EXOSQUELETTES EN CONDITIONS RÉELLES : PROMESSES ET LIMITES DANS LES MALADIES NEUROMUSCULAIRES

À l'Institut de Myologie, Romain Feigean, chercheur au Laboratoire de physiologie et d'évaluation neuromusculaire, et son équipe explorent dans le cadre du programme AssistMyo *(cf. dossier VLM 201)* les effets des exosquelettes chez les personnes atteintes de maladies neuromusculaires. **Deux études récentes dévoilent une réalité complexe : si ces dispositifs déchargent certains muscles, ils transforment aussi la marche et les transferts.** Gaëlle Monfort

© AFM-Téléthon / Christophe Hargoues

Deux dispositifs testés dans des conditions réelles

Les deux études menées par Romain Feigean et son équipe se sont intéressées à des adultes présentant différentes maladies neuromusculaires (dystrophie facio-scapulo-humérale, dystrophie musculaire de Becker, dystrophie myotonique, myopathie myofibrillaire, dystrophie musculaire des ceintures, myopathie inflammatoire ou congénitale…). Les 40 participants (17 dans la première étude et 23 dans la seconde), tous ambulants, ont été évalués avec des tests de marche sur quelques minutes, des allers-retours courts et des transferts assis-debout, avec et sans exosquelette (chaque participant est son propre contrôle). ***« Ces deux dispositifs sont une assistance qui n'est pas autonome, elle sert à accompagner un mouvement déclenché initialement par la personne »,*** explique le chercheur. Le premier dispositif évalué apporte une assistance du genou à la hanche alors que le second cible uniquement le genou. Tous deux pèsent plus de 5 kg et ont été conçus pour accompagner les gestes du quotidien : marcher, se lever, s'asseoir, se stabiliser.

Des modifications du rythme, de la stabilité et du ressenti d'effort

Les dispositifs d'assistance étudiés montrent que la marche devient plus lente : **le rythme diminue, la foulée est raccourcie et les utilisateurs passent davantage de temps les deux pieds au sol. Autrement dit, ils adoptent un schéma plus stable, mais moins performant.** En parallèle, l'assistance semble alléger le travail de certains muscles, notamment ceux impliqués dans l'extension du genou, ce qui suggère un potentiel de **réduction de la fatigue ou de l'effort perçu.** Mais ce soulagement s'accompagne d'une modification notable de la manière de marcher :

Un exosquelette, un squelette externe

Un exosquelette est un dispositif articulé qui épouse certaines parties du corps humain et travaille en symbiose avec elles pour augmenter ou restaurer les capacités motrices de la personne.
Un exosquelette peut être :

- **passif,** et aider aux mouvements grâce à un système mécanique de type ressorts, qui stocke et restitue de l'énergie ;
- ou **actif** (robotisé), et aider aux mouvements ou les restaurer grâce à des moteurs, le plus souvent électriques.

certains mouvements latéraux du bassin augmentent, d'autres amplitudes diminuent, comme si le corps s'adaptait en cherchant un compromis entre assistance et équilibre. Lors des transitions assis debout, les performances baissent légèrement, mais plusieurs participants déclarent respirer un peu mieux après l'effort, signe que **l'effort global pourrait être davantage réparti ou mieux supporté.**

Une redistribution du travail musculaire lors d'une assistance articulaire ciblée

Une aide focalisée uniquement sur le genou produit elle aussi **un ralentissement général de la marche.** L'assistance réduit l'activation de plusieurs groupes musculaires des membres inférieurs, montrant qu'elle prend effectivement en charge une partie du travail mécanique. Mais **cette réduction de l'effort ne se traduit pas automatiquement par une amélioration fonctionnelle :** la dynamique du pas est altérée, et certains muscles doivent au contraire davantage s'engager à d'autres moments pour compenser le poids ou l'inertie du dispositif. En revanche, **la stabilité debout n'est pas affectée :** les tests d'équilibre montrent des résultats comparables avec ou sans assistance. Lors des passages assis debout, les performances restent globalement similaires, tandis que la sensation de souffle court diminue chez plusieurs participants.

Un point commun : la performance dépend de la force résiduelle

Les deux études convergent vers la même conclusion : ***« la capacité à tirer bénéfice d'un exosquelette dépend du niveau de faiblesse musculaire initial »,*** et les personnes ayant encore une certaine force dans les jambes exploitent mieux l'assistance. À l'inverse, une faiblesse trop importante limite l'apport du dispositif et peut même accentuer le ralentissement de la marche. Romain Feigean souligne qu'***« il ne suffit donc pas d'ajouter de la force,*** *car chaque geste repose sur des stratégies compensatoires. La force musculaire et le schéma de marche influencent donc fortement la réponse individuelle à l'assistance ».*

Des promesses, mais un besoin d'adaptation plus fine

Les exosquelettes testés diminuent le travail musculaire, mais modifient le mouvement au point de réduire les performances de marche. Leur poids, leur réactivité et leur algorithme restent actuellement insuffisamment adaptés pour répondre aux besoins spécifiques aux maladies neuromusculaires. La prochaine génération devra être plus légère, plus réactive, plus sensible aux micro-variations du geste, et surtout personnalisable.

Pour les chercheurs, **l'exosquelette reste *« un levier prometteur : il peut améliorer le confort, réduire la fatigue et augmenter l'autonomie ».*** Car, pour beaucoup de malades, l'enjeu n'est pas de marcher plus vite, mais plus longtemps, plus sûrement, et avec moins d'effort.

© D. R.

Ariana, 45 ans, atteinte d'une dystrophie musculaire des ceintures LAMA2, a participé à l'une des études

Lors du test, j'ai trouvé que l'exosquelette était lourd et on ne peut pas l'installer tout seul : il faut qu'on nous aide et qu'on le règle. On sent une aide pour marcher, se lever, monter les marches, mais comme on porte beaucoup de poids je trouve que ça ne compense pas la fatigue que le matériel ajoute. Je pense que, dans le futur, il faudrait qu'il soit bien moins lourd, plus compact et surtout qu'on puisse le mettre seul pour garder de l'autonomie… Au final, l'exosquelette est intéressant car il permettra d'aider à maintenir la mobilité. Et pour moi, ce serait mieux qu'un fauteuil car pour l'autonomie, c'est très important de pouvoir marcher le plus longtemps possible. J'espère pouvoir en tester des plus légers dans le futur. Ces recherches sur les exosquelettes sont très importantes pour toute la société, pour toutes les formes de perte d'autonomie !

Sources :
- Feigean R. *et al. J NeuroEngineering Rehabil* (2025). DOI : 10.1186/s12984-025-01867-7.
- Feigean R. *et al. J of Neuromuscular Diseases* (2026). DOI : 10.1177/22143602251405914.