEU :
Hôpital Henry Gabrielle
20, Route de Vourles
69230 ST GENIS LAVAL
Tel. : 04 78 86 50 55/56

La rééducation motrice après accident vasculaire cérébral

ATTESTATION DE PRÉSENCE

Nous attestons que Mme/M.

CATINOT

Lise

a participé à la journée sur la rééducation motrice après accident vasculaire

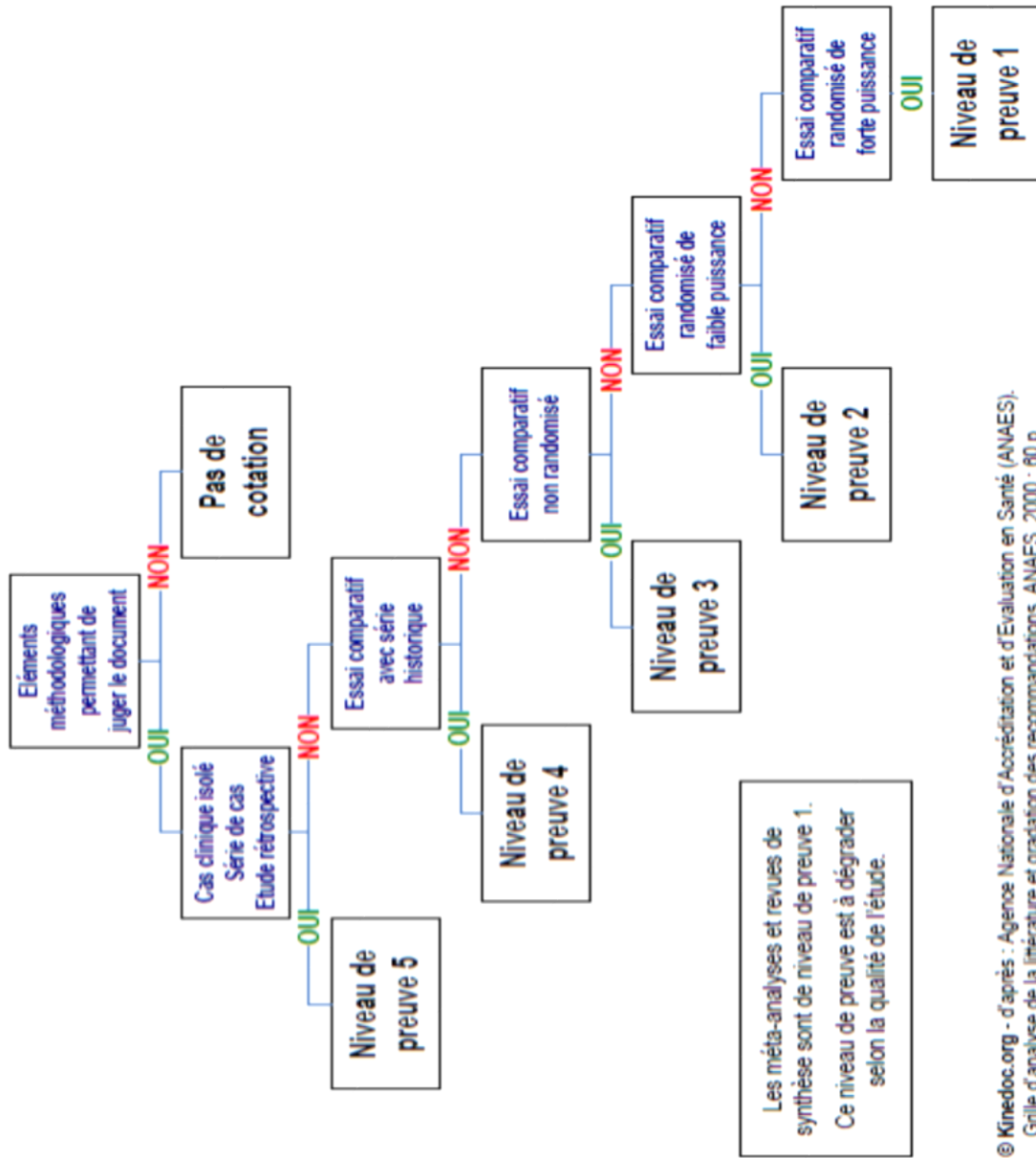
le samedi 23 novembre 2013, de 9h00 à 17h00

à l'hôpital Henry Gabrielle,

20, route de vourles - 69230 Saint Genis Laval.

GRUPEMENT HOSPITALIER SUD
HOPITAL HENRY GABRIELLE
Médecine Physique et Réadaptation
20 route de Vourles
69230 ST GENIS LAVAL

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



© Kinedoc.org - d'après : Agence Nationale d'Accréditation et d'Évaluation en Santé (ANAES).
Grille d'analyse de la littérature et gradation des recommandations. ANAES, 2000 : 60 p.



Ce document est sous licence libre Creative Commons 3.0. Vous êtes autorisé(e) à télécharger ce document et à le partager tant que vous créditez en citant le nom "KINEDOC.org". Vous ne pouvez pas le modifier de quelque façon que ce soit ni l'utiliser à des fins commerciales.

