

Résumé

La lombalgie constitue un problème majeur de santé publique. Le secteur aéronautique n'est pas épargné par cette problématique, certains métiers impliquant des flexions du tronc fréquentes, parfois prolongées et répétées. Les mesures de prévention classiques ne sont pas toujours suffisantes, certaines tâches étant intrinsèquement difficiles à modifier en raison de contraintes opérationnelles. Dans cette optique de prévention et d'amélioration du bien-être au travail, l'utilisation d'exosquelettes de dos apparaît comme prometteuse. Ces dispositifs ont montré leur efficacité lors de tâches de flexions du tronc, en réduisant l'activité musculaire des érecteurs du rachis et des extenseurs de hanches, ainsi que l'inconfort perçu au dos. Cependant, de fortes variabilités sont observées selon le modèle d'exosquelette et les tâches réalisées. Par ailleurs, des effets indésirables peuvent apparaître dans certaines conditions, tels que des sur-sollicitations musculaires, des modifications de la cinématique ou de l'inconfort. Il apparaît donc essentiel de sélectionner un exosquelette adapté au contexte de travail et d'évaluer ses effets lors de tâches représentatives de situations réelles, simulées en laboratoire voire réalisées en situation écologique. Le premier objectif de cette thèse était d'identifier un cas d'étude pertinent et de réaliser une première sélection d'exosquelettes potentiellement adéquats à partir d'une revue de la littérature et d'une analyse des modèles commercialisés. Le travail d'ajustage, qui consiste à polir et inspecter des pièces aéronautiques, est apparu comme pertinent. L'analyse ergonomique de cette activité a mis en évidence des contraintes posturales importantes, principalement liées à des flexions du tronc prolongées et/ou répétées, ainsi qu'au port occasionnel de charges. L'ensemble de cette démarche a permis de présélectionner quatre exosquelettes passifs : deux rigides (BackX et Laevo FLEX) et deux textiles (BionicBack et CORFOR). Le second objectif de la thèse était d'évaluer les effets de ces exosquelettes sur des paramètres objectifs et subjectifs lors de tâches d'ajustage simulées en laboratoire. Parmi les dispositifs testés, l'exosquelette Laevo FLEX est le seul à avoir significativement réduit à la fois l'activité neuromusculaire et l'inconfort perçu au niveau du dos, sans entraîner d'effets indésirables, et est donc apparu comme le plus bénéfique pour l'activité d'ajustage. Enfin, le troisième objectif de la thèse consistait à évaluer les effets de cet exosquelette sur le terrain, ainsi que son acceptation par les travailleurs. Les résultats ont montré des réductions significatives de 7 % à 25 % de l'activité des érecteurs du rachis pour plusieurs tâches, ainsi qu'une diminution significative de l'angle moyen de flexion du tronc. L'inconfort perçu n'a pas été significativement impacté par l'utilisation de l'exosquelette. L'acceptation s'est révélée mitigée, mais globalement positive. Ces résultats confirment l'impact bénéfique de l'exosquelette lors des tâches d'ajustage aéronautique et, plus largement, le potentiel de ces dispositifs pour les activités impliquant des flexions du tronc.

Abstract

Lower back pain is a major public health issue. The aeronautical sector is not spared by this problem, as certain occupations involve frequent, sometimes prolonged and repetitive trunk flexions. Conventional preventative measures are not always sufficient, as some tasks are inherently difficult to modify due to operational constraints. From this perspective of prevention and improved well-being at work, the use of back exoskeletons appears promising. These devices have demonstrated their effectiveness in tasks involving trunk flexion by reducing the muscular activity of the erector spinae and hip extensors, as well as perceived back discomfort. However, substantial variability is observed depending on the exoskeleton model and the tasks performed. Furthermore, adverse effects may occur under certain conditions, such as muscle overuse, changes in kinematics, or discomfort. It therefore appears essential to select an exoskeleton adapted to the work context and to evaluate its effects during tasks representative of real working situations, simulated in the laboratory or carried out in field conditions. The first objective of this thesis was to identify a relevant case study and to carry out an initial selection of potentially suitable exoskeletons based on a literature review and an analysis of commercially available models. The polishing work, which involves visual inspection and manual finishing of aeronautical parts, was identified as relevant. The ergonomic analysis of this activity highlighted significant postural constraints, mainly related to prolonged and/or repetitive trunk flexion, as well as occasional load handling. This overall approach led to the pre-selection of four passive back exoskeletons: two rigid (BackX and Laevo FLEX) and two soft (BionicBack and CORFOR). The second objective of the thesis was to evaluate the effects of these exoskeletons on objective and subjective parameters during simulated polishing tasks in the laboratory. Among the devices tested, the Laevo FLEX exoskeleton was the only one to significantly reduce both neuromuscular activity and perceived back discomfort without inducing adverse effects, and was therefore identified as the most beneficial for polishing activities. Finally, the third objective of this thesis was to evaluate the effects of this exoskeleton in real working conditions, as well as its acceptance by workers. The results showed significant reductions of 7% to 25% in erector spinae muscle activity for several tasks, as well as a significant decrease in the mean trunk flexion angle. Perceived discomfort was not significantly impacted by the use of the exoskeleton. Acceptance was mixed, but overall positive. These results confirm the beneficial impact of the exoskeleton during aeronautical polishing tasks and, more broadly, the potential of these devices for activities involving trunk flexion.