

# 腰部コルセット装着の腰背筋群の筋力への影響に関する形状記憶合金入りコルセットを用いた実験と考察

## The Study on the Effect of Lumbar Brace to lumbar muscles using the Superelastic Characteristics of Shape Memory Alloy

小林正典\*

Masanori Kobayashi

### Summary

Lumbar braces are often prescribed for acute and chronic low back pain patients, however, few patients use the brace ordinarily for the restriction of the lumbar motion due to rigidity of lumbar brace. To overcome this issue, we have developed the lumbar brace using Ti-Ni shape memory alloy (SMA). In present study, as a preliminary study for the effect of the rigid fixation by lumbar brace, the electromyography (EMG) measurement of lumbar muscles of volunteers using this the lumbar brace with SMA were performed and the data were accessed.

As a result, the brace with SMA reduced the EMG activities of trunk muscle in lumbar motion, while, usual lumbar brace made the increasing of EMG of lumbar region in flexion. Furthermore, the volunteer's feeling of pressure by brace also was improved significantly. Present result indicated the usual lumbar brace might have the side effects to induce the atrophy of the spinal muscle and restriction of the lumbar motion.

**キーワード** : 腰部コルセット, 形状記憶合金, 筋力低下, 超弾性, 筋電位測定

**Keywords** : Lumbar Brace, Shape Memory Alloy (SMA), Lumbar muscle atrophy, Superelasticity, Electromyography (EMG)

### 1. 緒 言

今日においても、腰痛は日常生活の中で最も遭遇することの多い疾患の一つである。

腰痛の原因疾患には、椎間板ヘルニア、変形性脊椎症、腰椎すべり症等多種が挙げられる<sup>1)3)</sup>が、中でも最も多いものが筋・筋膜性腰痛症である。この種の腰痛は、過度な労働・スポーツや姿勢の悪さが起因するとされ、通常外科的治療の対象とはならず、各種の保存療法が行われ、その一つとして腰椎コルセットがある。コルセットによる治療は、臨床においてもしばしば行われているが、その効果については未だ確認されていない。<sup>4)6)</sup>

その要因の一つとしては、腰部運動時のコルセットの腰背筋への機械力学的作用がはっきりしないことが

挙げられる。コルセットのバイオメカニクスの作用機序としては、腹腔内圧上昇による腰椎の負荷軽減、および腰部周囲筋の支持性向上などが考えられる。確かに腰痛時に、コルセットで腰部支持をした場合には、痛めた腰背部の筋群に及ぼす力学的負担を低減させることが期待されるが、同時に固定性（可動域制限）をも有しているため、逆に、長時間のコルセット装着による腰部固定のために腰背部の筋力や機能低下を招き、腰痛の慢性化・遷延化に陥るという臨床上的の症例も存在する。また、コルセットを装着して日常生活を行う場合には、腰部をコルセットの固定力に逆らって動かさなければならず、逆に抵抗が強くなり、腰部の筋に負担が増すことも考えられる。

過去にも、コルセットの固定による腰背筋部への影響を調べるために、コルセット装着、非装着での筋群

\*工学部総合機械工学科

の筋電位測定・比較などの実験は行われてきた。しかしながら、これらの実験モデルでは、コルセット装着下で腰椎を動かした時に腰背筋に力学的刺激が掛かったとしても、それが単純に運動による腰部への運動負荷により生じたものなのか、固定されたコルセットからの抵抗によってもたらされたものなのか、その割合がはっきりせず、コルセットのバイオメカニクス効果を判断しづらい。

そこで我々は、コルセット使用（固定）で日常動作に近い動きを行った場合の腰部周囲筋への力学的負荷を検討することを目的に、超弾性特性を持った形状記憶合金(Shape memory alloy, SMA)を内在させたコルセットを用いることにした。このSMA支持のコルセットの開発および特性に関しては、既に過去に報告しているが<sup>7)</sup>、今回はこのコルセットの特性を利用して、コルセットが腰背部の筋群に及ぼす力学的負担と影響について実証実験を行うこととした。

## 2. 実験

### 2.1 形状記憶合金(SMA)と実験モデル

今回の実験の最大の特徴は、コルセット長期使用による腰部周囲筋への負荷軽減効果と固定性の2面性を分けて調べるために、形状記憶合金(SMA)の超弾性特性を利用した点にある。

形状記憶効果の超弾性の現象とは、SMAの持つ特異な変態構造とそれに伴う双晶変形のメカニズム<sup>8)</sup>に起因する変形形態で、温度の変化および応力の変化に形成された変位型無拡散変態(マルテンサイト変態)のマルテンサイト相(M相)が、結晶構造が同じで方位の異なる双晶を生じながら変形をしていく。

したがって、このSMAに応力をかけると、応力誘起M変態によりM相が出現し双晶変形が進行し、除荷によってこの応力誘起M相は消失し、変形前の母相になるとともにSMAはもとの形に戻るといったバネ状の変形を見せる。さらにこの変形時に応力緩和が起こるため、SMAは巨視的な現象として、超弾性効果すなわち非常に大きな弾性変形量と低い抵抗力を得ることができる<sup>9)</sup>。図1は、本研究で用いた線形状記憶合金の圧縮試験での変形挙動とその時の荷重-変位曲線である。大きな変形が生じて超弾性にて回復し、その際の応力すなわち抵抗力が低いことが確認できる。

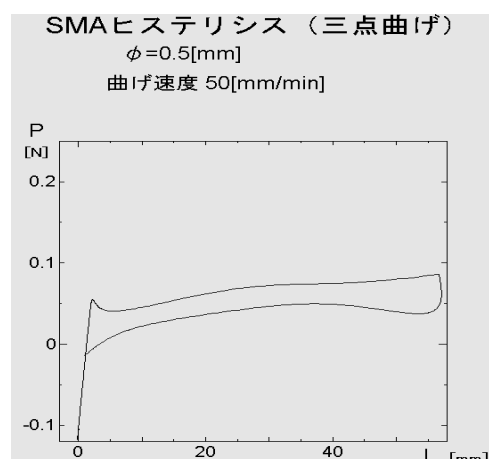
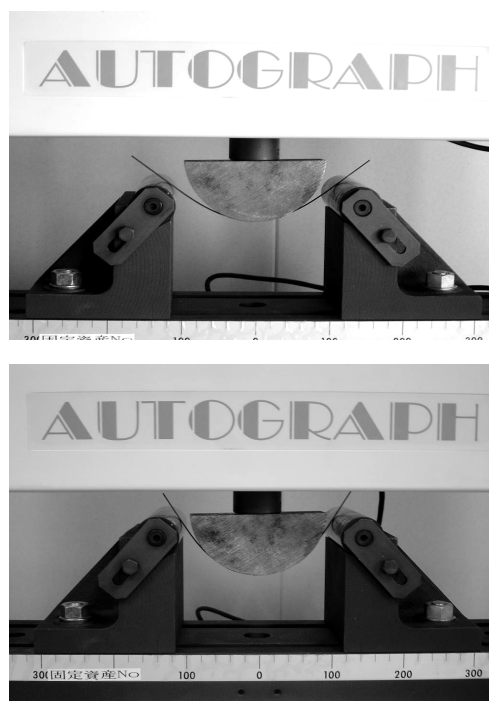


Fig. 1 The deformation of shape memory alloy wire and load-displacement curve

一般の金属ワイヤと違って、大きなひずみを加えてもそのまま弾性変形を続けるが、ひずみに対する抵抗力は上昇しない。

すなわち、通常のコルセットでは、腰椎を屈曲・伸展させた時、動かす範囲が大きくなるにつれ、その弾性率から高い抵抗力や圧迫が腰背筋にかかるのに対して、SMAを使用したコルセットでは、その超弾性特性から被験者に抵抗があまりかからない。したがって、このSMA支柱コルセットを装着して腰部の筋電位を計測し従来のコルセットでの計測値と比較することで、運動時のコルセット固定による腰部周囲筋への力学的

影響を捉えることが可能となる。

## 2.2 被験者および装置

### 2.2.1 被験者

被験者は二十代の男性 3 名とし、本研究に関する十分な説明と同意の上、各自の体型に合わせて採寸し製作された特注のコルセットをそれぞれ装着、体動時の腰背部の筋電図測定および比較検討を行った。

### 2.2.2 コルセット

被験者 3 名のために採寸・作製した腰椎コルセット（株）永野義肢製）は、通常金属製支柱付の軟性コルセットと、この支柱の代わりに形状記憶合金(SMA)芯線を図 2.のように入れ替えて並べたものの 2 種類である。通常支柱付の軟性コルセットでは腰部の屈曲時の可動域制限と抵抗が生じるのに対して、SMA 支柱コルセットでは可動域制限と抵抗が少ないことを確認した。

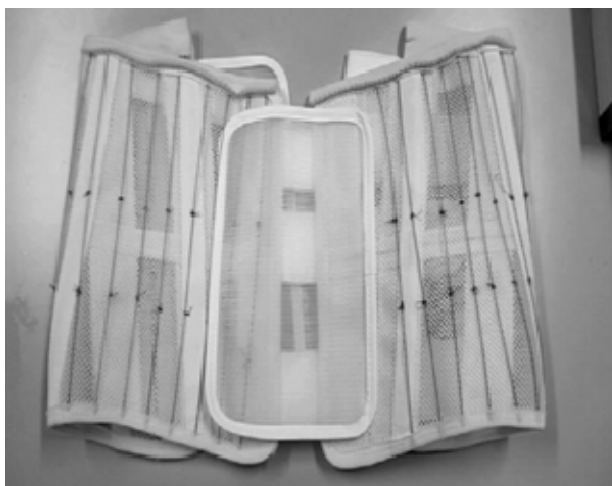


Fig.2 The lumbar brace using shape memory alloy (SMA) for the experiment

### 2.2.3 筋電計

今回使用した筋電計（酒井医療株式会社製 TELEMYO-2400T-V2 本体送信機）は、送信機のケーブルコネクタに電極ケーブルを取り付け、その先に表面電極（ブルーセンサー）をつけて被験筋に貼る仕組みとなっている。この送信機から発せられたデータは、付属の PC カード型受信機で受け取られコンピュータの解析ソフトで処理される。

## 2.3 実験方法（筋電図測定）

被験者 3 名に対して以下の方法で筋電図測定を行った。

筋電位の測定部位は、腹部と腰部とし、腹直筋下部 2 箇所、脊柱起立筋の腰部と胸部 4 箇所センサーを取

り付けテープで固定した（図 3）。

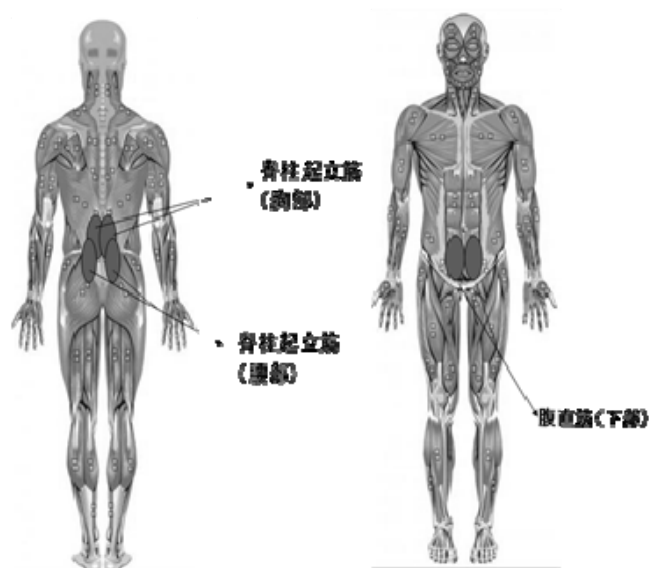


Fig. 3 The measurement parts of electromyogram

測定条件と肢位については、負荷が腰部の筋群に加わった状態を想定して両手にそれぞれ 10kg のバーベルを持った状態で行い、まず立位中間位置を保持、次いでこの位置からの腰部の前屈（図 4）、そして回復（伸展）動作を行い、この一連の動作中の腹部と腰部の筋電位を測定した。さらに、SMA 支柱コルセットと既存のコルセットを装着した場合の条件でも同様の肢位をとらせて各筋の筋電位測定を行った。支柱入りの従来のコルセットでは、前屈時に可動域制限が生じるので、SMA 支柱コルセットとコルセット非装着の場合も、同じ可動域角度までの屈曲位とした。

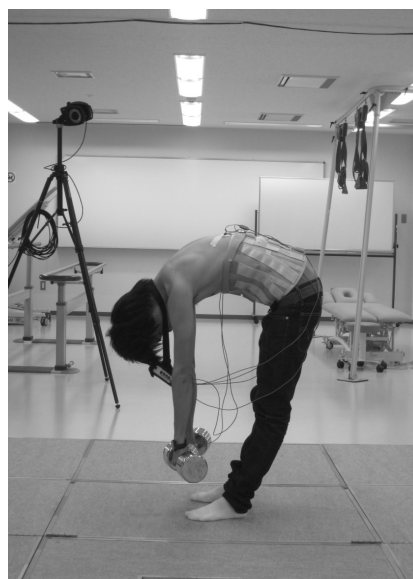


Fig.4 The position of subjects for the electromyogram measurement

筋電位測定は、いずれも 20 秒間計測し、得られたデータはコンピュータ上の解析ソフトにて解析を行った。

### 3. 実験結果

コルセット装着者の筋電図解析によって得られた結果のうち、被験者 1 の測定結果の例を図 5 に示す。

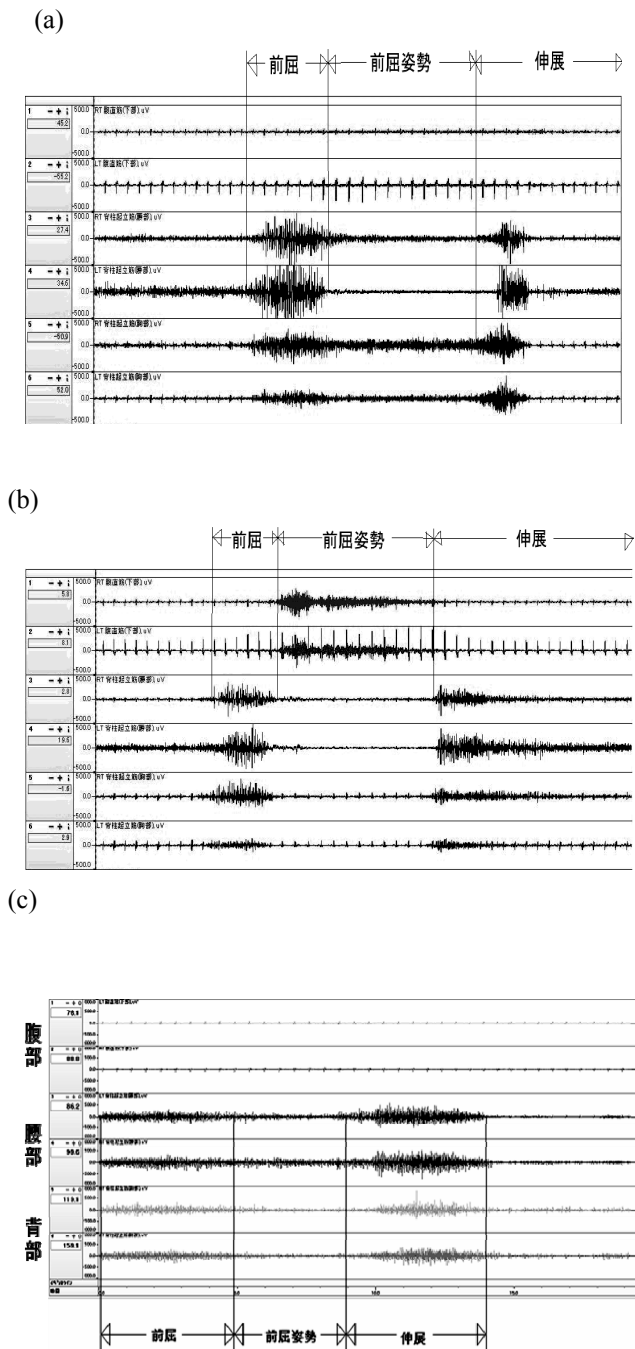


Fig.5 The sample data of measured electromyogram of subject-1

- (a) without lumbar brace
- (b) with usual lumbar brace
- (c) with SMA lumbar brace

測定の結果、立位の状態だけでは、どの場合にも大きな筋反応は認めなかった。コルセット非装着状態では、立位中間位から前屈すると、体重を支えようとする脊柱起立筋腰部に大きな活動が見られたが、腹直筋に大きな活動電位は見られなかった。前屈から中間位に戻す時には作動筋である脊柱起立筋の腰部、胸部ともに筋の活動増大が観察された。このことは、腰の屈曲・伸展時に腰背筋にかかる負担が大きいことを表している。

これに対して、既存コルセットを装着した場合には、前屈させてその姿勢保持した状態で腹直筋の筋活動のレベルが高くなった。この結果は、前屈時および前屈位保持の状態では逆にコルセットによる可動制限に抗するため、またはそのコルセットからの前屈動作への抵抗のため、作動筋に負荷がかかったためと推察された。

SMA コルセットを装着した状態では、コルセット非装着時の筋電位のパターンと似通っていたものの、全体に筋活動電位の値は少し低かった。またコルセット装着下での屈曲時のような腹部の筋電位の上昇は見られなかった。このことは、SMA コルセット装着では、体動に大きな力を要さないこと、またコルセットによる腰背部、および腹筋への運動時の抵抗が小さかったことを意味している。

今回の実験では、被験者数が少ないことから、計測した筋電位の平均値や絶対値を取って統計解析することは困難であった。このため、筋電図のピークの形状やパターンさらにピークの筋部位で判断することになったが、被験者全員の筋電位を総括して見ても、電位ピークレベルの違いはあったものの、腰部運動での腹筋・背筋群の部位ごと、コルセットの種類ごとの筋電位のパターンは、同様の傾向を示した。

### 4. 考察

急性腰痛症や筋・筋膜性腰痛症の治療には、軟性コルセットを用いて治療する方法が広く用いられているが、その臨床効果については未だ統一された見解は得ていない<sup>10)</sup>。

その最大の要因として、現状のコルセットでは、筋・

筋膜性腰痛症の治癒過程での罹患部への力学的負荷のコントロールが十分に行えない点が挙げられる。

確かに、コルセットを用いた治療に対する生体力学的なメカニズムとしては、腹部に圧迫をかけて腹圧を上昇させることで脊柱起立筋群にかかる負担を軽減させ、前屈方向へのモーメントの減少と椎体にかかる鉛直方向の圧力が軽減されることが考えられる。Morris<sup>11)</sup>らは、実際に腹圧と腰椎にかかる荷重を測定した結果、腹圧が上がることによって椎間板にかかる力は30%減少することを示している。

したがって、腰痛症の急性期に患部の安静と力学的負荷の低減を図る上では必ずしも間違っただけのものではないが、一定以下に炎症が治まった場合には、逆に患部での過剰な安静・固定は炎症後の組織の回復の遅延、同部の筋力低下を誘発して逆に腰痛症状の慢性化・遷延化に陥る危険性も指摘されている。棚瀬<sup>12)</sup>らは、脊柱起立筋の筋電計測から、軟性コルセットの装着が筋活動量を抑制することを証明し、コルセットの使用によって過大な腰部への力学的ストレスが予防されることを述べているが、このことは、逆に言えば筋力低下の危険性をも示唆している。また臨床から報告でも、脊柱起立筋群を中心とする腰部の筋力と腰痛の発症と相関関係が認められ<sup>13)</sup>、この部位の筋力強化が腰痛予防に効果があるとされている<sup>14,15)</sup>。特に近年では、できるだけ早期よりの腰部の運動、筋力強化が必要との報告が多くなっている。

このことから、実際のコルセットを用いた臨床治療においては、各患者個人の腰痛に対する安静の程度と脊柱起立筋群を中心とする腰部の筋力とのバランスを見ながら、徐々に患部に力学的負荷を掛けていく系統的なリハビリテーション治療が要求されることになる。しかしながら、実際に使用されているコルセットは、このような患者各自の状態に応じた治療効果を持つまでには至っていない。

今回行った筋電図測定でも、立位保持の場合は、従来のコルセット、SMAコルセットどちらの場合も非装着時に比べて腰背筋の筋活動を低下していた。しかしながら、従来のコルセット装着では、体動時（前屈時）にコルセットからの抵抗が増すと、その圧迫感や痛みからか、相対する腹筋・背筋の筋緊張がSMAコルセットに比べても有意に高まる傾向が見られた。すなわち、コルセットは、静的な状態での固定に関しては筋活動の低下を導くことができるが、装着した状態で日常活動を行うと、腹筋群、腰背筋群どちらにも不用意な筋刺激を与えることが示唆された。

このことは、コルセットの強固な固定では、腰部筋組織の回復の遅延、同部の筋力低下を誘発し、逆に体

動可能な固定では、腰背部筋群に不規則な力学的刺激がかかることを意味しており、いずれの場合も腰痛症状の慢性化・遷延化を促進する危険性を裏付ける結果となった。

もちろん今回の被験者の行った動作は脊椎の屈曲・伸展のみで、日常生活でのさらなる複雑な動作すべての場合を予測できるものではないが、今後はより多くの被験者によって腰部の回旋・側屈など様々な運動姿勢に対して評価・分析していくと共に、CAD解析等も用いて、腰部への力学的負荷の影響についてもさらに検討していく予定である。

## 参考文献

- 1) 坂本 新宣：作業関連性腰痛の予防に関するアプローチ・セラピストの立場から、日本腰痛学会雑誌，12(1)：p.39-43，2006
- 2) 浦辺 幸夫：腰痛症予防に必要な運動と休養，体育の科学，55(11)：p. 830-836，2005
- 3) 川野 哲夫：スポーツ科学の成果をいかに指導の現場に還元するか・スポーツ医学の立場から，体育の科学，41：p.932-937，1991
- 4) 渡辺 進，江口 淳子：体幹前屈姿勢時の脊柱起立筋活動へ及ぼす軟性コルセットの影響(運動学)，理学療法科学，29(2)：p. 268，2002.
- 5) 柏木 亜由美ほか：軟性コルセットが歩行時の筋活動に及ぼす影響，理学療法学，30(2)：p. 284，2003
- 6) 伊藤 俊一ほか：腰椎コルセットの効果に関する筋電図学的検討，理学療法学，23(2)：p. 46，1996
- 7) 小林正典：形状記憶合金の超弾性効果を用いたコルセットの開発 日本福祉工学会誌 12(1)：p. 28-35，2010
- 8) 石川 昇治ほか：最新特許にみる形状記憶合金応用アイデア集，p.4-29，工業調査会，1987.
- 9) 戸伏 壽昭ほか：形状記憶材料とその応用，6-21，コロナ社，2004.
- 10) 白土 修ほか：臨床雑誌・整形外科，56：p. 969-975，南江堂，2005
- 11) Morris J.M. et al：Role of the trunk in stability of the spine，J.Bone Joint Surg. 43-A：p. 327-351，1961
- 12) 棚瀬 嘉宏ほか：体幹前屈運動の運動学および筋電図学的研究・腰椎コルセットの効果について，リハビリテーション医学，37(1)：p. 33-38，2000
- 13) Richardson CA, et al：The relation between the transverses abdominis muscles, sacroiliac joint mechanics, and low back pain. Spine. 27：p. 399-405，2002
- 14) 浜西千秋：腰痛性疾患に見られる「コルセット筋」の筋力低下と簡便な座位トレーニング，日本腰痛学

会雑誌, 13 (1) : p. 52-57, 2007

- 15) 戸田佳孝ほか：筋・筋膜性腰痛症患者に対するコルセットの効果と腹肥満度との関連性について, 日本リハビリテーション医学会誌, 39(7) : p. 403-408, 2002