

腰部負担軽減具の機能性の向上

Functional improvement of the back assistive device

○ 室 昂佑 (大分大学) 三浦 篤義 (大分大学) 今戸 啓二 (大分大学)

Kousuke MURO, Oita University
Atsuyoshi MIURA, Oita University
Keiji IMADO, Oita University

Abstract: We developed a simple back assistive device. It is very effective in a simple bending forward posture. However, an assistive moment obtained by the device was diminished with a flexion of the knee joints. To find a way to solve this problem, the effect of the lower belt line on the belt tension was investigated experimentally and theoretically as well. Assuming a simple mechanical model, some theoretical calculations were made to explain the experimental results. Three kinds of lower belt lines were considered. The first line was a conventional one that passes through a remote a posterior point from the popliteal space. The second line passes through the popliteal space. The third line passes through an anterior point of patella. The experimental results corresponded well with theoretical calculations. The drawback of this device can be improved by changing the lower belt line to the second line type.

Key Words: Back assistive device, Assistive moment, Lower belt tension, Flexion of knee joint

1. はじめに

腰痛に悩む人は多く、国民の2割が腰痛を経験していると言われている。腰に大きな負担のかかる職種では、腰痛問題は深刻であり、離職の大きな原因にもなっている。そこで近年ではロボティクスを応用した研究⁽¹⁾も活発に行われているが、導入コスト、利便性、汎用性を考えると未だに普及するレベルには達していないように思える。我々は弾性体を利用した簡便な腰部負担軽減具の開発を行っている。一般に体幹前屈時に腰への補助モーメントを与える機構は、歩行時には機構学的に抵抗を発生する。動き易さを考えると、腰部負担軽減効果を失うことなく、動く際の抵抗を減らす方法を具現化することは、非常に重要なことである。両者はトレードオフの関係にあり、腰への補助モーメントを大きくすれば動き難くなり、逆に動き易くすれば腰への補助モーメントは小さくなる。ゴム張力を利用した腰部負担軽減スーツなどは、動き易さを確保するため、腰部負担軽減効果のある程度犠牲にしているのが現状である。我々は歩行が下肢の交互運動であることに着目し、単純前屈時の腰部負担軽減効果と歩き易さを両立させる一手法について報告した⁽²⁾。しかしながら、前屈時に膝を屈曲すると、腰への補助モーメントが急減する問題がある。そこでその対策として、本研究では膝屈曲時の腰部負担軽減効果と下肢ベルトのレイアウトの関係について報告する。

2. 実験法

腰部負担軽減具の写真を図1に示す。樹脂製フレームと下腿固定具との間は下肢ベルトで繋がれている。前屈すると下肢ベルトは伸ばされ、発生した張力はフレームを介して腰への補助モーメントとなる。従来のタイプAの下肢ベルトは、図2(a)に示すように、膝裏を介して下腿固定具に繋がれている。一方、本実験でのタイプBの下肢ベルトは、図2(b)に示すように、膝の前方を介して下腿と繋がれた。

被験者は、年齢58歳、身長1.66m、体重60kgの健常男性であり、事前に実験の目的を説明し、理解と協力を得ている。実験は、A、B両タイプの下肢ベルトに対し、図3に示すように膝を伸展させた状態で体幹を60°前屈し、前屈したまま膝を90度屈曲した際の下肢ベルト張力をロードセルで測定した。

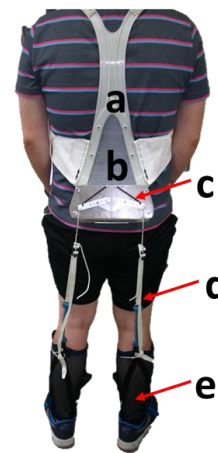


Fig.1 Back assistive device (a)plastic frame (b)mesh (c)swing arm (d)non-elastic lower belt (e)lower leg fixture

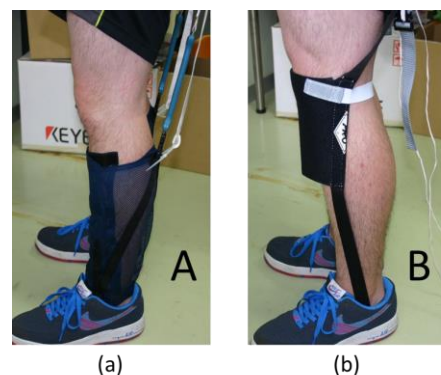


Fig.2 Lower leg fixture((a)Old type, (b)New type)

3. 実験結果

Aタイプの下腿固定具の結果を図4、Bタイプの結果を図5に示す。横軸は時間、縦軸は張力である。Aタイプでは、膝の屈曲に伴い張力は約80%も急減する。一方、Bタイプでは、逆に膝の屈曲により張力は急増することが確認できる。

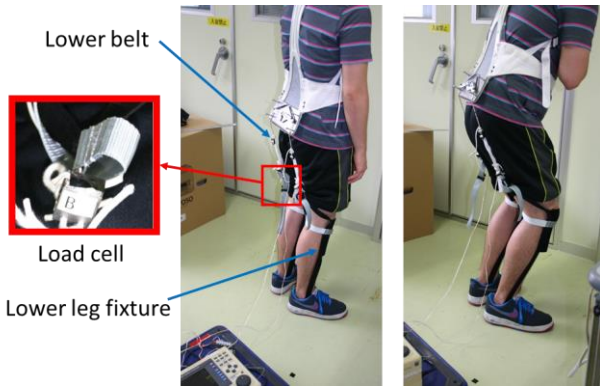


Fig.3 Measurement of lower belt tension

4. 考察

図4,5より膝屈曲時の腰部の補助モーメントの大きさは、下肢ベルトのレイアウトの相違により大きな影響を受けることが分かる。そこで図6に示す簡単な二次元モデルを使い、その理由を考察する。 θ は膝屈曲角、 b は装具の下肢ベルト取り付け口から股関節中心までの距離、 h_1 は大腿骨の長さ、 h_2 は膝関節中心から足底に至る距離である。膝関節中心を原点に、前方を正とする座標軸 ξ を取り、下肢ベルト経由点の座標を $\xi=C$ とする。下肢ベルトが膝前方を経由する場合 $C>0$ 、膝裏を経由する場合 $C<0$ である。モデルでは θ に伴う(1)で表わす下肢ベルトの長さ L を計算した。

$$L = l_1 + l_2 \tag{1}$$

$\theta=0$ の時の下肢ベルト長を L_0 として、(2)で定義する膝関節屈曲角 θ に伴う下肢ベルト長の変化分 Δ を計算する。

$$\Delta = L - L_0 \tag{2}$$

下肢ベルトが伸展不可の材質である場合、立位状態で下肢ベルト長を L_0 に固定すると、 Δ が正の場合、下肢ベルトは緊張して膝屈曲に対する抵抗力を発生し、逆に負であれば下肢ベルトは弛むことになる。現実的な値として $C=-100, -50, 50\text{mm}$ の3つ値についての結果を図7に示す。図7より $C=50\text{mm}$ の場合、膝屈曲角 θ と共に下肢ベルトの伸び Δ も増加して、身体が拘束されることが分かる。 $C=-50\text{mm}$ では伸び Δ は殆どなく、 $C=-100\text{mm}$ では、膝屈曲角の増加に伴い下肢ベルトは弛むことになる。これらの計算結果は被験者が受ける感覚に極めて一致する。膝屈曲時の腰への補助モーメントの消滅を防ぐため、下肢ベルトを膝の前方を経由して実験すると、図5に示すように下肢ベルト張力の増大により膝を曲げ難くなり、装具を装着したままでは椅子にも座り辛くなる。従来の装具では膝のほぼ真裏である $C=-50\text{mm}$ にしたつもりでも、下肢ベルト張力の増大に伴う張力の水平成分のために下肢ベルト経由点は膝の後方に移動し、現実的には $C=-100\text{mm}$ の場合に近い状態となった。そこで下腿固定部の下肢ベルト経由点が、水平方向に移動し難いよう、膝の上下で固定するよう工夫した下腿固定具で実験した。その結果、体幹を前屈した状態で膝を屈曲しても補助モーメントは抜けることなく、下肢ベルト張力の水平成分より受ける抵抗は感じるものの、椅子に座り辛いなどの感覚は、膝の前方を経由させた場合と比較すると大幅に小さくなり実用にも耐えられる程度となった。

5. まとめ

膝屈曲時の下肢ベルト長さをモデルを使い考察し、下肢ベルト張力と膝屈曲角との関係を、実験及び理論的に考察した。その結果、下肢ベルトは膝の真裏を経由させ、水平方向に移動し難くすることで、膝屈曲時でも腰への補助モーメントを失うことなく、膝屈曲可能な装具にできることを確認できた。

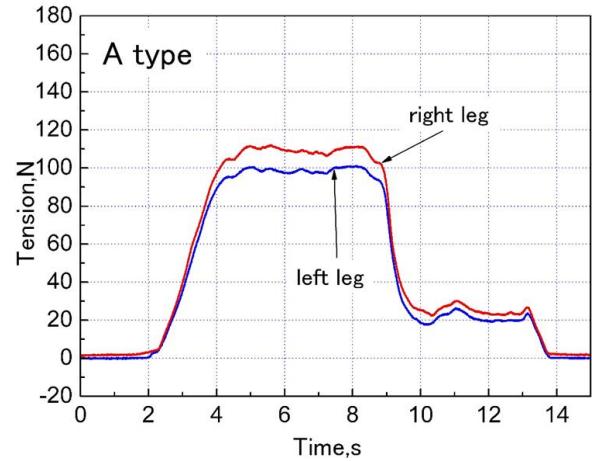


Fig.4 Change of lower belt tension(Old type)

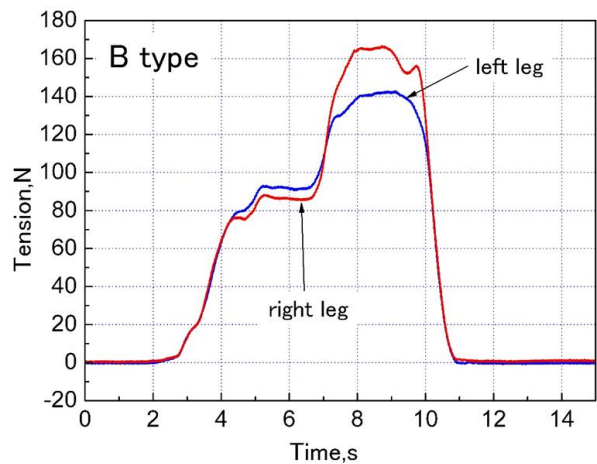


Fig.5 Change of lower belt tension(New type)

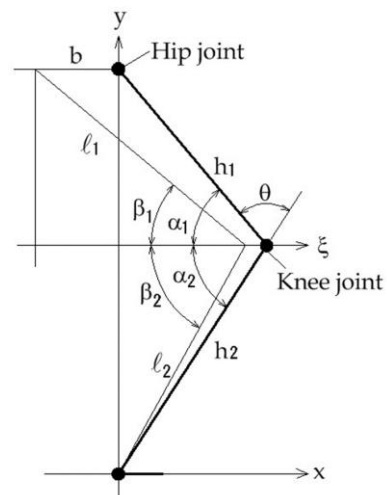


Fig.6 Mechanical model to consider lower belt tension with flexion angle of knee joint

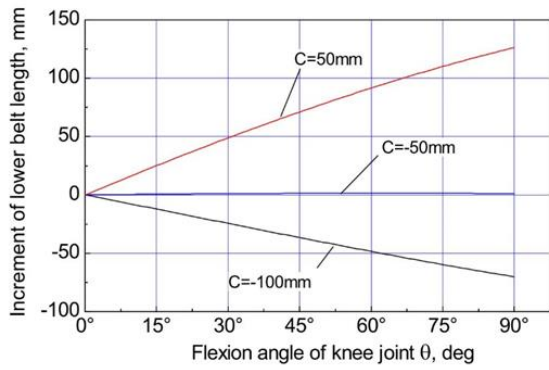


Fig.7 The relation between flexion angle of knee joint and increment of lower belt length

参考文献

- (1) 佐藤千恵ほか, 腰補助用マッスルスーツのフィールドテスト(物流の作業現場への適用), 機論 C編, vol.79, No.806, pp.236-249. 2013.
- (2) Muro Kousuke, Wakabayashi Toshihiro, Miura Atsuyoshi, Nagasaka Akito, Imado Keiji, An Effective Assistive Device for Decreasing Resistant Forces Caused by Walking, Advanced Biomedical Engineering, vol. 4, pp. 16-20, 2015.