

穿戴外骨骼對於上肢作業績效與疲勞評估

¹郭佳珍,¹邱敏綺,²吳欣潔

¹ 國立勤益科技大學 工業工程與管理系

² 朝陽科技大學 工程與管理系

通訊作者電子郵件: cckuo@ncut.edu.tw

緒論

對於製造業與工業而言，肌肉骨骼疾病(MSDs)一直是國內外視為迫切需要改善的問題。以製造業而言，常見的肌肉骨骼疾病，多半發生於下背部、上肢以及肩頸部，不只影響日常生活，也可能會造成勞工失能風險。國外研究指出肩膀與背部的傷害百分比即超過 50%[1]。儘管自動化、機器手臂與智慧工廠的導入，大幅地降低勞工受到職業災害的風險。儘管如此，仍然有一些作業需要人工執行，其中重複性手臂高舉過頭作業是導致或加重肌肉骨骼不適的主要原因之一。工業與製造業遍使用不太複雜的被動式外骨骼(Exoskeleton)來完成簡單的任務，除了考慮價格、穿戴重量以及穿脫方便性，主要需求是達到避免不良工作姿勢與給予動作支持、協助重物操作以及提高組裝效率。

研究方法

本研究共招募 20 位健康且無肌肉骨骼傷害之成年受測者(男女各半)，平均年齡 21.2 ± 2 歲；身高 166 ± 0.1 公分；體重 60.4 ± 13.7 公斤，實驗的平均平台高度 180.9 ± 6.5 公分。每位受測者皆為自願參加且簽署經由仁愛醫療財團法人大里仁愛醫院人體研究倫理委員通過之受試者同意書。

實驗設計採巢狀因子設計，自變項包括性別(男、女)、穿戴被動式上肢外骨骼(有、無)；依變項則分別為左右手的肌肉電位變化(三角肌前束、上斜方肌)、肌氧量、鎖附螺絲數量、以及完成時間。

研究受測者在實驗前一天要避免任何劇烈的運動，睡眠要充足，實驗的預備期會分別量測四條肌肉的最大自主收縮電位值(maximum voluntary contraction, MVC)，之後在有、無穿戴被動式外骨骼之情境下進行手舉過頭(overhead)之鎖附螺絲作業，每次進行鎖附螺絲作業時，主要操作與施力以右手為主，左手的操作行為多半是進行輔助與固定螺絲；鎖附作業進行時，右手肩關節與上臂平行於地面，右手的手肘呈 90 度自然彎曲，並以自覺穩定的速度完成螺絲鎖附作業，直到受測者感到疲憊至無法作業為止。一旦完成鎖附作業後，雙手自然垂放於身體兩側，持續量測 2 分鐘的肌肉電位與肌氧量變化作為恢復期之疲勞分析。

結果與討論

表 1：有無穿戴外骨骼之工作期肌電位與肌氧量彙整表

性別	有無穿戴外骨骼	工作期(%MVC)				肌氧量(SmO2)
		左三角肌	右三角肌	左斜方肌	右斜方肌	
男	有	100.4±34.77	78.9±38.21	98.5±55.52	89.5±60.57	62.46±16.39
	無	167.3±65.9	137.1±35.65	115.7±59.47	79.2±47.06	64.55±18.63
女	有	111.4±33.86	81±41.52	60.7±25.03	49.3±17.14	72.04±11.42
	無	160.9±67.6	116.5±65.14	82.4±47.7	76.1±33.75	71.29±16.66

本研究使用 COMAU 研發之上肢被動式外骨骼 MATE 作為研究標的，為了探討穿戴上肢被動式外骨骼對的作業疲勞評估，於上方工作平台進行螺絲鎖附作業，由於篇幅有限，部分研究結果如表 1 所示。參考 Tew 等學者的研究[2]，以變異係數(coefficient of variation)評估肌氧量的可靠度，本研究蒐集之預備期、工作期、恢復期的肌氧量變異係數分別為 2.2%、6.0%與 5.0%皆小於等於 10%，表示資料具有良好的可靠度。肌肉負荷分析以%MVC 進行分析，整體而言有穿外骨骼的肌電位有較低的肌電位值；主要作用鎖附作用肌(三角肌)在有穿戴外骨骼作業時的肌電位顯著較沒穿戴時低，斜方肌負責支撐上肢作業穩定度，有穿戴外骨骼的肌電位變化差(工作期-預備期)也有明顯的下降趨勢，然而外骨骼的重量主要集中於肩部，部分受測者表示在鎖附時感受到局部疲勞程度較明顯，因此在斜方肌的肌電較沒有穿戴外骨骼時的肌電位低。工作期的肌氧量較預備期與恢復期來的低。受測者在有穿戴外骨骼時的鎖附螺絲的效率明顯較佳。

致謝

本研究經費由科技部專題研究計畫(MOST 109-2221-E-167 -018 - MY3)補助支持，特此誌謝。

參考資料

1. Iranzo, S., Piedrabuena, A., Iordanov, D., Martinez-Iranzo, U., & Belda-Lois, J. M. (2020). Ergonomics assessment of passive upper-limb exoskeletons in an automotive assembly plant. *Applied Ergonomics*, 87, 103120.
2. Tew, G. A., Klonizakis, M., Moss, J., Ruddock, A. D., Saxton, A. D., & Hodges, G. J. (2011). Reproducibility of cutaneous thermal hyperaemia assessed by laser Doppler flowmetry in young and older adults. *Microvascular Research*, 81, 177–182.

Evaluation of fatigue and job performance on wearing an upper extremity exoskeleton

¹ Chia-Chen Kuo,¹ Min-Chi Chiu and ² Hsin-Chieh Wu

¹ Department of Industrial Engineering and Management, National Chin-Yi University of Technology, Taiwan.

² Department of Industrial Engineering and Management, Chao Yang University of Technology, Taiwan

Corresponding author email: cckuo@ncut.edu.tw

This study aims to evaluate fatigue and job performance on wearing a passive upper-limb exoskeleton. Twenty participants volunteered in this study. The experiment is limited to complete screw locking within 30 minutes. They performed screwing tasks until they felt too tired to continue. A wireless electromyography system measured both side muscle activities comprising the anterior deltoid, triceps brachii, and trapezius. Wearing Moxy monitors were used to measure local muscle oxygen saturation. Results showed that both anterior deltoid and trapezius sides exhibited high muscle activities in overhead tasks. The anterior deltoid exhibited significantly decreased muscle activity in exoskeleton trials compared to without exoskeleton, but the trend wasn't obvious in the trapezius. Additionally, the trapezius exhibited a significant increment in overhead tasks. However, some participants responded that wearing the exoskeleton to fix the position and load on the shoulder makes them tired. The lowest SMO₂ occurred in the screwing period, meaning muscle oxygen consumption is greater than in other periods. These results provide useful information for designing and manufacturing exoskeletons.

Keywords: passive upper-limb exoskeleton, electromyography, muscle oxygen saturation.