

ĐÁNH GIÁ TÁC DỤNG HỖ TRỢ CỦA KHUNG XƯƠNG NGOÀI BỊ ĐỘNG CHO CÔNG VIỆC NÂNG VẬT TRÊN CAO

EVALUATION OF THE SUPPORTING EFFECT OF THE PASSIVE EXOSKELETON FOR OVERHEAD LIFTING WORK

ThS. Lê Toàn Thắng, PGS, TS. Phạm Trọng Hòa
Khoa Cơ khí, Trường Đại học Giao thông Vận tải

TÓM TẮT

Các công việc nâng vật trên cao là yếu tố gây nguy cơ cao về các chấn thương cơ xương khớp ở tay và lưng. Trong bài báo này, các tác giả đã đánh giá hiệu quả của khung xương ngoài bị động với cánh tay cơ khí gắn với phần thân dạng khung xương như một thiết bị hỗ trợ khi nâng vật trên cao. Thực nghiệm được tiến hành với 10 ứng viên, thực hiện nâng các vật nặng có khối lượng: (1kg; 3kg và 6kg) trong trường hợp có và không có sự hỗ trợ của khung xương ngoài. Sau đó tiến hành đánh giá hiệu quả của khung xương ngoài thông qua việc phân tích các tín hiệu điện cơ (EMG) của cơ vai, cơ lưng thu được từ thực nghiệm. Ngoài ra, việc đánh giá hiệu quả của khung xương ngoài còn được thực hiện thông qua phản hồi của những người tham gia thực nghiệm bằng cách phân tích mức độ cảm nhận về sự khó chịu (RPD) của vai và lưng khi nâng vật trên cao trong trường hợp có và không có sự hỗ trợ của khung xương ngoài bị động.

Từ khóa: Công việc nâng vật trên cao; Khung xương ngoài bị động; Tín hiệu điện cơ; Mức độ cảm nhận về sự khó chịu.

ABSTRACT

Overhead work is a significant risk factor for upper extremity musculoskeletal disorders. In this paper, the authors evaluated the effectiveness of a passive exoskeleton with a mechanical arm attached to an exoskeleton body as a wearable assistive device for overhead work. The experiment was conducted with 10 participants completed simulated intermittent overhead work using each of three payloads: (1kg; 3kg and 6kg) and with/without the passive exoskeleton. The performance evaluation was then conducted by analyzing the electromyography (EMG) of the shoulders and back muscles obtained from experiments. In addition, the evaluation of the effectiveness of the exoskeleton was also done through the feedback of the experimental participants by analyzing the ratings of perceived discomfort (RPD) of the shoulder and back when lifting objects with and without passive exoskeleton support.

Keywords: *Overhead work; Passive exoskeleton; Electromyography; Perceived discomfort.*

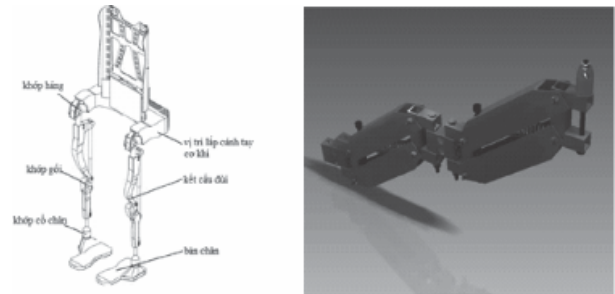
1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Các bệnh về rối loạn cơ xương liên quan đến công việc ở chi trên và lưng thường gặp trong các công việc về công nghiệp, cơ khí, nông nghiệp và xây dựng... Tại Hoa Kỳ, theo số liệu báo cáo năm 2011, tỷ lệ mắc bệnh cơ xương khớp liên quan đến công việc ở vai là 13% và thắt lưng là 42% [1]. Các bệnh về cơ khớp vai ảnh hưởng khá lớn đến sức khỏe của người lao động, theo báo cáo thì số ngày nghỉ trung bình cho các bệnh về vai thường lên tới 23 ngày so với 11 ngày của các chấn thương khác [1]. Bệnh về rối loạn cơ xương thường do các yếu tố lặp đi lặp lại và kéo dài. Có nhiều nghiên cứu đã chỉ ra rằng các công việc nâng vật nặng ở trên cao (dùng hai tay nâng vật nặng với cánh tay bằng hoặc trên vai) đã được đề xuất là một trong những nguyên nhân chính gây nên các bệnh lý về cơ xương khớp [2, 3]. Các công việc nâng trên cao rất thường gặp trong các ngành sản xuất cơ khí và xây dựng nói chung như khoan, bắt bu lông, khoan cắt vật liệu...

Bài báo này đã đánh giá hiệu quả của khung xương ngoài bị động đối với các công việc yêu cầu nâng vật trên cao nhằm làm giảm lực tác dụng lên các cơ vai và cơ lưng. Hệ khung xương ngoài bị động (Hình 1) được sử dụng để nâng đỡ các vật nặng như máy công cụ và truyền lực xuống đất, từ đó làm giảm lực tác dụng lên vai và lưng. Thông qua quá trình thực nghiệm, nhóm nghiên cứu đã đánh giá tác dụng hỗ trợ của khung xương ngoài bằng cách so sánh việc nâng vật có sự hỗ trợ của bộ xương ngoài với trường hợp nâng vật không có sự trợ giúp của bộ xương ngoài thông qua tín hiệu điện cơ (EMG) thu được từ cơ vai và lưng. Ngoài ra, việc đánh giá hiệu quả của khung xương ngoài còn được thực hiện thông qua phản hồi của những người tham gia thực nghiệm.

2. PHƯƠNG PHÁP NGHIÊN CỨU

2.1. Đối tượng nghiên cứu



Hình 1. Hệ khung xương ngoài bị động với cánh tay cơ khí dùng để nâng vật trên cao

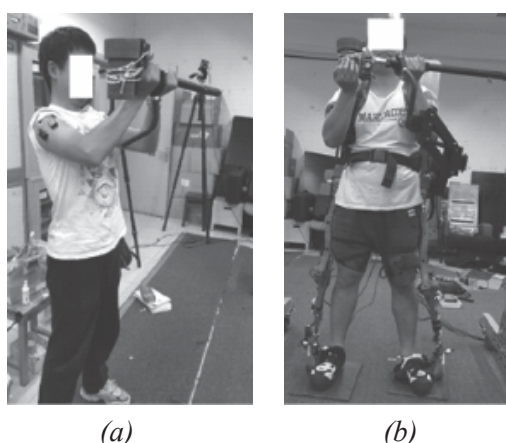
Đối tượng nghiên cứu là hệ khung xương ngoài bị động bao gồm một cánh tay cơ khí được thiết kế theo nguyên lý cân bằng. Trọng lượng của vật nâng sẽ cân bằng với lực đàn hồi của hai lò xo bên trong cánh tay. Các kích thước hình học của cánh tay được tính toán sao cho phù hợp với người trưởng thành [4, 5].

Cánh tay cơ khí có thể chuyển động linh hoạt theo chuyển động của người điều khiển bằng các khớp nối bản lề. Cánh tay cơ khí được liên kết với hệ chân dạng khung xương tạo thành một hệ khung xương ngoài hoàn chỉnh có tác dụng nâng vật nặng và truyền lực tác dụng của trọng lượng vật nặng xuống nền, từ đó làm giảm lực tác dụng của vật nặng lên người nâng.

2.2. Nhiệm vụ thực nghiệm

Nhóm nghiên cứu đã tiến hành thực nghiệm trên 10 nam giới thuận tay phải, có chiều cao trung bình 1m70 và cân nặng trung bình 70kg, trong độ tuổi từ 18 đến 22. Những người tham gia có hoạt động thể chất ở mức độ vừa phải và không có tiền sử chấn thương cơ xương gần đây. Mỗi tình nguyện viên thực hiện 6 lần nâng vật trong thời gian 60s, 3 lần

nâng vật không có sự trợ giúp của khung xương ngoài và 3 lần nâng vật có sự trợ giúp của khung xương ngoài, tải nâng lần lượt là tải nhẹ (1kg); tải trung bình (3kg) và tải nặng (6kg) (Hình 2). Tín hiệu điện cơ EMG được thu thập từ cơ vai và lưng của những người tham gia trong mỗi thí nghiệm và được thu thập cụ thể từ cơ vai trước (anterior deltoid), cơ vai giữa (medial deltoid) và cơ thắt lưng (lumbar) ở bên trái và bên phải cơ thể của người tham gia [6, 7].

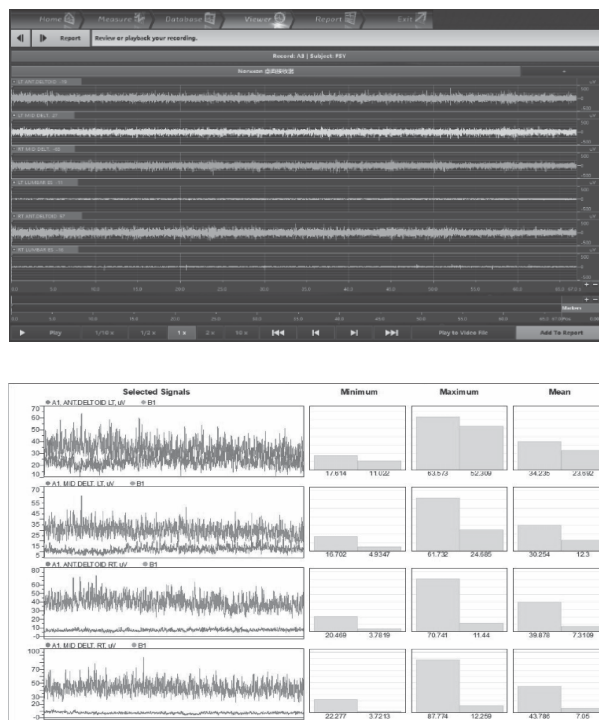


Hình 2. Thử nghiệm nâng vật khi không có (a) và có sự trợ giúp của bộ xương ngoài bị động (b)

2.3. Thiết bị đo và xử lý tín hiệu EMG

Nhóm nghiên cứu đã sử dụng thiết bị ghi và xử lý tín hiệu EMG do hãng Noraxon, Mỹ sản xuất. Đầu đo kết nối với thiết bị đo bằng tín hiệu wifi, thiết bị đo được kết nối với máy tính. Đầu đo được gắn với hai cực của cảm biến điện cực, cảm biến này được dán lên bề mặt của da. Tín hiệu EMG trên bề mặt da thu được sẽ được đầu đo gửi về máy tính và ghi dữ liệu qua các bản ghi thông qua phần mềm Noraxon MR3. Trên bản ghi sẽ thu được 6 kênh tín hiệu tương ứng với các vị trí gắn đầu đo tương ứng đó là cơ vai trước trái, cơ vai trước phải, cơ vai giữa trái, cơ vai giữa phải, cơ lưng trái và cơ lưng phải.

Dữ liệu thô sau khi thu được sẽ được phần mềm Noraxon MR3 xử lý qua các bước như: lọc thô, làm mịn tín hiệu. Sau đó, phần mềm sẽ phân tích và tính toán theo phương pháp trung bình bình phương (RMS), cuối cùng thu được kết quả là các giá trị trung bình và giá trị lớn nhất của EMG (Hình 3). Thông qua việc so sánh các giá trị trên, chúng ta sẽ đánh giá được mức độ mệt mỏi của các cơ vai, cơ lưng tương ứng.



Hình 3. Tín hiệu điện cơ thu được trong quá trình thực nghiệm và kết quả xử lý dữ liệu

3. KẾT QUẢ VÀ THẢO LUẬN

3.1. Tín hiệu điện cơ (EMG)

Kết quả thống kê giá trị trung bình và giá trị lớn nhất của tín hiệu EMG khi thực nghiệm nâng vật trên cao đối với các cơ vai trước, cơ vai giữa và cơ lưng được trình bày trong Bảng 1. Đồ thị so sánh các kết quả trên được thể hiện trong Hình 4.

Bảng 1. Giá trị tín hiệu EMG trung bình và lớn nhất đo được từ thực nghiệm (mV)

Vị trí đo tín hiệu điện cơ	Khối lượng nâng (kg)	Giá trị trung bình có hỗ trợ (a)	Giá trị trung bình không có hỗ trợ (b)	Giá trị lớn nhất có hỗ trợ (c)	Giá trị lớn nhất không có hỗ trợ (d)	Tỉ lệ c/a	Tỉ lệ d/b	Tỉ lệ b/a
Cơ vai trước trái	1,00	23,69	34,24	52,31	63,57	2,21	1,86	1,45
	3,00	22,06	40,28	47,24	72,57	2,14	1,80	1,83
	6,00	41,79	61,73	86,84	118,73	2,08	1,92	1,48
Cơ vai trước phải	1,00	7,30	39,88	11,44	70,74	1,57	1,77	5,46
	3,00	16,79	49,93	33,10	91,31	1,97	1,83	2,97
	6,00	31,24	63,99	59,34	112,83	1,90	1,76	2,05
Cơ vai giữa trái	1,00	12,30	30,25	24,68	61,73	2,01	2,04	2,46
	3,00	12,51	34,29	27,28	57,81	2,18	1,69	2,74
	6,00	35,26	54,11	75,59	111,90	2,14	2,07	1,53
Cơ vai giữa phải	1,00	7,05	43,78	12,26	87,77	1,74	2,00	6,21
	3,00	12,41	52,35	22,88	98,33	1,84	1,88	4,22
	6,00	31,49	66,81	62,20	108,14	1,98	1,62	2,12
Cơ lưng bên trái	1,00	9,22	12,25	14,83	18,33	1,61	1,50	1,33
	3,00	8,16	14,40	12,16	22,91	1,49	1,59	1,76
	6,00	16,61	19,82	22,64	33,02	1,36	1,67	1,19
Cơ lưng bên phải	1,00	10,30	5,30	14,81	11,52	1,44	2,17	0,51
	3,00	9,71	5,77	16,30	12,44	1,68	2,16	0,59
	6,00	6,74	8,13	11,50	17,00	1,71	2,09	1,21

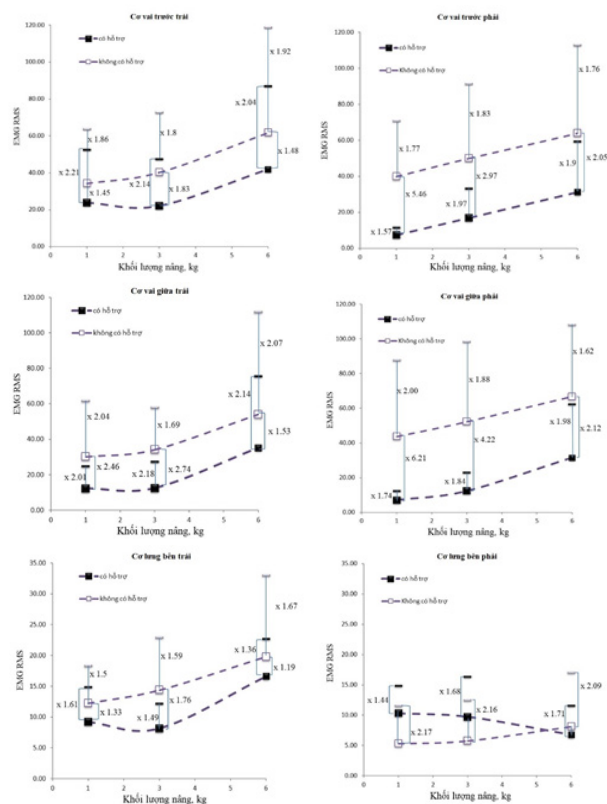
Nhìn vào đồ thị so sánh chúng ta thấy, sự hỗ trợ của khung xương ngoài đã làm giảm đáng kể giá trị trung bình và giá trị lớn nhất của tín hiệu EMG trên các cơ vai trước và vai giữa. Đối với cơ vai trước bên trái, giá trị trung bình EMG đã giảm từ 1,45 đến 1,83 lần; cơ vai giữa trái giảm 1,53 đến 2,47 lần; cơ vai trước phải giảm từ 2,05 đến 5,46 lần; cơ vai giữa phải giảm từ 2,12 đến 6,21 lần. Với cơ lưng, giá trị trung bình EMG giảm không đáng kể, thậm chí đối với cơ lưng bên phải, giá trị trung bình khi có hỗ trợ của khung xương còn lớn hơn so với khi không có hỗ trợ ở tải trọng nhỏ và trung bình.

Các nghiên cứu đã chỉ ra rằng mức độ mệt mỏi của cơ tỉ lệ với giá trị tín hiệu điện cơ, giá trị tín hiệu điện cơ càng lớn, các bó cơ càng làm việc nhiều, mức độ mệt mỏi của cơ tăng lên và ngược lại [8, 9]. Như vậy, dưới sự trợ giúp của khung xương ngoài khi nâng vật trên cao đã làm giảm đáng kể giá trị trung bình EMG ở cơ vai trước và cơ vai giữa, điều đó cho thấy sự trợ giúp của khung xương ngoài giúp làm giảm đáng kể mức độ mệt mỏi của các cơ nói trên, đặc biệt đối với tải trọng trung bình và tải trọng lớn. Đối với cơ lưng, sự hỗ trợ của khung xương ngoài ở mức tốt thiểu với cơ lưng bên trái và làm tăng giá trị EMG trung bình với cơ



lưng bên phải. Tuy nhiên, các giá trị EMG ở cơ lưng trong trường hợp có/không có sự hỗ trợ đều ở mức nhỏ, điều này làm cho những người tham gia thực nghiệm không cảm nhận được rõ ràng tác dụng hỗ trợ hoặc tác dụng ngược của khung xương với các cơ lưng nói trên.

Kết quả thực nghiệm cũng cho thấy, với công việc nâng vật trên cao, nhóm cơ hoạt động chủ yếu là nhóm cơ vai so với nhóm cơ lưng, vì giá trị trung bình tín hiệu EMG của nhóm cơ vai luôn lớn hơn rất nhiều so với nhóm cơ lưng, kể cả trong trường hợp có hay không có sự hỗ trợ của khung xương ngoài. Như vậy, tác dụng hỗ trợ của khung xương ngoài với nhóm cơ vai là hoàn toàn hợp lý với nhiệm vụ nâng vật trên cao. Còn với nhóm cơ lưng, việc sử dụng khung xương ngoài không ảnh hưởng nhiều đến nhóm cơ này.



Hình 4. Đồ thị so sánh giá trị tín hiệu EMG trên các cơ tương ứng với các loại tải trọng khi có và không có sự hỗ trợ của khung xương ngoài

3.2. Đánh giá mức độ cảm nhận về sự khó chịu

Những người tham gia thực nghiệm được yêu cầu báo cáo về mức độ cảm nhận ở ba tải trọng với 5 mức độ cảm nhận đó là: rất nhẹ; nhẹ; trung bình; nặng và rất nặng [10]. Tất cả những người tham gia đều cho biết tác dụng hỗ trợ của khung xương ngoài với cơ vai là rất đáng kể. Khi nâng vật có sự hỗ trợ của khung xương giúp họ cảm thấy tác dụng của vật nâng lên cơ vai của họ luôn ở mức độ nhẹ và rất nhẹ kể cả với tải trọng nặng và trung bình. Còn với cơ lưng, họ không cảm nhận được sự hỗ trợ của khung xương và đôi khi còn cảm thấy hơi khó chịu vì các cơ cấu của khung xương tác dụng vào lưng của họ.

4. KẾT LUẬN

Công việc nâng vật trên cao được xem là yếu tố chính gây nên các bệnh rối loạn cơ xương ở tay và lưng. Mục đích của nghiên cứu này là đánh giá tác dụng hỗ trợ của bộ xương ngoài bị động đối với các công việc nâng vật trên cao. Trạng thái làm việc của các cơ được đo bằng tín hiệu EMG, sau đó giá trị trung bình của EMG được tính toán, so sánh các trường hợp có/không có sự hỗ trợ của khung xương. Kết quả thử nghiệm cho thấy, sự hỗ trợ của bộ xương ngoài mang lại hiệu quả rất đáng kể với các cơ vai. Với sự hỗ trợ của khung xương ngoài, giá trị EMG trung bình cho cơ vai bên trái giảm từ 1,45 đến 2,47 lần; cơ vai bên phải giảm từ 2,05 đến 6,21 lần so với trường hợp không có sự trợ giúp của khung xương, điều này cho thấy sự mệt mỏi ở các cơ này đã giảm đi khi có sự hỗ trợ của khung xương ngoài.

Tóm lại, nghiên cứu này cho thấy bộ xương ngoài bị động có hiệu quả trong việc hỗ trợ cơ vai của người lao động khi thực hiện các

công việc nâng hạ vật trên cao, tác dụng sự hỗ trợ đặc biệt có ý nghĩa đối với tải trọng trung bình và nặng. Các công việc nâng hạ vật trên cao không thể được thay thế hoàn toàn trong công việc sản xuất hiện đại và theo các nghiên cứu đây là yếu tố nguy cơ chính dẫn đến bệnh rối loạn cơ xương ở tay [2, 3]. Do đó, việc nghiên cứu và ứng dụng các thiết bị hỗ trợ như khung xương ngoài bị động vào thực tế là rất cần thiết. ❖

Ngày nhận bài: 22/02/2024

Ngày phản biện: 12/3/2024

Tài liệu tham khảo:

- [1]. Bureau of Labor Statistics, 2012. *“Nonfatal Occupational Injuries and Illnesses Requiring Days Away From Work”*, 2011. Washington, DC: US Department of Labor.
- [2]. Buckle, P., and J. Devereux, 1999. *“Work-Related Neck and Upper Limb Musculoskeletal Disorders”*. Surrey: Robens Centre for Health Ergonomics.
- [3]. Buckle P., and Devereux J.. *“The State of Scientific Knowledge Regarding Work Related Neck and Upper Limb Musculoskeletal Disorders”*, Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, July 2000.
- [4]. Michiel P. de Looze, Tim Bosch, Frank Krause, Konrad S. Stadler & Leonard W. O’Sullivan. *“Exoskeletons for industrial application and their potential effects on physical work load”*. Ergonomics, 59:5, 671-681, 2016.
- [5]. Ruprecht Altenburger, Daniel Scherly and Konrad S. Stadler. *“Design of a passive, iso-elastic upper limb exoskeleton for gravity compensation”*. Robomech Journal (2016) 3:12.
- [6]. Ehsan R., Sunwook K., Maury A. N., Michael J. A.. *“Ergonomic evaluation of a wearable assistive device for overhead work”*. Ergonomics, 57:1864-1874, 2014.
- [7]. P. Yin, L. Yang, S. Qu, C. Wang.. *“Effects of a Passive Upper Extremity Exoskeleton for Overhead Tasks”*. Journal of Electromyography and Kinesiology, volume 55 December 2020, 102478.
- [8]. F. Ayachi, S. Boudaoud, C. Marque. *“Evaluation of muscle force classification using shape analysis of the sEMG probability density function: a simulation study”*. Med Biol Eng Comput (2014) 52:673–684.
- [9]. Mario Cifrek, Vladimir Medved, Stanko Tonkovic, Saša Ostojic. *“Surface EMG based muscle fatigue evaluation in biomechanics”*. Clinical Biomechanics 24 (2009) 327–340.
- [10]. Borg, G. (2004). The Borg CR10 Scale® Folder. *“A Method for Measuring Intensity of Experience”*. Borg Perception, Hasselby, Sweden.