

補助事業番号 2023M-352
補助事業名 2023年度介護従事者に対する空気圧可変式アシストコルセットの
開発補助事業
補助事業者名 第一工科大学 工学部機械システム工学科 中井研究室 中井雄貴

1 研究の概要

本研究では装着者の腰部負担を軽減し日常で快適に使用可能な空気圧可変式アシストコルセットの開発を行う。アシストコルセットは身体にかかる負担・疲労を軽減する軽労化技術のコンセプトの下で開発を行い、空気圧を利用した補助機構により小型・軽量で安全なコルセットを実現する。補助対象筋の負担変化を表面筋電図により評価し、アシストコルセット着用時に体幹・下肢筋の負荷が軽減していることを検証する。さらに、動作解析装置により下肢関節角度への影響も検証する。本研究では、最初に模擬的な空気圧可変式の体幹カフベルトにより、動作や姿勢制御に及ぼす効果を検証した。外的な空気圧サポートにより動的バランステストの結果に即時的な向上が認められた。次に、持ち上げ動作時に、体幹筋の筋活動と下肢の関節角度の変化を検証した。外的な空気圧サポートにより腹筋群の補助や股・膝関節の角度変化が確認できた。これらの結果をもとに腹圧アシストベルトの設計開発を進めている。

2 研究の目的と背景

従来の介護アシスト機器等は、装備が多く体幹や下肢まで装着の必要がある物や重量感や装着の不快感を伴うものがあるため普段使いし難い。動作中の補助力制御が行えず負荷の変動に対応できないという課題もある。研究開発を進める腹圧アシストベルトでは、空気圧による受動的な補助機構により装着者の動きに合わせた体幹へのアシストを可能とする。さらに、空気圧を簡単に抜き入れできる可変式にすることで、介助量に合わせて体幹部を締めるベルトの圧を変えながら使用できるようにする。このアシストベルトを実際に設計開発し、基本動作や介護作業で検証できれば、介助量に合わせて必要な時にアシストが簡単に可変できるコルセットとして利便性があると考えられる。労働世代の医療費や経済的損失の課題に対しても有益である。

3 研究内容

(1) 外的な腹圧サポートの有無が動的バランスに及ぼす影響

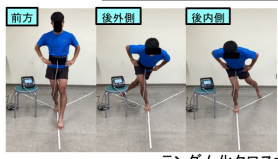
https://kagoshima.daiichi-koudai.ac.jp/faculty_info/engineering/denshi/youki_nakai/

動的バランステスト実施中に外的腹圧サポートを加えることで動的バランスに及ぼす即時的な影響を検証する。対象は健常若年成人31名（男性19名、女性12名）で、腹部体幹トレーニング装置（RECORE）を用い、幅15cmのカフベルトを体幹に巻きつけた。空気を注入して膨張させ、参加者の最大腹圧を測定した。平均最大腹圧の約30%である男性5kPa 女性4kPa

を設定値として動的バランステスト前に加圧設定した。結果、腹圧サポートの有無により動的バランステスト結果を比較し、パフォーマンスが3.4%-5.1%有意に向上を示した。外部腹圧サポートが若年成人の動的バランスを向上する効果的な方法である可能性が示唆された。

方法：腹圧サポート有無による動的バランス測定

修正スターエクスカーションバランステスト



- ・利き脚（静止脚として）のみ測定
- ・4回練習後、休憩を挟み3回測定
- ・前方→後外側→後内側の順
- ・3方向各々の最大値を算出
- ・合計平均値(複合値)を算出
- ・下肢長で正規化(%)

ランダム化クロスオーバー試験
(Hertel et al., 2000; Robinson and Gribble, 2008)

腹圧サポートあり: 男 5kPa 女 4kPa (平均最大腹圧の約30%相当) ↔ 腹圧サポートなし: 男女とも 0kPa (カフベルトを巻くだけ)

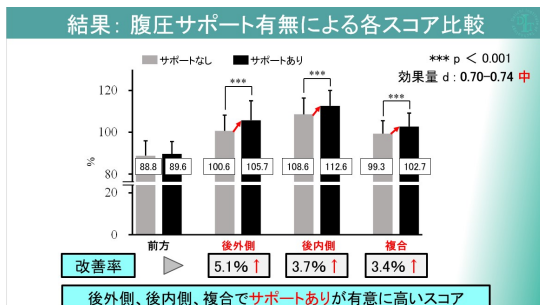
パイロットスタディ実施 (n=13): ICC1.3 = 0.929 - 0.968 (0.824 - 0.989)

結果：参加者の特性

	合計	男性	女性
参加者(人)	31	19	12
年齢(歳)	20.0 ± 0.9	20.4 ± 0.9	19.4 ± 0.6
身長(cm)	166.5 ± 8.5	172.0 ± 4.9	157.7 ± 4.7
体重(kg)	57.9 ± 8.0	62.0 ± 6.4	51.5 ± 5.6
競技歴(年)	5.1 ± 1.3	5.1 ± 1.3	5.1 ± 1.3
下肢長(cm)	83.0 ± 4.5	84.8 ± 4.0	80.2 ± 3.7
最大腹圧(kPa)	15.1 ± 4.5	17.3 ± 4.1	11.7 ± 2.5

平均値±標準偏差

約30% = 5kPa 約30% = 4kPa



考察と結語

先行研究、腹腔内圧 4 kPa ↑ 脊椎安定性 25% ↑ (Boiajrami and Driscoll, 2022)

パイロットスタディ: 後外側方向

腹圧サポートあり: 腹圧 4.9 kPa ↑

腹圧サポートなし: 腹圧 0.28 kPa ↓

ベルトや器具装着により
・体性感覚情報を提供
・腹斜筋や腹直筋の筋活動 ↑
(Newcomer et al., 2001; Granata et al., 1997)

脊椎安定性 ↑

腹腔内圧 ↑ 股関節伸展時の最大随意収縮トルク ↑ (Tavaseki et al., 2016)

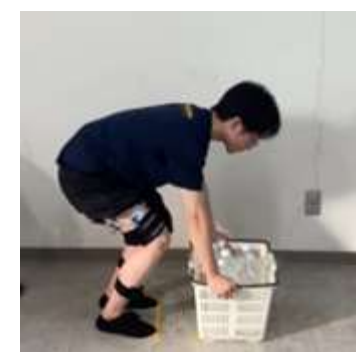
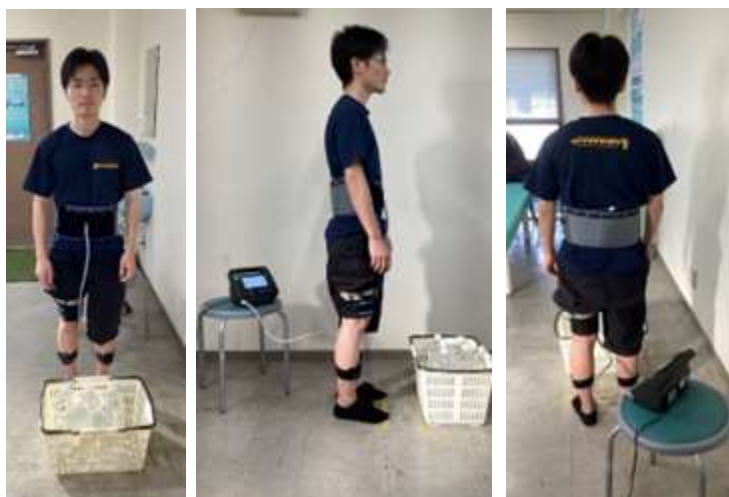
ベルト装着時、持ち上げ動作の股屈曲角度 ↑ 重心前方移動 ↑ (Marraz et al., 2000)

動的バランスのパフォーマンス ↑

外的な腹圧サポートは、動的バランスの即時的な向上に有効

(2) 腹圧アシストが持ち上げ動作時の腰部負荷に及ぼす影響

物持ち上げ動作時に各個人の最大腹圧の70%、40%、0%の腹圧アシストを行い体幹筋活動と体幹・下肢関節角度と負荷の変化を比較する実験を実施した。健常成人19名（男性12名、女性7名）を対象に実施した結果、腹圧アシストが内腹斜筋活動を補助し、脊椎剛性を高めることと股・膝関節の屈曲が深くなることが示された。



4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究で開発するのは空気圧を使用したアシストコルセットのため、腰部に当たっても痛くない仕様である。健常な介護従事者だけでなく高齢者や腰部の手術後の患者にとっても、褥瘡予防や創部への負担軽減となり得る。また、締め付けは空気圧で調整可能なため長時間使用しても取り外すことなく位置を微調整することができて、コルセット装着の問題である位置のずれにも対応可能である。これらは、市販されている従来のコルセットの課題もクリアできるため幅広い人に使用が広がる可能性がある。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

これまで、体幹機能と腰痛予防・ケアとの関連についてバイオメカニクス的な研究や疫学調査などを実施してきた。本研究により、外的に腹圧アシストを加えることで、動的バランスの制御や体幹筋活動、下肢関節角度への影響を明らかにすることができた。これは腰痛予防における支援工学の可能性を拓く知見となったと考える。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

・ Effects of External Abdominal Pressure Support on Dynamic Balance: A Randomized Crossover Study. Yuki Nakai, Takara Kijimuta, Yasufumi Takeshita, Ryoji Kiyama, Sota Araki, Takasuke Miyazaki, Masayuki Kawada. Sports 11(11) 217-217 2023年

・ (特願2024-041177) 出願中

発明の名称：腹圧アシストベルト

発明者および特許出願人：中井雄貴

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの：該当なし

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの：該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名：第一工科大学工学部（ダイイチコウカダイガクコウガクブ）

住 所：〒899-4395 鹿児島県霧島市国分中央1-10-2

担 当 者：准教授・中井雄貴（ナカイユウキ）

担 当 部 署：情報・AI・データサイエンス学科

E - m a i l：y-nakai@daiichi-koudai.ac.jp

U R L：https://kagoshima.daiichi-koudai.ac.jp/faculty_info/engineering/denshi/yuki_nakai/