

Les exosquelettes robotisés de la main en neuroréadaptation : Revue systématique de la littérature

Introduction et problématique

- Plusieurs problématiques neuro-musculo-squelettiques, **particulièrement celles résultant d'un accident vasculaire cérébral (AVC)**, peuvent amener des déficiences sensorimotrices de la main.
- Malgré des efforts intensifs déployés pendant la réadaptation, la probabilité de **retrouver une capacité fonctionnelle optimale liée à l'usage de la main reste très faible** : *Trois mois après un AVC, seulement 12% des personnes déclarent ne plus avoir aucun problème.*
- Les stratégies de réadaptation visant à optimiser la récupération sensorimotrice de la main reposent principalement sur les **principes de neuroplasticité et d'automatisme spécifiquement liés à l'activité.**
- L'intégration des exosquelettes de la main en pratique clinique apparaît pertinente afin **d'intensifier les traitements de réadaptation.**
- Aucune revue de la littérature** s'intéressant aux effets ou à l'efficacité des exosquelettes robotisés de la main n'est disponible actuellement.

Objectifs

Cette revue systématique de la littérature vise à **établir un inventaire détaillé des évidences scientifiques** sur les exosquelettes robotisés de la main en fonction des :

- Modèles** existants et modes de fonctionnement
- Instruments de mesures** pour quantifier ses effets
- Effets des interventions et satisfaction** des participants
- Acceptabilité et utilité** auprès des professionnels et des clients

Méthodologie

Cette revue systématique a été menée en conformité avec le cadre proposé par **Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA)**.

La recherche bibliographique, facilitée par l'assistance d'une bibliothécaire de l'Université de Montréal, a interrogé systématiquement les **bases de données Medline, Embase et CINAHL** entre septembre et octobre 2018.

Critères d'inclusion :

- Année de publication restreinte de 2000 à aujourd'hui
- Langue française ou anglaise
- Humains seulement
- Supporter les mouvements de pincement ou de préhension d'articulations multiples de la main et inclure au moins des mouvements du pouce, et de l'index ou du majeur.

Les **mots clés** ont été structurés autour de quatre principaux domaines :

- Technologie (ex: glove, soft)
- Attributs de la technologie (ex: exoskeleton*, robotics)
- Anatomie (ex: hand, prehension)
- Réadaptation ex: (rehabilitation, physiotherap*)

Les **titres, abrégés et mots clés** des **181 articles répertoriés** ont été examinés par **deux relecteurs** et classés avec le logiciel **COVidence**.

Sélection des études :

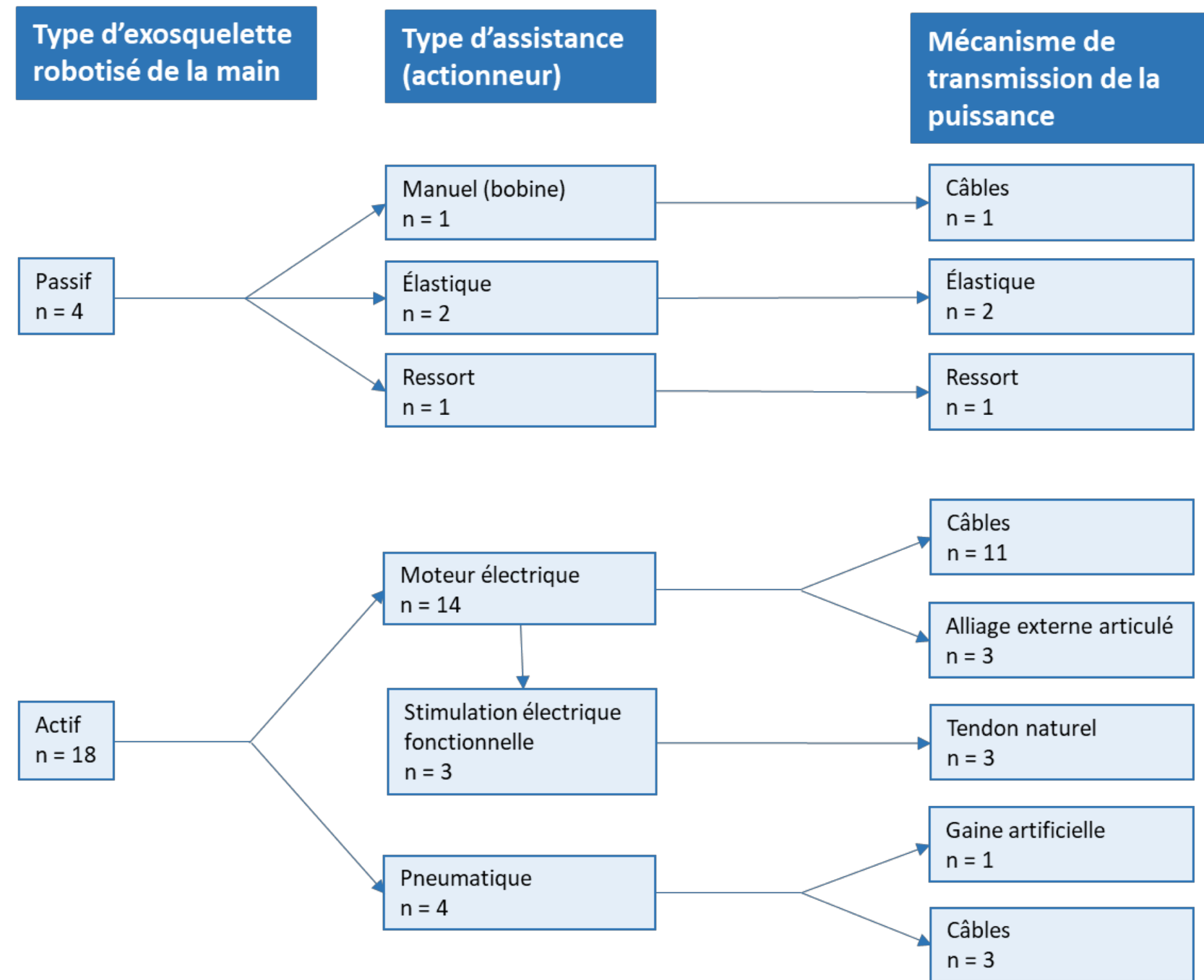
Un total de **50 articles** a fait l'objet d'une lecture complète et **24 articles ont finalement été sélectionnés** pour cette revue de la littérature.

Pour tous les articles sélectionnés (N=24), les données ont été extraites par un lecteur attitré et colligées dans des **tableaux standardisés**.

Résultats

Types d'exosquelette robotisé de la main

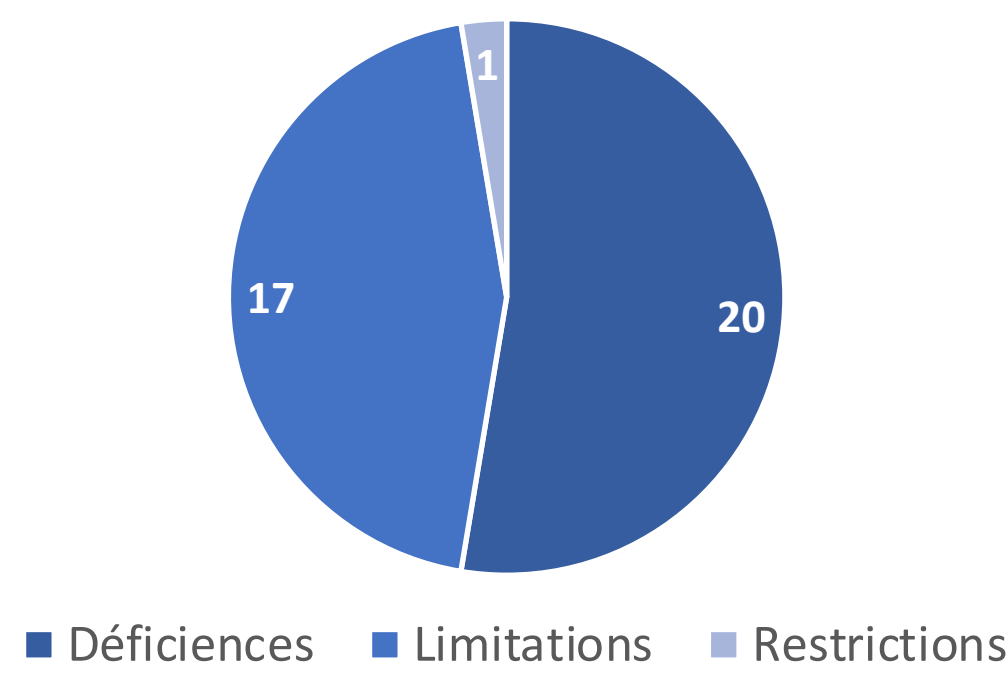
- 22 modèles d'exosquelette robotique de la main ont été recensés dans la littérature, mais aucun n'est disponible commercialement



- L'aide fournie par l'exosquelette pour compléter le mouvement peut se faire soit sur l'amplitude totale de mouvement, dans l'amplitude terminale ou variable selon les besoins des participants.
- Les mouvements produits par les actionneurs peuvent être contrôlés par différents mécanismes de rétroaction, tels l'amplitude de mouvement, la force et l'activité électromyographique (EMG).



Instruments de mesure



Déficiences : Force musculaire, mobilité articulaire, douleur, spasticité et œdème

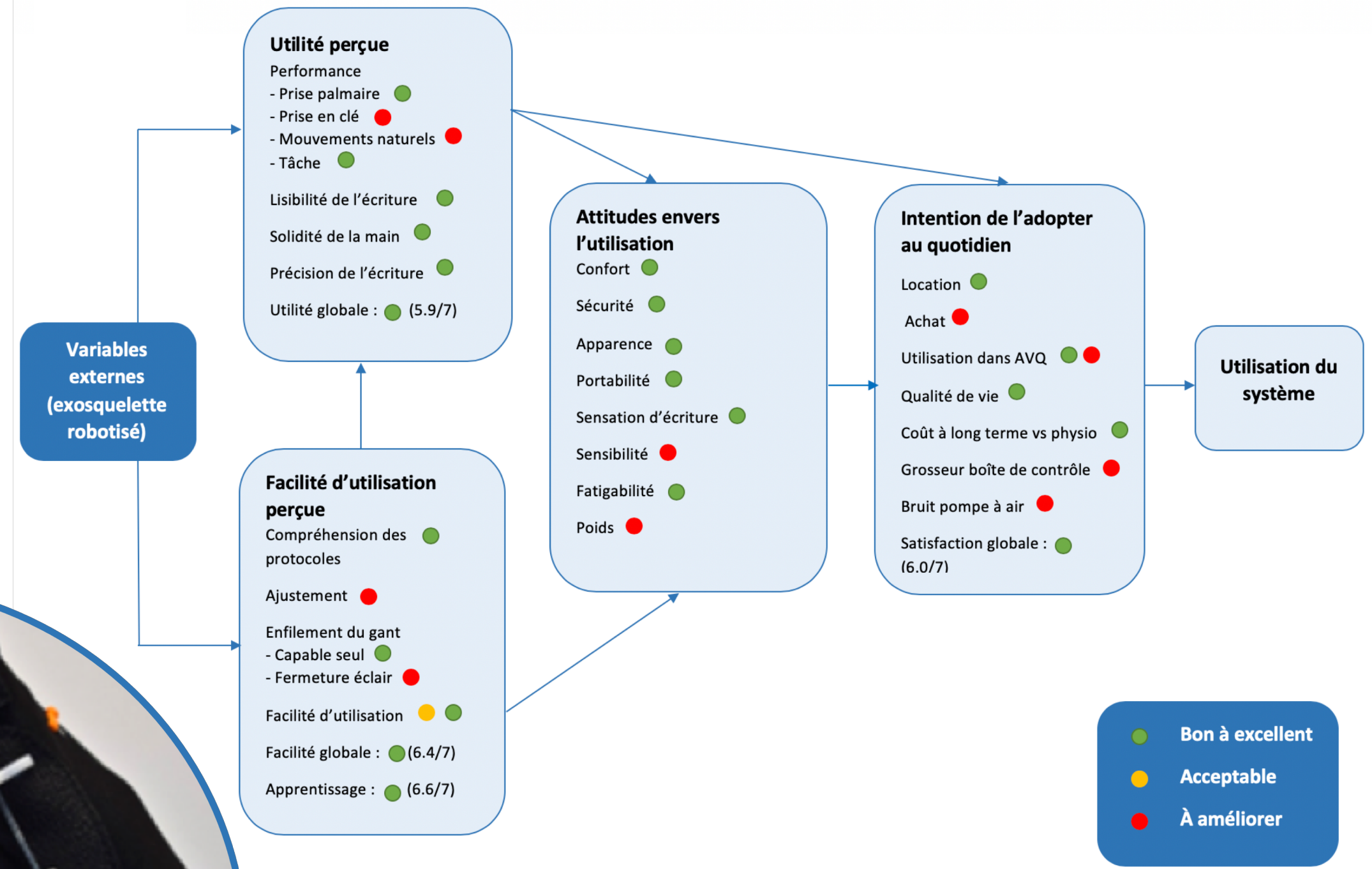
- Le plus utilisé = Force de préhension mesurée avec un dynamomètre JAMAR

Limitations : Capacité fonctionnelle du membre supérieur et global

- Le plus utilisé = *Fugl-Meyer*

Restrictions : Questionnaire abrégé *Disabilities of the Arm, Shoulder, and Hand* (Quick-DASH)

Utilité et acceptabilité de la technologie



Effets de la technologie

Nom de l'exosquelette et auteur	Amélioration de la capacité motrice	Effet de taille (E S)
HandSOME Broka, E.	oui	Très important
Sans nom Hong Kai, Y.	oui	---
Sans nom Cappello, L.	oui	Important
HandinMind Prange-Lasonder, G.	non	Important

E S: Très important > 1, Important ≥ 0,8, Moyen = 0,2 à 0,5 et petit ≤ 0,2

Peu d'études ont démontré des résultats statistiquement significatifs, en partie à cause de tailles d'échantillon limité (N = 2 à 9).

Par contre, certaines mesures de résultats ont démontré un effet de taille très important:

- Mobilité active en extension (E S = 8,14)
- Vélocité de flexion (E S = 3,42)
- Vélocité d'extension (E S = 3,59)
- Force de préhension (E S = 2)
- Box and Block Test* (E S = 2,23)

Effets de l'intervention

Nom de l'exosquelette et auteur	Amélioration de la capacité motrice	Effet de taille (E S)
FES Hand Glove 200 Scott, S.	Oui	Moyen
Gloreha Professional Vanoglio, F.	Oui	Important
HandSOME Chen, J.	Oui	Moyen
VAEDA Thielbar, K.	Oui	Moyen
Gloreha Lite Glove Bernocchi, P.	Oui	Moyen

E S: Très important > 1, Important ≥ 0,8, Moyen = 0,2 à 0,5 et petit ≤ 0,2

Le nombre de participants était beaucoup plus élevé dans ce type d'article (N = 10 à 30).

Le dosage de l'intervention s'échelonnait sur une plus grande période de temps, soit pendant quatre, six ou encore huit semaines.

Certaines mesures de résultats ont démontré un effet de taille moyen à important:

- Fugl-Meyer* (E S = 0,891)
- Action Research Arm Test* (ARAT; E S = 0,594)
- Motor Activity Log* (E S = 0,469)

Discussion

- Technologie**
Aucun consensus émerge quant aux meilleurs attributs pouvant guider la confection d'un exosquelette optimal et plusieurs équipes de recherche sont engagées dans un processus d'amélioration continu. La majorité des exosquelettes robotisés sont des **prototypes uniques** ce qui peut limiter l'accessibilité à la technologie, voir son implantation en pratique clinique.

- Interventions**
Les interventions répertoriées avaient **deux buts principaux**; 1) comparer l'utilisation ou non d'un exosquelette robotisé de la main ou 2) analyser les effets d'une intervention avec l'exosquelette robotisé de la main sur les aptitudes motrices et la performance fonctionnelle. Malgré des **effets positifs**, il n'existe **aucun consensus à propos d'une mesure étalon** pour évaluer les effets ou l'efficacité d'une intervention avec un exosquelette robotisé de la main.

- Utilité et acceptabilité**
De façon générale, les clients et les professionnels démontrent **une satisfaction positive à l'égard de la technologie**. En effet, la technologie permet une amélioration de l'écriture ainsi que l'exécution des AVQ's et AVD's. Par contre, il est difficile de saisir le contexte dans lequel les commentaires ont été formulés par les clients: une utilisation thérapeutique ou une orthèse dans les activités de la vie quotidienne. Dans le futur, les exosquelettes devraient tenir compte des caractéristiques les plus recherchées par les clients soit: **la facilité d'utilisation, la légèreté et le confort**. L'avis de thérapeutes devra aussi être pris en compte lors de l'élaboration puisqu'ils seront amenés à utiliser cette technologie.

- Limites**
La généralisation des résultats demeurent limitée car la quasi-totalité des études répertoriées sont **préliminaires/exploratoires** avec de **petites tailles d'échantillon** et principalement réalisées en **laboratoire**. De plus, le **manque d'homogénéité dans les différents modèles d'exosquelettes, les interventions et les mesures de résultats** demeure problématique.

Conclusion

Cette revue systématique de la littérature a permis d'**établir un inventaire détaillé des évidences scientifiques** en lien avec les exosquelettes robotisés de la main. De façon générale, l'utilisation des exosquelettes robotisés de la main apparaît **sécuritaire, acceptable et prometteuse pour l'amélioration des aptitudes de la main et de la performance de plusieurs tâches fonctionnelles** sollicitant la main. Certaines **améliorations de la technologie** demeurent également souhaitables et **d'avantage d'études sur ses effets et son efficacité** seront essentielles afin de **renforcer les preuves scientifiques** avant d'intensifier les efforts pour l'implantation des exosquelettes robotisés de la main en pratique clinique.

Références

Brokaw EB, Black I, Holley RJ, Lum PS. Hand Spring Operated Movement Enhancer (HandSOME): a portable, passive hand exoskeleton for stroke rehabilitation. IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng. 2011;19(4):391-9.

Delph MA, 2nd, Fischer SA, Gauthier PW, Luna CH, Clancy EA, Fischer GS. A soft robotic exomusculature glove with integrated sEMG sensing for hand rehabilitation. IEEE Int. 2013;2013:6650426.