表面筋電図を用いたパワーアシストスーツ装着時の 重量物持ち上げ動作の評価

○麻植雄樹、酒井宣年（徳島県立工業技術センター）

高岩昌弘（徳島大学）

佐藤正和（（株）ヨコタコーポレーション）

Evaluation of Lifting Operation Under the Condition
of Wearing Power Assist Suit Using Surface EMG

Yuki OE, Nobutoshi SAKAI (Tokushima Prefectural Industrial Technology Center)

Masahiro TAKAIWA (Tokushima University)

Masakazu SATO (Yokota Corporation Co., Ltd)

1. はじめに

近年、高齢化社会の進行に伴い、介護労働の負担は増大している。このため、作業者の前屈動作や重量物の持ち上げ動作を支援し、作業者の腰部負担を軽減させることを目的とした装着型パワーアシストスーツの研究開発が数多く行われている。

パワーアシストスーツの装着による身体負担の軽減効果の定量的な検証として、脊柱起立筋などの表面筋電図を計測し、筋活動量を評価する方法が既に検討されている。しかし、パワーアシストスーツを装着し、アシスト力を付与した場合の検証が大半であり、装置の重さによる身体負担の変化について検証されていない。そこで、本研究では、重量物持ち上げ動作を対象とし、パワーアシストスーツの重さによる身体負担の変化とアシスト力の付与による支援効果について、表面筋電図を用いた評価を行った。

2. 方法

2.1 実験条件

被験者が装着するパワーアシストスーツは、著者らが試作したものを使用した(図1、以降アシストスーツ)。アシストスーツは、1台のモータで作業者の腰部の両側両部に補助力を付与できる外骨格タイプである。被験者は、アシストスーツの装着の有無で重量物の持ち上げ動作を行った。実験要因は、装置の装着条件と負荷の大きさの2要因とした。装着条件は、未装着、装着を行いアシスト機能なし(以降、装着アシスト無)、装着を行いアシスト機能あり(以降、装着アシスト有)の3水準とした。負荷の大きさは、0kg、10kg、15kgの3水準とした。これらを組み合わせ、計9水準で実験を行った。また、個人毎の筋活動量の正規化を行うための基準値を取得するため、未装着20kgの

負荷の持ち上げ動作を行った。負荷は軽量のプラスチック製の持ち手付きのカゴに錘を入れたものとした。重量物を持ち上げる高さは、被験者の身長比30%から50%までとした。被験者には膝関節を伸展したままで持ち上げるStoop法で極力行うようにし、肘関節は伸展した状態で重量物を持ち上げるように指示した。被験者は健康な成人男性8名を対象とした。被験者の身長は 172.3 ± 5.3 cm、体重は 63.9 ± 6.8 kgである。なお、アシストスーツの質量は8.5kgである。モータ出力は $5\text{N} \cdot \text{m}$ に設定し、被験者に一定のアシスト力を付与した。

図1 試作を行ったアシストスーツ

2.2 計測項目

被験者の重量物持ち上げ動作時の表面筋電図を計測した。具体的には、ワイヤレス筋電センサ(追坂電子機器社製)を使用して、サンプリング周波数1000Hzで生データを記録した。本研究における解析の対象区間は、体幹伸展(負荷の離床時から目標の高さまで持ち上げる動作)と体幹屈曲(体幹の屈曲開始時から負荷を着床する動作)とした。各条件において、対象区間内の筋電位生データをRMS値に変換し、平均値を算出した。その後、基準値として取得した未装着20kg条件の体幹伸展の区間の平均値を100%とし、正規化を行った。被検筋は、上肢の挙上に使用する僧帽筋と体幹の伸展に使用する脊柱起立筋を右側のみの計2箇所とした。図2に実験の流れを示す。

図2 実験の流れ

3. 結果と考察

重量物の持ち上げ動作時の主に体幹伸展時に寄与する僧帽筋の結果を図3に示す。装着アシスト無と装着アシスト有は、未装着時に対して筋活動量は減少する傾向にあるが、全ての装着条件の間で統計学的有意差は認められなかった。装置の重さの肩部への負担により、アシスト力の付与時の軽減効果が顕著に現れなかったことが考えられる。

次に、体幹伸展時の脊柱起立筋の結果を図4、体幹屈曲時の脊柱起立筋の結果を図5に示す。両図に未装着時に対する装着アシスト有の脊柱起立筋の筋活動量の軽減率も示す。図4、図5の両図から、未装着と装着アシスト有の間では、全ての負荷において、有意差が認められた($p<0.05$)。装着アシスト無と装着アシスト有の間でも、全ての負荷において、有意差が認められた($p<0.05$)。図4から、体幹伸展に関して、未装着と装着アシスト無の間では、0kg、10kgにおいて有意差が認められなかったが、15kgにおいて有意差が認められた($p<0.05$)。図5から、体幹屈曲に関して、未装着と装着アシスト無の間では、全ての負荷において、有意差は認められなかった。装置を背部に背負うことにより、装置の重さ分の負担があるものの、人体の重心の前方抑制の効果が働き、脊柱起立筋の筋活動が代償されていることが考えられる。つまり、装着の重さによる脊柱起立筋の筋活動量の増加は認められず、未装着時と同等程度であり、負荷によっては減少していることがわかる。そして、アシスト力を付与することで、脊柱起立筋の筋活動量は有意に減少していることがわかる。

本実験では、被験者に一定のアシスト力を付与しており、脊柱起立筋の筋活動量の軽減率は、負荷の増加に伴い、減少していることがわかる(図4、図5)。また、全ての負荷において、体幹屈曲時は体幹伸展時より、脊柱起立筋の軽減率が大きくなっていることがわかる。アシストスーツを装着することにより、動作がStoop法に移行することにより、体幹屈曲角度は増加する¹⁾。その結果、

体幹屈曲の可動域限界に近づき、屈曲弛緩現象が促進されたことにより、屈曲時の脊柱起立筋の筋活動量の軽減率が大きくなっていると考えられる。

図3 僧帽筋の結果 (体幹伸展)

図4 脊柱起立筋の結果 (体幹伸展)

図5 脊柱起立筋の結果 (体幹屈曲)

4. 結論

アシストスーツの装着時の身体負担の変化について、表面筋電図を用いた評価を行った結果、装着の重さによる脊柱起立筋の筋活動量の増加は認められず、負荷によっては装置の自重が負荷に対してカウンターバランスのような効果になり筋活動量が減少することがわかった。また、アシスト力を付与することで、脊柱起立筋の筋活動量は有意に減少することが確認することができた。

参考文献

- 1) 麻植 他: “パワーアシストスーツの装着による作業姿勢と関節トルクに基づく腰部負担の定量的評価”, 人間工学, Vol. 54(Supplement号), p. 2H3-2, 2018.