

**Institut Limousin de FOrmation
aux MÉtiers de la Réadaptation
Ergothérapie**

**Impacts des exosquelettes centrés sur la main dans la réalisation des activités
de la vie quotidienne chez les personnes victimes d'un AVC**

Mémoire présenté et soutenu par
Cassandra HUYNH

En juin 2022



Mémoire dirigé par

GELINEAU Axelle

Ergothérapeute MSc Doctorante, Laboratoire HAVAE Université de Limoges

Remerciements

Je tiens à remercier toutes les personnes qui m'ont aidée et soutenue tout au long de ce mémoire de fin d'études.

Un grand remerciement à ma directrice de mémoire, Axelle GELINEAU, pour ses précieux conseils, pour m'avoir encadrée, guidée et encouragée tout au long de ce travail de recherche.

Je remercie également Stéphane MANDIGOUT, référent méthodologique, de nous avoir accompagné et soutenu dans la réalisation de nos mémoires.

Je remercie l'équipe pédagogique de l'ILFOMER en filière d'ergothérapie, Thierry SOMBARDIER, Patrick TOFFIN ainsi que Lydia DARSY pour leurs accompagnements et leurs enseignements lors de ces trois années de formations.

Je souhaite également remercier mes tutrices de stage, qui m'ont soutenue et partagé leur expérience avec des moments riches en apprentissage.

A mes camarades de promotion, je vous remercie pour ces trois belles années et pour tous ces bons moments que nous avons partagés ensemble avec de très belles rencontres et souvenirs.

Pour finir, je remercie infiniment ma famille, mes parents qui m'ont toujours soutenue et encouragée dans mes études, ainsi que mes amis.

Droits d'auteurs

Cette création est mise à disposition selon le Contrat :

« **Attribution-Pas d'Utilisation Commerciale-Pas de modification 3.0 France** »

disponible en ligne : <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/fr/>



Charte anti-plagiat

La Direction Régionale de la Jeunesse, des Sports et de la Cohésion Sociale délivre sous l'autorité du Préfet de région les diplômes du travail social et des auxiliaires médicaux et sous l'autorité du Ministre chargé des sports les diplômes du champ du sport et de l'animation.

Elle est également garante de la qualité des enseignements délivrés dans les dispositifs de formation préparant à l'obtention de ces diplômes.

C'est dans le but de garantir la valeur des diplômes qu'elle délivre et la qualité des dispositifs de formation qu'elle évalue que les directives suivantes sont formulées à l'endroit des étudiants et stagiaires en formation.

Article 1 :

Tout étudiant et stagiaire s'engage à faire figurer et à signer sur chacun de ses travaux, deuxième de couverture, l'engagement suivant :

Je, soussignée Cassandra HUYNH

**atteste avoir pris connaissance de la charte anti plagiat élaborée par la DRDJSCS NA
– site de Limoges et de m'y être conformé.**

**Et certifie que le mémoire présenté étant le fruit de mon travail personnel, il ne pourra
être cité sans respect des principes de cette charte.**

Fait à Limoges, Le vendredi 27 mai 2022

Suivi de la signature.



Article 2 :

« Le plagiat consiste à insérer dans tout travail, écrit ou oral, des formulations, phrases, passages, images, en les faisant passer pour siens. Le plagiat est réalisé de la part de l'auteur du travail (devenu le plagiaire) par l'omission de la référence correcte aux textes ou aux idées d'autrui et à leur source ».

Article 3 :

Tout étudiant, tout stagiaire s'engage à encadrer par des guillemets tout texte ou partie de texte emprunté(e) ; et à faire figurer explicitement dans l'ensemble de ses travaux les références des sources de cet emprunt. Ce référencement doit permettre au lecteur et correcteur de vérifier l'exactitude des informations rapportées par consultation des sources utilisées.

Article 4 :

Le plagiaire s'expose aux procédures disciplinaires prévues au règlement intérieur de l'établissement de formation. Celles-ci prévoient au moins sa non présentation ou son retrait de présentation aux épreuves certificatives du diplôme préparé.

En application du Code de l'éducation et du Code pénal, il s'expose également aux poursuites et peines pénales que la DRJSCS est en droit d'engager. Cette exposition vaut également pour tout complice du délit.

Vérification de l'anonymat

Mémoire DE Ergothérapeute
Session de juin 2022
Attestation de vérification d'anonymat

Je soussignée(e) Cassandra HUYNH

Etudiante de 3ème année

Atteste avoir vérifié que les informations contenues dans mon mémoire respectent strictement l'anonymat des personnes et que les noms qui y apparaissent sont des pseudonymes (corps de texte et annexes).

Si besoin l'anonymat des lieux a été effectué en concertation avec mon Directeur de mémoire.

Fait à : Limoges

Le : vendredi 27 mai 2022

Signature de l'étudiante

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Huynh', with a large, stylized flourish at the end.

Table des abréviations

ACE : Association Canadienne des Ergothérapeutes

ARAT : Action Research Arm Test

AVC : Accident Vasculaire Cérébral

AVQ : Activité de Vie Quotidienne

BBT : Box and Block Test

BCI : Brain Computer Interface

CAHAI-13 : Chedoke Arm and Hand Activity Inventory

CCTE : Cadre Conceptuel du groupe Terminologie de ENOTHE

CIF : Classification Internationale du Fonctionnement, du Handicap et de la Santé

COPM : Canadian Occupational Performance Measurement

EMG : Electromyogramme

ENOTHE : European Network Of Occupational Therapy in Higher Education

EOG : Electro-oculogramme

FMA S-E-F : Fugl-Meyer Assessment for Shoulder, Elbow, Forearm

FMA-UE : Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity

FMA W-H : Fugl-Meyer Assessment for Wrist, Hand

HAS : Haute Autorité de Santé

ICO : Interface Cerveau-Ordinateur

MAL : Motor Activity Log

MBI : Modified Barthel Index

MeSH : Medical Subject Heading

MCREO : Modèle Canadien du Rendement et de l'Engagement Occupationnel

MCRO : Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel

MPR : Médecine Physique et de Réadaptation

PICO : Patient – Intervention – Comparaison – Outcome

SUS : System Usability Scale

QUEST : Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology Version

TRI-HFT : Toronto Rehabilitation Institute Hand Function Test

USE : Usefulness, Satisfaction and Ease of Use questionnaire

WMFT : Wolf Motor Function Test

Table des matières

Introduction	1
Revue de littérature	3
1. L'accident vasculaire cérébral	3
1.1. Etiologie	3
1.2. Epidémiologie.....	3
1.3. Symptomatologie.....	4
1.4. Processus de récupération.....	4
2. Réadaptation fonctionnelle de la main et activités de la vie quotidienne.....	6
2.1. Description de la main.....	6
2.2. Plasticité cérébrale et dysfonctionnements neurologiques liés à un AVC	7
2.2.1. Plasticité cérébrale.....	7
2.2.2. Dysfonctionnements au niveau de la main	7
2.3. Réadaptation fonctionnelle de la main.....	8
2.3.1. Différentes méthodes de rééducation issues de la thérapie conventionnelle.....	8
2.3.2. Engagement occupationnel et performance : deux facteurs favorisant le processus de participation.....	9
2.3.3. Modèle conceptuel en ergothérapie	10
2.3.4. L'émergence de nouvelles approches rééducatives.....	11
3. Une thérapie robotisée centrée sur la main	12
3.1. Généralités.....	12
3.2. Les différents dispositifs robotiques.....	12
3.2.1. Effecteurs terminaux	13
3.2.2. Exosquelettes.....	13
3.3. Approche de la rééducation robotisée	14
3.4. Thérapie assistée par robot couplée à d'autres méthodes de rééducation	15
3.4.1. Un environnement virtuel associé.....	15
3.4.2. Activités bimanuelles.....	15
3.4.3. Les interfaces cerveau-ordinateur	16
4. Question de recherche	16
5. Hypothèses	16
Méthode de recherche.....	17
1. Design de l'étude.....	17
2. Bases de données utilisées	17
3. Mots-clefs utilisés et élaboration des équations de recherche	18
4. Sélection des articles	18
5. Critères d'inclusion et d'exclusion.....	19
6. Analyse des données et présentation des résultats.....	20
Résultats	21
1. Synthèse de la méthodologie de recherche.....	21
2. Synthèse des résultats obtenus.....	26
2.1. Types d'études.....	26
2.2. Caractéristiques de la population	26

2.3. Les interventions	26
2.4. Types d'exosquelettes utilisés	27
2.5. Comparaison entre la thérapie assistée par robot et la thérapie conventionnelle ...	27
2.6. Critères de jugement	27
3. Présentation des résultats par critère	28
3.1. La thérapie assistée par robot : une pratique complémentaire à la thérapie conventionnelle.....	29
3.2. Des mises en situation proches de la réalité.....	30
Discussion	32
1. Interprétation des résultats et vérification des hypothèses.....	32
2. Résultats secondaires	33
2.1. Association de plusieurs techniques de rééducation	34
2.2. Comparaison entre les dispositifs robotisés.....	34
2.3. Exploration et développement de nouvelles fonctionnalités liées à ces systèmes robotisés	36
3. L'ergothérapie dans le champ de la thérapie robotisée et de l'activité	37
4. Limites de l'étude	37
5. Perspectives envisagées.....	38
Conclusion	40
Références bibliographiques	41
Annexes	47

Table des illustrations

Figure 1 : Représentation des différentes phases perçues après un AVC liées à des processus biologiques	5
Figure 2 : Modèle Canadien du Rendement et de l'Engagement occupationnels (MCREO).11	
Figure 3 : Diagramme de flux	21
Figure 4 : Caractéristiques de la population.....	26
Figure 5 : Synthèse globale des résultats obtenus en fonction des articles et des hypothèses	29

Table des tableaux

Tableau 1 : Données répertoriées selon la méthode PICO	19
Tableau 2 : Description des articles inclus dans notre étude	23
Tableau 3 : Outils d'évaluations utilisés selon l'étude menée.....	28

Introduction

L'Accident vasculaire cérébral ou AVC, constitue l'une des principales causes de mortalité dans le monde et représente la première cause de handicap neurologique acquis chez l'adulte en France. Suite à cette pathologie, les individus peuvent présenter de multiples séquelles que ce soit sur le plan moteur, sensitif ou bien cognitif. En effet, l'AVC a des répercussions sur la qualité de vie de la personne, et ces conséquences peuvent être temporaires ou permanentes. Cette pathologie peut toucher différentes aires cérébrales et entraîner des symptômes variables d'un individu à un autre. Dans la majeure partie des cas, les personnes victimes d'un AVC rencontreront des limitations ainsi qu'une restriction de participation aux activités de la vie quotidienne (AVQ) en raison de l'association de plusieurs symptômes, et selon leur degré de gravité. Concernant la récupération fonctionnelle suite à la survenue d'un AVC, celle-ci peut être assez longue, et semble être perçue comme une période assez douloureuse pour certains patients. Pour la plupart, ils ressentent un sentiment d'impuissance et d'incertitude mais également de faiblesse de ne pas pouvoir réaliser des activités comme ils avaient l'habitude de les faire. Toutefois, pour certaines personnes, la phase de récupération leur permet de lutter contre leurs inquiétudes durant la période de rééducation, et de reprendre espoir en leurs capacités. Cette motivation constitue alors une source favorable dans leur prise en charge.

Le parcours de soin et l'accompagnement d'une personne ayant subi un AVC, impliquent une intervention pluriprofessionnelle dans laquelle plusieurs professionnels médicaux, paramédicaux et sociaux interviennent. Par ailleurs, il existe différentes méthodes et pratiques rééducatives applicables pour cette maladie. Durant un stage en Médecine Physique et de Réadaptation (MPR), j'ai découvert l'utilisation de l'exosquelette ARMEO SPRING® pouvant intervenir dans la rééducation des capacités neuromotrices du membre supérieur des patients post-AVC. L'application de ce type de technologie relève de la thérapie assistée par robot, pratique émergente en cours de développement depuis plusieurs années dans le champ du handicap. Ces dispositifs proposent divers types d'exercices et peuvent inclure de la réalité virtuelle dans le but de rééduquer les membres supérieurs à travers différents supports de jeux interactifs. Néanmoins, même si ces exercices permettent de travailler sur le plan sensori-moteur, les gestes et les mouvements effectués avec ces dispositifs ne sont pas toujours transposés dans leur environnement quotidien. Par conséquent, nous pouvons nous questionner sur le rôle de l'ergothérapeute dans le cadre d'une thérapie assistée par robot, et sur la manière dont celui-ci pourrait l'intégrer dans sa pratique professionnelle.

Suite à ces questionnements, je me suis interrogée sur l'existence de nouvelles technologies, de même que sur leurs impacts dans le domaine de la réadaptation fonctionnelle auprès de cette population. A ce jour, il existe une multitude de dispositifs robotisés (exosquelettes, gants robotisés) pouvant être utilisés dans la rééducation et la réadaptation des patients post-AVC. Dans la littérature, nous retrouvons plusieurs études qui ont été menées sur l'utilisation des dispositifs exosquelettiques dans la rééducation des membres supérieurs. En effet, les exosquelettes utilisés pour la rééducation proximale comme ARMEO SPRING® ont été les plus étudiés. Seulement, depuis ces dernières années, des systèmes robotisés centrés sur la rééducation et la réadaptation fonctionnelle des proximités distales du membre supérieur (tenant compte de la main et des doigts), ont émergé et ont été explorés afin d'évaluer leur utilité dans les AVQ selon différents critères et paramètres.

L'objectif de mon mémoire de fin d'études, sera donc d'étudier les exosquelettes centrés sur la main dans la réadaptation fonctionnelle chez les personnes post-AVC et d'évaluer leurs impacts dans les AVQ.

1. L'accident vasculaire cérébral

La Haute Autorité de Santé (HAS) définit un AVC comme étant un « arrêt brutal de la circulation sanguine au niveau d'une partie du cerveau » (1). Cette interruption du flux sanguin entraîne un appauvrissement en oxygène engendrant une détérioration des tissus cérébraux. Par conséquent, cette pathologie peut engendrer des déficits neurologiques importants, constituant une urgence médicale, et nécessitant donc une prise en charge précoce.

1.1. Etiologie

L'AVC peut être caractérisé principalement sous deux formes : ischémique ou bien hémorragique. Selon l'INSERM, dans 80% des cas, les AVC dits ischémiques, peuvent survenir suite à une occlusion au niveau d'une artère cérébrale due à un caillot sanguin. Cette obstruction va entraîner une diminution des apports en oxygène dans cette artère qui ne sera donc plus irriguée. Parmi les causes cardiovasculaires pouvant causer ce type d'AVC, nous retrouvons l'arythmie cardiaque, une athérosclérose (correspondant à une rupture d'une plaque d'athérome), une artériosclérose (atteinte des petites artères cérébrales), une dissection des artères carotidiennes et vertébrales. Cette interruption de la circulation sanguine provoque un manque d'apport en oxygène et en nutriments au niveau des neurones, pouvant engendrer par la suite une nécrose des tissus.

Les 20% restants correspondent aux AVC hémorragiques, dont 15% se réfèrent à une hémorragie cérébrale et 5% sont d'origine méningées. Il s'agit d'une rupture d'une artère cérébrale dans une zone du cerveau. La principale cause est la rupture d'anévrisme, correspondant à une anomalie au niveau de la paroi artérielle provoquant une dilatation. Cette hémorragie localisée dans un premier temps dans une zone bien précise, peut ensuite s'étendre vers d'autres régions cérébrales entraînant par conséquent, un arrêt du flux sanguin ainsi qu'une altération et une détérioration des fonctions correspondant à ces zones (2).

1.2. Epidémiologie

A l'échelle mondiale, les AVC figurent parmi les dix principales causes de mortalité définies en 2019 par l'Organisation Mondiale de la Santé (3). L'incidence d'un AVC en France, est estimée à environ 140 000 personnes par an, ceci constituant alors la première cause de handicap neurologique acquis chez l'adulte ainsi que la deuxième cause de démence après la maladie d'Alzheimer (2). Ils constituent la première cause de mortalité chez la femme et la troisième chez les hommes (4).

Nous pouvons noter également que l'AVC peut survenir à tout âge, et son incidence s'accroît en raison du vieillissement de la population. En effet, l'âge moyen des personnes victimes d'AVC est de 73 ans et 25% des patients ont moins de 65 ans (HAS, 2018). Au cours des années, la fréquence d'apparition d'un AVC tend vers une augmentation et notamment chez des personnes jeunes. Par conséquent, la prise en charge d'une personne victime d'AVC constitue un véritable enjeu et une priorité de santé publique afin de réduire la mortalité ainsi que le risque de handicap (5).

1.3. Symptomatologie

Les conséquences d'un AVC sont variables d'un individu à un autre, selon les zones atteintes et privées d'oxygène. En fonction de la localisation des lésions cérébrales et de l'atteinte d'une artère, des séquelles neurologiques peuvent apparaître et se manifester à différents niveaux, provoquant des symptômes sur le plan moteur, sensitif et/ou cognitif.

Les atteintes motrices sont plus fréquemment retrouvées après un AVC, s'accompagnant d'une hémiplégie ou d'une hémiparésie. Pour la majeure partie des cas, il va alors s'agir d'une paralysie totale ou partielle d'une partie du corps, pouvant être associée à des tensions musculaires entraînant des rétractions, se traduisant sous la forme de spasticité. Celle-ci correspond à un trouble moteur caractérisé par des contractures musculaires involontaires et qui se traduit par une rigidité des mouvements. En phase aiguë de l'AVC, des déficits liés à la commande motrice peuvent être retrouvés avec des limitations articulaires dues à des rétractions ou des faiblesses musculaires.

Nous pouvons également retrouver des atteintes sensitives, telles qu'une hypoesthésie ou une paresthésie qui se traduisent par une perte de la sensibilité.

Enfin, des troubles cognitifs peuvent être perçus à travers des troubles mnésiques, des troubles des fonctions cognitives et exécutives, dont des difficultés attentionnelles de concentration, d'organisation, et/ou de planification par exemple.

Toutes ces déficiences vont entraîner des incapacités, associées à une perte d'autonomie et d'indépendance, impliquant des limitations d'activités et des restrictions de participation. Par conséquent, les patients rencontrent des difficultés dans la réalisation de certaines activités de la vie quotidienne (AVQ), comme l'habillage, l'hygiène personnelle, l'alimentation... Des incapacités principalement fonctionnelles persisteront chez de nombreuses personnes. En effet, selon l'HAS, 40% des personnes victimes d'AVC vont conserver des séquelles, dont 25% garderont des séquelles importantes au-delà d'un an (6).

1.4. Processus de récupération

Les répercussions suite à un AVC peuvent évoluer rapidement et constituer une urgence médicale, mettant en jeu le pronostic vital du patient. Le processus de récupération fluctue selon les individus mais semble tout de même assez long et requiert une certaine répétitivité dans les actions. Néanmoins, durant les trois premiers mois après la survenue de l'AVC, ce processus semble efficace en raison d'une réorganisation spontanée au niveau du cortex cérébral, puis un ralentissement est perçu au cours du temps, soit au bout de 6 mois (7).

La récupération est progressive en fonction de la gravité des atteintes des zones du cerveau et de l'importance de la plasticité cérébrale. Selon l'HAS, « *seul 15% des personnes présentant une paralysie initiale présentent une récupération complète, aussi bien pour le membre inférieur que pour le membre supérieur* ». Selon diverses études, la durée des phases de récupération peut différer.

L'HAS détermine trois phases distinctes décrites dans les « Recommandation de Bonne Pratique » (8):

- Une phase **aiguë** : avant le 14^{ème} jour suivant la survenue de l'AVC. Ce stade est primordial, dans lequel la prise en charge doit être initiée précocement. De plus, à ce stade la plasticité cérébrale est grandement stimulée, ce qui facilite les réapprentissage à la fois sur le plan moteur et cognitif.
- Une phase **subaiguë** : du 14^{ème} jour jusqu'au 6^{ème} mois suivant l'AVC. Durant cette phase, la rééducation se poursuit afin que le patient puisse recouvrer le plus possible ses capacités en termes d'autonomie et d'indépendance.
- Une phase **chronique** qui débute à partir du 6^{ème} mois. A ce stade, la récupération motrice atteint un « plateau ». Elle est limitée et plutôt lente par rapport aux phases précédentes. Le patient présente à ce stade des capacités limitées et peu d'améliorations au niveau moteur sont perçues. Par conséquent, des aides techniques peuvent être proposées au patient en tenant compte de ses besoins et de ses attentes et pouvant ou non compenser ses difficultés.

Une étude de Bernhardt J et al. (9) a été menée sur la récupération et la réadaptation suite à un AVC. Les auteurs décrivent trois phases, selon les processus biologiques de la phase de récupération. Les phases aiguë et subaiguë sont chacune divisées en deux parties, comme illustré sur la Figure 1 ci-dessous :

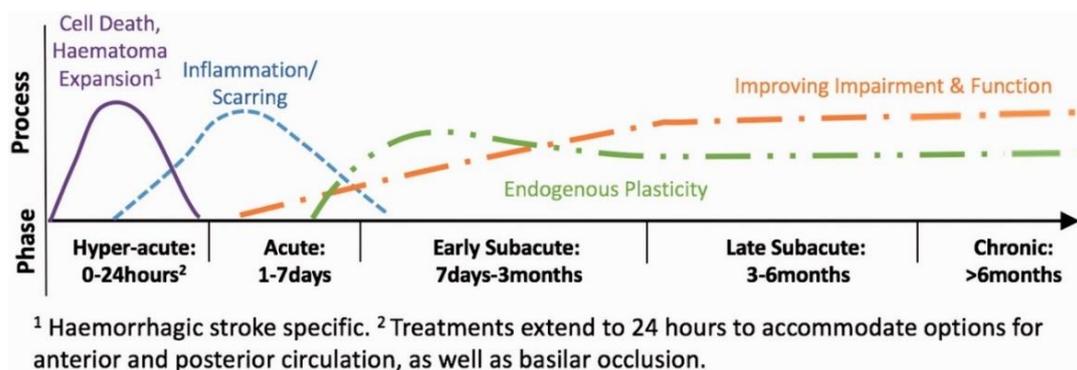


Figure 1 : Représentation des différentes phases perçues après un AVC liées à des processus biologiques

Plusieurs processus biologiques présents dans l'AVC ischémique sont représentés à travers ces courbes. Ainsi, lors des premières semaines après l'AVC (phase aiguë et subaiguë précoce), nous remarquons que d'importantes répercussions s'opèrent au niveau de la plasticité neuronale avec notamment une mort cellulaire. Pendant la phase aiguë, le processus de récupération est entamé, ce qui constitue une phase essentielle dans leur prise en charge.

Par ailleurs, selon une revue systématique de Hatem SM et al. (10), la récupération se fait en grande partie lors des trois premiers mois faisant suite à l'AVC. Une réorganisation des zones cérébrales favoriserait une bonne récupération pouvant avoir lieu durant les phases subaiguë et chronique. Cependant, le pronostic de récupération reste plutôt mauvais chez des patients ayant une plus grande sévérité des atteintes.

Au vu de ces résultats, la rééducation fonctionnelle débute précocement pour tenter d'obtenir une récupération la plus complète possible en fonction de la gravité des atteintes chez les patients post-AVC. De ce fait, la recherche de nouvelles perspectives de moyens de rééducation semble pertinente afin de réduire l'impact de ces séquelles.

2. Réadaptation fonctionnelle de la main et activités de la vie quotidienne

2.1. Description de la main

La main est un organe complexe, dont les fonctions occupent une surface importante de notre cerveau. En effet, si nous observons de plus près l'homonculus de Penfield, cette figure illustre diverses parties du corps humain, qui sont représentées en fonction des différentes aires motrices et somatosensorielles du cortex cérébral (Penfield et Boldrey, 1937) (11). Il existe une proportionnalité entre ces aires et les parties de notre corps qui sont illustrées selon leur importance vis-à-vis de leurs fonctionnalités. Selon cette cartographie, la main occupe une surface volumineuse par rapport aux autres parties du corps, correspondant au cortex somato-sensitif et au cortex moteur primaire. Cet organe joue donc un rôle majeur dans le traitement de l'information par le cerveau.

La main est essentielle dans la réalisation de nombreuses tâches de la vie quotidienne, mettant en relation les muscles et les tendons. Cet ensemble musculo-tendineux permet d'obtenir plusieurs degrés de liberté au niveau des articulations. Lors de la réalisation des AVQ impliquant notamment une manipulation d'objet pour s'alimenter, ou pour effectuer des soins personnels, les mouvements impliqués font intervenir un ensemble de structures musculo-articulaires permettant de réaliser diverses formes de préhension. Selon l'activité réalisée, le type de préhension sera différent et dépendra également de la forme de l'objet.

Nous distinguons principalement la préhension de force et la préhension de précision. La première consiste à serrer un objet dans la paume de sa main, maintenue par une force qui sera exercée par les doigts tout autour de celui-ci. La préhension de précision est quant à elle une technique plus fine par rapport à la précédente, et dans laquelle l'objet est saisi entre la pulpe du pouce et un autre doigt (12). Dans une étude de Feix et al. (13), une méthode de classification a été proposée pour 33 postures de préhension à partir des recherches qui ont été menées antérieurement. Ils ont ainsi défini la taxonomie de *Grasp*, qui est une méthode complète et largement répandue dans le champ de la robotique, de la biomécanique liée à la main et en médecine.

Par ailleurs, dans certaines situations, une coordination conjuguée des deux mains permet d'effectuer des mouvements synergiques ou des activités statico-dynamiques. La main va donc permettre d'exécuter des mouvements de précision et de réaliser des mouvements plus complexes, notamment dans la manipulation d'outils ou d'ustensiles dans certaines tâches du quotidien (12). Elle possède aussi un versant créatif, dans sa capacité à manipuler des objets ou de la matière, et nécessitant une certaine dextérité. Cette fonction permet de faire interagir les doigts entre eux dans le but de réaliser des mouvements lors des préhensions dans diverses activités, mais également dans les manipulations, les saisies et les relâchements d'objets. De plus, la main est aussi à la base des fonctions d'exploration par le contact et la communication.

Enfin, ces caractéristiques décrivent la main comme étant une composante essentielle du corps humain et favorisant le bon fonctionnement dans la réalisation des activités du quotidien. Suite à un AVC, les atteintes de ces différentes fonctions sont déterminées par la localisation de la lésion.

2.2. Plasticité cérébrale et dysfonctionnements neurologiques liés à un AVC

2.2.1. Plasticité cérébrale

Lors des premières semaines après la survenue de l'AVC, la plasticité cérébrale est le processus qui aura un rôle majeur dans la récupération motrice, dans lequel certaines zones du cerveau vont prendre en charge les fonctions précédemment remplies par les régions altérées (14). Le concept de plasticité cérébrale peut se définir comme « *l'ensemble des processus continus permettant des modifications à court, moyen et long terme de l'organisme neurosynaptique dans le but d'optimiser le fonctionnement des réseaux du système nerveux central* » (Etard et Tzourio-Mazorier, 2003). Nous distinguons deux types de plasticité :

- Une plasticité « naturelle » qui comprend à la fois le développement cérébral normal mais aussi le maintien des circuits neuronaux à l'âge adulte.
- Une plasticité « post-lésionnelle » qui sous-tend une réorganisation neuronale et synaptique faisant suite à une lésion de l'encéphale. Par conséquent, le cerveau serait capable de modifier son organisation structurale et fonctionnelle en réponse à une lésion.

Une réorganisation du système sensorimoteur ne peut être identique entre les lésions intervenantes plus tôt dans la vie, et celles survenant au niveau d'un cerveau « adulte ». Cela est dû à la complexité du développement du cerveau et de sa maturation. Le mécanisme de plasticité post-lésionnelle permet le transfert des fonctions du cortex cérébral lésé vers des régions cérébrales intactes.

Une stimulation des processus liés à la plasticité cérébrale est essentielle afin de développer de nouveaux circuits neuronaux, de maintenir ou de restaurer certaines fonctions altérées. Suite à une lésion cérébrale, la récupération fonctionnelle peut résulter des phénomènes de restitution ou de compensation (15). La plasticité cérébrale est donc activement sollicitée en rééducation et réadaptation fonctionnelle, à travers des séances intensives, répétitives et souvent orientées vers une tâche précise.

2.2.2. Dysfonctionnements au niveau de la main

Le processus de récupération au niveau de la main est plus difficile par rapport aux extrémités proximales (16), d'autant plus lorsque les capacités biomécaniques et neurophysiologiques sont endommagées par des maladies telles que l'AVC. D'un individu à un autre, les déficiences retrouvées au niveau de la main diffèrent en fonction de la sévérité et de la localisation des atteintes suite à la pathologie.

Etant sous le contrôle du système nerveux central, des dysfonctionnements neurologiques entraînent des conséquences plus ou moins importantes, comme une limitation dans la réalisation des mouvements, des déficits sensitifs ainsi qu'une réduction de l'indépendance de la personne pour effectuer des activités du quotidien. La main est donc affectée de manière significative et peut également être sujette à de nombreuses lésions

ostéoarticulaires et nerveuses suite à un AVC. Les atteintes sensori-motrices impactent fréquemment les mouvements de préhension et de dextérité, mais également la force musculaire et les mouvements de coordinations bimanuelles.

2.3. Réadaptation fonctionnelle de la main

Suite à la survenue d'un AVC, les déficiences sont partiellement réversibles. Par conséquent, il est primordial de débiter la phase de rééducation de façon précoce pour prévenir la survenue de complications telles que des douleurs ou des rétractions musculotendineuses (6). De nombreuses activités du quotidien font intervenir la main, en sollicitant les fonctions de préhension, de dextérité et lors des activités bimanuelles. Par conséquent, une évaluation fonctionnelle de la main va nécessiter une observation lors de la réalisation de certaines activités impliquant des tâches répétées. De plus, au cours de sa rééducation, le patient peut effectuer différents types de préhensions avec de vrais objets du quotidien, le mettant ainsi en situation écologique, qui se rapprocherait de son environnement habituel.

Les principaux objectifs de la rééducation post-AVC sont avant tout de permettre au patient de recouvrer au maximum les fonctions altérées encourues suite à cette pathologie, et de l'accompagner au mieux dans sa reprise d'autonomie optimale quelle que soit la sévérité des séquelles. La réadaptation fonctionnelle est basée sur un suivi qui est individualisé et adapté aux besoins de la personne.

2.3.1. Différentes méthodes de rééducation issues de la thérapie conventionnelle

De nombreuses méthodes de rééducation ont été développées pour mobiliser les fonctions motrices du membre supérieur. Ces méthodes de rééducation sont retrouvées dans les recommandations de bonne pratique de l'HAS (8). Ainsi, parmi elles nous retrouvons :

- **Rééducation manuelle individuelle** : il s'agit d'appliquer des techniques classiques de mobilisations actives et passives qui sont réalisées par un thérapeute face à un patient.
- **Rééducation par mouvements bilatéraux simultanés** : cette méthode permet de solliciter la motricité du membre parétique avec le membre controlatéral sain à travers des mouvements réalisés bilatéralement, en symétrie ou non.
- **Rééducation basée sur la thérapie miroir** : à l'aide d'un miroir positionné verticalement et séparant les deux membres supérieurs. Le patient a donc l'impression que son membre ipsilatéral est en mouvement alors que ce n'est pas le cas, il s'agit du reflet du mouvement de son membre sain.
- **Rééducation intensive** : elle consiste à « *effectuer une activité ciblée de rééducation avec un nombre élevé de répétitions ou dans des conditions qui augmentent la charge en comparaison avec l'intensité habituellement proposée* ».

Durant cette phase de rééducation, l'ergothérapeute va tenir compte de la participation du patient, ce qui implique à la fois sa performance occupationnelle mais également son engagement dans les activités. Lors des séances, une répétition de la performance contribue à améliorer la réalisation d'une activité qui va devenir plus efficace et sera automatisée de

façon progressive au cours du temps. Ce processus va donc favoriser le transfert des apprentissages dans le contexte de vie du patient.

2.3.2. Engagement occupationnel et performance : deux facteurs favorisant le processus de participation

Les lésions au niveau de la main affectent grandement la réalisation des AVQ et des occupations. La prise en compte et l'intégration des activités signifiantes, c'est-à-dire qui ont de l'importance à l'égard du patient, permet de fournir une prise en charge personnalisée et ciblée. Selon l'Association Canadienne des Ergothérapeutes (ACE, 1997), « **l'occupation fait référence aux groupes d'activités et tâches de la vie quotidienne, nommées, organisées et pourvues d'une valeur et d'un sens par les personnes et par une culture. L'occupation est tout ce que les gens font pour s'occuper, y compris prendre soin d'eux, apprécier la vie, et contribuer au tissu social et économique de leur communauté** » (17). En somme, l'occupation comprend les activités ayant du sens pour les personnes dans leur vie quotidienne. Suite à un AVC, les répercussions sur les occupations de la personne peuvent retentir sur sa qualité de vie, qui est associée à son bien-être général (physique, psychique, social et spirituel).

De plus, l'**engagement** dans les occupations défini par « *le sentiment de participer, de choisir, de trouver un sens positif et de s'impliquer tout au long de la réalisation d'une activité ou d'une occupation* » se retrouve alors impacté (Cadre Conceptuel du groupe Terminologie de ENOTHE (CCTE)). L'engagement est un processus qui favorise la performance occupationnelle du patient, se traduisant à travers l'investissement de ce dernier dans une activité pour laquelle il y consacre son temps et son énergie afin d'atteindre son objectif. De plus, il semblerait que lorsqu'une personne est engagée dans des activités qui lui sont signifiantes, il y aurait des effets positifs sur sa santé et son bien-être (17).

La pratique fondée sur les sciences de l'occupation est à la base de l'ergothérapie. L'ergothérapeute a pour objectif de favoriser l'autonomie et l'indépendance du patient à travers des activités qui ont du sens pour ce dernier. Ainsi, des mises en situation écologiques peuvent lui être proposés, soit des activités réalisées dans un contexte se rapprochant au plus près de la réalité, en employant diverses interventions et thérapies.

En plus de l'engagement dans les occupations, il est également question de la performance de la personne. D'après le CCTE, « **la performance occupationnelle peut être définie comme le choix, l'organisation et la réalisation d'occupations en interaction avec l'environnement** ». Elle désignerait alors le résultat et le processus de l'ensemble des actions réalisées par la personne lorsqu'elle s'engage dans une activité. Si nous nous référons à l'ACE, ce concept de performance peut être traduit par le rendement occupationnel (18).

Enfin, l'engagement et la performance occupationnelle constituent un vecteur de la **participation** du patient dans le cadre de sa prise en charge. La participation désigne « *l'engagement dans des situations de vie sociale, communautaire, familiale, autant dans le travail que dans les loisirs ou dans les soins personnels* » (AOTA, 2008) (18). Par ailleurs, si nous reprenons la Classification Internationale du Fonctionnement (CIF), la participation peut également renvoyer à « *la performance dans l'environnement de la vie courante* », soit à l'implication de la personne dans une situation de vie réelle (19). A la suite d'un AVC, la participation concourant aux activités est entravée par des limitations physiques et/ou cognitives. Concernant les **activités**, ces dernières désignent les « *capacités des personnes*

et sont des tâches et actions qu'accomplissent les individus » (19). Ainsi, l'ergothérapeute développe ses interventions en favorisant la prise de contrôle de la personne sur son mode de vie.

Lors de la prise en charge d'un patient victime d'AVC, l'ergothérapeute a la possibilité d'employer des modèles conceptuels dans sa pratique. Ces outils lui permettent d'analyser la situation et d'établir son plan d'intervention à partir des besoins et des demandes exprimées par le patient.

2.3.3. Modèle conceptuel en ergothérapie

Parmi les modèles conceptuels utilisés en ergothérapie, nous retrouvons le Modèle Canadien du Rendement et de l'Engagement Occupationnel (MCREO) de E.A Townsend et H.J. Polatajko (20). Il s'agit d'une approche fondée sur la collaboration thérapeute-patient et qui vise à rendre possible l'occupation. Nous retrouvons dans ce modèle trois principales dimensions : l'environnement, la personne et ses occupations (Figure 2). Ces trois éléments sont ensuite divisés en plusieurs parties. Le MCREO se base sur une pratique centrée sur la **personne** en tenant compte de plusieurs dimensions propres à celle-ci : la dimension affective, qui s'intéresse aux sentiments et aux émotions, la dimension cognitive en lien avec les fonctions cérébrales, la dimension physique notamment sur le plan sensori-moteur et enfin, la dimension spirituelle qui prend en compte les valeurs, les croyances et les représentations de la personne.

Ce modèle s'intéresse également à l'**environnement** propre de la personne sur le plan culturel, institutionnel, physique et social. Enfin, concernant la dimension sur les **occupations**, nous retrouvons les activités liées à la productivité, aux loisirs ainsi qu'aux soins personnels.

L'objectif de cette approche est d'établir avec le patient des objectifs, mettant en évidence ses besoins et ses désirs, afin d'évaluer les changements perçus au niveau de sa performance ou rendement occupationnel et dans sa satisfaction au cours de sa prise en charge. Ce modèle expose les liens qui existent entre la personne, l'environnement, ses activités ou occupations et le sens qu'elle donne à sa vie et à sa santé.

De plus, l'outil utilisé dans ce modèle est la Mesure Canadienne du Rendement Occupationnel (MCRO). Il permet d'identifier les problématiques rencontrées chez la personne, notamment en lien avec ses occupations. Cet outil permet d'évaluer le rendement et la satisfaction de celle-ci. Par conséquent, l'ergothérapeute identifie les problématiques de la personne et détermine avec elle les objectifs thérapeutiques au début de sa prise en charge. Ces derniers pourront être réévalués pendant ou en fin d'accompagnement. Pour l'ergothérapeute, ce modèle et cet outil vont lui permettre de cibler les attentes et les demandes du patient et de l'accompagner au mieux dans sa prise en charge.

Cet outil permet donc aux ergothérapeutes d'aider la personne à cibler les activités et les occupations qui leur semblent essentielles, que ce soit des activités relatives aux soins personnels, à la productivité ou aux loisirs. Enfin, le patient a la possibilité d'évaluer et de réévaluer sa performance et sa satisfaction vis-à-vis des activités réalisées. Ce mécanisme permet de comparer les changements perçus au cours de sa progression.

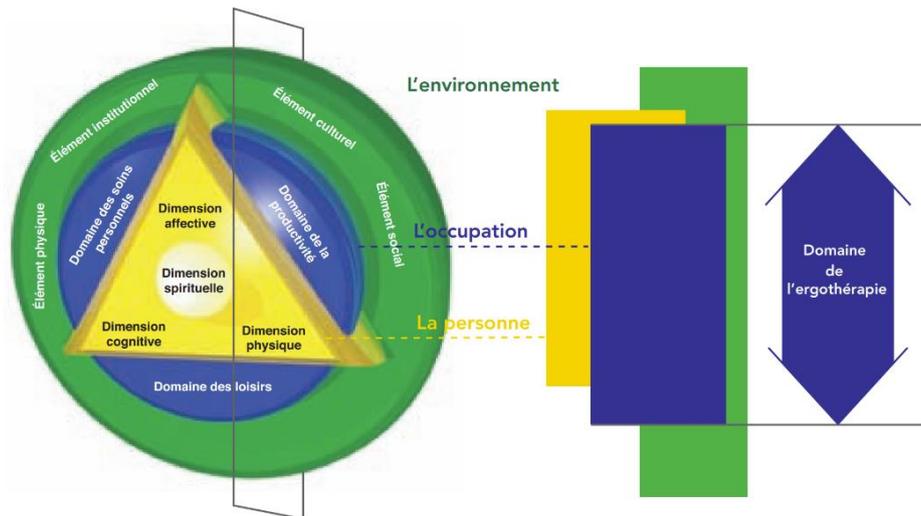


Figure 2 : Modèle Canadien du Rendement et de l'Engagement occupationnels (MCREO)

Ainsi, dans le cadre de notre thématique, ce modèle semble pertinent à utiliser car il s'intéresse aux occupations de la personne, mais également à son environnement. De ce fait, cela nous permet de mettre en rapport les problématiques rapportées par le patient en lien avec les AVQ et de recourir à des activités qui auront du sens pour lui.

2.3.4. L'émergence de nouvelles approches rééducatives

Les méthodes de rééducation évoluent au fil du temps, et de nouvelles approches émergent afin d'intensifier la rééducation au niveau du membre supérieur. Celles-ci sont également retrouvées dans les recommandations de bonne pratique de l'HAS (8). Parmi ces nouvelles approches rééducatives nous retrouvons entre autres :

- **Biofeedback** : il s'agit d'une approche utilisant des appareils de contrôle tel que l'électromyogramme (EMG), l'électroencéphalogramme (EEG) ou bien l'électrooculogramme (EOG). Ces derniers permettent de détecter et de matérialiser un processus biologique sous forme de représentations sonores ou visuelles afin que l'individu puisse avoir une information sur son fonctionnement.
- **Rééducation assistée par robot** : cette méthode rend possible la réalisation de certains mouvements à l'aide d'un dispositif électromécanique pouvant être couplé ou non à un environnement virtuel. Selon l'architecture du système robotisé, le mouvement peut être libre, guidé ou bien seulement assisté.
- **Réalité virtuelle** : il s'agit d'une création informatique réalisée à partir de nombreux algorithmes et dans lequel l'individu peut interagir par différents moyens : par le toucher, la vision et le mouvement.

Ces méthodes de rééducation peuvent être couplées et intervenir dans la prise en charge des patients post-AVC (8). Ainsi, l'association de plusieurs méthodes de rééducation permettrait d'évaluer plusieurs critères.

Dans le cadre de notre travail de recherche, nous nous focaliserons plus particulièrement sur la thérapie robotisée.

3. Une thérapie robotisée centrée sur la main

3.1. Généralités

Depuis ces dernières années, et à l'échelle mondiale, nous observons le développement de nombreux systèmes robotisés en rééducation (21,22). Plusieurs techniques et outils de rééducation sont utilisés dans la prise en charge des personnes post-AVC. Les avancées et les progrès technologiques étant en pleine expansion, ils permettent le développement et la modernisation des techniques existantes. La plupart des revues systématiques ont donc étudié les différents dispositifs technologiques robotisés intervenant dans la rééducation des membres supérieurs chez les patients post-AVC (24,23). Plusieurs études ont proposé de nouveaux dispositifs de rééducation pour les membres supérieurs et ont évalué par la même occasion, leurs efficacité ainsi que leur faisabilité dans les AVQ (25).

Nous retrouvons parmi les nouvelles technologies intervenant dans le domaine de la réadaptation fonctionnelle, la thérapie assistée par robot incluant plusieurs systèmes robotisés. Il s'agit d'une thérapie innovante qui permet l'amélioration des apprentissages notamment sur le plan moteur en faisant intervenir la plasticité cérébrale.

Dans le cadre de notre recherche, nous nous focaliserons sur les dispositifs robotisés et plus particulièrement sur les exosquelettes centrés sur la main utilisés en réadaptation fonctionnelle.

3.2. Les différents dispositifs robotiques

La catégorisation des différents types de dispositifs robotisés diffère selon les auteurs. Certains chercheurs ont étudié et comparé divers systèmes robotisés qui permettent une récupération motrice de la main chez les patients post-AVC (27). Parmi les exosquelettes robotisés nous retrouvons ceux qui sont dédiés à la réadaptation fonctionnelle de la main ayant pour objectif principal d'entraîner des fonctions spécifiques de celle-ci telle que l'ouverture, la fermeture, les mouvements de préhension, de relâchement d'objet ... Cependant, certains dispositifs n'ont pas la possibilité de mobiliser les doigts individuellement. Par conséquent, les robots focalisés sur la réadaptation fonctionnelle des doigts correspondent aux gants robotisés exosquelettiques.

Ces systèmes robotisés peuvent être catégorisés en dispositifs robotisés de rééducation (*robotic rehabilitation devices* : RRD) ou bien en dispositifs robotisés d'assistance (*robotic assistive devices* : RAD) (23). Les RRD sont généralement utilisés dans la rééducation motrice, contrairement aux RAD qui ont pour objectif d'assister les patients dans les AVQ. Ils sont généralement portables et peuvent être utilisés à domicile. Concernant les RRD, des programmes personnalisés sont déterminés selon une durée bien définie. Ils sont principalement utilisés en centre de rééducation avec la présence d'un thérapeute afin d'accompagner le patient pendant la séance. Ces RRD peuvent être divisés en deux catégories : les effecteurs terminaux et les exosquelettes.

3.2.1. Effecteurs terminaux

Également dénommés « interfaces haptiques », les robots à effecteur terminal sont connectés au patient au niveau de l'extrémité distal du membre supérieur parétique. Ces dispositifs rendent possible la création d'un environnement permettant de réaliser des AVQ. Ils peuvent intervenir dans la récupération motrice de la main, mais peuvent aussi être intégrés sur des dispositifs plus complexes, participant à la rééducation de l'ensemble du membre supérieur.

Parmi les avantages de l'utilisation de ces dispositifs, nous retrouvons une simplicité dans sa mise en place ainsi qu'une certaine flexibilité permettant une adaptation facile au niveau de la main, ce qui n'est pas le cas pour les exosquelettes (28). Toutefois, ces dispositifs ont un contrôle limité au niveau des articulations proximales du membre supérieur, pouvant engendrer des mouvements anormaux.

3.2.2. Exosquelettes

Les exosquelettes sont définis selon l'HAS comme étant « *des orthèses sophistiquées dont les articulations sont plus ou moins contrôlées par des moteurs* » (8). Ils présentent une structure plus complexe par rapport aux robots à effecteur terminal, car ils possèdent plusieurs mécanismes qui s'ajustent en fonction de la posture anatomique des membres supérieurs de la personne. Ils permettent de mobiliser plusieurs articulations et par conséquent, de minimiser le risque de compensation. Par ailleurs, il existe une vaste gamme de dispositifs exosquelettiques centrés sur la main, conçus avec divers matériaux.

Parmi les exosquelettes centrés sur la main, nous retrouvons les gants exosquelettiques qui permettent de réaliser des mouvements passifs ou actifs, en tenant compte des capacités du patient. Les mouvements dits passifs sont dirigés et contrôlés par l'intermédiaire du dispositif, lorsqu'il n'y a pas de contraction musculaire volontaire de la part de l'individu. Les mouvements dits actifs sont réalisés directement par le patient qui a la capacité de mobiliser son membre supérieur. Le dispositif robotisé va accompagner le geste afin de réaliser une tâche spécifique. Ces mouvements actifs favorisent la réorganisation des connexions neuronales du cerveau.

Nous pouvons retrouver une autre classification qui divisent ces dispositifs en trois catégories (29) :

- 1) Certains systèmes robotisés peuvent permettre la rééducation fonctionnelle de l'ensemble de la main donc en favorisant l'ouverture et la fermeture de celle-ci, les préhensions ainsi que le relâchement d'objet.
- 2) D'autres pourront être ajoutés à des exosquelettes qui participent à la rééducation du membre supérieur dans sa globalité.
- 3) Certains appareils seront un peu plus ciblés sur la rééducation des doigts, en incluant des matériaux plus spécifiques, créant ainsi des gants ayant une structure d'exosquelette robotisé.

De plus, en fonction de l'objectif que nous souhaitons atteindre, nous utiliserons un exosquelette qui devra répondre à certaines demandes (30) :

- ⇒ **Exosquelettes dans la rééducation fonctionnelle** : ils sont conçus pour traiter les infirmités des patients en clinique. Ils se focalisent sur des séances basées sur des mouvements répétitifs et intensifs afin de réaliser les AVQ les plus courantes. Ces dispositifs permettent aux patients d'interagir avec de vrais objets du quotidien.
- ⇒ **Exosquelettes d'assistance** : comme leur nom l'indique, ils vont assister et guider les patients dans la réalisation des AVQ, au domicile ou dans un environnement extérieur. Ces exosquelettes permettent également d'interagir avec de vrais objets.
- ⇒ **Exosquelettes haptiques** : ils sont conçus pour interagir avec un environnement virtuel. Ces dispositifs peuvent contrôler les doigts de façon indépendante, permettant notamment la préhension des objets. Les articulations des doigts peuvent être mobilisées de façon autonome.

3.3. Approche de la rééducation robotisée

La rééducation assistée par robot fait l'objet d'une des recommandations de l'HAS et figure parmi les méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte durant les phases subaiguë et chronique suite à l'AVC : « *La rééducation assistée par robotique consiste à réaliser des mouvements contraints par un système électromécanique, couplé ou non à un environnement virtuel. Ce couplage est systématique pour le membre supérieur car il s'agit de travailler la répétition de mouvements orientés vers la cible* » (8). De plus, les recommandations canadiennes concluent « *qu'il existe un haut niveau de preuve montrant que l'entraînement sensori-moteur procuré par des robots améliore la fonction du membre supérieur et la motricité du coude et de l'épaule, mais qu'il aussi un haut niveau de preuve pour affirmer que les dispositifs robotisés n'améliorent pas la motricité du poignet et de la main* » (74). Ces dernières datant de 2010 et celles de l'HAS datant de 2012 pourraient être réactualisées car de nouvelles études ont été réalisées montrant de nouveaux résultats.

Nous retrouvons à travers plusieurs articles que l'utilisation des dispositifs robotiques apporte des résultats cliniques encourageants. La thérapie assistée par robot permettrait de simuler un schéma de mouvement, une chaîne d'action contribuant à la réalisation des tâches de la vie quotidienne. En outre, ils permettraient de réduire les déficiences motrices du membre supérieur et d'améliorer les fonctions de la main, incluant le poignet et les doigts (21,30,31). Des études ont été menées sur l'efficacité de ces dispositifs sur le membre supérieur mais peu se sont orientés sur les extrémités distales qui tiennent compte de la main et des doigts. De plus, un nombre minime d'études ont exploré la faisabilité et l'efficacité de ces dispositifs robotisés dans les AVQ.

La thérapie assistée par robot permet un entraînement hautement répétitif, intensif, adaptatif et permet de quantifier les performances motrices dans le temps. De plus, il est possible d'adapter progressivement la difficulté de l'entraînement, suivant l'évolution de la personne et ainsi d'ajuster les objectifs en fonction de ses performances.

Les recherches menées sur les exosquelettes robotisés centrés sur la main (pouvant également prendre la forme d'un gant robotisé) sont plutôt récentes et certaines sont principalement axées sur l'évaluation de leur efficacité et de leurs impacts dans la réadaptation fonctionnelle de la main chez les personnes post-AVC (33). Suite à la lecture de ces articles, les preuves témoignent de l'efficacité de ce type de rééducation au niveau de la main dans le

but d'améliorer la motricité et les aspects fonctionnels liés aux membres supérieurs. La thérapie assistée par robot permettrait de restituer certains mouvements réalisés avec la main, tels que des mouvements d'ouverture, de fermeture, de relâchement et de préhension.

La conception de ce type de dispositif robotisé axé sur la main présente une structuration plus complexe et subtile par rapport aux exosquelettes qui sont appliqués à l'ensemble du membre supérieur, car ils mettent en jeu de multiples paramètres sur le plan anatomique et fonctionnel qui sont propres à cet organe.

3.4. Thérapie assistée par robot couplée à d'autres méthodes de rééducation

3.4.1. Un environnement virtuel associé

L'utilisation des exosquelettes centrés sur la main peut être associée à une interface de réalité virtuelle. Ce support stimulerait la concentration et la motivation du patient lors de sa rééducation et renforcerait par la même occasion son engagement dans l'activité. Par conséquent, les exercices proposés sont ludiques, avec une visualisation de la main dans son ensemble (34,35,36). Ces jeux stimulent la motivation du patient et le mettent au défi à chaque séance. Chaque exercice réalisé permet d'acquérir et/ou de maintenir des gestes que le patient pourra par la suite réutiliser dans ses AVQ. L'un des objectifs de cette technologie serait de rendre le patient acteur de sa rééducation et de développer ses capacités d'empowerment. Ce terme correspond au « *processus par lequel un patient augmente sa capacité à identifier et satisfaire ses besoins, résoudre ses problèmes et mobiliser ses ressources, de manière à avoir le sentiment de contrôler sa propre vie* » (17).

Divers dispositifs de gants exosquelettiques utilisent différentes interfaces telles que la réalité virtuelle, la réalité augmentée ou bien la « gamification » sous forme de jeux. Ces interfaces permettent d'augmenter le niveau d'engagement et renforce la motivation de la personne lors de sa rééducation. Une revue systématique a notamment étudié l'utilisation de ces interfaces associées aux dispositifs robotiques (37). Selon une étude de Housman et al. (38), 90% des patients ont convenu que les thérapies assistées par robot et par les jeux étaient moins déroutantes et les performances ont été suivies plus facilement comparées à la thérapie conventionnelle du fait de leur traçabilité numérisée.

La réalité virtuelle permet de créer et de personnaliser un environnement spécifique selon le profil des patients en se basant sur leurs centres d'intérêt et en utilisant des avatars (39). Ce dernier correspond à une représentation graphique, une image virtuelle représentatif du patient que celui-ci peut percevoir à l'écran. Cette atmosphère permet au patient d'interagir et d'être acteur de sa rééducation (40). Elle constitue également une interface stimulante incluant la répétition des gestes, un feedback avec un retour visuel. La réalité virtuelle offrirait ainsi un environnement motivationnel et favoriserait l'engagement de la personne dans la réalisation de ses activités (41).

3.4.2. Activités bimanuelles

Les activités faisant intervenir des mouvements bilatéraux simultanés explicitées auparavant peuvent être combinées aux exosquelettes robotisés axés sur la main. Une étude Yang et al. (42), a expérimenté l'utilisation d'un exosquelette qui était porté par la main parétique et la main saine était équipée d'un gant de détection. De plus, ils ont également fait

intervenir la réalité virtuelle en utilisant des jeux interactifs. L'exosquelette placé au niveau de main parétique est actionné par le gant de détection. Ce dernier dispose d'une commande motrice permettant de contrôler la main pathologique. Ce système favorise l'intégration de la main parétique dans des activités bimanuelles.

3.4.3. Les interfaces cerveau-ordinateur

Une Interface Cerveau-Ordinateur (ICO), aussi appelé Brain Computer Interface (BCI) pour le terme anglophone, est « *un système qui traduit les motifs d'activité cérébrale d'un utilisateur en des messages ou des commandes pour une application interactive* » (43). Cette technologie s'appuie sur le neurofeedback qui permet de fournir au patient des retours en rapport à une tâche mentale réalisée, donc en transformant ses intentions en actions, et l'aide ainsi à contrôler son activité cérébrale. Ce système est retrouvé dans de nombreuses études et peut se combiner à la thérapie assistée par la robotique (43,44,45,46,47). L'étude de Cantillo-Negrete et al. (45), suppose qu'un dispositif robotisé centré sur la main associé à une ICO, peut favoriser la neuroplasticité et pourrait être aussi efficace que la thérapie conventionnelle pour la récupération motrice des membres supérieurs.

4. Question de recherche

Suite à un AVC, la récupération motrice au niveau de la main se fait généralement plus tardivement par rapport aux autres parties du membre supérieur telles que l'épaule ou bien le coude. Afin d'optimiser la récupération et ainsi favoriser le maintien et l'acquisition des capacités, il est intéressant d'étudier de nouvelles approches rééducatives telles que la thérapie assistée par robot, mettant en avant l'usage de gants exosquelettiques.

Les nouvelles technologies sont de nos jours en plein développement et différentes études menées auparavant ont démontré leur efficacité sur l'ensemble des membres supérieurs. Toutefois, peu d'études se sont orientées à la fois vers la rééducation et la réadaptation fonctionnelle de la main dans le domaine de l'activité et prenant en compte l'environnement écologique de la personne.

Il me semble alors intéressant de nous interroger sur cette question :

L'utilisation des exosquelettes centrés sur la main, peut-elle favoriser la réalisation des activités de la vie quotidienne chez les personnes victimes d'AVC ?

5. Hypothèses

Afin de tenter de répondre à cette problématique, nous pouvons émettre les hypothèses suivantes :

- ⇒ Les exosquelettes centrés sur la main peuvent avoir des effets thérapeutiques au même titre qu'un traitement conventionnel.
- ⇒ Les exosquelettes centrés sur la main permettent d'améliorer les performances dans les AVQ à travers des exercices de mise en situation

Méthode de recherche

1. Design de l'étude

Dans cette partie, nous mettrons en œuvre une méthodologie de recherche permettant de répondre à la problématique et d'affirmer ou infirmer les hypothèses.

Afin de répondre à la question de recherche, nous réalisons une *scoping review*, également appelée étude de la portée. Ce type d'étude permet un recensement des principales sources documentaires et des preuves existantes en lien avec la question de recherche dans le but de dresser un portrait global de la thématique de recherche, selon Sylvie Tétréault et Sophie Blais-Michaud (49). Notre problématique est axée sur l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main dans le domaine de la réadaptation fonctionnelle chez les personnes victimes d'un AVC, pour évaluer leurs impacts sur la réalisation des AVQ. La majorité des articles scientifiques traite des exosquelettes qui comprennent l'ensemble des membres (supérieur ou inférieur) et une infime partie se focalise sur l'aspect fonctionnel de la main dans les AVQ. Par conséquent, l'étude de la portée va permettre de récolter des données à travers des études existantes et d'approfondir les connaissances sur le sujet.

La *scoping review* comprend principalement cinq étapes, définies par Arksey et O'Malley (2005) :

1. Définir l'objectif et la question de recherche
2. Identifier les sources d'informations pertinentes
3. Faire la sélection des études
4. Analyser les données à l'aide d'une grille
5. Rassembler, résumer et présenter les résultats

Il existe une sixième étape correspondant à la consultation par les experts. Cette dernière reste facultative.

2. Bases de données utilisées

Pour cette étude, nous avons choisi d'utiliser quatre bases de données :

- ⇒ *PubMed* : principal moteur de recherche et regroupant un ensemble de données bibliographiques dans les domaines de la biologie et de la médecine.
- ⇒ *Cochrane library* : ce site regroupe plusieurs bases de données notamment en médecine et sur d'autres spécialités de soins.
- ⇒ *CINAHL Complete* : un ensemble de ressources documentaires liées aux soins paramédicaux est intégré.
- ⇒ *Scopus* : référence une large gamme de documentation regroupant plusieurs domaines de recherche.

Une cinquième base donnée nommée *OTseeker* a également été explorée. Cette dernière regroupe de nombreuses ressources (revues systématiques, essais randomisés...) en lien

avec des interventions en ergothérapie. Cependant, nous ne l'avons pas gardée car aucune recherche n'a été trouvée en lien avec notre objet d'étude.

3. Mots-clefs utilisés et élaboration des équations de recherche

Dans un premier temps, nous avons réalisé cette recherche en commençant par déterminer des termes en français afin d'identifier et de clarifier notre sujet. Ensuite, à l'aide de l'outil MeSH (Medical Subject Heading) de l'INSERM, un thésaurus dans le domaine biomédical, nous avons pu exploiter d'autres termes scientifiques, qui sont traduits en anglais. Ce système de recherche nous a permis de dresser une liste de mots-clefs bien précise en anglais et exploitable pour créer des équations de recherche.

Pour chaque base de données, les mots-clefs ont été entrés en anglais, car étant la langue internationale, le choix des articles était plus pertinent avec un champ de recherche beaucoup plus élargi et donc moins restreint. Ensuite, l'utilisation des opérateurs booléens tels que « AND » ou « OR », a permis de regrouper les termes que nous voulions garder pour notre étude. De plus, un astérisque a été associé à certains mot pour regrouper toutes les études qui portent sur une notion bien précise.

Ainsi, afin de réaliser les recherches dans ces bases de données, les mots-clefs utilisés sont les suivants :

- ⇒ En français : « AVC » ; « ischémie cérébrale » ; « hémorragies intracrânielles » « hémiplégie » « hémiparésie » « robot » « exosquelette » « main »
- ⇒ En anglais : « stroke » ; « brain ischemia » ; « intracranial hemorrhages » ; « hemipleg » « hemipar » « robot » « exoskeleton » « hand »

L'élaboration de l'équation de recherche est basée sur l'utilisation des termes en anglais afin d'obtenir un plus grand nombre de résultats dans nos recherches.

Suite à plusieurs réflexions concernant cette équation, celle qui a été utilisée dans chaque base de donnée est la suivante :

(stroke OR "brain ischemia" OR "intracranial hemorrhages" OR hemipleg OR hemipar*) AND (robot* OR exoskeleton) AND hand**

4. Sélection des articles

L'ensemble des articles obtenus suite à l'entrée des équations de recherche dans les différentes bases de données, a été importé dans le logiciel *Zotero*. La gestion des données a ensuite été importée vers un logiciel de revue systématique en ligne, *Rayyan*. Ce dernier a permis de traiter chaque article, de supprimer les documents dupliqués et ainsi de gérer la sélection des études pertinentes à inclure dans notre revue.

Suite à la suppression des doublons, une première lecture des titres et des résumés de chacun des articles a été réalisée, permettant de les filtrer selon nos critères d'inclusion et d'exclusion. Ensuite, la sélection se poursuit avec une lecture complète et plus approfondie des articles sélectionnés auparavant. Ce processus de sélection est représenté par un diagramme de flux (Figure 3), selon le protocole PRISMA (50).

5. Critères d'inclusion et d'exclusion

Afin de sélectionner les articles ou les études scientifiques en lien avec la problématique, la méthodologie « PICO » a été privilégiée. Les critères définis selon cette méthode ont permis de définir des critères d'inclusion et d'exclusion.

Critères PICO	
Patient	Personnes victimes d'un AVC (ischémique ou hémorragique), d'âge variable.
Intervention	Patients ayant bénéficié d'une rééducation ou réadaptation fonctionnelle utilisant une thérapie assistée par robot et faisant appel à des exosquelettes centrés sur la main.
Comparaison	Impact de l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main auprès des patients post-AVC en comparaison avec la thérapie conventionnelle.
Outcome	Intérêt de l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main dans la réalisation des AVQ.

Tableau 1 : Données répertoriées selon la méthode PICO

La recherche d'études et d'articles scientifiques se base particulièrement sur la langue anglaise et française. Dans le cadre de notre recherche, nous retrouvons très peu d'articles en français sur cette thématique. Par conséquent, notre étude est principalement basée sur des articles anglophones.

La sélection des articles repose donc sur ces éléments figurants dans la méthode PICO mais également sur des critères d'inclusion et d'exclusion.

Parmi les critères d'inclusion les articles ou études scientifiques à privilégier sont les suivants :

- ⇒ Nous prendrons en compte les études incluant les patients ayant fait un AVC ischémique ou hémorragique, en phase aiguë et chronique.
- ⇒ Ceux explorant les effets des exosquelettes robotisés centrés sur la main en réadaptation fonctionnelle chez les patients post-AVC. Les articles qui traitent des exosquelettes comprenant l'ensemble du membre supérieur mais qui évaluent les fonctions de la main dans le domaine des AVQ seront également pris en compte.
- ⇒ Des études menées sur l'utilisation des exosquelettes robotisés centrés sur la main, associés à d'autres types d'interventions.

Concernant les critères d'exclusion, nous avons exclu les articles présentant les caractéristiques suivantes :

- ⇒ Les articles qui ne traitent ni d'exosquelettes centrés sur la main ni des AVQ.

- ⇒ Les études mentionnant uniquement des dispositifs robotisés axés sur le membre supérieur ou inférieur et qui évaluent seulement les fonctions motrices de ces membres.
- ⇒ Les publications qui exposent les exosquelettes ayant uniquement des fonctions d'assistance.
- ⇒ Les articles publiés avant l'année 2015 sont également à exclure afin de garder ceux publiant des données récentes. De plus, peu d'études ont été réalisées sur l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main dans les AVQ.

6. Analyse des données et présentation des résultats

Lors de cette étape, une table d'extraction est réalisée afin de recueillir les études retenues en réponse à la problématique (Tableau 2). Les caractéristiques principales sont présentées dans la table, ce qui permet d'avoir une vue d'ensemble sur la totalité des articles sélectionnés. Ainsi, nous avons classé les informations selon différents paramètres : les auteurs et l'année de publication, selon le type d'exosquelettes utilisés durant les interventions avec leurs caractéristiques (à savoir si des objets réels ou virtuels ont été utilisés et leur degré de liberté (ddl)). Puis nous avons également renseigné les données concernant les participants (âge, proportion d'hommes par rapport aux femmes, le stade de l'AVC), les interventions (fréquence, durée, protocoles appliqués...), ainsi que les critères de jugement qui correspondent aux diverses échelles d'évaluation. Enfin, les principaux résultats sont figurés dans la table ainsi que la note PEDro pour chaque étude.

La présentation des résultats sera accompagnée de figures et de tableau qui permettent d'avoir une vision globale des articles étudiés. Suite au recensement des résultats, nous analyserons les plus probants et nous identifierons les similitudes ainsi que les contradictions retrouvées dans chacun des articles sélectionnés.

Afin de mesurer la qualité méthodologique des onze études, nous avons utilisé l'échelle PEDro (Annexe I). Dans l'ensemble, la majorité des articles présente une qualité relativement faible, les notes obtenues varient entre 1 à 11, avec une moyenne de 4,27.

Résultats

1. Synthèse de la méthodologie de recherche

Le résumé de l'élaboration de la *scoping review* est représenté sous forme d'un diagramme de flux (Figure 3). Ce dernier retrace chaque étape de la recherche et permet d'avoir une vision globale de l'étude et des articles inclus pour notre étude.

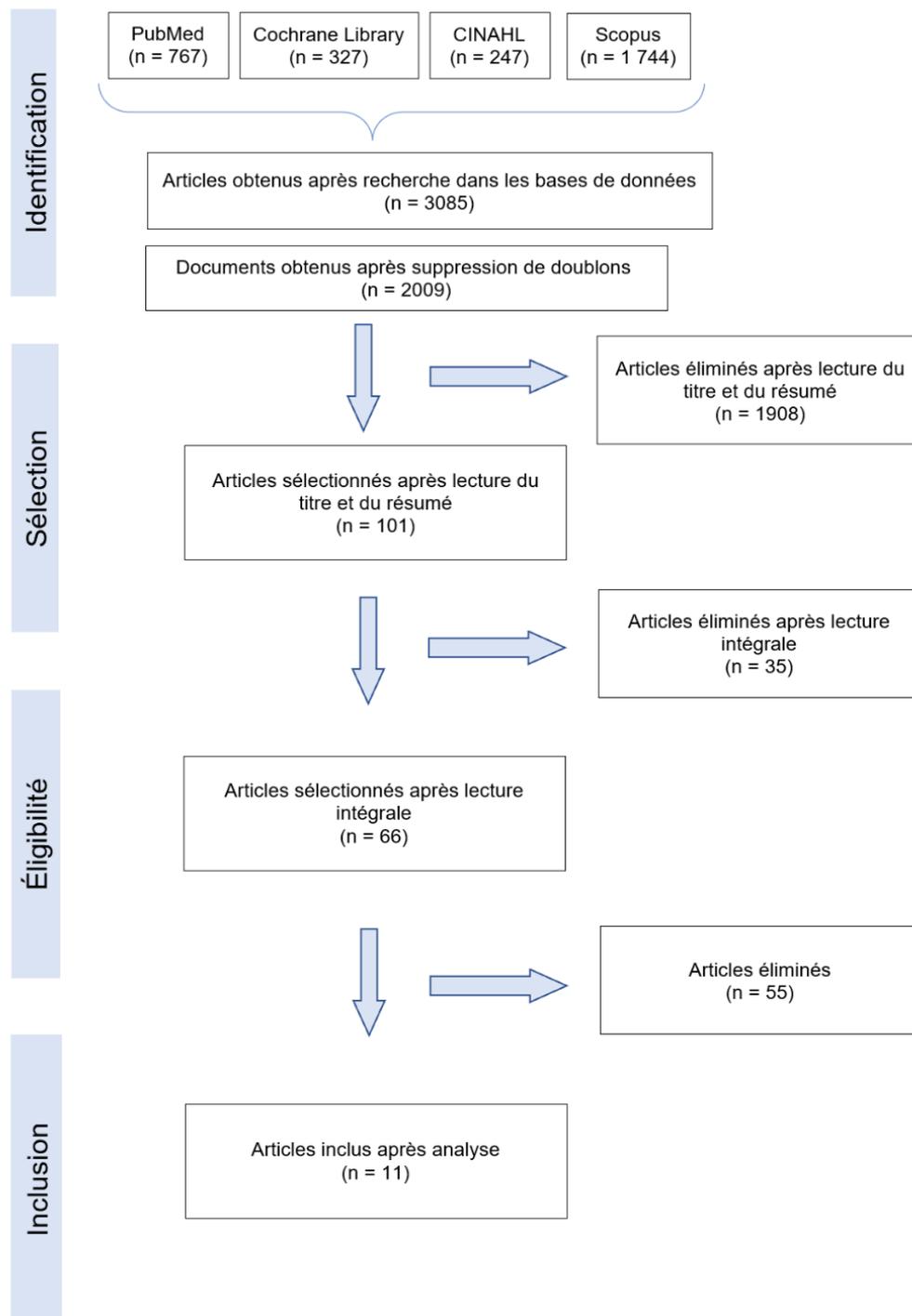


Figure 3 : Diagramme de flux

Dans un premier temps, nous avons identifiés 3085 articles, sur l'ensemble des quatre bases de données utilisées. Nous avons ensuite procédé à l'élimination des doublons, et nous avons ainsi obtenus 2009 articles. La sélection s'est poursuivie après une lecture de l'ensemble des titres et des résumés, et nous avons donc sélectionné 101 articles. Parmi ces derniers, 66 études ont été retenues après une lecture complète et en nous basant sur les critères PICO, ainsi que sur les critères d'inclusion et d'exclusion énoncés précédemment. Enfin, en tenant compte de ces critères, 11 publications ont été identifiées pour notre étude. Parmi elles figurent 2 études croisées et randomisées en simple aveugle et 9 études pilotes. Ces articles ont été rédigés dans différents pays, comme les Etats-Unis, la Chine, la Turquie, l'Italie, le Canada, les Pays-Bas mais également en Taïwan.

Par ailleurs, certains articles n'ont pas été inclus dans notre étude, soit par manque d'accès à l'intégralité de ces documents, soit par manque de données concernant l'étude présentée.

Parmi les études, des résultats quantitatives et qualitatives ont été relevés. Pour une grande majorité des publications, les mesures concernaient principalement les capacités fonctionnelles de la main, c'est-à-dire, les amplitudes articulaires, la force de préhension mais également les capacités à réaliser des AVQ. De nombreux dispositifs différents d'exosquelettes robotisés et centrés sur la main ont été explorés à travers ces études. Certains sont principalement utilisés en clinique à visée rééducative, d'autres sont plus orientés sur une fonction d'assistance.

L'analyse de l'ensemble de ces articles a permis d'identifier les éléments favorables à l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main dans les AVQ.

Les résultats de chacune des études ont été reportés dans la table d'extraction suivante (Tableau 2).

N°	Auteurs et années	Design	Type d'exosquelettes et caractéristiques sur leur utilisation	Participants Echantillon Homme/Femme, âge moyen (écart type)	Intervention	Critères de jugement	Résultats	PEDro
1	Chen et al 2022 (51)	Essai croisé randomisé en simple aveugle	Hand Of Hope (HOH) Exosquelette de la main Objets réels et jeux vidéos	AVC chronique \geq 3 mois n = 24 Groupe A (n = 14) 10/4, 54.58 \pm 10.98 ans Groupe B (n = 10) 9/1, 64.98 \pm 8.22 ans	Pour les 2 protocoles d'intervention : les 12 séances correspondent à 3 séances par semaine, sur 4 semaines. Intervention menée par un ergothérapeute. Groupe A : 12 séances avec le dispositif robotisé, puis 1 mois sans séance, enfin 12 séances orientées vers tâche. Groupe B : 12 séances orientées vers une tâche, puis 1 mois sans séance, enfin 12 séances avec le dispositif robotisé. Chaque séance dure 70 min : - Protocole avec robot : 20 min de mobilisation passive, 20 min de mobilisation active et 30 min de jeux interactifs. - Protocole avec tâches orientées : 20 min d'échauffement et 50 min de séances orientées vers une tâche liées aux AVQ.	FMA-UE ; WMFT ; ARAT ; MAL	Améliorations dans la performance par rapport au temps dans le domaine de l'activité. Pour les domaines de l'activité et la participation : - Les 2 protocoles d'intervention ont montré des effets positifs dans la performance fonctionnelle du membre supérieur. - L'entraînement assisté par robot n'était pas aussi efficace que l'intervention orientée vers une tâche dans les domaines de l'activité et de la participation, en rapport avec les AVQ.	10
2	Ogul et al 2021 (53)	Étude expérimentale	Hand Of Hope (HOH) Objets réels	AVC chronique \geq 9 mois n = 1 0/1, 18 ans	15 séances de rééducation (soit 3 fois par semaine sur 5 semaines) avec utilisation du Hand of Hope. Chaque séance dure environ 1h. - 10 min d'échauffement - Ouverture de la main (10 min) et préhensions sous 3 modes (10 min pour chaque mode), réalisées séquentiellement avec des intervalles de 2 min entre les séquences.	FMA-UE ; COPM ; MAL	Amélioration de la force musculaire, et dans les capacités à utiliser la main dans les activités. Les résultats de la COPM démontrent : - Améliorations significatives au niveau de la performance et de la satisfaction lors de la réalisation de certaines tâches de la vie quotidienne (se doucher, couper, tenir la poignée dans un bus et tenir une tablette).	1
3	Lee et al 2021 (52)	Étude randomisée, contrôlée par croisement en simple aveugle	Gloreha Sinfonia Gants exosquelettiques Objets réels et jeux vidéos	AVC phase aiguë et chronique n = 24 GE (n = 14) 9/5, 59.56 \pm 8.29 ans GC (n = 10) 7/3, 53.50 \pm 12.33 ans	GE : thérapie assistée par robot GC : thérapie conventionnelle (ergothérapie) 2 séances par semaine, sur 6 semaines. Chaque séance dure 60 min (20 min échauffement + 40 min rééducation) Intervention menée par un ergothérapeute. Programme de RT : - 10 min d'exercices pour travailler les amplitudes au niveau de la main et des doigts avec des mouvements passifs. - 30 min d'activités (activités bi-manuelles orientées vers des tâches et utilisant des jeux virtuels). Programme de CT : les modalités d'exercice sont les mêmes que dans le programme de RT mais sans l'utilisation du gant robotisé. Les 40 min de rééducation correspondent à des activités orientées vers une tâche faisant intervenir les 2 mains et des activités de préhension.	FMA-UE ; BBT ; MBI	Améliorations significatives dans la motricité des membres supérieurs et dans la réalisation des AVQ. Les capacités dans la réalisation des AVQ chez les personnes issues du groupe GE sont meilleures que dans le groupe GC. L'utilisation de la méthode de la tâche orientée combinée au dispositif robotisé optimise les fonctions du MS et améliore les fonctions dans les AVQ.	11

Tableau 2 : Description des articles inclus dans notre étude

ARAT : Action Research Arm Test ; **BBT** : Box and Block Test ; **COPM** : Canadian Occupational Performance Measurement ; **CT** : Thérapie conventionnelle ; **FMA-UE** : Fugl-Meyer Assessment for Upper Extremity ; **GE** : Groupe Expérimental ; **GC** : Groupe Contrôle ; **MAL** : Motor Activity Log (Annexe III) ; **MBI** : Modified Barthel Index ; **RT** : Thérapie assistée par robot ; **WMFT** : Wolf Motor Function Test (Annexe V)

N°	Auteurs et années	Design	Type d'exosquelettes et caractéristiques sur leur utilisation	Participants Echantillon Homme/Femme, âge moyen (écart type)	Intervention	Critères de jugement	Résultats	PEDro
4	Nann et al 2021 (54)	Etude expérimentale	NESM β (NeuroExos Shoulder-elbow Module β) Exosquelette épaule-coude associé à un exosquelette poignet-main Contrôle neuronale (EEG / EOG) 1 ddl (prono-supination poignet) 4 ddl (flexion/ extension des 5 doigts, abduction/ adduction du pouce) Objets réels	AVC chronique avec hémiparésie n = 5 4/1, 39 - 69 ans	Séance de 2h. Les patients doivent réaliser 15 tâches illustrant l'action de boire. Ces tâches sont divisées en 4 sous-tâches : 1. Atteindre la tasse ; 2. Saisir, lever et amener le verre à la bouche pour boire ; 3. Reposer le verre sur la table ; 4. Lâcher le verre et revenir à la position initiale.	FMA S-E-F ; FMA W-H	En moyenne, plus de 75% des tâches ont été réussies en 3 secondes. L'utilisation non invasive du contrôle EEG/ EOG permet de restaurer les fonctions nécessaires à la réalisation des AVQ.	3
5	Casas et al 2021 (55)	Etude pilote	HandSOME II (Hand Spring Operated Movement Enhancer) Exosquelette de la main 15 ddl Objets réels	AVC chronique n = 12 7/5, 59 ± 13,6 ans	Réaliser 7 tâches de préhension avec différents objets : saisir l'objet et le déposer dans un bac sur la table (sans puis avec le dispositif).	FMA	Amélioration des amplitudes articulaires et des fonctions au niveau de la main. Amélioration de la force de préhension.	3
6	Yurkewich et al 2020 (56)	Étude croisée pré- post	My-Hero : Myoelectric untethered robotic glove Gant robotisé Objets réels	AVC chronique avec hémiparésie n = 9 7/2, 35 - 85 ans	Etude réalisée sur un seul jour, sur une séance de 2h. Intervention menée par un ergothérapeute. Evaluation avec le FMA-Hand : - Fléchir les 5 doigts pour former un poing, puis les détendre pour réaliser une prise en crochet. - Tenir une feuille de papier, un crayon, un cylindre et une balle. Evaluation avec le CAHAI-13 : - Réaliser 13 activités fonctionnelles standardisées, faisant intervenir les 2 mains.	FMA-Hand ; CAHAI-13	Amélioration de la performance lors des activités. My-Hero permet d'intégrer la main affectée de manière significative dans les tâches de la vie quotidienne et de pouvoir les réaliser de manière plus autonome.	4
7	Yurkewich et al 2020 (57)	Études de cas observationnelles	HERO Grip Glove Gant robotisé Objets réels	AVC phase aiguë et chronique n = 11 8/3, 32 - 84 ans	Plusieurs tâches ont été demandées avec et sans l'utilisation de l'HERO Grip Glove puis un questionnaire a été fourni à la fin des épreuves. Intervention menée par un ergothérapeute. 1. Mesures des amplitudes articulaires. 2. Evaluation de la force de préhension et de pincement. 3. BBT 4. Evaluation de l'activité avec une bouteille d'eau : - Saisir et lever une bouteille d'eau avec la main pathologique, tenir la bouteille tout en tournant le bouchon avec la main saine (sans puis avec le gant robotisé). 5. Evaluation de la tâche avec une fourchette et un stylo : - Saisir et lever une fourchette avec la main pathologique, puis la tenir et la manipuler en l'air (sans puis avec le gant robotisé). - Si échec de cette épreuve sans le gant : saisir, lever, manipuler et utiliser un stylo pour écrire avec le gant. 6. Questionnaire sur l'utilisation du gant	BBT ; CAHAI ; TRI-HFT	Ce gant est un outil sûr et efficace, qui intègre la main affectée dans les AVQ. Permet l'extension des doigts et fournit une force de préhension nécessaire afin de stabiliser certains objets du quotidien (bouteille d'eau, fourchettes, stylos).	2

Tableau 2 bis 1

CAHAI-13 : Chedoke Arm and Hand Activity Inventory ; **FMA S-E-F** : Fugl-Meyer Assessment for Shoulder, Elbow, Forearm ; **FMA W-H** : Fugl-Meyer Assessment for Wrist, Hand ;
Ddl : Degré de liberté ; **TRI-HFT** : Toronto Rehabilitation Institute Hand Function Test

N°	Auteurs et années	Design	Type d'exosquelettes et caractéristiques sur leur utilisation	Participants Echantillon Homme/Femme, âge moyen (écart type)	Intervention	Critères de jugement	Résultats	PEDro
8	Gasser et al 2020 (58)	Etude pilote	Exosquelette bras et main Composante de la main: 1 ddl (flexion/extension) Objets réels	AVC chronique ($\geq 1,5$ ans), avec hémiparésie n = 3 3/0, 56 - 65 ans	1. Evaluation de la force de préhension : (sans puis avec l'exosquelette) - Saisir des objets cylindriques de taille variable à trois reprises - 30 secondes minimums de repos entre chaque tentative. 2. Ouverture de la bouteille (assis et debout) : - Ouvrir 5 bouteilles d'eau le plus vite possible et sans en renverser. - En position assise : ils pouvaient utiliser la table pour stabiliser la bouteille. - En position debout : ils ne devaient pas s'aider de la table pour stabiliser la bouteille. 3. Couper du pain : (avec et sans exosquelette) - Couper 8 tranches de pain successives à l'aide d'un couteau à pain. - Stabiliser le pain avec la main pathologique et couper des tranches avec l'autre main.	TRI-HFT	Augmentation de la force de préhension. Amélioration des performances dans les tâches représentatives des activités bimanuelles de la vie quotidienne.	3
9	Yurkewich et al 2019 (59)	Etude pilote et observationnelle	HERO (Hand Extension Robot Orthosis) Gant robotisé Objets réels	AVC phase aiguë (> 1 semaine) et chronique n = 5 2/3, 57 - 83 ans	Etude réalisée sur un jour. Intervention menée par un ergothérapeute. 1. Mesure de la flexion et de l'extension des doigts en mode passif et actif. Testing réalisé par les évaluateurs puis par le gant robotisé. 2. Mesures de la force de préhension et de pincement. 3. BBT sans et avec l'exosquelette. 4. Tâche de la bouteille d'eau : saisir la bouteille (vide) avec la main pathologique et la lever pour que la main saine puisse l'ouvrir.	BBT ; CAHAI	Amélioration significative des performances lors d'une tâche en lien avec les AVQ. Amélioration en termes d'amplitude articulaire. Amélioration de la force de préhension.	4
10	Heung et al 2019 (60)	Etude pilote	SECA (Soft-Elastic Composite Actuator) Gant robotisé souple Objets réels	AVC chronique n = 1 1/0, 70 ans	Intervention menée par un ergothérapeute. Réaliser différentes tâches reflétant certaines AVQ. - Saisir une pièce d'un jeu d'échec en utilisant seulement la main atteinte avec le gant robotisé. - Réaliser une tâche bimanuelle. La main saine doit soutenir la main pathologique pour saisir une serviette et la tordre.	ARAT	Le gant souple robotisé a un potentiel pour aider les personnes victimes d'un AVC à réaliser des AVQ.	1
11	Haghshenas-Jaryani et al 2017 (61)	Etude pilote longitudinale et randomisée	HiM (HandinMind) Gant robotisé Utilisé en clinique (fonction thérapeutique) ou à domicile (fonction d'assistance) Objets réels ou jeux vidéos	AVC chronique (> 6 mois) n = 5 3/2, 64 (58 - 76) ans Groupe AS (n = 3) Groupe TS (n = 2)	Groupe AS : utilisation HiM comme dispositif d'assistance à domicile Groupe TS : utilisation HiM comme outil de rééducation en centre Intervention sur 6 semaines, 3 séances de 60 min soit 180 min de séances par semaine. Groupe AS : réalisation d'AVQ avec de vrais objets. Groupe TS : utilisation d'un ordinateur avec des jeux intégrés	FM ; JTHFT	Amélioration des capacités fonctionnelles dans les AVQ. Amélioration de la force de préhension dans les tâches fonctionnelles.	5

Tableau 2 bis 2

JTHFT : Jebsen-Taylor Hand Function Test

2. Synthèse des résultats obtenus

2.1. Types d'études

Nous avons inclus pour cette *scoping review*, des études contrôlées randomisées par croisement et en simple aveugle (51,52). Nous avons également pris en compte des études pilotes ou études de faisabilité (53,54,55,56,57,58,59,60,61).

2.2. Caractéristiques de la population

En tenant compte de l'ensemble des articles sélectionnés, la taille de l'échantillon est de 100 participants, variant de 1 (53,60) à 24 participants (51,52). L'âge moyen de l'échantillon varie de 18 ans (53) à 85 ans (56). En faisant une synthèse de ces articles, nous obtenons un pourcentage de 70% d'hommes et de 30% de femmes ayant participé à ces études, et présentant pour une grande majorité, une atteinte motrice telle qu'une hémiparésie. Une vue générale des caractéristiques est illustrée dans la Figure 4.

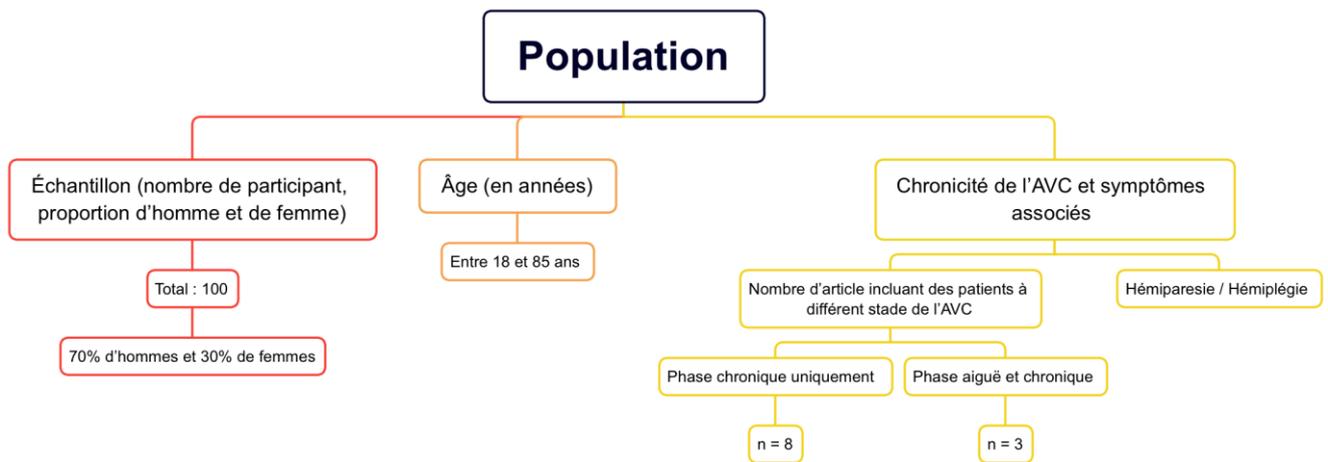


Figure 4 : Caractéristiques de la population

2.3. Les interventions

Selon le type d'étude menée, les interventions sont différentes mais peuvent présenter certaines similitudes en termes de durée. En effet, pour les études randomisées contrôlées et deux études pilotes, les interventions se sont déroulées sur plusieurs semaines. Elles peuvent aussi se dérouler sur quatre semaines (51), sur cinq semaines (53), et six semaines (52,61). Pour les autres études pilotes (54,55,56,57,58,59,60), les interventions se sont déroulées sur un seul jour.

La fréquence des interventions est au minimum au nombre de deux séances par semaine (52), et au maximum trois (51,53,61).

Concernant la durée des séances, celle-ci varie aux alentours d'une heure (51,52,53,61) à deux heures (54,56). Pour certaines études, cette information n'a pas été renseignée (55,57,58,59,60).

Enfin, hormis pour l'étude menée par Haghshenas-Jaryani et al (61) qui s'est déroulée à la fois en clinique et à domicile, les autres études se sont passées en clinique.

2.4. Types d'exosquelettes utilisés

Les études ont utilisé dix dispositifs d'exosquelettes robotisés différents axés sur la main. Parmi les exosquelettes, nous pouvons retrouver le *Hand Of Hope* (HOH) dans deux études (51,53), les gants exosquelettiques *Gloreha Sinfonia* (52), deux types d'exosquelettes ayant plusieurs composantes, une pour les proximités proximales du membre supérieur et la deuxième pour les proximités distales (54,58). De plus, Yurkewich et al. à travers trois études ont fait évoluer un gant robotisé nommé *HERO* (59) en deux versions distinctes (56,57). Ces derniers ont des caractéristiques semblables à la première version, mais certaines de leurs fonctions diffèrent. Ensuite, nous avons *SECA* (60), un gant robotisé qui a la particularité d'être souple et composé de mécanismes élastiques. Le *HANDSOME II* (55), qui est un exosquelette centré sur la main, et enfin *HandinMind* (HiM) (61), un gant robotisé utilisé en clinique ou bien à domicile.

2.5. Comparaison entre la thérapie assistée par robot et la thérapie conventionnelle

Deux études (51,52) ont comparé la thérapie conventionnelle à la thérapie assistée par robot. La première étude utilisant le dispositif *HOH* (51) a montré que celui-ci apportait des améliorations au niveau du temps lors de la réalisation des AVQ, mais il n'était pas aussi efficace que des séances orientées vers une tâche finale dans le cadre d'une thérapie classique. La deuxième étude utilisant *Gloreha Sinfonia* (52) a démontré des apports thérapeutiques vis-à-vis de cette technologie en obtenant des résultats significatifs pour le groupe expérimental en comparaison avec le groupe contrôle. De plus, une amélioration des capacités fonctionnelles de la main dans diverses AVQ a été relevée.

2.6. Critères de jugement

Les articles étudiés ont utilisé différentes échelles d'évaluation pour mesurer l'efficacité des interventions. Afin de mieux visualiser les échelles intervenantes dans chacune des études, nous avons réalisé un tableau (Tableau 2) permettant de classer les outils d'évaluation en deux catégories (62) :

- ⇒ Les échelles permettant d'évaluer les déficiences motrices des personnes post-AVC au niveau de leur membre supérieur parétique.
- ⇒ Les échelles orientées dans l'évaluation des capacités fonctionnelles de la main pendant l'exécution d'AVQ, donc plus axé dans le domaine de l'activité.

	Déficiences motrices			Activité						
	FMA	WMFT	BBT	MAL	COPM	MBI	CAHAI	TRI-HFT	JTHFT	ARAT
Chen et al (2022)	X	X		X						X
Ogul et al (2021)	X			X	X					
Lee et al (2021)	X		X			X				
Nann et al (2021)	X									
Casas et al (2021)	X									
Yurkewich et al (2020)	X						X			
Yurkewich et al (2020)			X				X	X		
Gasser et al (2020)								X		
Yurkewich et al (2019)			X				X			
Heung et al (2019)										X
Haghshenas-Jaryani et al (2017)	X								X	

Tableau 3 : Outils d'évaluations utilisés selon l'étude menée

ARAT : Action Research Arm Test ; **BBT** : Box and Block Test ; **CAHAI** : Chedoke Arm and Hand Activity Inventory ; **COPM** : Canadian Occupational Performance Measurement ; **FMA** : Fugl-Meyer Assessment ; **MAL** : Motor Activity Log ; **MBI** : Modified Barthel Index ; **JTHFT** : Jebsen-Taylor Hand Function Test ; **TRI-HFT** : Toronto Rehabilitation Institute Hand Function Test ; **WMFT** : Wolf Motor Function Test

3. Présentation des résultats par critère

Le recensement de l'ensemble de nos articles est illustré dans l'histogramme suivant (Figure 5). Cet histogramme présente les résultats globaux obtenus en lien avec les activités de vie quotidienne et en fonction de nos hypothèses de départ. Pour rappel, les hypothèses énoncées sont :

- 1) Les exosquelettes centrés sur la main peuvent avoir des effets sur les AVQ au même titre qu'un traitement conventionnel.
- 2) Les exosquelettes centrés sur la main permettent d'améliorer les performances dans les AVQ à travers des exercices de mise en situation.

Ainsi, pour chaque hypothèse, le nombre d'articles est illustré dans l'histogramme en fonction de l'étude qui a été menée. Des couleurs ont été attribuées aux études en fonction des apports thérapeutiques apportés avec le dispositif robotisé. Concernant la première

hypothèse, deux articles ont comparé la thérapie assistée par robot à la thérapie conventionnelle. Pour la seconde hypothèse, l'ensemble des études ont proposé des interventions dans le but d'évaluer l'efficacité des exosquelettes dans la réalisation des AVQ.

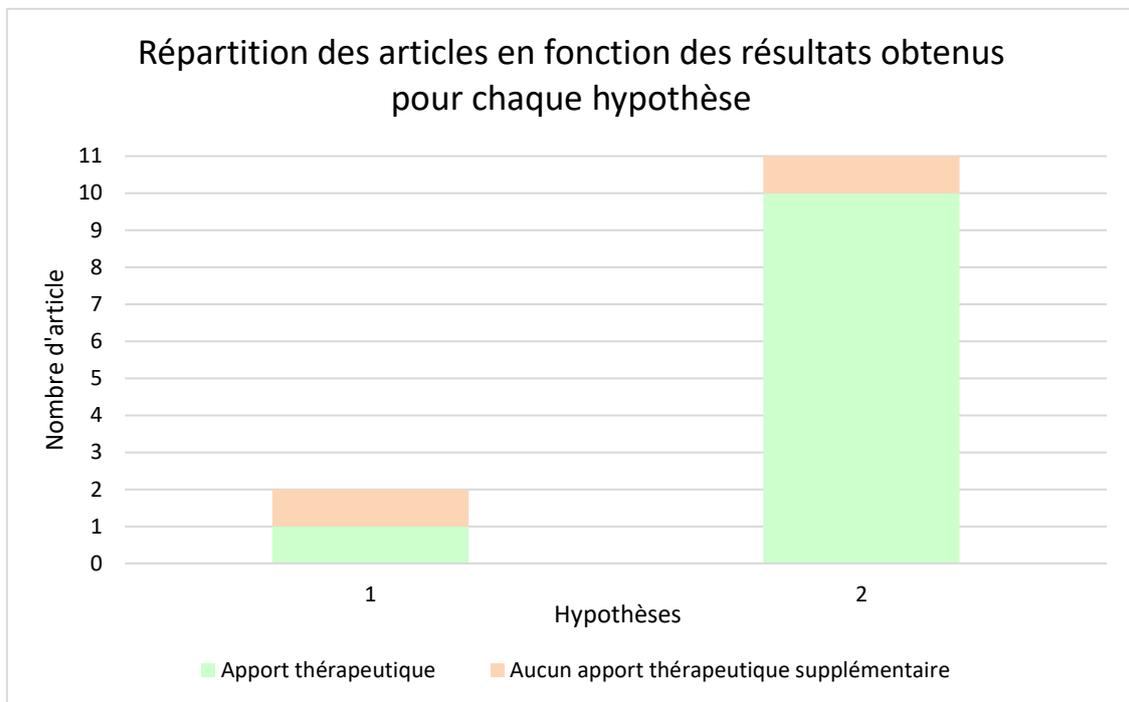


Figure 5 : Synthèse globale des résultats obtenus en fonction des articles et des hypothèses

Les données obtenues pour chaque étude ont montré que la thérapie assistée par robot était une pratique favorable à la restauration des capacités fonctionnelles de la main, rendant possible la réalisation des AVQ. Néanmoins, parmi les onze études, un article a montré que l'entraînement avec un exosquelette robotisé était aussi efficace qu'une thérapie conventionnelle dans le domaine de l'activité et n'apportait pas d'amélioration supplémentaire par rapport à celle-ci (51).

Afin de décrire les résultats obtenus, nous pouvons les organiser selon deux thématiques. La première regroupe les articles mettant en avant la comparaison entre la thérapie assistée par robot avec la thérapie conventionnelle. La seconde rassemble l'ensemble des onze articles mettant en évidence le rôle des exosquelettes centrés sur la main dans les AVQ.

3.1. La thérapie assistée par robot : une pratique complémentaire à la thérapie conventionnelle

Au regard de la Figure 4, deux articles ont évalué les effets thérapeutiques des exosquelettes centrés sur la main chez les personnes victimes d'AVC, en comparaison avec des séances conventionnelles.

Les résultats ont montré que la pratique utilisée n'a pas apporté d'effets thérapeutiques supplémentaires par rapport à la pratique traditionnelle (51). En effet, les deux protocoles d'intervention réalisés au cours de cette étude ont montré que la thérapie assistée par robot pouvait être aussi efficace qu'une thérapie conventionnelle avec des séances orientées vers une tâche, dans le domaine de la participation et de l'activité. Toutefois, même si ces résultats sont comparables, l'intervention avec le dispositif robotisé a fourni de meilleures améliorations dans le domaine de l'activité notamment par rapport au temps de la performance. Les séances en thérapie conventionnelle ont démontré de meilleures améliorations au niveau des fonctions motrices, ce qui permet d'utiliser le membre atteint de façon spontanée dans les AVQ contrairement à la thérapie assistée par robot. Dans cette étude, il a été démontré que réaliser dans un premier temps des séances avec le dispositif robotisé permettrait d'améliorer les capacités motrices des patients par un entraînement intensif et répétitif. De plus, débiter des séances sans l'utilisation de l'exosquelette améliorerait les fonctions motrices, et aucune amélioration significative ne serait perçue si les séances se poursuivaient avec l'exosquelette. Il y aurait donc un impact plus important lorsque nous utilisons initialement l'exosquelette avant les séances conventionnelles.

La deuxième étude a démontré que l'utilisation d'un exosquelette robotisé axé sur la main améliorerait de façon significative la motricité et les capacités fonctionnelles de la main lors de l'exécution des AVQ (52). Les performances du groupe expérimental ont montré de meilleurs résultats par rapport au groupe contrôle sans utilisation du gant robotisé.

3.2. Des mises en situation proches de la réalité

Comme nous l'avons vu précédemment, la thérapie assistée par robot utilisant des exosquelettes centrés sur la main, peut apporter des améliorations significatives à différents niveaux. Cette pratique peut se rapprocher du contexte de vie réelle des patients post-AVC en leur proposant des mises en situation. L'utilisation d'objets réels et/ou virtuels contribuerait à améliorer la performance dans les AVQ.

Les onze études ont employé dans leurs interventions des objets de la vie courante. Certaines d'entre elles ont utilisé un environnement virtuel à travers des jeux interactifs permettant d'être en contexte proche de la réalité (51,52,61).

L'utilisation de certaines échelles d'évaluation comme le CAHAI (Annexe II), le COPM, le TRI-HFT (Annexe IV) ou bien le JTHFT ont permis aux patients de se mettre dans des situations susceptibles d'être rencontrées dans leur quotidien. Différentes tâches manuelles et bimanuelles ont été incluses dans les interventions. Parmi elles figurent l'action de boire qui est la tâche réalisée la plus récurrente et qui requiert plusieurs étapes pour qu'elle soit effective (54,57,58,59). Pour ces quatre études, cette tâche a été réalisée avec succès en utilisant un exosquelette. La tâche « couper du pain » a également été accomplie avec l'exosquelette, où une amélioration a été notée en termes de temps et dans la qualité d'exécution du mouvement (58). D'autres activités bimanuelles en lien avec les AVQ ont été explorées en se basant plus particulièrement sur le CAHAI. Ce dernier propose plusieurs activités fonctionnelles standardisées, et une amélioration significative des performances lors de leur réalisation a été observée avec le dispositif robotisé (56). Par ailleurs, plusieurs tâches manuelles faisant intervenir la main hémiparétique seule ont été proposées (53,54,55,56,57,58). Concernant ces études, l'exosquelette a été utilisé dans le but de saisir des objets (feuille de papier, crayon, balle, fourchette...) et de les manipuler. Les résultats ont montré une amélioration de la force

de préhension (55,57,58,59,61) et des amplitudes articulaires (55,59) nécessaires à la réalisation des AVQ.

Ainsi pour l'ensemble des articles, l'utilisation d'un exosquelette ou d'un gant robotisé a permis de manipuler des objets du quotidien, que ce soit à travers des tâches manuelles ou bimanuelles, et favorisant ainsi les habiletés fonctionnelles de la main dans l'accomplissement de certaines AVQ. Les études utilisant des interfaces virtuelles avaient des résultats similaires aux données précédentes et étaient également favorables à l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main dans l'exécution des AVQ (51,52,61).

Discussion

L'objectif de ce mémoire était de déterminer si l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main favoriserait la réalisation des AVQ chez les personnes victimes d'AVC. Pour cela, une *scoping review* a été réalisée afin de tenter de répondre à cette problématique.

Dans cette revue, de nombreux résultats ont montré un intérêt quant à l'utilisation de ces dispositifs robotisés chez les patients post-AVC, avec des apports thérapeutiques sur le plan sensori-moteur et dans le domaine de l'activité.

Plusieurs conclusions peuvent être tirées suite à l'analyse de nos résultats et en rapport avec nos hypothèses de départ.

1. Interprétation des résultats et vérification des hypothèses

Notre **première hypothèse** énonçait que les exosquelettes centrés sur la main pouvaient avoir des effets thérapeutiques au même titre qu'une thérapie conventionnelle chez les personnes post-AVC. Cette technologie robotisée utilisant des gants ou des exosquelettes permet d'améliorer les habiletés motrices au niveau de la main auprès de cette population.

Seulement deux études randomisées contrôlées ont été incluses dans la revue. Les deux études ont été menées dans le but de comparer les effets de la thérapie assistée par robot avec ceux de la thérapie conventionnelle. Elles ont montré comme nous l'avons vu précédemment des résultats différents (51,52). Cela peut s'expliquer d'une part en raison de l'application de diverses échelles d'évaluation et d'autre part par l'utilisation d'exosquelettes robotisés différents ainsi que des modes d'intervention distincts. Dans l'étude faisant intervenir le dispositif *HOH* (51), la période d'intervention était plus longue, avec une coupure d'un mois entre les deux protocoles pour chaque groupe. De plus, si nous comparons le temps de la séance avec la deuxième étude (52), nous remarquons que la durée passée avec le dispositif robotisé était de 70 minutes pour la première étude et de 40 minutes pour la deuxième. Par ailleurs, concernant les similitudes pour ces deux études, ces dernières avaient fait intervenir des objets réels ainsi que des jeux virtuels. Cependant, les résultats obtenus dans l'étude utilisant le *HOH* n'ont pas apporté d'amélioration supplémentaire par rapport à la thérapie conventionnelle, hormis pour la performance au niveau du temps. Nous pouvons opposer ces résultats à la deuxième étude utilisant le gant robotisé *Gloreha Sinfonia*, où les patients issus du groupe expérimental avaient obtenu de meilleurs résultats par rapport au groupe contrôle. Ces conclusions peuvent nous questionner sur la pertinence ou non d'inclure la période d'un mois où les patients ne sont plus dans l'obligation de poursuivre leur rééducation. De plus, pour les deux études, les résultats sont obtenus à partir de différentes échelles d'évaluations qui présentent des tests différents, notamment dans le domaine de l'activité. Par conséquent, les effets observés semblent être influencés par ces tests et il est difficile d'affirmer si en comparaison avec la thérapie conventionnelle, la thérapie robotisée apporte des effets thérapeutiques supplémentaires. L'échantillon de la population peut aussi être un facteur explicatif de ces résultats. En effet, une des études a inclus des patients pendant la phase chronique de l'AVC (51) et pour l'autre (52), la phase aiguë a également été prise en compte. Toutefois, les résultats restent favorables à l'utilisation de la thérapie assistée par robot apportant une amélioration des performances dans les AVQ.

En tenant compte des résultats mitigés obtenus avec ces deux études, il serait intéressant de proposer de futurs essais contrôlés randomisés comprenant des interventions avec un plus grand échantillon et des diversités de profil, afin de mieux identifier et cibler les paramètres nécessaires pour répondre aux besoins des patients. Cela permettrait de proposer des évaluations en sous-groupe, notamment en fonction de la phase post-AVC.

Par ailleurs, quelques études antérieures retrouvées dans la littérature, ont également axé leurs objectifs sur l'évaluation des effets de la thérapie assistée par robot en comparaison avec la thérapie conventionnelle (34,63,64). Deux de ces articles ont utilisé le gant robotisé *Gloreha*. Cependant, leurs objectifs diffèrent de celui exploré dans notre revue (34,63). Les principaux résultats énoncés ont montré que ce type de technologie fournissait des mouvements répétitifs au niveau de la main entraînant des bénéfices dans la réorganisation des cortex somato-moteurs (34). La thérapie assistée par robot semblerait constituer un soutien dans la pratique quotidienne des thérapeutes (65). Enfin, l'une des études menées en 2018 a également démontré que l'exosquelette robotisé centré sur la main, et commandé par EMG, pouvait améliorer l'indépendance des personnes post-AVC durant les AVQ (66).

Enfin, il est difficile de valider complètement notre première hypothèse en nous basant seulement sur les résultats fournis par deux articles. Toutefois, celles-ci sous-tendent que la thérapie assistée par robot aurait des effets thérapeutiques. Néanmoins, selon les paramètres et les tests utilisés, il est possible qu'il n'y ait aucun apport thérapeutique supplémentaire par rapport à la thérapie conventionnelle.

La **deuxième hypothèse** supposait que les exercices sous forme de mises en situation et utilisant des exosquelettes centrés sur la main favoriseraient les performances dans les AVQ.

L'utilisation d'objets réels ou d'une interface virtuelle a permis aux patients de réaliser des tâches bimanuelles, favorisant l'intégration du membre affecté dans l'exécution de certaines AVQ. De plus, pour la majorité des articles étudiés dans notre revue, les résultats obtenus suite à une intervention avec l'un des dispositifs, ont montré des améliorations significatives sur le plan de la motricité, avec une augmentation des amplitudes articulaires, de la force de préhension, ainsi qu'une amélioration des capacités fonctionnelles de la main durant les AVQ.

Cette deuxième hypothèse semble donc se confirmer au vu de ces résultats. Par conséquent, les exosquelettes centrés autour de la main et les gants robotisés constitueraient des outils favorables à la pratique clinique dans le cadre d'une réadaptation fonctionnelle auprès de cette population.

2. Résultats secondaires

Au cours de notre analyse, nous avons constaté des bénéfices généraux fournis par les dispositifs robotisés. De plus, certaines interventions ont contribué à améliorer les fonctions sensori-motrices de la main, notamment lorsque plusieurs méthodes rééducatives ont été combinées dans une seule et même intervention. Par ailleurs, nous avons également repéré qu'en plus d'apporter des effets thérapeutiques dans un environnement clinique, les exosquelettes et plus précisément une majorité de gants robotisés sont utilisés en tant que technologie d'assistance dans les AVQ.

2.1. Association de plusieurs techniques de rééducation

Parmi les études, deux d'entre elles ont combiné la thérapie assistée par robot avec différentes techniques de rééducation : des séances orientées vers une tâche finale, la réalité virtuelle avec l'utilisation de jeux vidéo (51,52). Les chercheurs ont supposé qu'associer leur prototype avec une autre thérapie (ou une autre technologie) produirait des effets plus importants et permettrait d'atteindre des niveaux de performances plus élevés dans les AVQ. Certains protocoles d'intervention ont combiné la thérapie assistée par robot avec une autre méthode rééducative. Nous pouvons citer à titre d'exemple : l'intégration d'un EMG, EOG ou d'un ordinateur dans le cas d'une ICO. Ces études ont été exclues dans le cadre de cette revue mais il pourrait être pertinent d'élargir les critères d'inclusion pour obtenir des données complémentaires dans les AVQ.

Par ailleurs, la thérapie assistée par robot fournit un entraînement intensif et répétitif favorisant la plasticité neuronale, et permettant au cerveau de récupérer certaines fonctions neurologiques. De ce fait, associer cette thérapie avec une autre technique qui a montré des résultats significatifs et favorables auparavant dans la rééducation et la réadaptation, constituerait un élément conséquent dans la prise en charge des patients post-AVC. Certains dispositifs, comme le *HOH* (51) possèdent un système de biofeedback. Cette technique informe le patient sur ses capacités, l'incitant à agir sur son propre corps et permettant alors une participation plus active de celui-ci. Le fait de pouvoir visualiser sa progression, stimulerait la motivation de la personne lors des séances.

2.2. Comparaison entre les dispositifs robotisés

Nous avons identifié dans notre revue dix dispositifs robotisés différents dont quatre exosquelettes et six gants robotisés. Trois articles ont renseigné le ddl de leur dispositif (54,55,58). Dans le cas du *NESM β* (54), cet exosquelette possède deux modules et présente pour la composante appliquée à la main, 1 ddl au niveau du poignet permettant des mouvements de prono-supination, et 4 ddl pour la main permettant des mouvements de flexion/extension pour les cinq doigts ainsi qu'une abduction/adduction pour le pouce. Concernant le *HandSOME II* (55), celui-ci possède en tout 15 ddl, et enfin le troisième exosquelette (58) présente 1 ddl pour la main, permettant la prise et le relâchement d'objet. Dans la conception des exosquelettes focalisés autour de la main, le ddl est une caractéristique fondamentale à prendre en compte car elle conditionne tout type de préhension que nous utilisons au cours d'une activité.

Par ailleurs, deux dispositifs étaient constitués de deux parties, une pour le bras et l'autre pour la main (54,58). Pour l'une de ces études, la composante fixée au niveau du bras jouait plutôt un rôle de soutien (58). Il s'agissait d'un support postural semi-motorisé, s'alignant sur les axes d'articulation du bras. Il ne produisait cependant, aucune action pour ce dernier. Seul un bouton était présent sur cette composante permettant de reconfigurer la position du poignet en prono-supination et le coude en flexion/extension. De plus, il permettait de verrouiller le bras dans une position souhaitée. Concernant l'exosquelette de la seconde étude (54), le module fixé au niveau du bras possédait quatre unités d'actionnements élastiques permettant de mobiliser les articulations de l'épaule et du coude. Cette configuration a permis de mobiliser l'ensemble du membre supérieur.

Concernant le design du dispositif, celui-ci peut dépendre de la fonction pour laquelle il est destiné. En effet, les exosquelettes ont un aspect plutôt rigide et compact par rapport aux gants robotisés qui sont généralement plus souples. Parmi les gants robotisés souples, nous pouvons citer le *SECA* (60) et le *HiM* (61). Concernant le *SECA*, il a la particularité d'être constitué de plusieurs mécanismes élastiques et légers avec une double segmentation. Celle-ci correspond à des portions de silicone souples placées sur les parties métacarpo-phalangiennes et sur les parties phalangiennes de la main. Ces composantes sont constituées de plusieurs couches ce qui permet d'obtenir des mouvements d'extension des doigts plus importants. Ces caractéristiques ont permis aux chercheurs de fournir au gant les fonctions d'ouverture et de fermeture de la main afin de saisir et de relâcher des objets. Pour le dispositif *HiM*, il s'agit également d'un gant robotisé souple, mais qui présente deux fonctionnalités : thérapeutique et d'assistance. Le *HiM* est composé de plusieurs moteurs qui génèrent une force pour chaque doigt et présentent des tendons artificiels pour les mobiliser. Il existe une boucle de rétroaction positive qui permet de proportionner la force générée par le gant par rapport à la force réelle du patient. Les paramètres utilisés dans le gant *SECA* et le *HiM* leur confèrent des fonctionnalités utilisées dans la thérapie fondamentale, orientée vers de la rééducation fonctionnelle. Néanmoins, la fonction d'assistance dans les AVQ est également présente dans ces deux dispositifs. De plus, contrairement aux gants robotisés, les exosquelettes ont une présentation un peu plus imposante avec une architecture plus complexe comme c'est le cas du *HOH* (51,53), du *NESM β* (54) ou encore du *HandSOME II* (55). Ces dispositifs ont un design plus compact et leur configuration est plus complexe car ils permettent plusieurs fonctions motrices. Comme nous l'avons vu plus haut, cela peut être dû au nombre de ddl assigné à l'exosquelette.

Pour la plupart des dispositifs robotisés que nous avons étudiés, leur conception a été basée sur d'anciennes versions proposées les années passées. Nous nous sommes alors aperçus de l'évolution de ces prototypes d'une part par rapport au concept de leur architecture et d'autre part en fonction de leurs apports thérapeutiques. Quatre études sont parties d'un dispositif robotisé de première génération (correspondant aux exosquelettes qu'ils présentaient), et ont modifié leur design ainsi que leurs caractéristiques fonctionnelles afin de mieux répondre aux demandes des patients liées aux AVQ (54,55,59). Concernant le *NESM β* (54), il s'agit de la nouvelle version se basant sur le précédent modèle conçu en 2019, le *NESM α* (67). Parmi les différences que nous pouvons relever entre ces deux dispositifs, nous avons la mise en place de l'exosquelette sur un fauteuil roulant, ce qui permet d'obtenir plus de mobilité et de pouvoir le déplacer soit à droite, soit à gauche selon le membre parétique. L'exosquelette de la main a été intégré dans le *NESM β* , ce qui a apporté plusieurs améliorations dans la réalisation des AVQ. Ces caractéristiques n'étaient pas présentes dans la version α , qui était plus orientée vers une rééducation de la partie proximale du membre supérieur et peu sur la partie distale. De plus, la rééducation ne pouvait se faire que du côté droit. Concernant le dispositif robotisé *HandSOME II* (55), une première version a été élaborée en 2011 (68). Le *HandSOME II* possède 15 ddl contrairement au premier modèle qui n'en possédait qu'un. Ce paramètre est important car la nouvelle version permet de contrôler des schémas de préhension plus complexe impliqués dans les AVQ. Par ailleurs, certains paramètres sont personnalisables permettant de régler le niveau d'assistance du dispositif, ce qui n'était pas le cas pour la première version. Enfin, Yurkewich et al. ont proposé en 2019 un gant robotisé nommé *HERO glove* (59). A partir de cette version, ils ont proposé deux autres dispositifs : *Hero Grip Glove* (57) et *My-Hero* (56). La version de 2019 fournissait une extension des cinq doigts et une flexion du pouce, du deuxième et troisième doigt. Le gant robotisé *My-*

Hero (56) avait la particularité d'utiliser des signaux EMG et un contrôle myoélectrique permettant de détecter l'intention du patient à saisir ou relâcher un objet. Ce dispositif était donc rattaché à un ordinateur, ce que nous ne retrouvons pas dans les deux autres modèles. De plus, des tendons filaires artificiels ont été rajoutés sur celui-ci afin d'obtenir une plus grande force de préhension. Concernant le *Hero Grip Glove* (57), il a été conçu avant le dispositif *My-Hero* et nécessitait quelques améliorations notamment sur le contrôle des mouvements qui devait être un peu plus précis. De plus, des demandes ont également été prises en considération sur une flexion des doigts et une force de préhension qui devaient être plus importantes. Le *Hero Grip Glove* a été utilisé lors des routines quotidiennes et des améliorations en termes d'amplitude articulaire et de force de préhension ainsi que des performances dans les AVQ ont été perçues.

Ces comparaisons nous ont permis d'avoir une meilleure compréhension des critères pris en compte pour l'élaboration de ces dispositifs robotisés ainsi que des différents paramètres abordés pour permettre une rééducation/réadaptation fonctionnelle efficace. L'évolution de ces dispositifs permet d'observer de nouveaux résultats et d'approfondir des conclusions obtenues lors des précédentes études.

2.3. Exploration et développement de nouvelles fonctionnalités liées à ces systèmes robotisés

Les dispositifs robotisés évoluent au cours du temps et plus particulièrement les exosquelettes centrés sur la main et les gants robotisés comme nous avons pu le voir au cours de notre discussion. Ces derniers se développent de plus en plus dans le domaine de la réadaptation fonctionnelle pour répondre à de nouvelles demandes liées aux AVQ et éclaircir certaines problématiques. Dans certaines études, des questionnaires ont été diffusés à la fin des interventions afin de recueillir des renseignements sur d'éventuels axes d'améliorations pour de futures études.

Dans notre *scoping review*, trois études ont fait passer des questionnaires de satisfaction auprès des patients post-AVC dans le but d'identifier leurs besoins et les potentielles améliorations sur ces dispositifs (56,57,61). Concernant les deux études de Yurkewich et al. (56,57) l'échelle d'évaluation QUEST (Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology Version 2.0) a été utilisée. Cette échelle a permis de mesurer le niveau de satisfaction des participants sur le dispositif robotisé, notamment sur sa taille, son poids, la sécurité, le confort ... Par ailleurs, un second questionnaire a pu être proposé : USE (Usefulness, Satisfaction and Ease of Use questionnaire) (56), et a permis de noter plusieurs critères tels que l'utilité du gant robotisé, son accessibilité, la volonté de l'utiliser en clinique ou à domicile ainsi que pour des routines quotidiennes. Nous avons également le SUS (System Usability Scale), qui est aussi une échelle permettant d'évaluer l'utilisabilité du gant robotisé (61). Ces feedbacks sont essentiels lorsqu'un exosquelette ou un gant robotisé est proposé et mis en application afin de le faire évoluer et de le développer. De plus, la prise en compte de toutes ces caractéristiques constitue ce que nous appelons la conception centrée sur l'utilisateur (69). Il s'agit de prendre en compte les besoins et les attentes de la personne, de recueillir les caractéristiques nécessaires pour la conception du dispositif dans le but de tester son utilisabilité.

Pour finir, certains exosquelettes ou gants robotisés sont en cours d'exploration et de développement pour une utilisation à domicile en tant que technologie d'assistance dans les AVQ. Les résultats obtenus avec le gant robotisé *HiM* (61) ont montré une acceptabilité et une faisabilité de ce dispositif à domicile. Les feedbacks recueillis dans les études précédentes semblent également être favorables à l'utilisation de ces exosquelettes dans cet environnement. Par ailleurs, certains patients post-AVC en phase chronique pourraient initier un processus d'auto-rééducation à domicile, s'ils souhaitent continuer leur rééducation en réalisant des activités de manière autonome. Par conséquent, l'utilisation de gants robotisés semble être pertinent dans ce contexte.

Au vu de l'ensemble de nos résultats, nous pouvons donc en conclure que l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main sont favorables à la réalisation des AVQ auprès des personnes victimes d'AVC.

3. L'ergothérapie dans le champ de la thérapie robotisée et de l'activité

Sur les onze articles sélectionnés, six ont présenté des interventions menées par des ergothérapeutes. Ces derniers ont été formés à l'utilisation de différents systèmes exosquelettiques.

Dans ce domaine, les compétences de l'ergothérapeute peuvent être sollicitées notamment car celui-ci met en lien la personne avec son environnement et ses occupations. L'ergothérapeute est capable d'adapter et de réajuster l'accompagnement proposé au patient afin de mieux répondre à ses besoins et à ses attentes. De plus, dans sa pratique, l'ergothérapeute peut s'appuyer sur des modèles conceptuels pour construire son projet d'intervention pour un patient donné. Concernant le MCREO présenté précédemment, il a été utilisé dans un article afin d'apprécier les effets de la thérapie robotisée sur les habiletés fonctionnelles de la main lors de la réalisation de certaines tâches de la vie quotidienne. Ce modèle a également permis d'évaluer le niveau de performance et de satisfaction chez un patient post-AVC (53). Il existe d'autres articles (68,69,70) qui ont utilisé la MCREO lors des prises en charges faisant intervenir ce type de thérapie et en utilisant des dispositifs robotisés autres que des exosquelettes. Cependant, n'ayant pas eu accès à l'intégralité de ces études, elles n'ont pas pu être incluses dans notre *scoping review*. Par conséquent, il serait intéressant pour de futures recherches d'explorer et d'approfondir l'application de ce modèle dans le cadre d'une réadaptation fonctionnelle pour des personnes ayant subi un AVC, et ainsi évaluer plus précisément leur performance dans les AVQ.

4. Limites de l'étude

Tout au long de ce travail de recherche, nous avons pu identifier certaines limites. La première concerne la méthodologie lors de la recherche d'article en rapport avec l'équation établie dans les bases de données. En effet, il est possible que certains articles n'aient pas été trouvés en raison de nos mots-clés. De plus, lors de l'étape de sélection, l'utilisation de certains filtres permettant de mieux cibler notre recherche a probablement pu écarter certaines études si certains mots-clés n'apparaissaient ni dans le titre ni dans le résumé. Le choix d'inclure des articles réalisés entre 2015 et 2022 peut également constituer un facteur limitant car nous nous sommes fixés sur des données assez récentes afin d'être au plus proche des

résultats actuels. Les exosquelettes axés sur les proximités distales du membre supérieur et utilisés dans le but de favoriser les performances dans les AVQ restent encore peu explorés. Néanmoins, certains articles ont pu être publiés antérieurement et auraient pu être intéressants à analyser afin de nous apporter des informations et des éléments de réponse complémentaire à notre recherche.

Ensuite, nous n'avons pas rencontré d'études rédigées en langue française, mais seulement des articles anglophones. Par conséquent, une traduction de l'ensemble des articles a été nécessaire afin de faciliter leur compréhension. Par conséquent, certaines études ont pu être écartées en raison d'erreurs de traduction. Nous pouvons également nous questionner sur le manque d'études francophones concernant notre thématique. Les interventions avec des exosquelettes centrés autour de la main sont sans doute encore peu pratiquées en France en comparaison à d'autres pays.

Enfin, nous avons constaté une grande majorité d'études pilotes incluses dans notre revue. Les échantillons comprenaient un nombre minime de participants, ayant pour conséquence un faible niveau de preuve vis-à-vis des interventions menées.

L'identification de ces limites nous permet d'explorer certaines perspectives nous permettant de continuer à mettre à jour nos connaissances et d'envisager de futurs travaux de recherche sur ce sujet.

5. Perspectives envisagées

Notre recherche concernant la thérapie assistée par robot utilisant des exosquelettes centrés sur la main ou des gants robotisés auprès des personnes ayant subi un AVC, nous a permis de prendre conscience de l'avancée de ces technologies à l'heure actuelle et d'approfondir nos connaissances sur le sujet.

Les résultats obtenus dans notre revue pourraient servir pour de futures recherches et notamment auprès des ergothérapeutes exerçant en France. L'utilisation de ce type de dispositif robotisé en clinique ou à domicile dans le cadre d'une réadaptation fonctionnelle pourrait davantage être approfondie afin d'améliorer les prises en soin et d'être au plus proche de l'environnement dans lequel vit le patient. Il serait également intéressant de mettre en évidence le rôle de l'ergothérapeute au vu de ses compétences dans les différentes interventions impliquant ces dispositifs.

Par ailleurs, une étude qui a été menée au Canada en 2021 a évalué le point de vue des ergothérapeutes vis-à-vis de l'utilisation de gants robotisés dans le cadre de la rééducation de la main après un AVC (73). Dans cet article, un exoglove a été utilisé et les ergothérapeutes ayant participé à l'intervention ont évoqué leurs impressions sur cette technologie. Selon eux, les gants robotisés sont des dispositifs technologiques prometteurs dans le champ de la réadaptation fonctionnelle répondant à des besoins actuels des patients. De plus, il est possible de personnaliser les séances en paramétrant certaines variables telles que l'amplitude et la vitesse des mouvements, ou encore le nombre de répétitions, ce qui permettrait de répondre au mieux aux besoins de la personne.

Ces dispositifs peuvent être utilisés dans les centres de soins mais également à domicile comme nous l'avons vu auparavant. En France, l'utilisation des gants

exosquelettiques reste tout de même peu fréquente et n'est pas encore largement exploitée en clinique. Cela peut s'expliquer par le manque de renseignements ou de données vis-à-vis de ce type d'exosquelette. En effet, de nombreuses études anglophones et francophones ont étudié d'autres dispositifs robotisés comme des bras robotisés ou bien des exosquelettes spécialisés pour les membres inférieurs. Nous pouvons alors en déduire que les thérapeutes sont moins sensibilisés et formés aux gants et exosquelettes centrés autour de la main pour pouvoir les proposer dans les centres ou à domicile. Il est donc important pour les ergothérapeutes de s'informer sur ces systèmes robotisés et de se former à leur utilisation pour pouvoir les intégrer à leur pratique et orienter les patients vers ces dispositifs. De plus, la question du coût est à prendre en compte car ces appareils nécessitent un certain budget ce qui peut constituer un frein dans leur acquisition. Néanmoins, seuls quelques centres de rééducation en France sont dotés de gants robotisés. Nous retrouvons plus fréquemment des exosquelettes orientés dans la rééducation de l'ensemble du membre supérieur ou du membre inférieur. Par ailleurs, à domicile ces systèmes robotisés n'ont pas encore été suffisamment explorés et approfondis pour valider leur efficacité thérapeutique dans cet environnement.

Nous pouvons également nous questionner sur la place de l'ergothérapeute en libérale dans le cadre d'une prise en charge à domicile. En effet, si les ergothérapeutes étaient formés à l'utilisation de ce type de dispositif, ils pourraient continuer les accompagnements de ces personnes victimes d'AVC après leur sortie d'hospitalisation. Chez certains patients la récupération fonctionnelle peut être insuffisante voire nulle. Ainsi, lorsqu'ils retournent à leur domicile suite à l'hospitalisation, certains peuvent rester dépendants et nécessiter une tierce personne dans leur routine quotidienne. Par conséquent, l'utilisation de ce type de dispositif serait favorable à ces personnes et leur permettrait de garder une certaine indépendance dans leur quotidien. Par ailleurs, il existe certains gants robotisés d'assistance qui sont commercialisés, mais ces derniers ne sont pas remboursés par l'assurance maladie. De ce fait, cette information peut être perçue comme un frein car les prix ne sont pas accessibles pour tous. Néanmoins, si ce type d'assistance se développe davantage dans les années futures, et que les ergothérapeutes ont suivi des formations sur leur utilisation, nous pouvons émettre l'hypothèse que dans le contexte de l'exercice en libérale, les ergothérapeutes pourraient avoir un rôle dans ce type d'intervention. En effet, ils pourraient préconiser ces dispositifs et accompagner les patients dans l'utilisation et la mise en place de ces gants comme outil d'assistance à domicile.

Conclusion

A travers notre revue, nous pouvons conclure que les exosquelettes centrés sur la main dans le cadre de la réadaptation fonctionnelle ont des effets significatifs sur la performance lors de la réalisation des AVQ chez les patients post-AVC. Ces exosquelettes permettent d'améliorer les habiletés fonctionnelles de la main, que ce soit au niveau de la force de préhension, des amplitudes articulaires ou dans les capacités à accomplir certaines tâches, permettant d'intégrer la main parétique dans diverses activités. De plus, l'association de plusieurs méthodes de rééducation contribue à améliorer les capacités fonctionnelles du patient. Ainsi, la thérapie assistée par robot semblerait être une alternative thérapeutique ou bien un complément à la thérapie conventionnelle. Pour les professionnels utilisant cette thérapie, il est nécessaire de comprendre les mécanismes gravitant autour de ces dispositifs, leurs fonctionnalités ainsi que leurs finalités afin d'optimiser le parcours de soins des patients et de répondre au mieux à leurs besoins et leurs attentes.

Au cours de notre travail de recherche, nous nous sommes aperçus que les ergothérapeutes pouvaient être sollicités dans ce type d'accompagnement en regard de leurs compétences et de leur expertise. En effet, l'ergothérapie met en évidence une pratique centrée sur la personne, en la mettant en relation avec son environnement et ses occupations. Les compétences de l'ergothérapeute lui permettent d'accompagner la personne tout au long de son parcours de soin en lui permettant de continuer à réaliser ses activités de manière sécurisée, indépendante et la plus autonome possible. Par ailleurs, nous avons remarqué que pour une majorité des études que nous avons inclus, les interventions ont été menées par des ergothérapeutes. Ces derniers ont accompagné les patients tout au long de leur prise en charge en les rapprochant au mieux à leur contexte de vie quotidienne. L'ergothérapeute a également la possibilité d'utiliser des modèles conceptuels dans sa pratique, comme nous avons pu le voir avec le MCREO, qui semble pertinent à utiliser dans ce type de prise en charge.

En dépit de multiples études menées sur les exosquelettes robotisés orientés autour de la main au cours de ces dernières années, et du fait de la faible qualité de nos études, les données que nous avons identifiées et les résultats analysés restent insuffisants pour démontrer l'impact réel de ces dispositifs auprès des patients post-AVC. De nouvelles études seraient donc nécessaires afin d'approfondir les connaissances sur la robotique et ainsi fournir aux professionnels des recommandations de bonnes pratiques et formations permettant une utilisation propice de ce type de technologie, en tant qu'élément complémentaire aux thérapies existantes. Cette approche étant encore peu explorée en France, il serait pertinent de sensibiliser les ergothérapeutes autour de ce sujet et de réaliser de futures études afin de comparer les résultats avec ceux obtenus dans d'autres pays et ainsi de proposer de nouvelles perspectives de recherche. Par ailleurs, il serait également intéressant d'aborder et de développer les aspects de la thérapie assistée par robot au cours des enseignements théoriques dispensés lors de la formation initiale en ergothérapie.

Pour finir, ce mémoire de fin d'études basé sur des recherches scientifiques, m'a permis de découvrir une multitude de dispositifs exosquelettiques intervenant dans la réadaptation fonctionnelle chez les personnes victimes d'un AVC et d'explorer leurs fonctionnalités en clinique comme à domicile. Ce travail m'a également permis de m'initier à une démarche de recherche scientifique exploitable en tant que future ergothérapeute.

Références bibliographiques

1. Accident vasculaire cérébral (AVC). Haute Autorité de Santé.
2. Accident vasculaire cérébral (AVC) · Inserm, La science pour la santé
3. Les 10 principales causes de mortalité. OMS
4. Accident vasculaire cérébral. Santé Publique France
5. Huguet LN. Haute Autorité de santé. 2018;31.
6. HAS. Accident vasculaire cérébral Pertinence des parcours de rééducation/réadaptation après la phase initiale de l'AVC. 2019;80.
7. Zeiler SR, Krakauer JW. The interaction between training and plasticity in the poststroke brain. *Curr Opin Neurol.* déc 2013;26(6):609-16.
8. HAS Santé. Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. Recommandation de bonne pratique. 2012.
9. Bernhardt J, Hayward KS, Kwakkel G, Ward NS, Wolf SL, Borschmann K, et al. Agreed definitions and a shared vision for new standards in stroke recovery research: The Stroke Recovery and Rehabilitation Roundtable taskforce. *Int J Stroke.* 1 juill 2017;12(5):444-50.
10. Hatem SM, Saussez G, della Faille M, Prist V, Zhang X, Dispa D, et al. Rehabilitation of Motor Function after Stroke: A Multiple Systematic Review Focused on Techniques to Stimulate Upper Extremity Recovery. 13 sept 2016;10:442.
11. Penfield W, Boldrey E. Somatic motor and sensory representation in the cerebral cortex of man as studied by electrical stimulation. 1937;(60):389-443.
12. McMillan IR, Carin-Levy G. Anatomie et neurophysiologie appliquée pour l'ergothérapie. Deboeksuperieur; 2020. 256 p.
13. Feix T, Romero J, Schmiedmayer HB, Dollar AM, Kragic D. The GRASP Taxonomy of Human Grasp Types. *IEEE Trans Hum-Mach Syst.* févr 2016;46(1):66-77.
14. Chen R, Cohen LG, Hallett M. Nervous system reorganization following injury. *Neuroscience.* 6 juin 2002;111(4):761-73.
15. Hylin MJ, Kerr AL, Holden R. Understanding the mechanisms of recovery and/or compensation following injury. *Neural Plast.* 2017;2017.
16. Lee H, Kuo F, Lin Y, Liou T, Lin J, Huang S. Effects of Robot-Assisted Rehabilitation on Hand Function of People With Stroke: a Randomized, Crossover-Controlled, Assessor-Blinded Study. *Am J Occup Ther.* 2021;75(1):1-11.
17. ANFE. Engagement, occupation et santé. Une approche centrée sur l'accompagnement de l'activité de la personne dans son contexte de vie. 2018. 424 p.
18. Meyer S. De l'activité à la participation. Deboeksuperieur; 2013. 288 p.
19. Classification Internationale du Fonctionnement (CIF) | Ecole des hautes études en santé publique (EHESP)

20. Townsend EA, Polatajko HJ, Craik J. Modèle canadien du rendement et de l'engagement occupationnels (MCREO). Habilitier à l'occupation–Faire avancer la perspective ergothérapeutique de la santé, du bien-être et de la justice par l'occupation. 2008.
21. Maciejasz P, Eschweiler J, Gerlach-Hahn K, Jansen-Troy A, Leonhardt S. A survey on robotic devices for upper limb rehabilitation. *J NeuroEngineering Rehabil.* 9 janv 2014;11:3.
22. Proulx CE, Beaulac M, David M, Deguire C, Haché C, Klug F, et al. Review of the effects of soft robotic gloves for activity-based rehabilitation in individuals with reduced hand function and manual dexterity following a neurological event. *J Rehabil Assist Technol Eng.* 13 mai 2020;7:2055668320918130.
23. Khalid S, Alnajjar F, Gochoo M, Renawi A, Shimoda S. Robotic assistive and rehabilitation devices leading to motor recovery in upper limb: a systematic review. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 16 avr 2021;1-15.
24. Prange GB, Jannink MJA, Groothuis-Oudshoorn CGM, Hermens HJ, IJzerman MJ. Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *J Rehabil Res Dev.* 2006;43(2):171.
25. Mehrholz J, Pollock A, Pohl M, Kugler J, Elsner B. Systematic review with network meta-analysis of randomized controlled trials of robotic-assisted arm training for improving activities of daily living and upper limb function after stroke. *J Neuroengineering Rehabil.* 30 juin 2020;17(1):83.
26. Calabrò RS, Accorinti M, Porcari B, Carioti L, Ciatto L, Billeri L, et al. Does hand robotic rehabilitation improve motor function by rebalancing interhemispheric connectivity after chronic stroke? Encouraging data from a randomised-clinical-trial. *Clin Neurophysiol Off J Int Fed Clin Neurophysiol.* mai 2019;130(5):767-80.
27. Aggogeri F, Mikolajczyk T, O'Kane J. Robotics for rehabilitation of hand movement in stroke survivors. 2019;11(4).
28. Lee S, Park G, Cho D, Kim H, Lee JY, Suyoung K, et al. Comparisons between end-effector and exoskeleton rehabilitation robots regarding upper extremity function among chronic stroke patients with moderate-to-severe upper limb impairment. *Sci Rep.* 4 févr 2020;10.
29. Aggogeri F, Mikolajczyk T, O'Kane J. Robotics for rehabilitation of hand movement in stroke survivors. *Adv Mech Eng.* 1 avr 2019;11(4):1687814019841921.
30. Sarac M, Solazzi M, Frisoli A. Design Requirements of Generic Hand Exoskeletons and Survey of Hand Exoskeletons for Rehabilitation, Assistive, or Haptic Use. *IEEE Trans Haptics.* déc 2019;12(4):400-13.
31. Chang WH, Kim YH. Robot-assisted Therapy in Stroke Rehabilitation. *J Stroke.* sept 2013;15(3):174-81.
32. Lum PS, Godfrey SB, Brokaw EB, Holley RJ, Nichols D. Robotic approaches for rehabilitation of hand function after stroke. *Am J Phys Med Rehabil.* nov 2012

33. Bissolotti L, Villafañe J, Gaffurini P, Orizio C, Valdes K, Negrini S. Changes in skeletal muscle perfusion and spasticity in patients with poststroke hemiparesis treated by robotic assistance (Gloreha) of the hand. 2016
34. Jh V, G T, S G, L B, C M, G I, et al. Efficacy of Short-Term Robot-Assisted Rehabilitation in Patients With Hand Paralysis After Stroke: A Randomized Clinical Trial. *Hand N Y N*. 16 févr 2017;13(1):95-102.
35. Nijenhuis SM, Prange GB, Amirabdollahian F, Sale P, Infarinato F, Nasr N, et al. Feasibility study into self-administered training at home using an arm and hand device with motivational gaming environment in chronic stroke. *J NeuroEngineering Rehabil*. 9 oct 2015;12(1):89.
36. Merians AS, Fluet GG, Qiu Q, Yarossi M, Patel J, Mont AJ, et al. Hand Focused Upper Extremity Rehabilitation in the Subacute Phase Post-stroke Using Interactive Virtual Environments. *Front Neurol*. 2020;11:573642.
37. Mubin O, Alnajjar F, Jishtu N, Alsinglawi B, Al Mahmud A. Exoskeletons With Virtual Reality, Augmented Reality, and Gamification for Stroke Patients' Rehabilitation: Systematic Review. *JMIR Rehabil Assist Technol*. 8 sept 2019;6(2):e12010.
38. Housman SJ, Scott KM, Reinkensmeyer DJ. A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabil Neural Repair*. juin 2009;23(5):505-14.
39. Nguyen van H. Apport de la réalité virtuelle pour la rééducation fonctionnelle [Internet] [phdthesis]. Arts et Métiers ParisTech; 2010
40. Baniqued PDE, Stanyer EC, Awais M, Alazmani A, Jackson AE, Mon-Williams MA, et al. Brain-computer interface robotics for hand rehabilitation after stroke: a systematic review. *J NeuroEngineering Rehabil*. 23 janv 2021
41. Kim WS, Cho S, Ku J, Kim Y, Lee K, Hwang HJ, et al. Clinical Application of Virtual Reality for Upper Limb Motor Rehabilitation in Stroke: Review of Technologies and Clinical Evidence. *J Clin Med*. 21 oct 2020;9(10):3369.
42. Yang SH, Koh CL, Hsu CH, Chen PC, Chen JW, Lan YH, et al. An Instrumented Glove-Controlled Portable Hand-Exoskeleton for Bilateral Hand Rehabilitation. *Biosensors*. 3 déc 2021;11(12):495.
43. Clerc M, Bougrain L, Lotte F. Les interfaces cerveau-ordinateur 2: technologie et applications. ISTE Group; 2016. 337 p.
44. Kondur A, Kotov S, Turbina L, Biruykova E, Frolov A, Bobrov P, et al. Brain computer interface for post-stroke rehabilitation of upper-limb function: results of randomized control trial. *Eur J Neurol*. 2019
45. Cantillo-Negrete J, Carino-Escobar RI, Carrillo-Mora P, Rodriguez-Barragan MA, Hernandez-Arenas C, Quinzaños-Fresnedo J, et al. Brain-Computer Interface Coupled to a Robotic Hand Orthosis for Stroke Patients' Neurorehabilitation: A Crossover Feasibility Study. *Front Hum Neurosci*. 2021
46. Baniqued PDE, Stanyer EC, Awais M, Alazmani A, Jackson AE, Mon-Williams MA, et al. Brain-computer interface robotics for hand rehabilitation after stroke: a systematic review. *J Neuroengineering Rehabil*. 23 janv 2021;18(1):15.

47. Guggenberger R, Heringhaus M, Gharabaghi A. Brain-Machine Neurofeedback: Robotics or Electrical Stimulation? *Front Bioeng Biotechnol.* 2020;8:639.
48. Frolov AA, Mokienko O, Lyukmanov R, Biryukova E, Kotov S, Turbina L, et al. Post-stroke Rehabilitation Training with a Motor-Imagery-Based Brain-Computer Interface (BCI)-Controlled Hand Exoskeleton: A Randomized Controlled Multicenter Trial. *Front Neurosci.* 2017;11:400.
49. Trétrault S, Guillez P. Guide pratique de recherche en réadaptation. 2014. (DeBoeck).
50. Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration. *J Clin Epidemiol.* oct 2009;62(10)
51. Chen YW, Chiang WC, Chang CL, Lo SM, Wu CY. Comparative effects of EMG-driven robot-assisted therapy versus task-oriented training on motor and daily function in patients with stroke: a randomized cross-over trial. *J Neuroengineering Rehabil.* 16 janv 2022;19(1):6.
52. Lee HC, Kuo FL, Lin YN, Liou TH, Lin JC, Huang SW. Effects of Robot-Assisted Rehabilitation on Hand Function of People With Stroke: A Randomized, Crossover-Controlled, Assessor-Blinded Study. *Am J Occup Ther.* 1 févr 2021;75(1):1-11.
53. Ogul OE, Coskunsu DK, Akcay S, Akyol K, Hanoglu L, Ozturk N. The effect of Electromyography (EMG)-driven Robotic Treatment on the recovery of the hand Nine years after stroke. *J Hand Ther Off J Am Soc Hand Ther.* 28 avr 2021
54. Nann M, Cordella F, Trigili E, Lauretti C, Bravi M, Miccinilli S, et al. Restoring Activities of Daily Living Using an EEG/EOG-Controlled Semiautonomous and Mobile Whole-Arm Exoskeleton in Chronic Stroke. *IEEE Syst J.* 2021;15(2):2314-21.
55. Casas R, Sandison M, Chen T, Lum PS. Clinical Test of a Wearable, High DOF, Spring Powered Hand Exoskeleton (HandSOME II). *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng Publ IEEE Eng Med Biol Soc.* 2021
56. Yurkewich A, Kozak IJ, Ivanovic A, Rossos D, Wang RH, Hebert D, et al. Myoelectric untethered robotic glove enhances hand function and performance on daily living tasks after stroke. *J Rehabil Assist Technol Eng.* déc 2020
57. Yurkewich A, Kozak IJ, Hebert D, Wang RH, Mihailidis A. Hand Extension Robot Orthosis (HERO) Grip Glove: enabling independence amongst persons with severe hand impairments after stroke. *J Neuroengineering Rehabil.* 26 févr 2020;17(1):33.
58. Gasser BW, Martinez A, Sasso-Lance E, Kandilakis C, Durrough CM, Goldfarb M. Preliminary Assessment of a Hand and Arm Exoskeleton for Enabling Bimanual Tasks for Individuals With Hemiparesis. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng Publ IEEE Eng Med Biol Soc.* oct 2020;28(10):2214-23.
59. Yurkewich A, Hebert D, Wang RH, Mihailidis A. Hand Extension Robot Orthosis (HERO) Glove: Development and Testing With Stroke Survivors With Severe Hand Impairment. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng Publ IEEE Eng Med Biol Soc.* mai 2019;27(5):916-26.

60. Heung KHL, Tong RKY, Lau ATH, Li Z. Robotic Glove with Soft-Elastic Composite Actuators for Assisting Activities of Daily Living. *Soft Robot.* avr 2019;6(2):289-304.
61. Haghshenas-Jaryani M, Patterson RM, Bugnariu N, Wijesundara MJB. A pilot study on the design and validation of a hybrid exoskeleton robotic device for hand rehabilitation. *J Hand Ther Off J Am Soc Hand Ther.* 2017;33(2):198-208.
62. Kupper D, Bürge E. Évaluation de la fonction motrice du membre supérieur parétique à la suite d'un accident vasculaire cérébral. 1^{re} éd. De Boeck; 2013. 157 p.
63. Vanoglio F, Bernocchi P, mulè C, Garofali F, Mora C, Taveggia G, et al. Feasibility and efficacy of a robotic device for hand rehabilitation in hemiplegic stroke patients: A randomized pilot controlled study. *Clin Rehabil.* 7 avr 2016;31.
64. Lee MJ, Lee JH, Lee SM. Effects of robot-assisted therapy on upper extremity function and activities of daily living in hemiplegic patients: A single-blinded, randomized, controlled trial. *Technol Health Care Off J Eur Soc Eng Med.* 2018;26(4):659-66.
65. Montecchi M, Magnanini F, Tettamanzi S, Volta B, Pederzini E, Lombardi F. Is Passive Mobilization Robot-Assisted Therapy Effective in Upper Limb Motor Recovery in Patients with Acquired Brain Injury? A Randomized Crossover Trial. *Int J Phys Ther Rehabil.* 4 avr 2016;2.
66. Huang Y, Lai WP, Qian Q, Hu X, Tam EWC, Zheng Y. Translation of robot-assisted rehabilitation to clinical service: a comparison of the rehabilitation effectiveness of EMG-driven robot hand assisted upper limb training in practical clinical service and in clinical trial with laboratory configuration for chronic stroke. *Biomed Eng Online.* 25 juin 2018;17(1):91.
67. Trigili E, Crea S, Moise M, Baldoni A, Cempini M, Ercolini G, et al. Design and Experimental Characterization of a Shoulder-Elbow Exoskeleton With Compliant Joints for Post-Stroke Rehabilitation. *IEEEASME Trans Mechatron.* 24 mai 2019;PP:1-1.
68. Brokaw E, Black I, Holley R, Lum P. Hand Spring Operated Movement Enhancer (HandSOME): A Portable, Passive Hand Exoskeleton for Stroke Rehabilitation. *Neural Syst Rehabil Eng IEEE Trans On.* 1 sept 2011;19:391-9.
69. Almenara M, Cempini M, Gómez C, Cortese M, Martín C, Medina J, et al. Usability test of a hand exoskeleton for activities of daily living: an example of user-centered design. *Disabil Rehabil Assist Technol.* janv 2017;12(1):84-96.
70. Yoon D, Lee S, Cho SH, Park H, Kim J. A randomized controlled trial on the effects of occupational therapy interventions using patient-centered robot-assisted rehabilitation for functional improvement in subacute stroke patients. *J Mech Med Biol.* nov 2021;21(09):2140040.
71. Bundy DT, Souders L, Baranyai K, Leonard L, Schalk G, Coker R, et al. Contralesional Brain-Computer Interface Control of a Powered Exoskeleton for Motor Recovery in Chronic Stroke Survivors. *Stroke.* juill 2017;48(7):1908-15.
72. Page SJ, Hermann VH, Levine PG, Lewis E, Stein J, DePeel J. Portable neurorobotics for the severely affected arm in chronic stroke: a case study. *J Neurol Phys Ther JNPT.* mars 2011;35(1):41-6.

73. Proulx CE, Higgins J, Gagnon DH. Occupational therapists' evaluation of the perceived usability and utility of wearable soft robotic exoskeleton gloves for hand function rehabilitation following a stroke. *Disabil Rehabil Assist Technol.* 30 juin 2021;1-10.
74. Teasell R, Foley N, Salter K, Bhogal S, Jutai J, Speechley M. Evidence-Based Review of Stroke Rehabilitation : executive summary, 13th edition. 2010; 16(6)

Annexes

Annexe I. Echelle PEDro	48
Annexe II. CAHAI : Inventaire de Chedoke pour l'activité du bras et de la main.....	50
Annexe III. MAL : Motor Activity Log	52
Annexe IV. TRI-HFT : Toronto Rehabilitation Institute – Hand Function Test.....	55
Annexe V. WMFT : Wolf Motor Function Test	57

Annexe I. Echelle PEDro

Échelle PEDro – Français

1. les critères d'éligibilité ont été précisés	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
2. les sujets ont été répartis aléatoirement dans les groupes (pour un essai croisé, l'ordre des traitements reçus par les sujets a été attribué aléatoirement)	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
3. la répartition a respecté une assignation secrète	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
4. les groupes étaient similaires au début de l'étude au regard des indicateurs pronostiques les plus importants	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
5. tous les sujets étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
6. tous les thérapeutes ayant administré le traitement étaient "en aveugle"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
7. tous les examinateurs étaient "en aveugle" pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
8. les mesures, pour au moins un des critères de jugement essentiels, ont été obtenues pour plus de 85% des sujets initialement répartis dans les groupes	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
9. tous les sujets pour lesquels les résultats étaient disponibles ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle conformément à leur répartition ou, quand cela n'a pas été le cas, les données d'au moins un des critères de jugement essentiels ont été analysées "en intention de traiter"	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
10. les résultats des comparaisons statistiques intergroupes sont indiqués pour au moins un des critères de jugement essentiels	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:
11. pour au moins un des critères de jugement essentiels, l'étude indique à la fois l'estimation des effets et l'estimation de leur variabilité	non <input type="checkbox"/>	oui <input type="checkbox"/>	où:

L'échelle PEDro est basée sur la liste Delphi développée par Verhagen et ses collègues au département d'épidémiologie de l'Université de Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). Cette liste est basée sur un "consensus d'experts" et non, pour la majeure partie, sur des données empiriques. Deux items supplémentaires à la liste Delphi (critères 8 et 10 de l'échelle PEDro) ont été inclus dans l'échelle PEDro. Si plus de données empiriques apparaissent, il deviendra éventuellement possible de pondérer certains critères de manière à ce que le score de PEDro reflète l'importance de chacun des items.

L'objectif de l'échelle PEDro est d'aider l'utilisateur de la base de données PEDro à rapidement identifier quels sont les essais cliniques réellement ou potentiellement randomisés indexés dans PEDro (c'est-à-dire les essais contrôlés randomisés et les essais cliniques contrôlés, sans précision) qui sont susceptibles d'avoir une bonne validité interne (critères 2 à 9), et peuvent avoir suffisamment d'informations statistiques pour rendre leurs résultats interprétables (critères 10 à 11). Un critère supplémentaire (critère 1) qui est relatif à la validité "externe" (c'est "la généralisabilité" de l'essai ou son "applicabilité") a été retenu dans l'échelle PEDro pour prendre en compte toute la liste Delphi, mais ce critère n'est pas comptabilisé pour calculer le score PEDro cité sur le site Internet de PEDro.

L'échelle PEDro ne doit pas être utilisée pour mesurer la "validité" des conclusions d'une étude. En particulier, nous mettons en garde les utilisateurs de l'échelle PEDro sur le fait que les études qui montrent des effets significatifs du traitement et qui ont un score élevé sur l'échelle PEDro, ne signifie pas nécessairement que le traitement est cliniquement utile. Il faut considérer aussi si la taille de l'effet du traitement est suffisamment grande pour que cela vaille la peine cliniquement d'appliquer le traitement. De même, il faut évaluer si le rapport entre les effets positifs du traitement et ses effets négatifs est favorable. Enfin, la dimension coût/efficacité du traitement est à prendre compte pour effectuer un choix. L'échelle ne devrait pas être utilisée pour comparer la "qualité" des essais réalisés dans différents domaines de la physiothérapie, essentiellement parce qu'il n'est pas possible de satisfaire à tous les items de cette échelle dans certains domaines de la pratique kinésithérapique.

Dernière modification le 21 juin 1999. Traduction française le 1 juillet 2010

Précisions pour l'utilisation de l'échelle PEDro:

- Tous les critères **Les points sont attribués uniquement si le critère est clairement respecté.** Si, lors de la lecture de l'étude, on ne retrouve pas le critère explicitement rédigé, le point ne doit pas être attribué à ce critère.
- Critère 1 Ce critère est respecté si l'article décrit la source de recrutement des sujets et une liste de critères utilisée pour déterminer qui était éligible pour participer à l'étude.
- Critère 2 Une étude est considérée avoir utilisé une *répartition aléatoire* si l'article mentionne que la répartition entre les groupes a été faite au hasard. La méthode précise de répartition aléatoire n'a pas lieu d'être détaillée. Des procédures comme pile ou face ou le lancé de dés sont considérées comme des méthodes de répartition aléatoire. Les procédures quasi-aléatoires, telles que la répartition selon le numéro de dossier hospitalier ou la date de naissance, ou le fait de répartir alternativement les sujets dans les groupes, ne remplissent pas le critère.
- Critère 3 Une *assignation secrète* signifie que la personne qui a déterminé si un sujet répondait aux critères d'inclusion de l'étude ne devait pas, lorsque cette décision a été prise, savoir dans quel groupe le sujet serait admis. Un point est attribué pour ce critère, même s'il n'est pas précisé que l'assignation est secrète, lorsque l'article mentionne que la répartition a été réalisée par enveloppes opaques cachetées ou que la répartition a été réalisée par table de tirage au sort en contactant une personne à distance.
- Critère 4 Au minimum, lors d'études concernant des interventions thérapeutiques, l'article doit décrire au moins une mesure de la gravité de l'affection traitée et au moins une mesure (différente) sur l'un des critères de jugement essentiels en début d'étude. L'évaluateur de l'article doit s'assurer que les résultats des groupes n'ont pas de raison de différer de manière cliniquement significative du seul fait des différences observées au début de l'étude sur les variables pronostiques. Ce critère est respecté, même si les données au début de l'étude ne sont présentées que pour les sujets qui ont terminé l'étude.
- Critères 4, 7-11 Les *critères de jugement* essentiels sont ceux dont les résultats fournissent la principale mesure de l'efficacité (ou du manque d'efficacité) du traitement. Dans la plupart des études, plus d'une variable est utilisée pour mesurer les résultats.
- Critères 5-7 Être "*en aveugle*" signifie que la personne en question (sujet, thérapeute ou évaluateur) ne savait pas dans quel groupe le sujet avait été réparti. De plus, les sujets et les thérapeutes sont considérés être "en aveugle" uniquement s'il peut être attendu qu'ils ne sont pas à même de faire la distinction entre les traitements appliqués aux différents groupes. Dans les essais dans lesquels les critères de jugement essentiels sont autoévalués par le sujet (ex. échelle visuelle analogique, recueil journalier de la douleur), l'évaluateur est considéré être "en aveugle" si le sujet l'est aussi.
- Critère 8 Ce critère est respecté uniquement si l'article mentionne explicitement *à la fois* le nombre de sujets initialement répartis dans les groupes *et* le nombre de sujets auprès de qui les mesures ont été obtenues pour les critères de jugement essentiels. Pour les essais dans lesquels les résultats sont mesurés à plusieurs reprises dans le temps, un critère de jugement essentiel doit avoir été mesuré pour plus de 85% des sujets à l'une de ces reprises.
- Critère 9 Une *analyse en intention de traiter* signifie que, lorsque les sujets n'ont pas reçu le traitement (ou n'ont pas suivi l'intervention contrôle) qui leur avait été attribué, et lorsque leurs résultats sont disponibles, l'analyse est effectuée comme si les sujets avaient reçu le traitement (ou avaient suivi l'intervention contrôle) comme attribué. Ce critère est respecté, même sans mention d'une analyse en intention de traiter si l'article mentionne explicitement que tous les sujets ont reçu le traitement ou ont suivi l'intervention contrôle comme attribué.
- Critère 10 Une comparaison statistique *intergroupe* implique une comparaison statistique d'un groupe par rapport à un autre. Selon le plan expérimental de l'étude, cela peut impliquer la comparaison de deux traitements ou plus, ou la comparaison d'un traitement avec une intervention contrôle. L'analyse peut être une simple comparaison des résultats mesurés après administration des traitements, ou une comparaison du changement dans un groupe au changement dans un autre (quand une analyse factorielle de variance a été utilisée pour analyser les données, ceci est souvent indiqué sous la forme d'une interaction groupe x temps). La comparaison peut prendre la forme d'un test sous hypothèses (qui produit une valeur "p", décrivant la probabilité que les groupes diffèrent uniquement du fait du hasard) ou prendre la forme d'une estimation (par exemple: différence de moyennes ou de médianes, différence entre proportions, nombre nécessaire de sujets à traiter, risque relatif ou rapport de risque instantané dit "hazard ratio") et de son intervalle de confiance.
- Critère 11 Une *estimation de l'effet* est une mesure de la taille de l'effet du traitement. L'effet du traitement peut être décrit soit par une différence entre les groupes, soit par le résultat au sein (de chacun) de tous les groupes. Les *estimations de la variabilité* incluent les écarts-types, les erreurs standards, les intervalles de confiance, les intervalles interquartiles (ou autres quantiles) et les étendues. Les estimations de l'effet et/ou de la variabilité peuvent être fournies sous forme graphique (par exemple, les écarts-types peuvent être représentés sous forme de barres d'erreurs dans une figure) à la condition expresse que le graphique soit clairement légendé (par exemple, qu'il soit explicite que ces barres d'erreurs représentent des écarts-type ou des erreurs-standard). S'il s'agit de résultats classés par catégories, ce critère est considéré respecté si le nombre de sujets de chaque catégorie est précisé pour chacun des groupes.

Annexe II. CAHAI : Inventaire de Chedoke pour l'activité du bras et de la main

Inventaire de Chedoke pour l'activité du bras et de la main : Formulaire de pointage

CAHAI -Version 13 items

Nom _____ Date _____

Échelle de l'activité			
1. Assistance totale (MS faible < 25%)	5. Supervision		
2. Assistance maximale (MS faible = 25-49%)	6. Autonomie modifiée (aide technique)		
3. Assistance modérée (MS faible = 50-74%)	7. Autonomie complète (temps raisonnable, sécuritaire)		
4. Assistance minimale (MS faible > 75%)			
Membre atteint:			Score
1. Ouvrir un pot de café	tient le pot	tient le couvercle	
2. Appeler le 911	<input type="checkbox"/> tient le combiné	<input type="checkbox"/> compose le numéro	<input type="text"/>
3. Tracer une ligne avec à l'aide d'une règle	<input type="checkbox"/> tient la règle	<input type="checkbox"/> tient le crayon	<input type="text"/>
4. Verser un verre d'eau	<input type="checkbox"/> tient le verre	<input type="checkbox"/> tient le pichet	<input type="text"/>
5. Tordre une débarbouillette			<input type="text"/>
6. Attacher cinq boutons	<input type="checkbox"/> tient le tissu	<input type="checkbox"/> tient les boutons	<input type="text"/>
7. S'assécher le dos avec une serviette	<input type="checkbox"/> tend le bras pour atteindre et saisit la serviette	<input type="checkbox"/> saisit le bout de la serviette	<input type="text"/>
8. Mettre du dentifrice sur une brosse à dents	<input type="checkbox"/> tient le tube	<input type="checkbox"/> tient la brosse	<input type="text"/>
9. Couper des morceaux de mastic	<input type="checkbox"/> tient le couteau	<input type="checkbox"/> tient la fourchette	<input type="text"/>
10. Attacher une fermeture éclair	<input type="checkbox"/> tient la fermeture éclair	<input type="checkbox"/> tient la languette	<input type="text"/>
11. Nettoyer une paire de lunettes	<input type="checkbox"/> tient les lunettes	<input type="checkbox"/> essuie les lentilles	<input type="text"/>
12. Placer un bac sur la table			<input type="text"/>
13. Transporter un sac en montant un escalier			<input type="text"/>
Score total			<input type="text"/> /91
Commentaires			

L'INVENTAIRE CHEDOKE DES ACTIVITÉS DU BRAS ET DE LA MAIN

L'Inventaire Chedoke des activités du bras et de la main est un complément au *Chedoke-McMaster Stroke Assessment*. L'échelle servant à établir les scores est similaire à celle utilisée dans la *Mesure de l'autonomie fonctionnelle (FIM Adulte) (Functional Independence Measure (Adult FIMSM))*.

INDIQUEZ LE SCORE OBTENU POUR CHAQUE TÂCHE DANS LES BOÎTES PRÉVUES À CET EFFET, ENSUITE FAITES LE TOTAL AU BAS DE LA COLONNE.

DESCRIPTION DES NIVEAUX DE FONCTION POUR L'ÉCHELLE DES ACTIVITÉS

- 7 **AUTONOMIE COMPLÈTE** – Toutes les tâches ont été exécutées de façon sécuritaire, sans modification, sans aide technique ou assistance physique et en un temps raisonnable.
- 6 **AUTONOMIE MODIFIÉE** – L'utilisateur a besoin d'un ou de plusieurs des facteurs suivants : un outil ou une aide technique OU de plus de temps que celui raisonnablement prévu pour exécuter la tâche OU il y a des considérations de sécurité (des risques).
- 5 **SUPERVISION** – A besoin de supervision (p. ex., une personne à ses côtés, des consignes verbales ou de l'encouragement) sans contact physique. Un aidant installe les items nécessaires ou met les orthèses.
- 4 **ASSISTANCE MINIMALE** – L'utilisateur a besoin d'une légère assistance physique, touché léger, pour manipuler ou pour stabiliser pendant l'exécution de la tâche. Il fournit 75% ou plus de l'effort requis pour exécuter la tâche.
- 3 **ASSISTANCE MODÉRÉE** – Le membre faible **manipule et stabilise** pendant la tâche. L'utilisateur a besoin de plus d'assistance physique qu'un touché léger pendant la tâche. Il fournit de 50 à 74% de l'effort requis pour exécuter la tâche.
- 2 **ASSISTANCE MAXIMALE** – Le membre faible stabilise pendant la tâche. L'utilisateur fournit entre 25 et 49% de l'effort requis.
- 1 **ASSISTANCE TOTALE** – L'utilisateur fournit moins de 25% de l'effort requis.

Annexe III. MAL : Motor Activity Log

UAB Training for CI Therapy

SID _____ Name _____ Date _____ Visit _____ Examiner _____

Motor Activity Log (UE MAL) Score Sheet

Amount Scale How Well Scale

- | | | | |
|---|-------|-------|--|
| 1. Turn on a light with a light switch | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 2. Open drawer | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 3. Remove an item of clothing from a drawer | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 4. Pick up phone | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 5. Wipe off a kitchen counter or other surface | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 6. Get out of a car
<i>(includes only the movement needed to get body from sitting to standing outside of the car, once the door is open).</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 7. Open refrigerator | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 8. Open a door by turning a door knob/handle | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 9. Use a TV remote control | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 10. Wash your hands
<i>(includes lathering and rinsing hands; does not include turning water on and off with a faucet handle).</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |

Codes for recording “no” responses:

1. “I used the unaffected arm entirely.” (assign “0”).
2. “Someone else did it for me.” (assign “0”).
3. “I never do that activity, with or without help from someone else because it is impossible.” For example, combing hair for people who are bald. (assign “N/A” and drop from list of items).
4. “I sometimes do that activity, but did not have the opportunity since the last time I answered these questions.” (carry-over last assigned number for that activity).
5. Non-dominant hand hemiparesis. (only applicable to #24; assign “N/A” and drop from list of items).

UAB Training for CI Therapy

SID _____ Name _____ Date _____ Visit _____ Examiner _____

Amount Scale **How Well Scale**

- | | | | |
|---|-------|-------|--|
| 11. Turning water on/off
with knob/lever on faucet | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 12. Dry your hands | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 13. Put on your socks | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 14. Take off your socks | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 15. Put on your shoes
<i>(includes tying shoestrings and fastening straps)</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 16. Take off your shoes
<i>(includes untying shoestrings and unfastening straps)</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 17. Get up from a chair
with armrests | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 18. Pull chair away from
table before sitting down | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 19. Pull chair toward table
after sitting down | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 20. Pick up a glass, bottle,
drinking cup, or can <i>(does not need
to include drinking)</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |

Codes for recording “no” responses:

1. “I used the unaffected arm entirely.” (assign “0”).
2. “Someone else did it for me.” (assign “0”).
3. “I never do that activity, with or without help from someone else because it is impossible.” For example, combing hair for people who are bald. (assign “N/A” and drop from list of items).
4. “I sometimes do that activity, but did not have the opportunity since the last time I answered these questions.” (carry-over last assigned number for that activity).
5. Non-dominant hand hemiparesis. (only applicable to #24; assign “N/A” and drop from list of items).

UAB Training for CI Therapy

SID _____ Name _____ Date _____ Visit _____ Examiner _____

Amount Scale How Well Scale

- | | | | |
|---|-------|-------|--|
| 21. Brush your teeth
<i>(does not include preparation of toothbrush or brushing dentures unless the dentures are brushed while left in the mouth)</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 22. Put on makeup base, lotion, or shaving cream on face | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 23. Use a key to unlock a door | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 24. Write on paper
<i>(If hand used to write pre-stroke is more affected, score item; if non-writing hand pre-stroke is more affected, drop item and assign N/A)</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 25. Carry an object in your hand
<i>(draping an item over the arm is not acceptable)</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 26. Use a fork or spoon for eating
<i>(refers to the action of bringing food to the mouth with fork or spoon)</i> | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 27. Comb your hair | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 28. Pick up a cup by a handle | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 29. Button a shirt | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |
| 30. Eat half a sandwich or finger foods | _____ | _____ | if no, why? (use code) _____
Comments _____ |

Codes for recording “no” responses:

1. “I used the unaffected arm entirely.” (assign “0”).
2. “Someone else did it for me.” (assign “0”).
3. “I never do that activity, with or without help from someone else because it is impossible.” For example, combing hair for people who are bald. (assign “N/A” and drop from list of items).
4. “I sometimes do that activity, but did not have the opportunity since the last time I answered these questions.” (carry-over last assigned number for that activity).
5. Non-dominant hand hemiparesis. (only applicable to #24; assign “N/A” and drop from list of items).

APPENDIX



TORONTO REHABILITATION INSTITUTE-HAND FUNCTION TEST



Instructions: Please perform all tasks of the test. Each task is attempted by the participants until they are able to accomplish the task or until they stop trying. Each of the objects 1-11 are scored using the following scoring system:

0. No movement elicited/subject unable to reach for the object.
1. Subject able to reach for the object but unable to grasp the object.
2. Subject able to reach and grasp (using passive grasp) but unable to lift the object successfully completely off the supporting surface.
3. Subject able to reach and grasp (using active grasp) but unable to lift the object successfully completely off the supporting surface.
4. Subject able to reach, grasp, and lift the object completely off the supporting surface (using passive grasp) but no manipulation.
5. Subject able to reach, grasp, and lift the object completely off the supporting surface (using active grasp) but no manipulation.
6. Subject able to reach, grasp, lift the object completely off the supporting surface and manipulate the object (using passive grasp) appropriately.
7. Subject able to reach, grasp, lift the object completely off the supporting surface and manipulate the object (using active grasp) appropriately/normal grasp.

OBJECTS 1-10 OBJECT MANIPULATION COMPONENT	Score	Score
	R Hand	L Hand
1. Mug		
2. Paper		
3. Book		
4. Ziploc bag		
5. Pop can		
6. Dice		
7. Sponge		
8. Credit card		
9. Mobile phone		
10. Pencil		
SUBTOTAL FOR OBJECTS 1-10		
11. RECTANGULAR WOODEN BLOCKS	Score	Score
	R Hand	L Hand
100 g block; high friction surface		
100 g block; wooden surface		
100 g block; low friction surface		

(continued)

200 g block; high friction surface		
200 g block; wooden surface		
200 g block; low friction surface		
300 g block; high friction surface		
300 g block; wooden surface		
300 g block; low friction surface		
SUBTOTAL FOR RECTANGULAR BLOCKS		

12. INSTRUMENTED CYLINDER

Cannot hold
Measurement torque (units)

R Hand	L Hand

13. INSTRUMENTED CREDIT CARD

Cannot hold
Measurement force (units)

R Hand	L Hand

14. WOODEN BAR

Cannot hold
Bar displacement in thumb direction
Bar displacement in little finger direction

R Hand	L Hand

Annexe V. WMFT : Wolf Motor Function Test

WOLF MOTOR FUNCTION TEST™

1. Participant's Study ID:

3. Evaluation Date: / /
Month Day Year

4. Evaluator's Initials:
First/Last

Arm tested:		More-affected: R / L		Less-affected: R / L	
Task Comment	Time	Functional Ability	Time	Functional Ability	Time
1. Forearm to table (side)	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
2. Forearm to box (side)	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
3. Extend elbow (side)	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
4. Extend elbow (weight)	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
5. Hand to table (front)	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
6. Hand to box (front)	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
7. Weight to box	_____, _____, _____ lbs.		_____, _____, _____ lbs.		
8. Reach and retrieve	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
9. Lift can	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
10. Lift pencil	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
11. Lift paper clip	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
12. Stack checkers	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
13. Flip cards	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
14. Grip strength	_____, _____, _____ kgs.		_____, _____, _____ kgs.		
15. Turn key in lock	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
16. Fold towel	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____
17. Lift basket	_____	0 1 2 3 4 5	_____	_____	_____

Wolf Motor Function Test^{TM ©}

Functional Ability Scale

0 – Does not attempt with upper extremity (UE) being tested.

1 – UE being tested does not participate functionally; however, attempt is made to use the UE. In unilateral tasks the UE not being tested may be used to move the UE being tested.

2 – Does, but requires assistance of the UE not being tested for minor readjustments or change of position, or requires more than two attempts to complete, or accomplishes very slowly. In bilateral tasks the UE being tested may serve only as a helper.

3 – Does, but movement is influenced to some degree by synergy or is performed slowly or with effort.

4 – Does; movement is close to normal *, but slightly slower; may lack precision, fine coordination or fluidity.

5 – Does; movement appears to be normal *.

(*) For the determination of normal, the less-involved UE can be utilized as an available index for comparison, with pre-morbid UE dominance taken into consideration.

Impacts des exosquelettes centrés sur la main dans la réalisation des activités de vie quotidienne chez les personnes victimes d'un AVC

Contexte : L'Accident vasculaire cérébral constitue l'une des principales causes de mortalité dans le monde et représente la première cause de handicap neurologique acquis chez l'adulte en France. Suite à cette pathologie, les individus peuvent présenter de multiples séquelles que ce soit sur le plan moteur, sensitif ou bien cognitif, impactant la réalisation des activités de vie quotidienne. L'objectif de notre étude est de déterminer si l'utilisation des exosquelettes centrés sur la main favoriserait la réalisation des AVQ chez les personnes victimes d'un AVC. **Méthode** : Afin de répondre à notre problématique, une scoping review a été réalisée en se basant principalement sur quatre bases de données (PubMed, Cochrane library, CINAHL Complete et Scopus). La sélection des articles est basée sur différents critères nous permettant de recueillir les études les plus pertinentes sur notre sujet. **Résultats** : Au total, onze articles ont été retenus pour cette étude, incluant un total de 100 participants et plusieurs exosquelettes centrés sur la main et gants robotisés ont été identifiés. Pour l'ensemble des articles, des résultats significatifs ont été mis en évidence sur l'efficacité de ces dispositifs robotisés sur les AVQ et ils permettaient d'améliorer les habiletés motrices de la main. **Conclusion** : A travers ses compétences et de son expertise, l'ergothérapeute a la possibilité d'utiliser des exosquelettes ou des gants robotisés durant les séances de réadaptation fonctionnelle en clinique ou à domicile. Il accompagne la personne tout en tenant compte de son environnement écologique et de ses occupations. De futures études pourraient être envisagées afin de fournir de nouveaux résultats et de nouvelles perspectives vis-à-vis de ces technologies robotisées centrées sur la main, notamment en France où elles restent encore peu explorées.

Mots-clés : Accident Vasculaire Cérébral, Exosquelette, Gant robotisé, Robot, Main, Activité de la vie quotidienne

Impacts of hand exoskeleton robotic devices in performing activities of daily living in stroke patients

Background : Stroke is one of the leading causes of death worldwide and the main cause of acquired neurological disability in adults in France. Following this pathology, individuals can present some motor, sensory or cognitive disabilities, impacting the realization of activities of daily living. The aim of our study is to determine whether the use of hand-centered exoskeletons would facilitate the realization of ADLs in stroke victims. **Methods** : In order to answer our problem, a scoping review was carried out based mainly on four databases (PubMed, Cochrane library, CINAHL Complete and Scopus). The selection of articles was based on different criteria, allowing us to collect the most relevant studies on our subject. **Results** : A total of eleven articles were selected for this study, including a total of 100 participants, and several hand-centered exoskeletons and robotic gloves were identified. For all articles, significant results were found on the effectiveness of these robotic devices during ADLs and they allow to improve the motor skills of the hand. **Conclusions** : Through his skills and expertise, the occupational has the possibility to use exoskeletons or robotic gloves during the functional rehabilitation sessions in clinic or at home. He takes into account the ecological environment and the occupations to help post-stroke patients. Future studies could be envisaged to provide new results and perspectives regarding these robotic technologies centered on the hand, especially in France where they are not yet well explored.

Keywords : Stroke, Exoskeleton, Robotic glove, Robot, Hand, Activities of daily living