

論 文 概 要

○論文題目 重量物取り扱い、介護作業における装着型
ロボットの腰部負荷軽減効果および作業省力
化に関する研究

○指導教員

人間総合科学研究科 疾患制御医学専攻 山崎正志教授

筑波大学大学院博士課程人間総合科学研究科

三 浦 紘 世

目的：

腰痛患者はきわめて多く、職業との関係では重量物を扱う業務や、医療従事者で非常に多い。重量物挙上作業における腰部負荷の要因は、腰椎屈曲位での重量物挙上による腰椎椎間板内圧の増加と、腰部傍脊柱起立筋筋活動量の増加である。腰痛自体の治療にかかる理学療法、投薬などによる直接的な経済損失と、腰痛のため作業効率の低下ならびに休業による間接的な経済損失を合わせると社会に与える影響が非常に大きい。職業性腰痛を予防する取り組みが必要不可欠である。

腰部支援用 HAL (CYBERDYNE 社、つくば市) は腰部負荷を軽減するために、体幹の屈曲・伸展動作を制動することで、股関節伸展動作に代替して股関節動作をアシストする。装着者の腰部脊柱起立筋上の皮膚に貼付した電極が装着者の動作意思を Bio-electrical signals (BES) として検出して、股関節動作の支援のためのトルクを適切なタイミングとレベルで協調して装着者に伝達する。基礎的研究の結果からすでに市場に導入されてはいるが、実際の重量物挙上作業において、医学的見地からの腰部負荷の定量的な軽減効果や HAL の有効性について明確に示した研究はなかった。

本研究の目的は、重量物取り扱い作業、介護作業において腰部支援用 HAL による腰部負荷の軽減効果ならびに作業量の向上効果を検討することである。

対象と方法：

【研究 1】重量物挙上反復動作に対する研究 単群前後比較介入研究

対象は健常成人ボランティア 18 例、平均年齢は 31 ± 6.1 歳、平均身長は 170 ± 9.9 cm、平均体重は 66 ± 12 kg であった。FFD の平均は 0.47 ± 8.7 cm、背筋力の平均は 104 ± 30 kg であった。

方法は、約 12kg の段ボールを Stoop lifting 法での挙上動作を一定のペースで繰り返す。HAL 未装着で反復作業を疲労により継続困難となるまで繰り返す。最低 5 分間の休憩をはさみ、脈拍・血圧が施行前まで戻った後に HAL 支援下で行った。

**【研究 2】ショベル除雪動作に対する腰部支援用 HAL に関する研究
単群前後比較介入研究**

対象は、健常成人ボランティア 9 例、平均年齢は 31 ± 5.4 歳、平均身長は 171 ± 6.1 cm、平均体重は 66 ± 5.8 kg であった。

作業環境は、屋外で十分な積雪地で、市販除雪用ショベルを使用して、雪を挙上して、身長 50%以上の高さかつ前方に投擲した。以上の動作を行い得る最大速度で疲労により継続困難となるまで繰り返した。HAL 未装着で行い、最低 5 分

間の休憩をはさみ、脈拍・血圧が施行前まで戻った後に HAL 支援下で行った。

【研究 3】患者移乗動作に対する腰部支援用 HAL に関する研究

Feasibility study

対象は、健常成人ボランティア 19 例、平均年齢は 31 ± 5.3 歳、平均身長は 172 ± 8.9 cm、平均体重は 66 ± 11 kg であった。FFD の平均は 4.0 ± 7.4 cm、背筋力の平均は 110 ± 59.7 kg であった。

方法は、約 60kg のダミー人形を完全頸髄損傷患者モデルとして、開始時、人形は座位とした。人形の両上肢を被験者の肩の上に乗せて、被験者は中腰、膝屈曲位から人形の両脇を抱え持ち上げた。HAL 未装着で行い、最低 5 分間の休憩をはさみ、脈拍・血圧が施行前まで戻った後、HAL 支援下で行った。

結果：

【研究 1】腰部自覚的疲労度 VAS は、腰部支援用 HAL 無しでの平均は 68 ± 14 mm、HAL 有りでは 51 ± 23 mm であった。重量物挙上回数は HAL 無しでの平均は、 60 ± 26 回、HAL 有りでは 87 ± 53 回であった。作業時間は、HAL 無しでの平均は、 230 ± 101 秒、HAL 有りでは 332 ± 198 秒であった。HAL 支援によって運動課題における腰部自覚的疲労が有意に減少し、重量物挙上回数、作業時間が有意に増加して、腰部負荷軽減と作業量向上を示した。

【研究 2】腰部自覚的疲労度 VAS は、腰部支援用 HAL 無しでの平均は 75.4 ± 8.9 mm、HAL 有りでは 39.8 ± 15 mm であった。ショベリング回数は HAL 無しでの平均は、 50.3 ± 19.9 回、HAL 有りでは 144 ± 44.9 回であった。作業時間は、HAL 無しでの平均は、 147 ± 57.1 秒、HAL 有りでは 366 ± 106 秒であった。除雪距離は、HAL 無しでの平均は、 9.6 ± 2.5 m、HAL 有りでは 35.4 ± 11.7 m であった。HAL 支援によって、運動課題における腰部自覚的疲労が有意に減少して、ショベリング回数、作業時間、除雪距離が有意に増加して、腰部負荷の軽減と作業量向上を示した。

【研究 3】男性 14 例が腰部支援用 HAL の有無に関わらず課題を実施できた。4 例（男 2：女 2）では腰部支援用 HAL 支援無しではダミー人形を抱え上げることができなかったが、腰部支援用 HAL 支援有りでは抱え上げることができた。女性 1 例でのみ腰部支援用 HAL 支援の有無に関わらず課題が実施できなかった。腰部支援用 HAL 支援の有無に関わらず課題を実施できた 14 例と腰部支援用 HAL 支援下にのみ課題を実施できた 4 例を含む 18 例における腰部疲労度 VAS は、腰部支援用 HAL 支援無しでは平均 62 ± 26 に対して、腰部支援用 HAL 支援有りでは

は平均 43 ± 22 と、有意に減少した。

考察：

本研究では、重量物挙上反復作業、ショベリング除雪反復作業、患者移乗介助動作作業における腰部支援用 HAL 支援による腰部負荷軽減効果を検討し、自覚的腰部疲労度の有意な減少を示すことで腰部負荷の軽減を明らかにした。また、重量物挙上反復作業、ショベリング除雪反復作業においては、腰部支援用 HAL 支援による作業量の明らかな向上を示した。BES を検出して装着者の動作意思を感知して適切なタイミングとトルクによる動作支援を行う HAL の特徴が、腰部負荷軽減と作業量向上に効果的であったと考えられる。

一方で、腰部支援用 HAL が垂直方向の動作を支援して、腰部回旋動作にはアシストが働かないことから本研究における運動課題は垂直方向の動作のみに規定しており、実際の作業動作と若干の乖離がある点は考慮すべきである。今後は、回旋動作も加えた運動課題での検証を考慮している。

本研究では、健常者を対象として様々な運動課題における腰部支援用 HAL 使用ならびに運動課題の安全性を評価して、さらに腰部負荷の軽減効果と作業量の向上効果を実証した。腰部負荷の軽減効果の検証から職業性腰痛発生を予防する取り組みと言える。今後の展望として、すでに職業性腰痛を罹患している重作業従事者を対象として、腰痛の軽減効果を検証するなど職業性腰痛の治療を目的としての装着型ロボットの有用性を検証することを検討している。

結論：

重量物挙上反復作業やショベリング除雪反復作業の重量物取り扱い作業、患者移乗介助動作の介護作業において腰部支援用 HAL 使用により腰部負荷が軽減されて作業量が向上することを実証した。