

FACULTE DES SCIENCES DE LA MOTRICITE

**Analyse des amplitudes articulaires après séance de thérapie
aquatique selon la méthode Halliwick.**

Directeur de **mémoire** : **Pr. Alain CARPENTIER**

Unité de recherche en Biométrie et Nutrition Appliquée à l'Exercice.

Faculté des Sciences de la Motricité, ULB

Promoteur : M. Eric MEYER

info@meyer-cpae.com

Service de kinésithérapie

Centre Arnaud Fraiteur

Mémoire présenté par Alexia **VAN HEUVERSWYN**

en vue de l'obtention du grade de Master en Kinésithérapie et Réadaptation

Année académique 2013-2014

Remerciements

Nombreux sont ceux et celles qui m'ont encouragée et aidée durant cette année à la réalisation de ce travail de fin d'étude.

Premièrement, je remercie le professeur Alain Carpentier d'avoir accepté la direction de ce mémoire.

Je tiens ensuite à remercier tout spécialement M. Eric Meyer. Ce sont ses conseils judicieux, sa gentillesse ainsi que sa disponibilité qui m'ont permis de mener à bien l'écriture de ce travail.

Pour la patience dont il a fait preuve, je remercie M. Pierre Cullus, sans qui beaucoup de mes questions seraient restées en suspens pour l'étude statistique.

Pour leur bonne humeur, leur gentillesse, mais surtout leur patience lors des prises de mesures, je remercie de tout cœur les enfants du Centre Arnaud Fraiteur, ainsi que toute l'équipe qui les entoure, sans qui la réalisation de ce mémoire n'aurait pas été possible.

Enfin, je remercie mes parents, mon frère et mes amis proches, pour leur soutien, leur amitié ou simplement leur présence.

Table des matières

I.	Contexte théorique	6
I. 1	La paralysie cérébrale.....	6
I.1.1	Définition	6
I.1.2	Le polyhandicap	7
I.1.3	Clinique	7
I.1.4	Incidence.....	9
I.1.5	Etiologie.....	10
I.1.6	Prise en charge.....	11
I. 2	La thérapie aquatique et la méthode Halliwick.....	13
I.2.1	Le concept Halliwick	14
I.2.2	Quelques résultats objectivés par la méthode Halliwick relatifs à nos mesures.....	17
I. 3	Bilan articulaires chez l'enfant IMC	18
I.3.1	Généralités	18
I.3.2	Les différents goniomètres.....	18
I.3.3	Méthodologie d'utilisation	21
II.	Matériel et méthode	22
II. 1.	Population	22
II. 2.	Matériel	24
II. 3.	Protocole expérimental	24
II. 4.	Technique statistique.....	25
III.	Résultats :.....	27
III. 1	Flexion dorsale de la main	27
III. 2	Flexion palmaire de la main	28
III. 3	Flexion du coude.....	29
III. 4	Extension du coude.....	30
III. 5	Flexion de l'épaule.....	31
III. 6	Flexion dorsale de la cheville.....	32
III. 7	Flexion plantaire de la cheville.....	33
III. 8	Flexion du genou.....	34
III. 9	Extension du genou.....	35
III. 10	Flexion de hanche	36

III. 11	Extension de hanche.....	37
IV.	Discussion	38
IV. 1	Analyse des résultats obtenus	38
IV. 2	Illustration schématique des résultats	40
IV. 3	Persistance des augmentations d'amplitudes au cours du temps.....	40
IV. 4	Comparaison avec la méthode classique	41
V.	Conclusion	44
VI.	Bibliographie	45
VII.	Annexes	49

Introduction

L'infirmité motrice cérébrale (IMC), ou paralysie cérébrale (P.C.) est le handicap moteur le plus rencontré chez l'enfant. Sa prise en charge multidisciplinaire permettra à l'enfant de développer le plus d'autonomie possible. L'évaluation des capacités motrices de ces enfants est une étape importante dans leur prise en charge thérapeutique, et leur évolution au fil du temps est un bon indicateur de la qualité de cette prise en charge.

Même si l'hydrothérapie n'est pas encore systématique dans la prise en charge de l'IMC, souvent dû à son caractère onéreux, certaines études ont été effectuées sur ses effets, dont plusieurs se sont déjà intéressées à la méthode Halliwick, mais aucune n'a encore quantifié le lien entre cette méthode et les variations d'amplitudes articulaires.

Ce travail s'inscrit dans la continuité de celui exécuté par Alizé FAKHRY, lequel avait analysé l'évolution du tonus des enfants cérébrolésés à la suite d'une séance d'hydrothérapie selon la méthode Halliwick (publié lors de la 1^{ère} conférence ECEBAT- European Conference on Evidence Based Aquatic Therapy). Nos résultats ont de plus été comparés au travail de Melody REMACLE, ayant étudié l'effet d'une thérapie aquatique classique sur les amplitudes articulaires des enfants IMC.

L'intérêt de ce mémoire est d'évaluer les répercussions immédiates, et, sur un laps de temps prolongé de la thérapie Halliwick sur les capacités de mobilité articulaire des enfants. La comparaison de nos résultats avec ceux obtenus par Melody REMACLE permettra aux thérapeutes utilisant les thérapies aquatiques d'adapter ou de juger la méthode la plus adéquate pour les résultats recherchés.

I. Contexte théorique

I. 1 La paralysie cérébrale

I.1.1 Définition

La paralysie cérébrale (PC) est un terme général qui inclut l'infirmité motrice cérébrale (IMC), ainsi que l'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC).

Il s'agit d'un trouble du développement neurologique de la petite enfance, qui persiste durant toute la vie. Elle est la cause la plus fréquente de handicap moteur grave de l'enfance. L'atteinte cérébrale n'entame pas toujours les facultés intellectuelles de l'enfant, ce qui peut lui permettre une scolarisation « ordinaire ». Lorsque les capacités intellectuelles sont touchées, nous parlerons alors d'infirmité motrice d'origine cérébrale (IMOC).

La PC est un syndrome complexe incluant de nombreux aspects cliniques, et dont la définition a souvent été revue :

- Dans les années 40, Mac Keith et Polani ont défini la paralysie cérébrale comme « un trouble persistant, mais non fixé, lié à l'atteinte non évolutive du cerveau qui interfère avec le développement normal de celui-ci. »

- Cette définition a été revue en 1955 par Guy Tardieu, qui y ajouta le concept de compensation du trouble moteur par l'apprentissage. Ce qui permit de diviser la pathologie en IMC et IMOC pour lesquels les aptitudes intellectuelles sont plus fortement réduites.

- En 1964, Bax déclare que la paralysie cérébrale est « un trouble du mouvement et de la posture dû à un défaut ou une lésion du cerveau immature. ». Cette définition sera limitée en excluant tous les troubles de courte durée, ceux dus à une maladie progressive ou une déficience mentale.

- Plus tard, la définition sera affinée par Mutch et ses collaborateurs. En effet, les fluctuations des troubles inclus dans la définition de la paralysie cérébrale additionnée aux avancées des connaissances du développement du nourrisson atteint de PC, les a poussé à redéfinir la paralysie cérébrale comme suit : « c'est un terme générique regroupant les personnes atteintes d'un trouble de déficience motrice non-progressif mais souvent variable, secondaire à des lésions ou anomalies du cerveau survenues dans les premiers stades du développement de

l'enfant. » L'avancée de cette définition sera de mettre en évidence la variabilité du trouble moteur et l'exclusion des enfants atteints d'une maladie progressive.

-En 2004, lors d'un rassemblement international sur la classification et la définition de la paralysie cérébrale, les intervenants ont conclu que la paralysie cérébrale « n'était pas un diagnostic étiologique, mais un terme descriptif clinique. ».

- En 2007, Rosenbaum propose de définir la paralysie cérébrale comme « un groupe de troubles du développement de la motricité (des mouvements et des postures), entraînant une limitation de l'activité, qui sont attribués à des perturbations non progressives qui surviennent lors du développement du cerveau fœtal ou infantile. Les troubles moteurs sont souvent accompagnés de troubles sensitifs, cognitifs, de la communication, de la perception et/ou du comportement, et/ou de crises épileptiques. »

Cette définition traduite de l'anglais, reste la plus actuelle et la plus unifiée à ce jour.

I.1.2 Le polyhandicap

Le polyhandicap est une branche de l'infirmité motrice cérébrale. Il est défini par Boutin comme « un handicap grave, à expression multiple, associant déficience motrice et déficience mentale sévère ou profonde, et entraînant une restriction extrême de l'autonomie et des possibilités de perceptions, d'expression et de relations. » (2001).

I.1.3 Clinique

La gravité des troubles varie en fonction de chaque individu. Elle dépendra de l'étendue et de la localisation des lésions dans le SNC, mais aussi du moment d'apparition de celles-ci.

En effet, le développement moteur de l'enfant se fait de façon proximo-distale. A la naissance, l'enfant présente une hypertonie des quatre membres associée à une hypotonie du tronc. Cette hypotonie va ensuite diminuer avec la maturation cérébrale pour être remplacée par un maintien de la tête et tronc. L'hypertonie des membres, elle aussi, diminuera pour laisser place à une motricité volontaire. Une lésion survenant pendant ce développement cérébral peut donc arrêter l'évolution motrice de l'enfant et celui-ci présentera donc un tableau clinique en fonction du stade de développement dans lequel il se trouvait.

De fait, 2 grandes classifications de la paralysie cérébrale ont été élaborées par l'«International Cerebral Palsy Society » ; la classification suivant la topographie de l'atteinte, ou celle selon l'anomalie neurologique dominante.

A. Classification selon la topographie :

- **Quadriplégie** : Atteinte de tout le corps. Elle associe une insuffisance de tonus au niveau du tronc et une hypertonie des quatre membres. Elle est souvent associée à des anomalies de langage et de coordination oculaire, et le maintien de la tête est très souvent altéré.
- **Triplégie** : rarement observée, c'est l'atteinte de tout le corps mais avec une prédominance aux 2 membres inférieurs et à 1 membre supérieur.
- **Hémiplégie** : atteinte d'un hémicorps. Elle laisse une certaine autonomie à l'enfant, qui sera capable de marcher aux alentours de 2 ans, car l'atteinte prédomine souvent au membre supérieur, avec une attitude en flexion du coude et du poignet et une pronation de la main. Une atteinte faciale est souvent associée, mais on peut aussi retrouver d'autres troubles comme des strabismes, de l'épilepsie, une hémianopsie, une astéréognosie, des troubles visuo-spatiaux, ou des troubles du langage. Cette atteinte est facilement repérable très tôt car l'enfant aura une attitude asymétrique.
- **Diplégie** : atteinte de tout le corps, mais avec une prédominance de la pathologie au niveau des membres inférieurs. Les membres supérieurs seront « malhabiles » et présentent parfois un léger tremblement. Au niveau des membres inférieurs, ils seront en adduction, rotation interne et flexion des genoux et des hanches, avec un équin au niveau du pied. Contrairement à la quadriplégie, le maintien de tête est conservé et le langage reste normal.
- **Monoplégie** : atteinte d'un seul membre, majoritairement un bras.

B. Classification selon l'anomalie neurologique dominante :

- **Spastique** : c'est l'expression la plus fréquente de la paralysie cérébrale, elle représente environ 85% de la population IMC. La définition la plus utilisée pour la spasticité est celle de Lance en 1980. Il la définit comme « une hyperactivité de l'arc réflexe myotatique entraînant une augmentation de la vitesse dépendante du réflexe tonique d'étirement avec exagération des réflexes ostéotendineux. ».

L'atteinte sera d'origine pyramidale et la spasticité sera associée à des déficits moteurs. On y retrouve les formes hémiplegiques, diplegiques et quadriplegiques.

- Dyskinétique : plus rarement observée, ce type d'expression de la paralysie cérébrale n'est représentée qu'à raison d'environ 7% de la population IMC. Contrairement au type spastique, plutôt retrouvé chez des enfants nés prématurément, le type dyskinétique sera majoritairement observé chez des enfants nés à terme, mais avec un antécédent d'ictère ou d'hypoxie sévère périnatale.

Caractérisée par des mouvements et des postures involontaires et non contrôlés, l'atteinte se situe au niveau des noyaux gris centraux, qui ont pour rôle le contrôle des mouvements. Les formes dyskinétiques s'accompagnent souvent d'une dysphagie (trouble de la déglutition) et d'une dysarthrie (trouble de l'articulation verbale), mais généralement, l'enfant ne présente aucun trouble cognitif.

- Ataxique : L'origine de la lésion est cérébelleuse. Cette forme d'IMC est caractérisée par des troubles de l'équilibre, de motricité fine et de la coordination, ce qui entraînera des difficultés à la marche, et un risque de chute élevé. Ces enfants seront plutôt hypotoniques, entraînant des anomalies de la posture. Elles ne représentent que 5 à 7% des cas d'IMC.
- Mixte: les formes mixtes sont une combinaison de spasticité et dyskinésies. Elles résultent d'un enchevêtrement d'atteintes pyramidales et extra-pyramidales.

Les déficiences motrices résultant de déficiences neurologiques sont multiples. Ils associent une faiblesse musculaire et une raideur à des difficultés à commander, organiser et contrôler les mouvements. Ces enfants présentent aussi des troubles dits « associés », comme des troubles d'intégration sensorielle, des troubles du regard, des dyspraxies,...

Selon le niveau d'atteinte, le tableau clinique peut se présenter de différentes façons :

I.1.4 Incidence

La paralysie cérébrale est le trouble moteur le plus fréquent de l'enfant. La prévalence est de 2 à 2,5 pour 1000 naissances.

Dans la majorité des pays, l'incidence de la paralysie cérébrale a tendance à augmenter depuis les années 80. Cette évolution est due à l'amélioration des soins obstétricaux et à

l'augmentation du taux de survie dans les centres néonataux. Cependant, on remarque une évolution de la pathologie vers une majorité de diplégies et de quadriplégies, plutôt que d'hémiplégies. On remarque aussi que les grossesses gémellaires augmentent le risque de paralysie cérébrale, avec une incidence d'1,5 % pour des jumeaux, contre 0,2 % pour un enfant seul. (Keith et coll.)

I.1.5 Etiologie

Connaitre la cause de la paralysie cérébrale n'est pas indispensable dans la prise en charge des déficiences motrices de l'enfant. Elle est surtout utile dans le processus de deuil parental.

On distingue 3 catégories de causes pour la PC. Elles peuvent être anténatales, néonatales ou postnatales (Leroy-Malherbe, 2002). Mais dans la majeure partie des cas, la cause sera une anoxie, provoquant des lésions au niveau du cortex cérébral.

- Causes congénitales : Beaucoup de malformations congénitales conduisent à la paralysie cérébrale. Ces malformations résultent de défauts dans la maturation normale du fœtus. L'anomalie la plus courante est un défaut de fermeture du tube neural. Mais on y retrouve aussi des infections du fœtus ou encore des accidents vasculaires cérébraux.
- Causes néonatales : Elles sont principalement liées aux problèmes de prématurité ou aux problèmes d'accouchement.
La prématurité est la cause la plus importante. Est considéré comme prématuré tout enfant naissant avant 37 semaines d'aménorrhée, mais le risque est plus élevé lorsque l'enfant naît avant 34 semaines d'aménorrhée.
Une souffrance néonatale peut être engendrée par un traumatisme obstétrical ou une hypoxie.
- Causes postnatales : Entre 10 et 25% des cas de paralysie cérébrale ont une origine postnatale. On y retrouve les infections, les maladies métaboliques, mais surtout les traumatismes, tels que le syndrome du bébé secoué, qui amèneront souvent à une quadriplégie spastique sévère, du à des étirements et des déchirures le long des axones et des capillaires du cortex cérébral.

Un lien peut être établi entre les lésions et la symptomatologie. En effet, une ischémie au niveau du cortex chez un nouveau-né non prématuré engendrera une quadriplégie spastique, alors qu'une ischémie au niveau des noyaux gris centraux provoquera des athétoses. Ces

mêmes liens montrent que la prématurité engendre principalement une diplopie spastique (Gaha M. et coll.).

I.1.6 Prise en charge

Comme énoncé précédemment, la paralysie cérébrale se définit comme une pathologie non évolutive. Cependant, une prise en charge soutenue et précoce permettra à l'enfant de développer un maximum d'autonomie. En effet, au cours de sa croissance, l'enfant devra s'adapter aux déséquilibres musculaires et posturaux qu'engendrent sa pathologie. Un point important de la prise en charge de l'enfant sera donc la locomotion. Qu'elle se fasse avec aides technique ou non, elle permettra à l'enfant un niveau d'autonomie minimum.

Sur un second plan, les objectifs de la prise en charge seront aussi de lutter contre les conséquences de sa pathologie comme les faiblesses musculaires, les insuffisances de tonus postural ou le manque de mouvements sélectifs, mais surtout de lutter contre les effets de la spasticité.

Celle-ci a été définie en 1980 par Lance comme «une hyperactivité de l'arc réflexe myotatique entraînant une augmentation de la vitesse dépendante du réflexe tonique d'étirement avec exagération des réflexes ostéotendineux». Elle résulte d'une perte chronique d'influx nerveux inhibiteurs, provoquant une hyperactivité du motoneurone alpha.

Chez l'enfant atteint de paralysie cérébrale, les effets néfastes de la spasticité sont bien connus :

- elle provoque une résistance au mouvement, ce qui augmente la dépense énergétique induite par ce mouvement ;
- elle perturbe l'organisation de la commande motrice ;
- elle limite l'étirement musculaire, ce qui empêche la croissance normale du muscle ;
- elle altère l'équilibre et la coordination.

Lors de la croissance de l'enfant, la spasticité provoquera des déformations osseuses et des rétractions musculaires qui pourront engendrer des compensations.

Paradoxalement, elle peut avoir un effet positif sur la mobilité de l'enfant. En effet, elle va compenser le manque de force musculaire, par une augmentation de tension dans le muscle, ce qui permettra donc à l'enfant spastique, de se tenir debout. Il sera donc important de juger

si elle est délétère à l'enfant, d'un point de vue fonctionnel ou non, afin d'envisager le traitement adéquat.

La prise en charge thérapeutique de la spasticité associe la kinésithérapie, qui reste le traitement principal, à l'ergothérapie, l'utilisation d'orthèses et d'aides techniques, le traitement médicamenteux, le traitement par injection, la chirurgie orthopédique et la neurochirurgie.

Cette kinésithérapie chez l'enfant spastique est primordiale pour prévenir les complications musculo-tendineuses ou articulaires de la pathologie. Elle comprendra plusieurs axes :

- le placement de l'enfant dans des positions contrant les rétractions musculaires, par le port d'orthèses de jour ou de nuit;
- les mobilisations lentes et la réalisation de postures ;
- les techniques neuromotrices, telles que celle de Bobath, dont l'objectif premier est la correction des anomalies de tonus, la suppression des reflexes archaïques, et l'établissement de réactions automatiques.

Le traitement par injection intramusculaire comprend, en première intention, la toxine botulique. Son utilisation chez l'enfant spastique permet d'améliorer la mobilité des bras et des jambes et de diminuer la douleur par réduction des effets douloureux qu'engendre la spasticité. La toxine botulique agit en se fixant sur les récepteurs postsynaptiques à l'acétylcholine ce qui engendre un blocage neuromusculaire. Son efficacité est surtout élevée chez les jeunes enfants, quand les possibilités d'adaptation ainsi que la plasticité cérébrale sont élevées. Ce traitement est souvent associé au port de bottes plâtrées pour maintenir l'augmentation d'amplitude articulaire plus longtemps, mais l'effet ne semble perdurer que quelques mois. Il est également conseillé d'associer ce traitement à une prise en charge kinésithérapique, afin d'améliorer les mouvements sélectifs et ainsi augmenter l'effet de la toxine botulique.

En cas de spasticité très étendue, et qu'il est difficile de juger quels muscles injecter, une « pompe » intra-spinale de Baclofène peut être implantée. Celui ci va diminuer la libération de neurotransmetteurs excitateurs en se fixant sur les récepteurs gaba-B du système nerveux central. L'avantage de cette technique est qu'elle est réversible, et qu'elle autorise une période d'essai.

Certaines molécules sont utilisées dans le traitement par voie orale de la spasticité. On y retrouve le dantrolène, les benzodiazépines ou encore la tizanidine.

Le dantrolène est un antispastique, il diminue la libération de calcium au niveau du reticulum sarcoplasmique ce qui diminue l'excitabilité des fibres musculaires. (Gay S., Egon G.)

Les benzodiazépines se fixent sur des sites spécifiques de la surface externe des récepteurs GABA_A. Elles augmentent la fréquence d'ouverture des canaux, ce qui augmente les courants d'ions Cl⁻ inhibiteurs, donc renforce l'inhibition synaptique.

La tizanidine bloque la libération de neurotransmetteurs tels que le glutamate ou l'aspartate.

Le traitement chirurgical de la spasticité comprend les allongements musculo-tendineux, tels que ceux du psoas et des adducteurs, hautement indiqué pour améliorer l'abduction de hanche en cas d'enfant spastique sévère ou avec une démarche «en ciseaux ».

Dans d'autres cas, le traitement chirurgical peut aussi consister en des raccourcissements osseux tels que l'ostéotomie fémorale proximale, indiquée pour fournir une dérotation, ou encore en cas de déficit d'extension ou de flexion.

I. 2 La thérapie aquatique et la méthode Halliwick

La thérapie aquatique offre de nombreuses possibilités de découverte et d'apprentissage de nouvelles compétences de mouvement pour l'enfant paralysé cérébral. Cela lui permettra d'augmenter ses aptitudes fonctionnelles et sa mobilité, mais aussi renforcera sa confiance en soi.

L'eau possède de nombreuses qualités physiques qui peuvent être exploitées à des fins thérapeutiques, dont la principale est la flottabilité. En effet, lorsqu'un corps est immergé jusqu'à la 7^{ème} vertèbre cervicale, son poids ne sera plus que de 10% de celui sur terre, ce qui facilitera l'apprentissage de compétences fonctionnelles comme la marche. Une autre qualité physique de l'eau est sa viscosité, qui engendre une résistance à chaque mouvement, et augmente le temps de réponse à un déséquilibre. L'hydrothérapie permettra donc de travailler l'amélioration des réactions d'équilibre.

De plus, l'immersion dans l'eau tiède d'une personne atteinte de paralysie cérébrale de type spastique, aura pour effet une diminution de l'hypertonie. En effet, lorsque le corps est immergé dans une eau comprise entre 33° et 36°C., sa température de base augmente, réduisant l'activité des fibres gamma, ce qui engendre une réduction de l'activité musculaire, et donc augmente sa relaxation et diminue la spasticité. Cette relaxation musculaire conduira

à une augmentation des amplitudes articulaires ce qui permet à l'enfant de maintenir une meilleure posture.

I.2.1 Le concept Halliwick

« Le concept Halliwick est une approche pour apprendre aux gens, principalement ceux avec des difficultés physiques et/ou d'apprentissage, à participer aux activités aquatiques, à bouger de manière indépendante dans l'eau, et à nager » (IHA,2000)

Le concept a été développé en 1949 par James McMillan, ingénieur et professeur de natation, et est basé sur l'hydrostatique, la dynamique de l'eau et celle du corps.

Depuis sa création, le concept a évolué, mais la philosophie originale est toujours présente. Celle-ci repose sur :

- L'encouragement à la participation aux activités aquatiques
- L'encouragement de l'indépendance dans les mouvements
- L'apprentissage de la nage.

L'accent a toujours été mis sur le plaisir du nageur à être dans l'eau ainsi que celui de l'apprentissage.

A fil des séances, les nageurs vont apprendre à contrôler leur équilibre dans l'eau, et ce, sans moyens de flottaison. En effet, la méthode Halliwick proscrit leur port, pour de multiples raisons :

- Ils empêchent les mouvements de rotation. Or, ceux-ci sont indispensables à l'apprentissage du maintien d'une position dans laquelle il est possible de respirer, ou pour reprendre cette position en venant de tout autre.
- Ils maintiennent le visage hors de l'eau, ce qui n'encourage pas à la maîtrise autonome de la respiration. Ils peuvent aussi maintenir une personne face vers le bas dans l'eau.
- Ils rendent le maintien de la tête hors de l'eau trop facile, ce qui empêche l'apprentissage d'un bon contrôle postural dans l'eau.
- Ils peuvent provoquer un faux sentiment de sécurité, et une dépendance. De plus, il y a toujours un risque de rupture des aides de flottaison.

Le concept Halliwick est un programme en 10 points. Ils ont été instaurés dans le but d'établir une suite logique entre la première expérience aquatique jusqu'à une course de natation

basique. Il n'est pas nécessaire de totalement maîtriser une étape avant de passer à la suivante. Il est par contre important de continuer à travailler les points précédents afin de les affiner.

1) Ajustement mental

C'est la capacité à réagir dans un environnement différent. Le point principal de cette étape est le contrôle de la respiration, ce qui inclut la capacité à souffler quand la bouche ou le nez entre en contact avec l'eau. Le nageur doit se sentir à l'aise dans l'eau.

2) Désengagement

C'est l'étape visant l'indépendance physique, mais aussi mentale du nageur. C'est à ce moment qu'il va commencer à explorer la piscine, en s'éloignant du bord ou en lâchant le thérapeute.

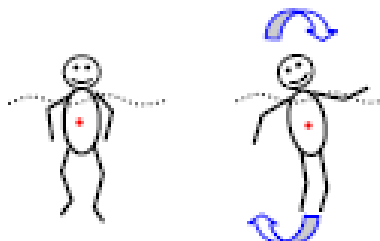
3) Contrôle de la rotation transversale

Il s'agit de la capacité à contrôler les mouvements autour de l'axe transversal, passant par les 2 hanches, tels que passer de la position debout à couché sur le dos. Ces mouvements, même si très petits au départ, deviennent plus utiles lorsque le nageur commence à déplacer son centre de gravité en avant et en arrière.



4) Contrôle de la rotation sagittale

Contrôle des rotations autour d'un axe antéro-postérieur. Cela inclut les mouvements de flexion latérale à partir de chaque partie de la colonne vertébrale. Ces rotations sont intéressantes dans pour la mobilisation et stabilisation de la colonne vertébrale, mais aussi dans la facilitation des réactions de redressement et d'équilibre.



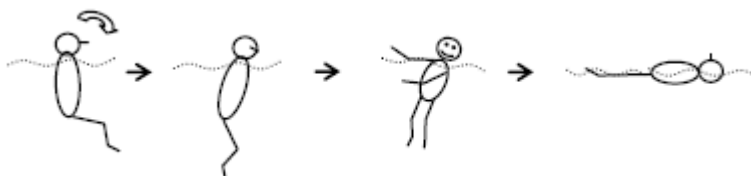
5) Contrôle de la rotation longitudinale

Contrôle des mouvements de rotation autour d'un axe longitudinal. Le but final de cette étape est un tour de 360°, avec retour à la position couchée sur le dos, qui est considérée comme une position de sécurité pour la respiration. Cette rotation nécessite une dissociation complète entre la tête, la ceinture scapulaire et la ceinture abdominale lors d'un mouvement rapide qui inclut aussi le maintien de la respiration.



6) Contrôle de la rotation combinée

Le contrôle de la rotation combinée permet un contrôle de mouvements en 3 dimensions pour le nageur. Elle peut sembler plus difficile à maîtriser que les rotations individuelles, mais c'est en réalité assez facile, car elle combine des rotations déjà maîtrisées. Le but de cette étape est de pouvoir maîtriser une perte d'équilibre et retourner dans une position couchée.



7) Soulèvement

La poussée vers le haut est une propriété physique de l'eau, permettant aux nageurs de flotter. Cette étape représente la nécessité que doit avoir le nageur d'avoir confiance en l'eau. Elle est parfois appelée « inversion mentale » car elle demande au nageur d'inverser sa pensée, et de se rendre compte qu'ils ne vont pas couler mais flotter. Les exercices proposés pour cette étapes sont le ramassage d'objet sur le sol de la piscine, et la prise de conscience que c'est la poussée d'Archimède qui va ramener le nageur à la surface, ou l'exécution d'un poirier dans l'eau en réfléchissant au support qu'offre l'eau pour maintenir la position.

8) Equilibre dans le calme

Cette étape est l'apprentissage du maintien de n'importe quelle position de façon détendue, et dans le calme. L'important est la concentration sur la position, l'équilibre et la stabilité, même en eau turbulente. Les compensations telles que des mouvements de bras sont interdites. Le thérapeute va perturber le nageur par des turbulences dans l'eau autour de lui.

9) Glissade turbulente

Le nageur est en position couchée sur le dos, et le thérapeute le déplace dans l'eau sans contact physique entre eux, par des turbulences sous les épaules du nageur. Le nageur doit contrôler les rotations indésirables, mais ne peut faire de mouvements de propulsion.

10) Simples mouvements de natation

Cette étape constitue la maîtrise de mouvements de propulsion simples, que ce soit avec un bras, les jambes ou même avec des mouvements du tronc. L'objectif est d'introduire des mouvements périphériques tout en maintenant un contrôle adéquat au niveau du tronc et de la tête. Le nageur va devoir contrôler à la fois sa stabilité et ses mouvements de propulsion. Cette étape demande donc une double tâche, ce qui la rend plus difficile.

Lors de la prise en charge d'un patient atteint de paralysie cérébrale par la thérapie Halliwick, le thérapeute peut juger non nécessaire de travailler les 10 points décrits ci-dessus. Il peut sélectionner lesquels de ces points sont les plus importants pour le patient ainsi que la meilleure façon de travailler ces points choisis, tout en ayant les principes de la thérapie bien en tête. Les praticiens de la méthode Halliwick présentent les exercices de manière ludique, en faisant attention à ce que chacun de ces exercices ait un sens pour le patient lorsqu'il est dans l'eau, mais en espérant aussi que les effets se répercutent sur terre.

I.2.2 Quelques résultats objectivés par la méthode Halliwick relatifs à nos mesures

Une étude réalisée par K. Mackinnon, sur des patients en phase post-aigue après AVC, a analysé l'effet de la thérapie Halliwick sur la stabilité posturale. Les patients bénéficiaient de 3 séances d'hydrothérapie selon Halliwick par semaine, en plus de leurs 2 séances de kinésithérapie conventionnelle 2 fois par semaine. Les résultats étaient mis en parallèle avec un groupe contrôle, qui bénéficiaient de 5 séances de kinésithérapie conventionnelle par semaine. Les effets des thérapies sur les deux groupes étaient mesurés par l'échelle de Berg.

Après 2 semaines de traitement, dans le groupe ayant suivi la thérapie Halliwick, 83,3% des patients présentaient une amélioration significative sur l'échelle de Berg, contre 46,7% dans le groupe contrôle.

Cette étude montrait donc un effet positif de la thérapie Halliwick sur des aspects de la mobilité de patients victimes d'un AVC.

Une autre étude, ayant pour but d'analyser les effets de la thérapie Halliwick sur la spasticité, avait démontré une diminution significative et durable de la spasticité.(Fakhry A.)

I. 3 Bilan articulaires chez l'enfant IMC

I.3.1 Généralités

Le bilan articulaire d'un enfant IMC est une étape importante lors de l'examen clinique complet. Il permettra d'établir le programme de la prise en charge, mais, s'il est réalisé de façon régulière, de suivre de façon quantitative l'évolution de l'enfant au cours du traitement, et donc d'évaluer les effets des thérapies utilisées. Il permet de quantifier les éventuelles déformations orthopédiques, d'évaluer la latitude articulaire, mais aussi d'apprécier les sensations de fin de course ainsi que la douleur.

Pour évaluer des amplitudes articulaires, il est indispensable de se munir d'instruments permettant d'objectiver les résultats. Il existe de nombreuses techniques, et il est important de bien choisir parmi elles, celle qui sera la plus adaptée à la situation.

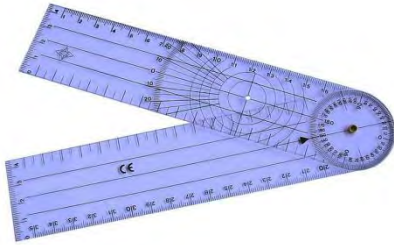
I.3.2 Les différents goniomètres

Le goniomètre est un instrument servant à mesurer des angles. Il existe différents types de goniomètres :

- les goniomètres à branches, ce sont les plus courant. Les deux branches sont reliées par un axe commun et rejoignent un cadran gradué en degrés (360° ou 180°). Une des deux branches est fixe, et l'autre est mobile. Le centre de rotation du goniomètre doit se placer en regard de l'articulation à évaluer. Leur avantage est qu'ils peuvent être utilisés dans n'importe quelle position du patient, et ce, dans tous les plans du corps.

Il existe plusieurs types de goniomètres à branches :

Goniomètre de Cochin :



En plastique, il est petit, léger, peu onéreux. Mais la précision de ses mesures est discutable dû à la petite taille de ses branches, mais aussi à l'usure rapide de l'encre.

Goniomètre de Houdre :



Possède de grandes branches, utiles pour les articulations à grands bras de levier.

Goniomètre de Tuefferd :



Présente un cadran de 180° et des branches assez courtes.

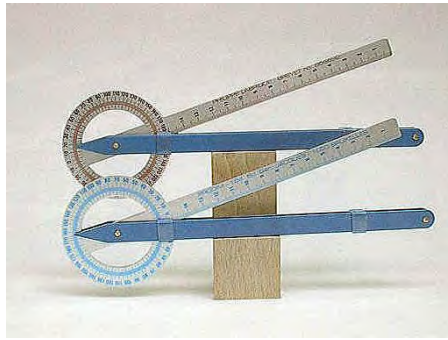
Goniomètre de Balthazar :



Possède de très petites branches, permettant de mesurer les articulations des orteils et des doigts.

- les goniomètres faisant référence à la verticale. Ils sont donc soumis à la pesanteur. Il en existe deux types. Ceux munis de 2 branches et d'une aiguille lestée au niveau du cadran. Ou ceux plus communément appelés « inclinomètres », possédant un cadran blocable tous les 90°, ce qui permet de placer le zéro dans la position de référence.

Goniomètre de Labrique :



Cadran gradué de 360°. Son utilisation n'est pas aisée, car l'aiguille est difficile à stabiliser.

Inclinomètre / plurimètre de Rippstein :



Cadran fixé sur un support. Il a l'avantage de ne pas devoir être fixé en regard de l'articulation, mais peut être simplement fixé sur le segment mobile. Par contre, au vu du manque d'horizontalité de la peau, on observe des variations angulaires de l'ordre de 5 à 10°.

- les goniomètres faisant référence à l'horizontale. On y retrouve le goniomètre de Myrin, qui consiste en un récipient rotatif rempli de fluide monté sur une plateforme. Il est constitué d'une aiguille de boussole qui réagit au champ magnétique de la terre, d'une aiguille d'inclinaison qui est influencé par la force de gravité, et d'un cadran gradué. L'aiguille de boussole mesure les mouvements dans le plan horizontal, alors que l'aiguille d'inclinaison mesure les mouvements dans les plans frontal et sagittal. Il possède 2 attaches Velcro permettant d'attacher le goniomètre au segment corporel.



I.3.3 Méthodologie d'utilisation

Une des étapes majeures de la prise de mesures est la palpation anatomique. 3 points sont utiles à la prise de mesure et leur repérage doit être rigoureux. Ces points sont souvent des repères osseux, faciles à repérer. Un premier point correspond au centre de rotation de l'articulation, en regard duquel sera placé le centre du goniomètre. La branche fixe sera placée vers le repère osseux du segment proximal de l'articulation, alors que la branche mobile sera dirigée vers le repère osseux du segment distal.

La goniométrie se base sur le principe de « la référence zéro », c'est-à-dire la position neutre, à partir de laquelle les mouvements vont être effectués. Il est important de mesurer cette référence zéro, car elle ne correspond pas toujours à 0. Dans certains cas, une amplitude de départ est mesurée, et il ne faudra pas omettre de la déduire de l'amplitude finale obtenue.

II. Matériel et méthode

II. 1. Population

L'étude a été réalisée sur un échantillon de 15 enfants, 10 filles et 5 garçons, âgés de 4 à 14 ans, scolarisés au Centre Arnaud Fraiteur ; centre de jour et d'hébergement pour enfants atteints de paralysie cérébrale. Tous présentent une spasticité.

Tableau 1 : détail de l'échantillon

Sujet	Sexe	Age	Pathologie	Aide
1	Fille	14 ans	Quadriplégie spastique à prédominance droite.	Chaise électronique
2	Fille	11 ans	Quadriplégie spastique à prédominance gauche.	Chaise électronique
3	Fille	10 ans	Diplégie spastique à prédominance gauche.	Cannes
4	Fille	8 ans	Diplégie spastique à prédominance gauche.	Cadre de marche
5	Fille	6 ans	Quadriplégie spastique à prédominance gauche.	Chaise électronique
6	Fille	11 ans	Quadriplégie spastique à prédominance droite.	Chaise électronique
7	Fille	9 ans	Quadriplégie athétosique	Chaise électronique

			spastique à prédominance droite.	
8	Garçon	12 ans	Quadriplégie spastique à prédominance gauche.	Chaise manuelle → enfant non autonome
9	Fille	8 ans	Diplégie ataxique spastique à prédominance droite.	Cadre de marche avec corset
10	Garçon	11 ans	Diplégie spastique à prédominance gauche.	Cannes
11	Garçon	6 ans	Diplégie spastique à prédominance gauche.	Cadre de marche
12	Garçon	4 ans	Hémiplégie spastique à prédominance droite.	néant
13	Fille	13 ans	Diplégie ataxique spastique à prédominance gauche.	néant
14	Fille	8 ans	Quadriplégie spastique à prédominance gauche.	Chaise électronique
15	Garçon	8 ans	Hémiplégie spastique à prédominance gauche.	néant

L'étude a été acceptée par le Comité d'Ethique de l'Hôpital universitaire des enfants Reine Fabiola.

II. 2. Matériel

- Un goniomètre à branches
- Une piscine dont la température de l'eau est de $34^{\circ}\pm 2^{\circ}\text{C}$.
- Un vestiaire chauffé à 24°C .
- Un tapis Airex

II. 3. Protocole expérimental

L'enfant arrive en piscine, est déshabillé et placé en décubitus dorsal sur un tapis Airex. Des mesures d'amplitudes sont prises avec un goniomètre à 2 branches, en plaçant le centre du goniomètre en regard de l'articulation mesurée, au niveau du centre moyen de rotation. Les branches du goniomètre sont placées dans le prolongement des repères articulaires des 2 segments de l'angle à mesurer. Nous commençons par la flexion/extension du poignet, puis la flexion du coude, pour terminer par la flexion de l'épaule. Nous continuons par la flexion de la hanche, la flexion/extension du genou et de la cheville. L'enfant est ensuite placé en décubitus ventral pour la mesure d'extension de hanche.

L'enfant suit sa thérapie aquatique, qui dure 20 à 30 minutes et réalisée selon le concept Halliwick. Lors de la séance, les enfants n'ont aucune aide de flottaison et aucun maintien de la tête. Pour rappel, la méthode est constituée de 10 points, mais dans notre étude, les enfants n'ont travaillé que les 5 premiers car les grands mouvements de rotation influencent la mobilité articulaire et l'hypothèse est qu'il existe des différences mesurables avant et après la thérapie.

Ces 5 points sont :

1. L'ajustement mental : apprentissage des bonnes réactions dans l'eau et du contrôle respiratoire.
2. Le contrôle de la rotation sagittale
3. Le contrôle de la rotation transversale
4. Le contrôle de la rotation longitudinale
5. Le contrôle de la rotation combinée : mouvement de tire-bouchon.

Les mesures ont été effectuées sur l'hémicorps de l'enfant présentant les plus forts symptômes de sa pathologie.

Comme ce travail a été réalisé conjointement avec celui de Melody Remacle, l'enfant a soit reçu une thérapie dite classique, soit la thérapie spécifique Halliwick. Lors des prises de mesures, les expérimentateurs (l'un évitant les réactions associées, l'autre prenant les mesures) n'étaient pas au courant de la thérapie utilisée lors de la séance.

Une fois la thérapie terminée, les mesures d'amplitudes sont réévaluées selon les mêmes modalités qu'expliquées précédemment. Plus tard, lors du retour au centre, ces mesures sont réeffectuées mais l'enfant était légèrement habillé.

II. 4. Technique statistique

Les traitements statistiques ont été réalisés à l'aide du logiciel SPSS, version 22.0. Il nous a permis de traiter et analyser les données récoltées lors des expériences, en utilisant les outils descriptifs et graphiques ainsi que les tests classiques d'inférence statistique. Ceux-ci ont pour but de projeter les résultats obtenus pour l'échantillon sur la population entière, afin de confirmer ou infirmer l'hypothèse émise.

Le logiciel SPSS fournit le degré de signification du test (appelé p-valeur).

- Lorsque cette p-valeur est supérieure à 0,05 ($p \geq 0,05$), le résultat du test est qualifié de non significatif (NS).
- Si celle-ci est comprise entre 0,01 et 0,05 ($0,01 \leq p < 0,05$), le résultat est qualifié de significatif (S*).
- Une p-valeur comprise entre 0,001 et 0,01 ($0,001 \leq p < 0,01$), conclut à un résultat hautement significatif (HS**).
- Lorsque la p-valeur est inférieure à 0,001 ($p < 0,001$), le résultat du test est qualifié de très hautement significatif (THS***).

Afin de s'assurer de la normalité de nos variables, nous avons procédé au test de Kolmogorov-Smirnov, nous permettant d'évaluer l'écart maximum entre la fonction de répartition de la variable testée et celle d'une variable gaussienne. Suite à sa réalisation, nous n'avons pas conclu à un rejet de la normalité.

Notre étude étant construite sur des observations successives, effectuées sur les mêmes sujets à des moments différents, l'analyse de variance à un facteur, utilisant le temps comme critère

de classification a pu être réalisée. Toutefois, cette analyse requiert que la condition de sphéricité soit respectée. Celle-ci a pu être testée par l'intermédiaire du test de sphéricité de Mauchly.

Le principe de l'analyse de variance est de comparer les moyennes de plusieurs populations (supposées normales et de même variance). Elle va comparer la variance intra-échantillon, à celle inter-échantillons. Le rapport de ces 2 variances nous donne la valeur F. Lorsque celle-ci est égale à 1 (ou très proche), nous valideront l'hypothèse nulle (pas de différence entre les moyennes).

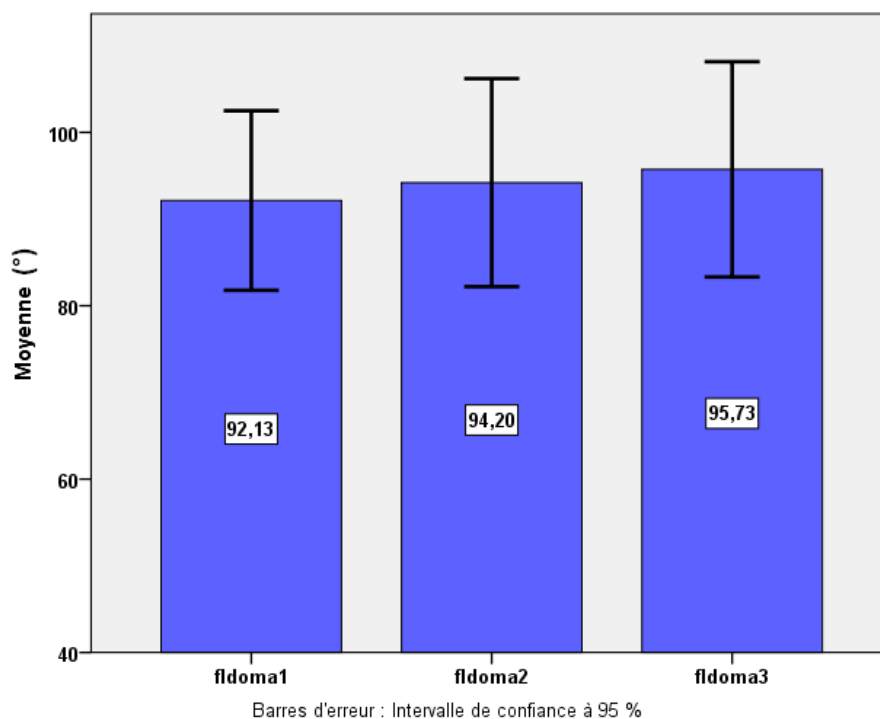
Afin de conclure notre test, le logiciel SPSS nous fournit aussi la p-valeur, nous permettant de qualifier de significatif ou non, la différence de moyennes des échantillons. Cette p-valeur nous est donnée pour l'analyse globale des résultats, c'est-à-dire en prenant en compte les 3 temps (avant – après – lors du retour au centre), ou de façon spécifique entre le temps 1 et le temps 2, le temps 1 et le temps 3 ou entre le temps 2 et le temps 3.

III. Résultats :

III. 1 Flexion dorsale de la main

Lorsque nous examinons les variations d'amplitudes pour la flexion dorsale de la main, nous observons que la moyenne avant séance d'hydrothérapie (temps 1) est de $92,13^{\circ} \pm 18,7^{\circ}$. Celle-ci a augmenté à $94,20^{\circ} \pm 21,7^{\circ}$ juste après la séance (temps 2), et à $95,7^{\circ} \pm 22,4^{\circ}$ au retour au centre (temps 3).

Graphe 1 : moyennes d'amplitudes de flexion dorsale de la main aux temps 1 (fldoma1), 2 (fldoma2) et 3 (fldoma3).

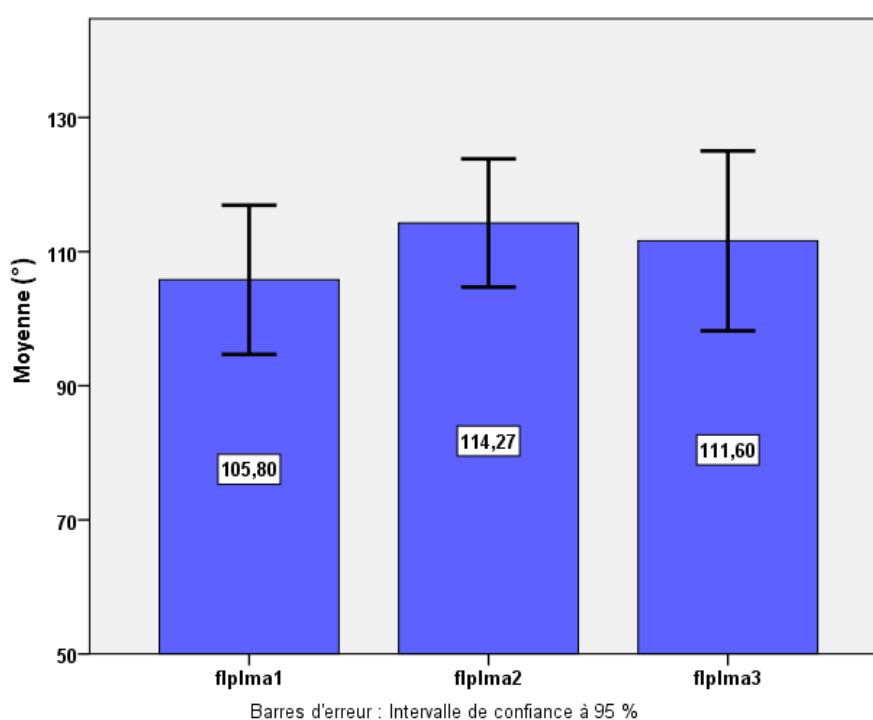


Après analyse des résultats, nous obtenons une signification globale du test ANOVA de 0,235 (F observé = 1,526 / p -test de Mauchly = 0,706), donc nous n'observons pas d'augmentation significative de l'amplitude articulaire pour la flexion dorsale de la main.

III. 2 Flexion palmaire de la main

Avant séance, l'amplitude moyenne de flexion palmaire du poignet était de $105,8^{\circ} \pm 20,1^{\circ}$. Après séance, la moyenne a augmenté à $114,3^{\circ} \pm 17,3^{\circ}$, pour ensuite rediminuer à $111,6^{\circ} \pm 24,2^{\circ}$ lors du retour au centre.

Graphe 2 : moyennes d'amplitudes de flexion plantaire de la main aux temps 1 (flplma1), 2 (flplma2) et 3 (flplma3).



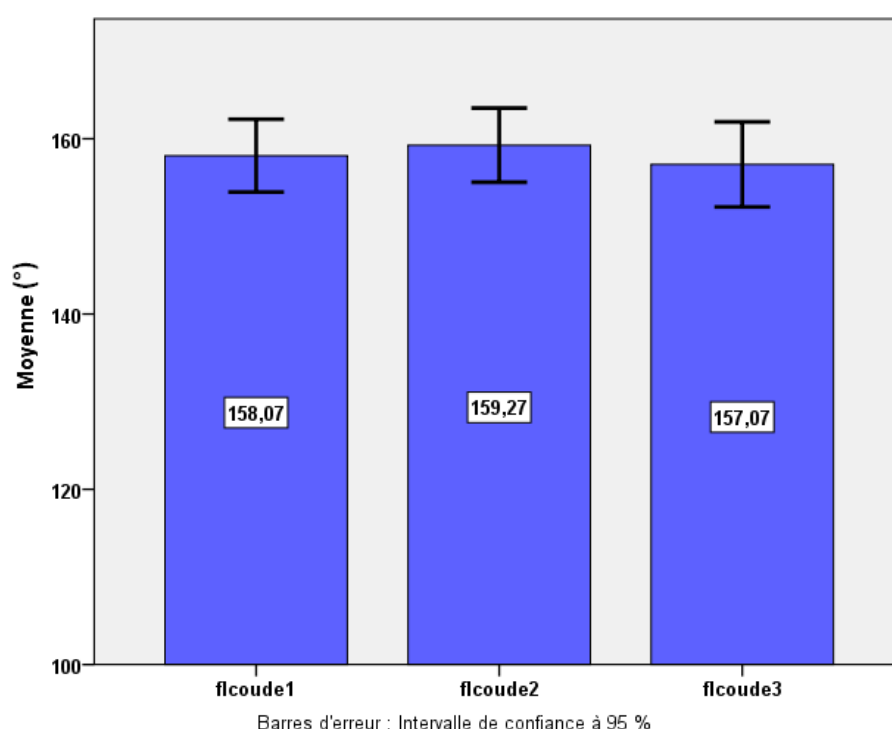
Globalement, après analyse des résultats, nous obtenons une signification globale du test ANOVA de 0,160 ($F_{\text{observé}} = 1,960$ / $p\text{-test de Mauchly} = 0,007$), donc nous n'observons pas d'augmentation significative de l'amplitude articulaire pour la flexion palmaire de la main.

Cependant, lorsqu'on regarde la différence d'amplitude au temps 1 et au temps 2, celle-ci montre une augmentation hautement significative ($p=0,007$).

III. 3 Flexion du coude

Avant séance, l'amplitude moyenne de flexion du coude était de $158,1^{\circ} \pm 7,5^{\circ}$. Après séance, la moyenne a augmenté à $159,3^{\circ} \pm 7,6^{\circ}$, pour ensuite descendre à $157,1^{\circ} \pm 8,8^{\circ}$ lors du retour au centre.

Graph 3 : moyennes d'amplitudes de flexion du coude aux temps 1 (flcoude1), 2 (flcoude2) et 3 (flcoude3).

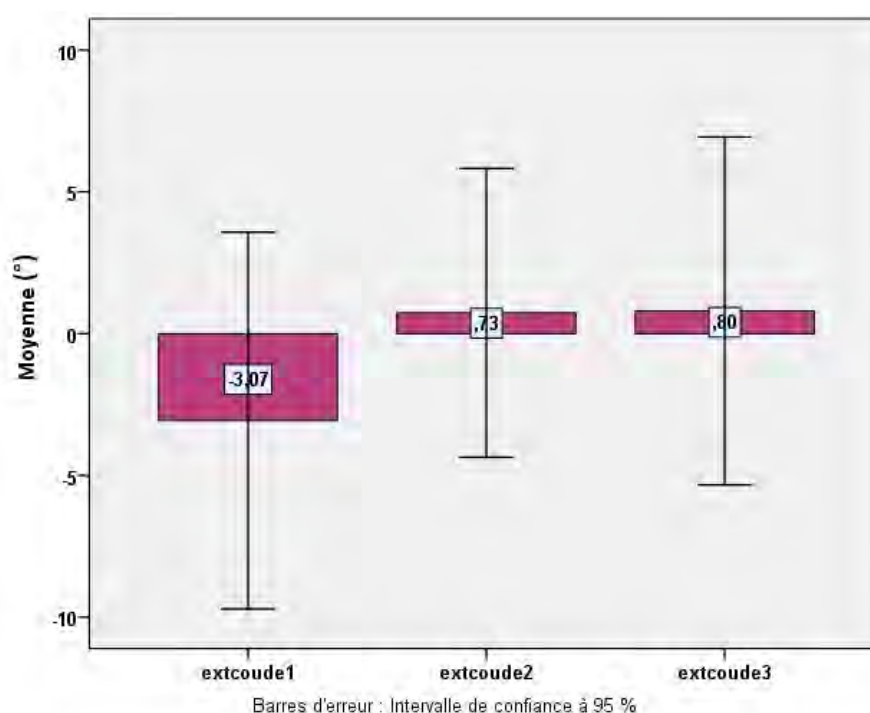


Après analyse globale des résultats, nous obtenons une signification globale du test ANOVA de 0,040 (F observé = 3,616 / p -test de Mauchly = 0,41). Nous pouvons donc objectiver une augmentation significative d'amplitude globale de flexion du coude.

III. 4 Extension du coude

Avant séance, lors de l'analyse de l'extension du coude, nous observons un flexum moyen de $3,1^{\circ} \pm 12,0^{\circ}$. Après séance, nous obtenions en moyenne une extension de $0,73^{\circ} \pm 9,2^{\circ}$, et lors du retour au centre, cette extension était en moyenne de $0,8^{\circ} \pm 11,1^{\circ}$.

Graph 4 : moyennes d'amplitudes d'extension du coude aux temps 1 (extcoude1), 2 (extcoude2) et 3 (extcoude3).

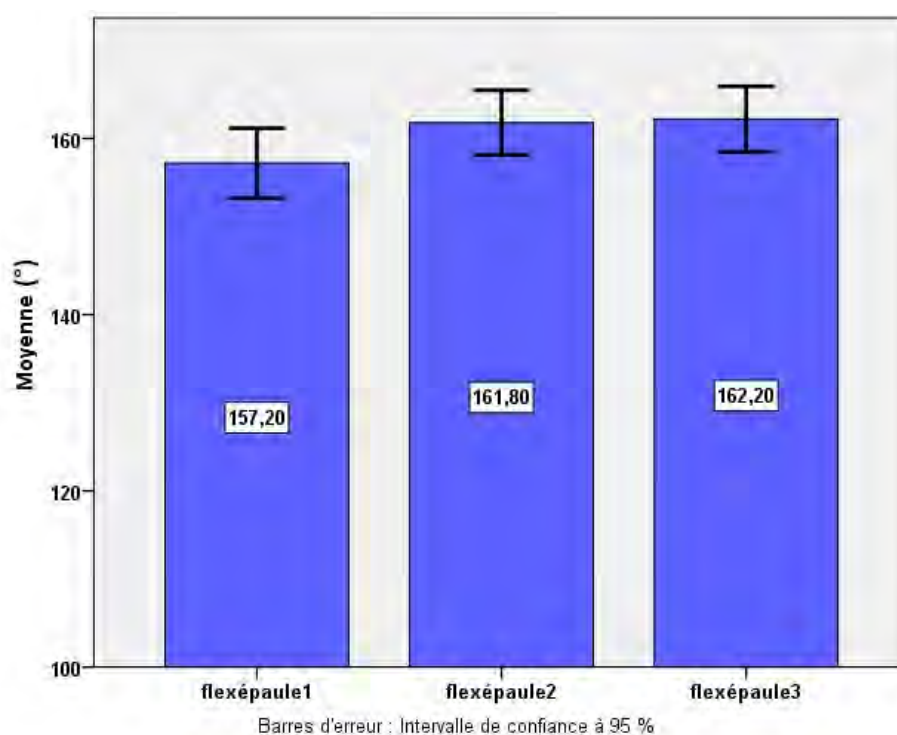


Après analyse, nous obtenons une signification globale selon le test ANOVA de 0,00026 ($F_{\text{observé}} = 11,243$ / $p\text{-test de Mauchly} = 0,321$). Ce résultat est donc hautement significatif. Lors de l'analyse des comparaisons appariées, nous pouvons observer une augmentation hautement significative de l'amplitude entre le temps 1 et le temps 2 ($p=0,03$), ainsi qu'entre le temps 1 et le temps 3 ($p=0,009$).

III. 5 Flexion de l'épaule

L'amplitude articulaire moyenne de flexion de l'épaule avant séance d'hydrothérapie était de $157,2^{\circ} \pm 7,2^{\circ}$. Après la séance, celle-ci a augmenté à $161,8^{\circ} \pm 6,6^{\circ}$, et lors du retour au centre, elle atteignait $162,2^{\circ} \pm 6,7^{\circ}$.

Graph 5 : moyennes d'amplitudes de flexion de l'épaule aux temps 1 (flexépaule1), 2 (flexépaule2) et 3 (flexépaule3).

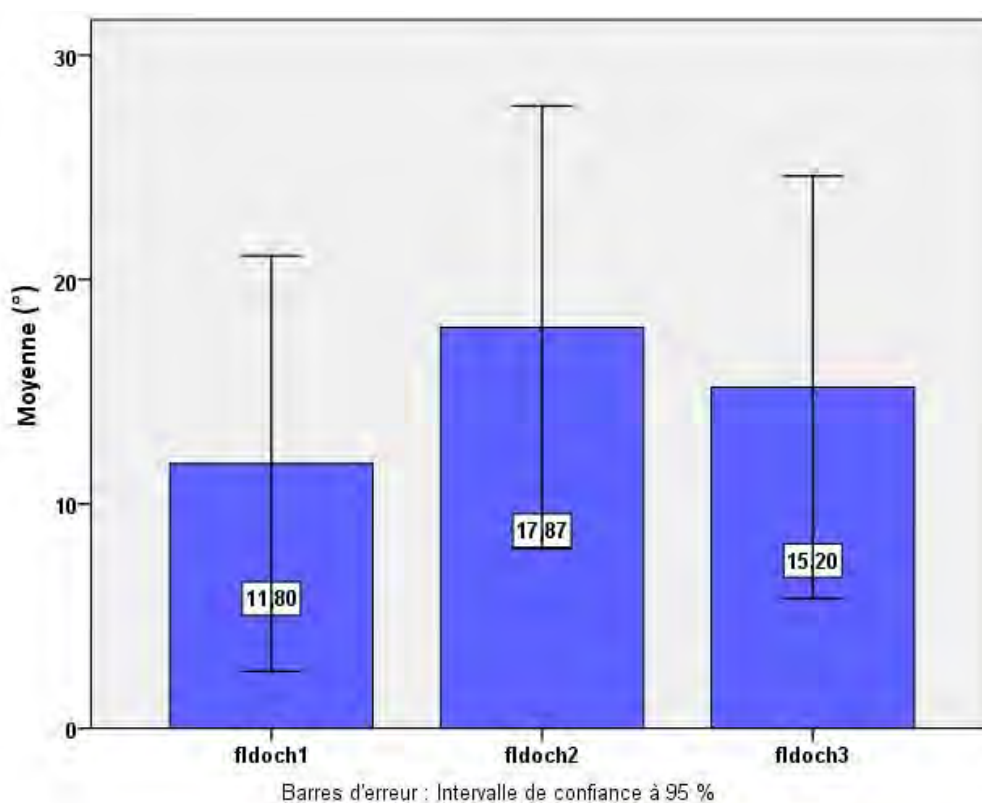


Après l'analyse globale des résultats selon ANOVA, nous obtenons une signification de 0,037 ($F_{\text{observé}} = 3,708$ / $p\text{-test de Mauchly} = 0,765$). Nous observons donc une augmentation significative globale de l'amplitude articulaire après la séance.

III. 6 Flexion dorsale de la cheville

Avant séance d'hydrothérapie, l'amplitude articulaire moyenne de flexion de la cheville valait $11,8^{\circ} \pm 16,7^{\circ}$. Après la séance, cette valeur a augmenté à $17,9^{\circ} \pm 17,8^{\circ}$, pour redescendre, lors du retour au centre, à $15,2^{\circ} \pm 17,0^{\circ}$.

Graph 6 : moyennes d'amplitudes de flexion dorsale de la cheville aux temps 1 (fldoch1), 2 (fldoch2) et 3(fldoch3).

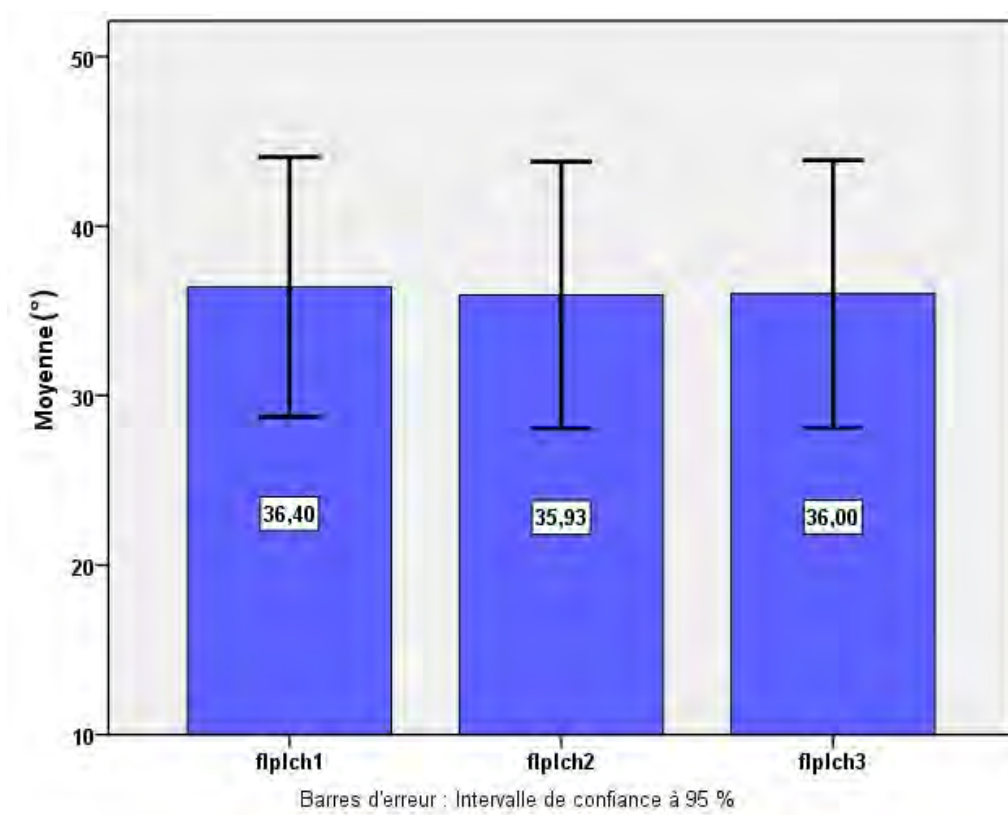


L'analyse de nos résultats selon l'ANOVA donne une signification globale de 0,040 ($F_{\text{observé}} = 3,616$ / $p\text{-test de Mauchly} = 0,434$). Nous concluons donc qu'une augmentation significative d'amplitude de flexion dorsale de la cheville est observable.

III. 7 Flexion plantaire de la cheville

L'amplitude articulaire moyenne de flexion plantaire de la cheville avant séance d'hydrothérapie valait $36,4^{\circ} \pm 13,8^{\circ}$. Celle-ci diminuait après la séance à une valeur de $35,9^{\circ} \pm 14,2^{\circ}$, pour réaugmenter lors du retour au centre à une valeur moyenne de $36,0^{\circ} \pm 14,2^{\circ}$.

Graph 7 : moyennes d'amplitudes de flexion plantaire de la cheville aux temps 1 (flpch1), 2 (flpch2) et 3 (flpch3).

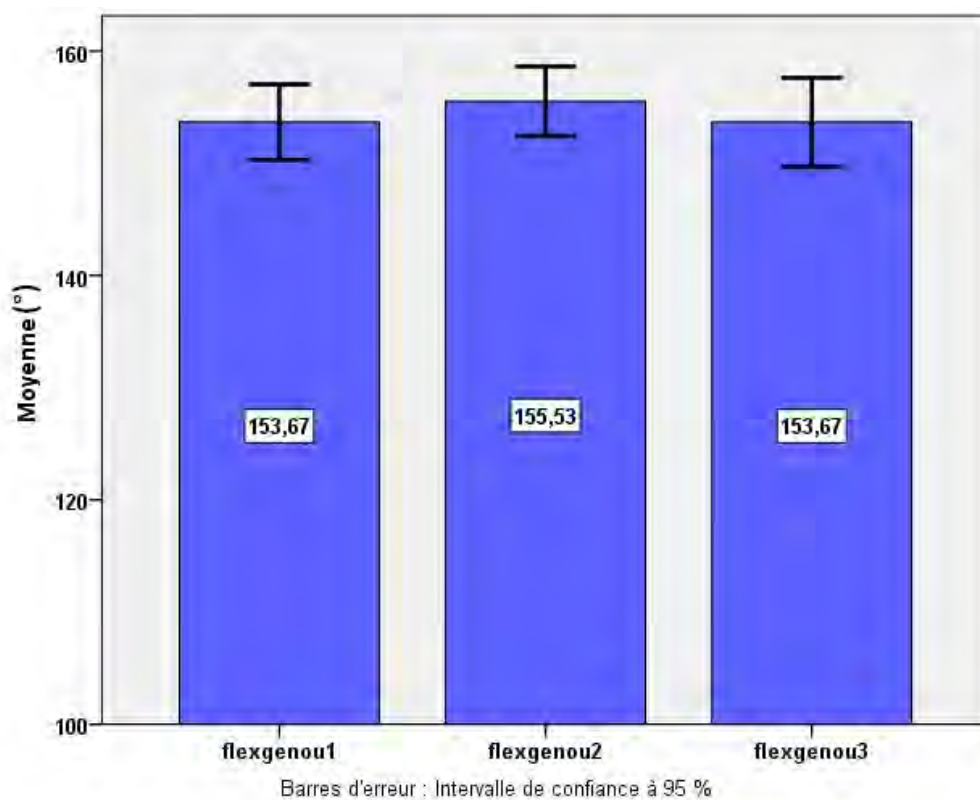


L'analyse globale selon l'ANOVA nous donne une signification de 0,976 ($F_{\text{observé}} = 0,024$: p-test de Mauchly = 0,976). Nous ne concluons donc pas à une augmentation significative d'amplitude articulaire globale de flexion plantaire de la cheville.

III. 8 Flexion du genou

L'amplitude moyenne de flexion du genou avant séance d'hydrothérapie valait $153,7^{\circ} \pm 6,1^{\circ}$. Après la séance, celle-ci avait augmenté à $155,5^{\circ} \pm 5,6^{\circ}$, pour ensuite redescendre à $153,7^{\circ} \pm 7,1^{\circ}$ lors du retour au centre.

Graph 8 : moyennes d'amplitudes de flexion du genou aux temps 1 (flexgenou1), 2 (flexgenou2) et 3 (flexgenou3).



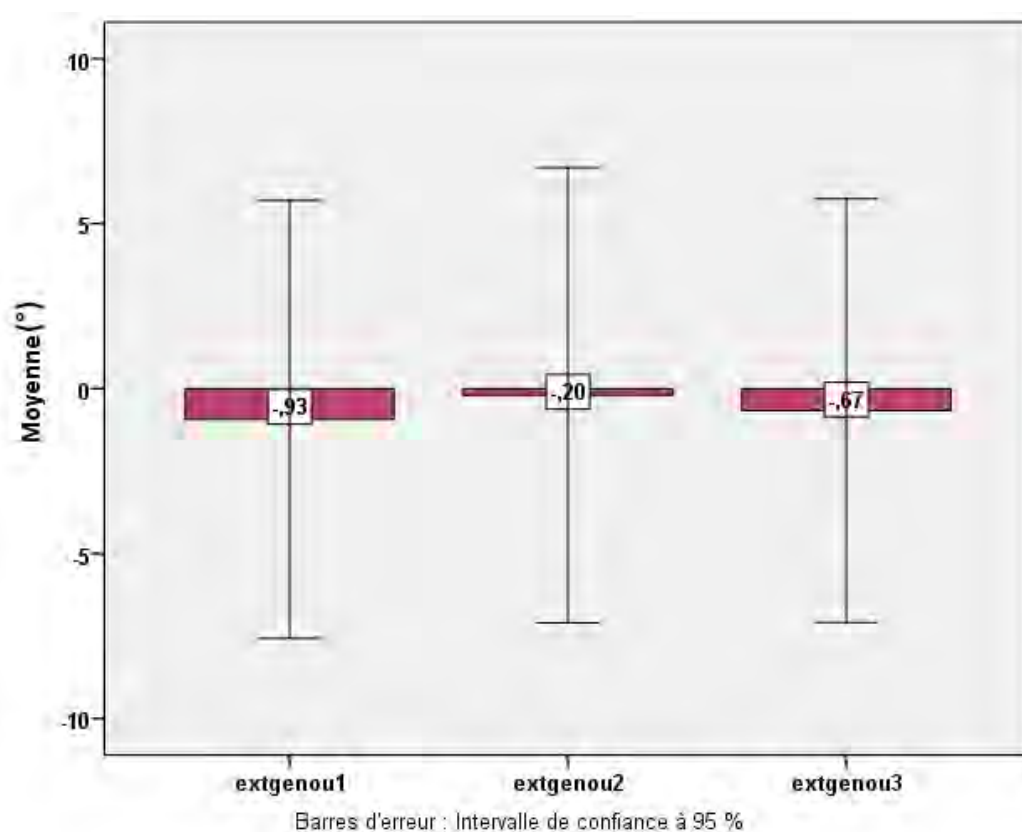
Après analyse globale des résultats selon l'ANOVA, nous obtenons une signification du test de 0,52 (F observé = 3,300 / p -test de Mauchly = 0,136). Nous ne concluons donc pas d'augmentation significative de l'amplitude articulaire lors de la flexion du genou.

Cependant, lorsque nous regardons la différence d'amplitude entre le temps 1 et le temps 2, nous obtenons une augmentation significative de celle-ci ($p = 0,021$).

III. 9 Extension du genou

Lors de l'analyse de l'amplitude articulaire moyenne d'extension du genou avant séance d'hydrothérapie, nous observons une moyenne de $-0,9^{\circ} \pm 12,0^{\circ}$. Ce flexum de genou diminue après la séance à une valeur moyenne de $-0,2^{\circ} \pm 12,5^{\circ}$, pour remonter ensuite à $-0,7^{\circ} \pm 11,6^{\circ}$ lors du retour au centre.

Graph 9 : moyennes d'amplitudes d'extension de genou aux temps 1 (extgenou1), 2 (extgenou2) et 3 (extgenou3).

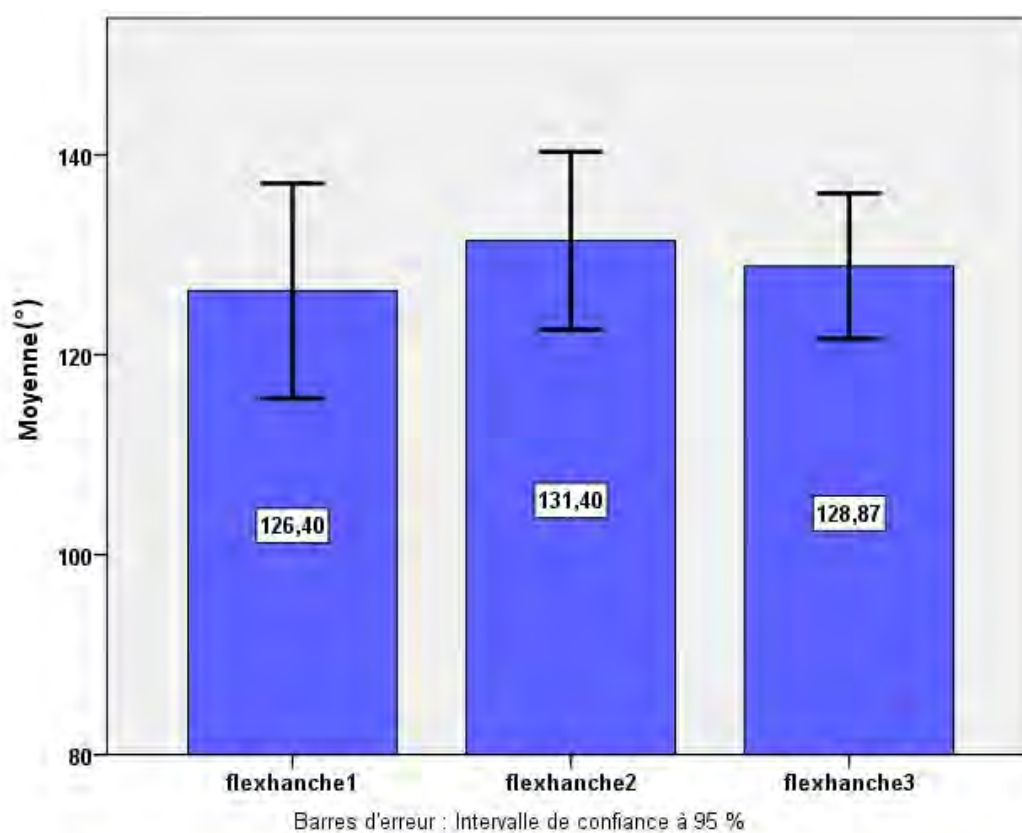


L'analyse globale de la variation d'amplitude selon ANOVA donne une signification de 0,721 (F observé = 0,330 / p -test de Mauchly = 0,802). Nous ne concluons donc pas à une augmentation significative d'amplitude avant et après la séance d'hydrothérapie selon la méthode Halliwick.

III. 10 Flexion de hanche

L'amplitude moyenne de flexion de hanche est de $126,4^{\circ} \pm 19,4^{\circ}$ avant séance d'hydrothérapie. Celle-ci va augmenter après la séance jusqu'à une moyenne de $131,4^{\circ} \pm 16,1^{\circ}$, pour ensuite redescendre à $128,9^{\circ} \pm 13,2^{\circ}$ lors du retour au centre.

Graph 10 : moyennes d'amplitudes de flexion de hanche aux temps 1 (flexhanche1), 2 (flexhanche2) et 3 (flexhanche3).



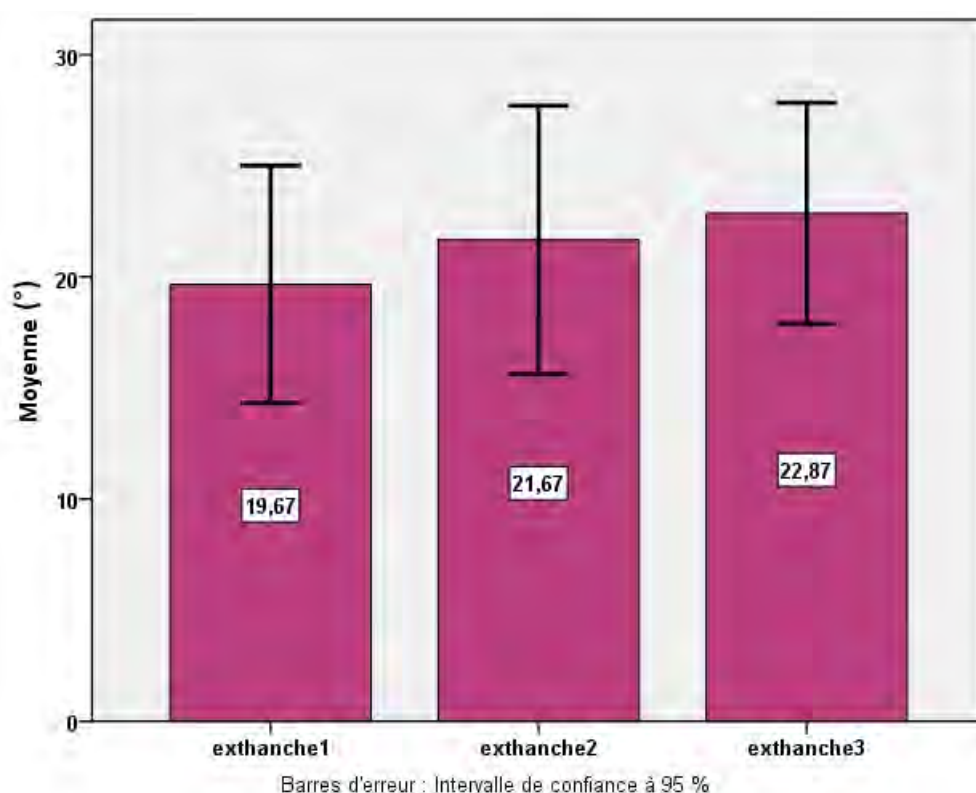
La variation globale d'amplitude calculée par la méthode ANOVA nous donne une signification de 0,215 (F observé = 1,625 / p -test de Mauchly = 0,003). Donc nous n'observons pas d'augmentation globale d'amplitude pour la flexion de hanche.

Néanmoins, lors de l'analyse des comparaisons appariées, nous pouvons observer une augmentation significative d'amplitude entre le temps 1 et le temps 2, avec une signification de 0,037.

III. 11 Extension de hanche

L'extension moyenne de hanche avait une valeur de $19,7^{\circ} \pm 9,6^{\circ}$ avant la séance d'hydrothérapie. Cette amplitude va ensuite augmenter après la séance jusqu'à une valeur de $21,7^{\circ} \pm 10,9^{\circ}$, puis encore lors du retour au centre, à une moyenne de $22,9^{\circ} \pm 9,0^{\circ}$.

Graph 11 : moyennes d'amplitudes d'extension de hanche aux temps 1 (exthanche1), 2 (exthanche2) et 3 (exthanche3).



La signification globale du test ANOVA est de 0,028 ($F_{\text{observé}} = 4,051$ / p-test de Mauchly = 0,013). Nous pouvons donc conclure à une augmentation significative globale d'amplitude lors de l'extension de hanche. Cette augmentation significative est aussi observée lors de la comparaison appariée entre le temps 1 et le temps 2, qui nous donne une signification de 0,019.

IV. Discussion

IV. 1 Analyse des résultats obtenus

L'observation globale des résultats laisse apparaître des augmentations significatives d'amplitudes articulaires après la séance selon Halliwick.

Cette observation serait en accord avec les résultats obtenus lors de l'étude réalisée précédemment par A. Fakhry, concernant l'analyse du tonus avant et après séance d'hydrothérapie selon Halliwick. Cette étude montrait une amélioration significative du tonus après la séance, en particulier pour les articulations du poignet et de la cheville, mettant en évidence une diminution globale de la spasticité, en fonction des échelles d'Ashworth et de Tardieu. Si l'on s'en tient à ces résultats, nous pouvions donc nous attendre à une augmentation de mobilité pour ces mêmes articulations. Même si la spasticité n'est pas toujours synonyme d'amplitude articulaire réduite, si elle n'est pas prise en charge de manière adéquate, elle sera responsable de contractures musculaires, qui elles, engendreront une diminution d'amplitude articulaire passive. Mais la littérature n'attribue pas de lien certain entre la spasticité et la diminution d'amplitude articulaire.

Lorsque nous regardons plus attentivement les résultats de notre étude, nous pouvons observer des variations significatives d'amplitudes entre le temps 1 (avant la séance) et le temps 2 (immédiatement après la séance), pour 4 articulations sur 6. En effet, la flexion du poignet augmente de façon hautement significative, tout comme l'extension du coude. De même que la flexion du genou, ainsi que la flexion et l'extension de la hanche, augmentent de façon significative. Seuls la cheville et l'épaule ne montrent pas d'augmentations significatives avant/ immédiatement après la séance. Cependant, lors de l'analyse globale des résultats de ces 2 articulations, nous pouvons observer une augmentation significative d'amplitude, lorsque les mesures aux 3 temps sont prises en compte. Le résultat hautement significatif de la flexion du poignet est en accord avec ceux obtenus par A. Fakhry lors de son étude du tonus après séance selon Halliwick. Par contre, pour l'articulation de la cheville, nous sommes en désaccord avec cette même étude, qui montrait des résultats hautement significatifs pour les articulations de la cheville et du poignet.

De manière générale, nous pouvons observer que les effets sur les amplitudes sont plus marqués au niveau des membres supérieurs qu'inférieurs et plutôt au niveau proximal. Cette

observation est en accord avec les principes de la thérapie Halliwick, qui est basée sur les rotations au niveau du tronc, mais aussi avec les résultats obtenus par A. Fakhry, qui montraient un effet moins important au niveau des membres inférieurs. Le résultat hautement significatif au niveau de la flexion du poignet pourrait s'expliquer par une influence du proximal sur le distal. Cette hypothèse va dans le sens de celle émise par Coelho de Morais et al. (2009) ainsi que la philosophie de Bobath selon lesquels l'activation des muscles proximaux entraînerait une diminution du tonus au niveau distal. (1st European Conference on Evidence Based Aquatic Therapy)

Il est important de noter que malgré les bonnes conditions de température dans la pièce, les enfants sortant de l'eau avaient parfois un peu froid, ce qui pouvait provoquer une légère crispation. Certains enfants étaient aussi un peu stressés par le goniomètre, ne permettant pas des mouvements amples et faciles. D'autre part, les amplitudes maximales utilisées pour nos mesures, n'étaient pas spécialement attribuées à une sensation de fin de course, mais plutôt à la limite de la douleur. Le confort des enfants était donc pris en compte, afin de délimiter les amplitudes relevées.

De plus, l'étude n'est pas réalisée en laboratoire, mais intégrée dans le quotidien des enfants. La méthode Halliwick est une thérapie basée sur la globalité, et non spécifique à une seule articulation. Le mode opératoire ayant été le plus rigoureux possible, une importance particulière a été portée sur les rotations et le non maintien de la tête des enfants.

Une limite supplémentaire de l'étude est attribuée à la prise de main lors de la séance. En effet, selon que celle-ci soit proximale ou distale, le maintien de l'enfant est différent et les répercussions sur son travail vont être modifiées. Une attention particulière a donc été portée sur le fait que cette prise de main soit toujours la même pour chaque enfant, mais certains ajustements doivent bien évidemment être fait en fonction des capacités des enfants.

IV. 2 Illustration schématique des résultats

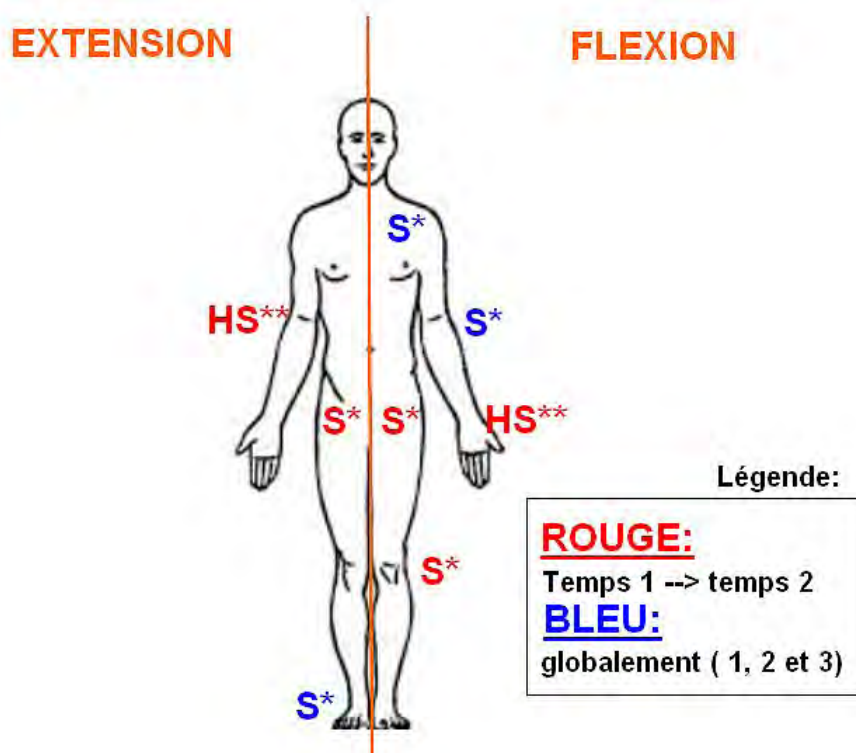


Figure 1 : représentation schématique des résultats

IV. 3 Persistance des augmentations d'amplitudes au cours du temps

L'analyse des résultats obtenus pour le temps 1, avant la séance, et le temps 3, lors du retour au centre, ne montre que peu de variation d'amplitude significative entre ces 2 prises de mesures. En effet, seule l'extension du coude montre une amplitude encore augmentée lors du retour au centre. Nous pouvons donc affirmer qu'une augmentation significative d'amplitude est bien présente de manière immédiate après la séance pour la majorité des articulations (flexion ou extension), mais que cette augmentation ne persiste pas dans le temps. On peut se poser la question de savoir si ce n'est pas dû à la remise dans la chaise roulante ou dans le fauteuil de la camionnette, qui pousserait l'enfant à retomber dans ses mauvais pattern positionnels.

Cependant, certaines précisions doivent être apportées quant à la prise des mesures lors du retour au centre. En effet, elles n'étaient forcément plus effectuées en maillot ; les enfants se trouvaient habillés légèrement. Les amplitudes au niveau des hanches et du genou sont donc

moins « précises » que lorsque les enfants étaient en maillot. De plus, les expériences ayant été effectuées au mois de février, quand la température extérieure était basse et les enfants devant retourner jusqu'au centre en camionnette, le froid est donc ici encore, un facteur à prendre en compte.

IV. 4 Comparaison avec la méthode classique

Notre étude a été réalisée en parallèle avec une autre, pratiquée sur les mêmes enfants et dans les mêmes conditions. Cette deuxième étude avait pour but d'analyser les amplitudes articulaires passives avant et après séance d'hydrothérapie mais avec une méthode dite « classique ». Les deux méthodes se différencient sur plusieurs points tels que le port de moyens de flottaison dans la thérapie classique, mais aussi le non maintien de la tête et le travail spécifique des rotations dans la thérapie Halliwick.

Afin d'objectiver la comparaison de ces deux études, nous avons procédé à un test de corrélation de nos amplitudes avant séances. Nous pouvons remarquer que la majorité de ces mesures sont reproductibles mais pas toutes. En effet, pour les mouvements de flexion, les mesures de l'épaule, du coude et du poignet sont considérées comme non reproductibles, contrairement à la hanche, au genou et à la cheville. Pour les mouvements d'extension, toutes les mesures sont reproductibles à l'exception de la cheville (cfr. « Tableau de corrélation des échantillons appariés » en annexe). Les variations trop importantes d'amplitudes avant séances, peuvent s'expliquer par la durée entre les deux prises de mesures. En effet, un intervalle de temps de deux semaines a eu lieu entre les deux prises de mesures, les enfants ayant continué leurs thérapies quotidiennes entretemps, beaucoup de facteurs extérieurs ont pu influencer la mobilité articulaire des enfants. De ce fait, de grandes précautions ont été prises lors de la réalisation de nos mesures, afin de limiter au maximum les facteurs extérieurs.

Tableau 2 : Comparaison des résultats de la méthode Halliwick et la méthode dite classique.

		Méthode Halliwick	Méthode « classique »
Flexion poignet	Global	NS	NS
	Temps 1 → 2	HS**	NS
	Temps 1 → 3	NS	NS
Extension poignet	Global	NS	S*
	Temps 1 → 2	NS	S*
	Temps 1 → 3	NS	S*
Flexion coude	Global	S*	NS
	Temps 1 → 2	NS	S*
	Temps 1 → 3	NS	NS
Extension coude	Global	THS***	NS
	Temps 1 → 2	HS**	NS
	Temps 1 → 3	HS**	NS
Flexion épaule	Global	S*	NS
	Temps 1 → 2	NS	NS
	Temps 1 → 3	NS	NS
Flexion cheville	Global	NS	HS**
	Temps 1 → 2	NS	NS
	Temps 1 → 3	NS	S*
Extension cheville	Global	S*	NS
	Temps 1 → 2	NS	NS
	Temps 1 → 3	NS	NS
Flexion genou	Global	NS	S*
	Temps 1 → 2	S*	NS
	Temps 1 → 3	NS	NS
Extension genou	Global	NS	HS**
	Temps 1 → 2	NS	NS
	Temps 1 → 3	NS	S*
Flexion hanche	Global	NS	S*
	Temps 1 → 2	S*	S*

	Temps 1 → 3	NS	NS
Extension hanche	Global	S*	THS****
	Temps 1 → 2	S*	HS**
	Temps 1 → 3	NS	HS**

Lorsque nous comparons ces 2 études, nous pouvons remarquer que les effets des 2 thérapies sont plus ou moins opposés. En effet, la thérapie Halliwick montre plutôt des effets au niveau proximal, avec une prédisposition aux membres supérieurs, tandis que les effets de la thérapie classique se retrouvent plutôt en distal, avec une prédominance aux membres inférieurs.

Des effets moins importants sur les membres inférieurs lors de la thérapie Halliwick pourrait s'expliquer par la diminution des mouvements spontanés de l'enfant. En effet, lorsqu'un enfant est dans l'eau, sa mobilité spontanée a tendance à augmenter. Cette mobilité est plus « cadrée » lors de la thérapie Halliwick que lors d'une thérapie classique, où l'enfant va peut être spontanément travailler plus une articulation qu'une autre.

De plus, nous pouvons remarquer au niveau de l'extension du genou dans la méthode classique, un résultat significatif entre le temps 2 et le temps 3. Seulement celui-ci se trouve être significatif dans le sens de sa pathologie. C'est-à-dire que le flexum moyen du genou observé avant la séance, se trouve diminué après celle-ci, mais réaugmente de manière plus importante lors du retour au centre. Cette constatation ne se remarque pas dans la méthode Halliwick. L'enfant étant plus maîtrisé dans ses mouvements, celui-ci ne semble pas s'enfoncer dans son pattern pathologique.

Nous pouvons donc, après comparaison de ces 2 études, objectiver que les 2 thérapies ont des résultats fort différents, voire opposés. La littérature ne faisant pas rapport de ces différences, elle ne permet donc pas de conseiller une thérapie plutôt qu'une autre. Mais l'effet de l'eau chaude sur les amplitudes articulaires est clairement visible. Les effets observés peuvent être corrélés à la température de l'eau, à ses propriétés physique permettant une mobilité plus aisée pour l'enfant, mais aussi simplement au moment de détente vécu, qui agit sûrement sur leur posture. Il semble toutefois que la thérapie Halliwick soit plus « localisée » que la thérapie classique, qui travaille plutôt globalement l'enfant.

V. Conclusion

Nous observons une augmentation significative d'amplitude articulaire après une séance d'hydrothérapie selon la méthode Halliwick pour une majorité d'articulations mesurées. Ces résultats sont plus importants au niveau proximal, mais aussi plus hautement significatif au niveau des membres supérieurs.

La comparaison de ces modifications d'amplitudes après une séance selon la méthode Halliwick et après une séance d'hydrothérapie selon une méthode dite classique nous permet d'observer une augmentation plus constante de mobilité au niveau proximal pour la thérapie Halliwick.

VI. Bibliographie

Bax, M., Goldstein, M., Rosenbaum, P., Leviton, A., Paneth, N., Dan, B., Jacobsson, B., Diamiano, D. *Proposed definition and classification of cerebral palsy* dans *Developmental Medicine & Child Neurology*, issue 08, 571-576, 2005.

Bear, M.F., Connors, B.W., Paradiso, M.A. *Neurosciences à la découverte du cerveau*. 3^{ème} éd., Editions Pradel, 2007.

Carrelet, P., Bollini, G., Mancini, J., Chabrol, B. *Traitement de l'enfant infirme moteur cérébral par la toxine botulique A : mode d'action, place des injections dans la prise en charge*. *Archives de Pédiatrie*, 9 : 928-933, 2002.

Chabrol, B., Haddad, J. *Handicaps de l'enfant*. Wolters Kluwer France, 2006

Chia-Ying C., Chia-Ling C., May-Kuen, A., Wong. *Pharmacotherapy of Spasticity in Children With Cerebral Palsy*. *Journal of the Formosan Medical Association*; vol. 110, No. 4: 215-222, 2011.

Clarkson, H. M. *Musculoskeletal Assessment: Joint Range of Motion and Manual Muscle Strength*. Lippincott Williams & Wilkins, 2000.

Cole, A. J., Becker, B.E. *Comprehensive Aquatic Therapy*. Butterworth-Heinemann, 2004.

Crouail, A., Maréchal, F. *Prise en charge globale de l'enfant cérébro-lésé*. Masson, Paris, 2006.

Dalla Piazza, S., Dan, B. *Handicaps et déficiences de l'enfant*. De Boeck Supérieur, Bruxelles, 2001.

Dalla Piazza, S., Godfroid, B. *La personne polyhandicapée : son évaluation et son suivi*. De Boeck Supérieur, 2004.

Delbarre Grossemy, I. *Goniométrie: Manuel d'évaluation des amplitudes articulaires des membres et du rachis*. Elsevier Masson, 2008.

Filipetti, P., Caldas, C., Delpierre, Y. *Avancées dans le traitement de la spasticité et enfant IMOC*. *Archives de Pédiatrie*, 13 : 614-620, 2006.

Gay, S., Egon, G. *Spasticité. Physiothérapie, mesures preventives et traitements*. Annales Françaises d'Anesthésie et de Réanimation, 24 : 663-666, 2005.

Groleger Srsen, K., Vidmara, G., Piklc, M., Vrecar, I., Burjad, C., Krusec, K. *Content validity and inter-rater reliability of the Halliwick-concept-based instrument 'Swimming with Independent Measure'*. International Journal of Rehabilitation Research, Vol 35 No 2, Lippincott Williams & Wilkins, 116-123, 2012

Koman, L. A., Paterson Smith, B., S Shilt, J. *Cerebral palsy*, The Lancet, Vol 36, 1619 -1631, 2004.

Krägeloh-Mann, I. *Dyskinetic cerebral palsy: prevalence and neuroimaging*. Developmental Medicine & Child Neurology: 49, 244–244, 2007.

Leroy-Malherbe, V. *L'infirmité motrice cérébrale dans : Déficiences motrices et situations de handicap*, Edition APF, 2002, 153-162.

Maes, J-P., Gresswell, A. *The Halliwick Concept for clients with cerebral palsy or similar conditions*. British Association of Bobath trained Therapists/BABTT Newsletter, Issue No. 62, 2010.

Miller, F. Cerebral palsy. Springer Science+Business Media, New York, 2005.

Newman, C. Prise en charge des troubles moteurs de l'enfant avec une infirmité motrice cérébrale. Paediatrica, Vol. 17, No. 4, 20-23, 2006.

Penneçot, G.-F. *Limites du bilan articulaire Clinique chez l'enfant IMC*. Annales de réadaptation et de médecine physique, 50 : 266-267, 2007.

Picard, A. *Prise en charge des enfants IMC et IMOC du diagnostic à l'âge adulte*. La Lettre du Neurologue, n° 10, vol. V, 2001.

Racinet, C., Cans, C. *Paralysie cérébrale et responsabilité obstétricale*, Rev. Méd. Périnat.; 2: 161-164, 2010.

Royer, A., Cecconello, R. *Bilans articulaires cliniques et goniométriques. Généralités*. EMC-Podologie Kinésithérapie ; 1, 82-91, 2004.

Salbreux, R. *Diagnostic précoce des infirmités motrices d'origine cérébrale*. Journal de pédiatrie et de puériculture ;6, 331-338, 1995.

Tripp, F., Krakow, K. *Effects of an aquatic therapy approach (Halliwick-Therapy) on functional mobility in subacute stroke patients: a randomized controlled trial*. Clinical Rehabilitation, Vol. 28(5) : 432-439, 2014.

Viehweger, E., Bérard, C., Berruyer, A., Simeoni, M.-C., Groupe Varax. *Bilan articulaire des membres inférieurs d'un enfant atteint d'une infirmité motrice cérébrale*. Annales de réadaptation et de médecine physique, 50 : 258-265, 2007.

Ward, A. B. *Spasticity treatment with botulinum toxins*. Journal of Neural Transmission; 115, 607-616, 2008.

Yelnik, A.P., Simon, O., Bensmail, D., Chaleat-Valayer, E., Decq, P., Dehail, P., Quentin, V., Marque, P., Parratte, B., Pellas, F., Rousseaux, M., Trocello, J.-M., Uzzan, M., Dumarcet, N. *Drug treatments for spasticity*. Annals of Physical and Rehabilitation Medicine; 52, 746–756, 2009.

Zhang, Y., Roxburgh, R., Huang, L., Parsons, J., Davies, C. *The effect of Hydrotherapy Treatment on Gait Characteristics of Hereditary Spastic Paraparesis Patients* dans Gait & Posture, Vol.39: 1074-1079, 2014

Autres:

Gaha, M., Mama, N., Souyah, N., Hasni, I., Jemni, H., Sboui, H., Harbi, A., Tlili-Graïess, K. *Aspects en IRM et corrélation clinique de l'infirmité motrice cérébrale*. <http://pe.sfrnet.org/Data/ModuleConsultationPoster/pdf/2009/1/5f0ffa13-cb2b-4181-80d7-71a82b818afb.pdf> (consulté en 2014).

Gresswell, A., Maes, J-P. *Principles of halliwick and its application for children and adults with neurological conditions*. 2000. <http://www.halliwick.org.uk/wp-content/uploads/2010/12/Principals-of-Halliwick-and-its-application-for-Children-and-Adults-with-Neurological-conditions.pdf> (lien consulté en 2014)

Lambeck, J., Gamper, U. *The Halliwick concept* dans Comprehensive Aquatic Therapy, 3rd ed., chap 3, 2010.

The Halliwick concept 2010 <http://www.halliwick.org.uk/wp-content/uploads/2011/11/8-Halliwick-Concept-for-IHA-website-27-Jan2012.pdf> (lien consulté en 2014)

Mackinnon, K. *Case study: An evaluation of the benefits of Halliwick on a child with mild spastic diplegia*. University of central England.

<http://www.halliwick.net/en/> (lien consulté en 2014)

Why does Halliwick AST advocate the teaching of swimming without the use of flotation aids?

<http://www.halliwick.org.uk/publications/articles/> (lien consulté en 2014)

Why does Halliwick AST advocate the teaching of swimming without the use of goggles?

<http://www.halliwick.org.uk/publications/articles/> (lien consulté en 2014)

VII. Annexes

Tableau récapitulatif de toutes les prises de mesures :

1 Flexion dorsale main				2 FLEXION PLANTAIRE MAIN			
sujet	temps 1	temps 2	temps 3	sujet	temps 1	temps 2	temps 3
1	103	117	108	1	110	107	117
2	78	81	94	2	92	105	97
3	98	102	107	3	98	112	109
4	106	116	119	4	119	121	126
5	86	87	90	5	84	102	92
6	47	45	35	6	118	117	132
7	71	79	79	7	115	122	55
8	88	83	97	8	104	131	119
9	90	98	99	9	105	100	103
10	117	112	110	10	121	129	129
11	79	76	70	11	72	90	107
12	93	75	85	12	71	84	80
13	105	104	106	13	125	131	138
14	101	110	112	14	108	113	119
15	120	128	125	15	145	150	151
3 FLEXION COUDE				4 EXT COUDE			
sujet	temps 1	temps 2	temps 3	sujet	temps 1	temps 2	temps 3
1	161	161	154	1	12	12	15
2	148	153	149	2	1	4	3
3	160	161	160	3	0	4	5
4	167	169	167	4	1	3	4
5	153	155	152	5	3	10	12
6	159	157	161	6	-36	-25	-32
7	145	149	148	7	-15	-9	-13
8	153	153	152	8	-21	-10	-4
9	161	165	166	9	1	3	3
10	163	163	164	10	1	2	1
11	155	154	146	11	5	6	7
12	147	145	141	12	1	6	5
13	165	167	161	13	0	0	1
14	167	168	166	14	-2	1	1
15	167	169	169	15	3	4	4
5 FLEX EPAULE				6 FLEXION DORSALE CHEVILLE			
sujet	temps 1	temps 2	temps 3	sujet	temps 1	temps 2	temps 3
1	156	162	168	1	14	16	18
2	160	153	170	2	18	18	18
3	154	165	170	3	-26	-14	-19
4	162	161	160	4	27	28	20
5	157	159	168	5	1	9	4
6	165	166	171	6	7	6	2
7	162	167	162	7	25	20	26
8	148	154	163	8	-10	-9	-2
9	155	161	159	9	19	42	42
10	151	166	160	10	7	9	11
11	169	174	158	11	10	40	6
12	150	147	146	12	-2	5	5
13	144	165	159	13	30	30	30
14	158	161	155	14	17	20	21
15	167	166	164	15	40	48	46

7 FLEXION PLANTAIRE CHEVILLE						8 FLEXION GENOU			
sujet	temps 1	temps 2	temps 3			sujet	temps 1	temps 2	temps 3
1	58	56	62			1	160	160	153
2	23	29	23			2	154	156	157
3	43	30	39			3	160	161	163
4	49	57	43			4	160	160	161
5	36	47	48			5	151	158	154
6	41	31	36			6	152	151	155
7	34	46	50			7	150	150	154
8	49	31	50			8	148	149	146
9	4	6	4			9	149	153	151
10	24	33	25			10	159	162	160
11	51	57	41			11	148	150	142
12	41	26	25			12	140	144	137
13	35	36	36			13	155	160	157
14	22	25	27			14	158	158	157
15	36	29	31			15	161	161	158
9 EXT GENOU						10 FLEX HANCHE			
sujet	temps 1	temps 2	temps 3			sujet	temps 1	temps 2	temps 3
1	9	10	11			1	145	152	121
2	-1	0	-1			2	126	126	128
3	10	10	11			3	122	126	127
4	5	4	4			4	156	156	154
5	-21	-21	-17			5	139	142	138
6	-1	-1	-9			6	122	118	120
7	-8	-6	-8			7	122	126	124
8	-32	-32	-30			8	84	109	129
9	0	0	0			9	139	139	138
10	4	9	8			10	124	128	125
11	-2	0	4			11	110	121	118
12	8	-1	0			12	96	101	97
13	11	12	12			13	137	146	140
14	-4	-2	-3			14	124	130	132
15	8	15	8			15	150	151	142
11 EXT HANCHE									
sujet	temps 1	temps 2	temps 3						
1	35	38	33						
2	26	28	28						
3	24	27	21						
4	28	28	21						
5	16	16	18						
6	20	24	20						
7	12	12	18						
8	3	3	10						
9	28	31	38						
10	19	20	24						
11	10	9	16						
12	1	3	6						
13	22	27	34						
14	24	24	24						
15	27	35	32						

Tableaux de corrélation des échantillons appariés.

1) En flexion :

Corrélations des échantillons appariés				
		N	Corrélation	Sig.
Paire 1	EpauleClass & EpauleHall	15	,381	0,16166
Paire 2	CoudeClass & CoudeHall	15	,409	0,13048
Paire 3	PoignetClass & PoignetHall	15	,449	0,09329
Paire 4	HancheClass & HancheHall	15	,756	0,00110
Paire 5	GenouClass & GenouHall	15	,795	0,00039
Paire 6	ChevClass & ChevHall	15	,537	0,03907

2) En extension :

Corrélations des échantillons appariés				
		N	Corrélation	Sig.
Paire 1	CoudeClass & CoudeHall	15	,912	0,00000
Paire 2	PoignetClass & PoignetHall	15	,739	0,00163
Paire 3	HancheClass & HancheHall	15	,636	0,01088
Paire 4	GenouClass & GenouHall	15	,881	0,00001
Paire 5	ChevClass & ChevHall	15	,057	0,83961