

原 著 (第48回徳島医学会賞受賞論文)

腰部脊柱管狭窄症患者における立位脊椎アライメントと大腿四頭筋柔軟性の関係

島田 祐希¹⁾, 眞鍋 裕昭²⁾, 橋本 祐司¹⁾, 出口 憲市¹⁾, 田村 靖明¹⁾,
安部 一也¹⁾, 野々瀬 翔吾¹⁾, 後藤 強³⁾, 千川 隆志²⁾

¹⁾徳島県鳴門病院 リハビリテーション技術科

²⁾徳島県鳴門病院 脊椎脊髄センター

³⁾徳島文理大学 保健福祉学部 理学療法学科

(令和4年6月2日受付) (令和4年6月20日受理)

本研究の目的は、LSS患者における大腿四頭筋の柔軟性と脊椎アライメントの関係を明らかにすることである。対象は、LSS患者30名(男性16名, 女性14名, 年齢 65.6 ± 12.1 歳)であった。大腿四頭筋柔軟性の指標であるHBDおよび立位脊椎アライメント指標である全脊柱X線側面像から各パラメータを測定し、それぞれの関係性について検討した。HBDはSVA ($r=0.45$, $p<0.05$) およびPT ($r=0.39$, $p<0.05$) とそれぞれ正の相関関係が認められた。本研究の結果より、大腿四頭筋の柔軟性が低下するのに伴いSVAが増大していたことについて、大腿四頭筋の柔軟性低下に伴う股関節屈曲は、下肢の接地位置を前方へ移動させることから、身体重心を支持基底面内に移動させるために体幹を前傾させるような姿勢制御戦略をとったことが影響したと考えられる。したがって、大腿四頭筋の柔軟性を向上させることが、LSS患者の良好な立位脊椎アライメントを獲得させる可能性がある。

【はじめに】

腰部脊柱管狭窄症(LSS)は、退行変性によって生じるとされている。LSSの有病率を調査したコホート研究では、65歳以上の高齢者の有病率は約10%であったと報告されている¹⁾。加齢に伴い、立位脊椎矢状面アライメントは、体幹筋力の低下、脊柱可動性の減少、腰椎前弯減少が生じることで骨盤後傾および体幹前傾となり、不良姿勢を引き起こすとされている^{2,3)}。また、LSS患者

における姿勢変化は、退行変性に加え、症状緩和のための逃避姿勢、日常的に前屈位をとることによる傍脊柱筋の筋力低下、変性萎縮などが影響し、同年代の健常者と比較して、体幹前傾、胸椎後弯の増強、腰椎前弯の減少および骨盤後傾が顕著になると報告されている^{4,5)}。

LSS患者の立位脊椎矢状面アライメントの指標として、Sagittal Vertical Axis (SVA)が多く用いられており、LSS患者の過度なSVA増大は、Health Related Quality of Life (HRQOL)、腰痛等に影響を及ぼすと報告されている⁶⁻⁸⁾。SVAが増大したLSS患者については、SVAの増大を防ぎ、可能な限り減少させることが求められている。LSS患者のSVAを増大させる要因として、加齢、骨盤形態角-腰椎前弯角(PI-LL)のミスマッチなどが報告されているが⁹⁾、身体機能との関係については十分明らかにされていない。

体幹の前後屈運動は脊柱、骨盤および股関節の運動から構成される多関節の複合運動であり、この腰椎と骨盤の運動は、腰椎-骨盤リズムと呼ばれている。腰椎-骨盤リズムは体幹の矢状面上での屈曲・伸展運動中における腰椎と股関節の協調した運動であると定義されている^{10,11)}。これは、腰椎のみならず股関節の可動性も重要であることを意味し、股関節周囲筋の柔軟性は骨盤運動に関与することが示されており¹²⁾、骨盤運動に作用するとされる大腿四頭筋およびハムストリングスの柔軟性低下は、腰痛を引き起こす要因であると報告されている¹³⁾。また、静的アライメントにおいても、従来から骨盤傾斜角と下肢筋柔軟性の関係が検討されており、筋の付着

部や走行などの解剖学的特徴などから説明されている¹⁴⁾。したがって、LSS患者の立位脊椎アライメントにおいても同様に、下肢柔軟性低下の影響を受けると考えられる。LSS患者の立位脊椎アライメントと下肢柔軟性の関係を明らかにすることは、リハビリテーション治療において有益な知見を得られる可能性がある。そこで本研究は、LSS患者における大腿四頭筋柔軟性と立位脊椎アライメントの関係を明らかにすることを目的とした。

【対 象】

当院に手術目的で入院したLSS患者77名のうち、LSS以外の腰椎変性疾患を合併している患者、整形外科疾患および神経疾患の既往歴のある患者および認知機能低下により測定が困難である患者を除く30名を対象とした。研究参加にあたっては、本人からインフォームド・コンセントを得た。本研究は、徳島県鳴門病院倫理審査委員会の承認を得て（承認番号：1386）、ヘルシンキ宣言に基づいて実施した。

【方 法】

・疼痛および痺れの評価

疼痛および痺れの評価には、Visual Analogue Scale (VAS)を用いて、腰痛、下肢痛および下肢痺れの程度を定量的に評価した。

・柔軟性の評価

柔軟性の指標として、Sekiguchiら¹⁵⁾の方法を参考に、踵殿間距離(HBD)を用いて大腿四頭筋の柔軟性を評価した。HBDは、腹臥位で片側下肢の膝関節を他動的に屈曲させた際の踵と殿部の距離とし、テープメジャーを用いて左右1回ずつ測定し、最大値を採用した。

・立位脊椎アライメントの評価

単純X線の立位全脊柱側面像から立位時の脊椎アライメントを評価した。X線パラメータは、SVA、胸椎後弯角(TK)、腰椎前弯角(LL)、骨盤傾斜角(PT)、骨盤形態角(PI)を使用した^{7,16)}。また、腰椎骨盤矢状面アライメントの指標であるPI-LLをX線パラメータから算出した。

SVAはC7椎体中央を通る垂直線とS1後上縁との距離であり、C7垂直線が前方を通る場合を正の表記とした。TKはTh4椎体上縁とTh12椎体下縁のなす角

であり、後弯を正の表記とした。LLはL1椎体上縁とS1椎体上縁のなす角であり、前弯を正の表記とした。PTは大腿骨頭中心の midpoint と S1椎体上縁の midpoint を結ぶ線と垂線のなす角であり、後傾を正の表記とした。PIは大腿骨頭中心の midpoint と仙骨上縁 midpoint を結ぶ線と仙骨上縁垂線のなす角であり、前傾を正の表記とした (Figure 1 A)。

・統計解析

各変数は Shapiro-Wilk 検定にて正規性を確認し、HBDの測定値とX線パラメータの各測定値との関係およびSVAと疼痛・痺れとの関係は、Spearmanの順位相関係数の検定を用いて検討した。なお、分析にはSPSS 24.0 J for Windowsを使用した。

【結 果】

対象者の患者特性はTable 1に示す通りであり、罹患椎間数は1椎間が10名、2椎間が11名、3椎間が8名、4椎間が1名であった。

立位脊椎アライメントは、Table 2に示す通りであった。

立位脊椎アライメントと疼痛および痺れの関係はTable 3に示す通りであり、SVAと腰痛、下肢痛および下肢痺れの間には相関関係は認められなかった。

大腿四頭筋柔軟性と立位脊椎アライメントの関係はTable 4に示す通りであり、HBDとSVAの間に正の相関関係を認めた ($r=0.45$, $p<0.05$)。また、HBDとPTの間に正の相関関係を認めた ($r=0.39$, $p<0.05$)。一方で、その他のX線パラメータであるTK、LL、PI、PI-LLとは相関関係は認められなかった。

【考 察】

本研究の結果より大腿四頭筋柔軟性と立位脊椎アライメントの関係として、HBDはSVAおよびPTとそれぞれ正の相関関係が認められた。一方で、SVAと腰痛、下肢痛および下肢痺れには相関関係は認められなかった。

HBDとSVAの間に正の相関関係を認めたことから、大腿四頭筋柔軟性低下がLSS患者のSVAに影響を及ぼす可能性が示唆された。その要因として、対象者は同年代の年齢別平均値¹⁷⁾と比較してPTが大きく、LSS患者に特徴的な骨盤後傾位が存在していたため、股関節の屈曲、大腿四頭筋柔軟性低下が生じたのではないかと考

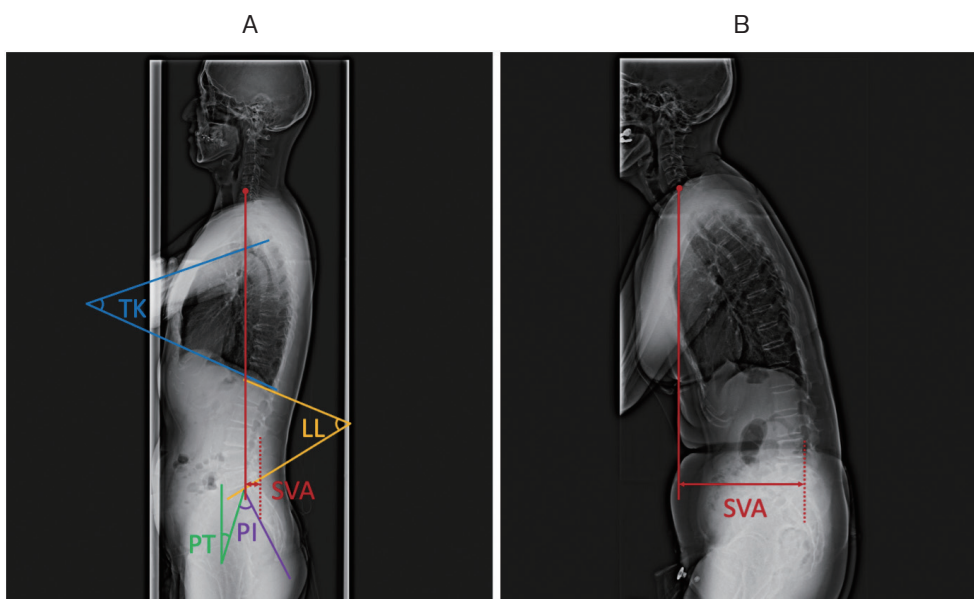


Figure 1. 単純 X 線の立位全脊柱側面像
 A : X 線パラメータの計測方法, B : SVA 増大が典型的な症例
 SVA : sagittal vertical axis, TK : 胸椎後弯角, LL : 腰椎前弯角, PT : 骨盤傾斜角,
 PI : 骨盤形態角

Table 1. 対象者の患者特性

Variables	mean ± sd
Age (years)	65.9 ± 12.2
Height (cm)	160.6 ± 10.6
Weight (kg)	63.4 ± 13.9
Body Mass Index (kg/m ²)	24.3 ± 3.3
Disease duration (month)	21.7 ± 33.3
No. of segments	1.9 ± 0.9
Heel Buttock Distance (cm)	4.38 ± 5.17
VAS score Low Back Pain (mm)	44.7 ± 26.1
Leg Pain (mm)	61.9 ± 27.7
Leg Numbness (mm)	45.5 ± 32.1

Data are shown as mean ± standard deviation.

Table 2. 対象者の立位脊椎アライメント

Variables	mean ± sd
Sagittal Vertical Axis (mm)	43.6 ± 41.8
Pelvic Incidence (deg)	52.4 ± 12.0
Lumbar Lordosis (deg)	39.1 ± 14.3
Pelvic Incidence - Lumbar Lordosis (deg)	11.4 ± 14.2
Thoracic Kyphosis (deg)	28.5 ± 12.0
Pelvic Tilt (deg)	23.0 ± 9.7

Data are shown as mean ± standard deviation.

Table 3. SVA と疼痛および痺れの関係

Variables	r	p-value
VAS score Low Back Pain	0.05	0.77
Leg Pain	-0.09	0.61
Leg Numbness	-0.08	0.66

SVA : sagittal vertical axis, VAS : visual analogue scale

Table 4. HBD と立位脊椎アライメントの関係

Variables	r	p-value
Sagittal Vertical Axis	0.45	p < 0.05
Lumbar Lordosis	0.01	0.94
Pelvic Incidence - Lumbar Lordosis	0.20	0.29
Thoracic Kyphosis	0.02	0.94
Pelvic Tilt	0.39	p < 0.05

HBD : heel buttock distance

えられる。本来、大腿四頭筋は、股関節に対する作用として、股関節屈曲および骨盤前傾作用を有するため、柔軟性低下によって股関節屈曲あるいは骨盤前傾が生じると考えられる。しかし、LSS患者では、姿勢に伴う症状の変化が知られており、姿勢による硬膜外圧の変化との関連が報告されている¹⁸⁾。その要因は、硬膜外圧の上昇が硬膜外静脈叢の圧迫をきたすことから説明されており、硬膜外圧は腰椎伸展により増大、屈曲により減少し、立位での腰椎伸展で最も高値を示したと報告されている¹⁸⁾。このことから、骨盤前傾に伴う腰椎伸展により神経症状が増悪するLSS患者では、大腿四頭筋柔軟性低下によって骨盤前傾ではなく、股関節屈曲を生じさせることで症状を緩和していたと考えられる。また、SVAとHBDの間に正の相関関係を認めた要因として、立位の生体力学的解析には、足関節を支点として、上方に重心を有する逆振り子として人間の身体をみなすinverted pendulum modelが用いられており¹⁹⁾、安定した立位姿勢を確保するためには、床面から身長約2/3の高さに位置する身体重心からの垂線を、両足で囲まれた狭い範囲である支持基底面内に管理することによって保たれている。つまり、立位での骨盤後傾は身体重心を後方へ移動させ、股関節屈曲は下肢の接地位置を前方へ移動させることから、大腿四頭筋柔軟性低下がある場合には、身体重心を支持基底面内に移動させるために体幹を前傾させるような姿勢制御戦略をとるため、SVAが増大したと考えられる(Figure 1B)。PTとHBDの間に正の相関関係を認めた要因としては、前述した姿勢制御戦略は骨盤後傾角度の増加に伴い、股関節の屈曲角度も増加するため、日常姿勢の変化により大腿四頭筋の柔軟性低下が生じたのではないかと考えられる。

術前SVAの増大が術後予後に及ぼす影響を検討した先行研究において、LSS患者の術前SVAが50mm以上である群では、50mm未満である群と比較して、術後の腰痛改善度が小さいことが報告されている⁸⁾。また、術前SVAが80mm以上である場合、術後SVAの改善が不良であることが示されている²⁰⁾。つまり、術前の理学療法介入において大腿四頭筋の柔軟性を向上させ、術前SVAの改善を図ることで、術後SVAの改善および遺残腰痛の軽減につながる可能性が示唆された。

次に、SVAと腰痛、下肢痛および下肢痺れの関係について、本研究においては、SVAとVASに関連は認められなかった。これはLSS患者のSVAと疼痛および痺れは正の相関関係を認めると報告した先行研究⁴⁾とは

異なる結果を示した。この要因として、先行研究で、疼痛および痺れの評価に日本整形外科学会腰痛疾患治療成績判定基準(JOA score)を用いており、本研究では、VASを採用している。先行研究では、腰痛、下肢痛・痺れおよび歩行時の自覚症状を4段階で評価し、それぞれの合計得点とSVAの関連を検討しているのに対して、本研究では、腰痛、下肢痛および痺れをそれぞれ評価し、各変数との関連を検討している点が影響しているのではないかと考えられる。

本研究の限界として、本研究の対象者はHiraら¹⁷⁾の報告した同年代の年齢別平均値と比較して、体幹前傾位、胸椎後弯増強、腰椎前弯減少、骨盤後傾位を示しており、LSS患者と同年代健康人データの立位脊椎アライメントと比較したSuzukiら⁴⁾の先行研究と同様の結果であった。したがって、本研究の対象者は、LSSに特徴的な姿勢変化をきたしており、LSS患者の立位脊椎アライメントと大腿四頭筋の柔軟性の関係を検討する上で妥当な対象者であったと考えられる。しかし、本研究はLSS患者のみを対象としており、コントロール群を設定できていないため、同年代の健康高齢者データと比較検討する必要がある。また、対象者が少ないことから馬尾型および神経混型の対象者を分類して解析できていないため、病型別に下肢柔軟性と立位脊椎アライメントの関係を検討する必要がある。さらに、本研究は単変量解析であるため、基礎的なデータとして解釈し、術前SVAに関連するとされるその他の変数を考慮し、総合的に検討していくことが必要であると考えられる。

【結 語】

LSS患者において大腿四頭筋柔軟性と立位脊椎アライメントの関係について検討した結果、HBDはSVAおよびPTとそれぞれ正の相関関係が認められた。LSS患者のSVAには大腿四頭筋柔軟性が影響している可能性が示唆された。

【謝 辞】

本研究にあたり、ご支援・ご指導賜りました諸先生方、また、日頃よりご支援を頂いております整形外科病棟および整形外科外来職員の皆様に深く感謝申し上げます。

文 献

- 1) Ishimoto, Y., Yoshimura, N., Muraki, S., Yamada, H., *et al.*: Prevalence of symptomatic lumbar spinal stenosis and its association with physical performance in a population-based cohort in Japan: The Wakayama Spine Study. *Osteoarthr Cartil.*, **20** : 1103-8, 2012
- 2) Takemitsu, Y., Harada, Y., Iwahara, T., Miyamoto, M., *et al.*: Lumbar degenerative kyphosis: Clinical, radiological and epidemiological studies. *Spine (Phila Pa 1976)*, **13** : 1317-26, 1988
- 3) 谷口昇, 井尻幸成, 松永俊二, 領木良弘 他: 高齢者の sagittal spinal alignment について. *整形・災害外科*, **49** : 682-4, 2000
- 4) Suzuki, H., Endo, K., Kobayashi, H., Tanaka, H., *et al.*: Total sagittal spinal alignment in patients with lumbar canal stenosis accompanied by intermittent claudication. *Spine (Phila Pa 1976)*, **35** : 6-7, 2010
- 5) Truszczyńska, A., Drzał-Grabiec, J., Piszewski, M., Rapała, K., *et al.*: Posture of patients with lumbar spinal canal stenosis. *J Back Musculoskelet Rehabil.*, **28** : 75-9, 2015
- 6) Glassman, S., Bridwell, K., Berven, S., Horton, W., *et al.*: The impact of positive sagittal balance in adult spinal deformity. *Spine J.*, **4** : S113-4, 2004
- 7) Schwab, F., Patel, A., Ungar, B., Farcy, J. P., *et al.*: Adult spinal deformity-postoperative standing imbalance: How much can you tolerate? An overview of key parameters in assessing alignment and planning corrective surgery. *Spine (Phila Pa 1976)*, **35** : 2224-31, 2010
- 8) Dohzono, S., Toyoda, H., Matsumoto, T., Suzuki, A., *et al.*: The influence of preoperative spinal sagittal balance on clinical outcomes after microendoscopic laminotomy in patients with lumbar spinal canal stenosis. *Clin Neurol Neurosurg.*, **185** : 49-54, 2019
- 9) Shin, E. K., Kim, C. H., Chung, C. K., Choi, Y., *et al.*: Sagittal imbalance in patients with lumbar spinal stenosis and outcomes after simple decompression surgery. *Spine J.*, **17** : 175-82, 2017
- 10) Nelson, J. M., Walmsley, R. P., Stevenson, J. M.: Relative lumbar and pelvic motion during loaded spinal flexion-extension. *Spine (Phila Pa 1976)*, **15** : 99-204, 1995
- 11) Kim, M. H., Yi, C. H., Kwon, O. Y., Cho, S. H., *et al.*: Comparison of lumbopelvic rhythm and flexion-relaxation response between 2 different low back pain subtypes. *Spine (Phila Pa 1976)*, **38** : 1260-7, 2013
- 12) McGregor, A. H., Hukins, D. W. L.: Lower limb involvement in spinal function and low back pain. *J Back Musculoskelet Rehabil.*, **22** : 219-22, 2009
- 13) Feldman, D. E., Shrier, I., Rossignol, M., Abenhaim, L., *et al.*: Risk factors for the development of low back pain in adolescence. *Am J Epidemiol.*, **154** : 30-6, 2001
- 14) Phelps, W. M., Kiphuth, R. J. H., Goff, C. W.: The diagnosis and treatment of postural defects 2nd. Charles C Thomas, Springfield, III., 1956, PP. 41-3
- 15) Sekiguchi, T., Hagiwara, Y., Yabe, Y., Tsuchiya, M., *et al.*: Restriction in the hip internal rotation of the stride leg is associated with elbow and shoulder pain in elite young baseball players. *J Shoulder Elb Surg.*, **29** : 139-45, 2020
- 16) Jackson, R. P., McManus, A. C.: Radiographic analysis of sagittal plane alignment and balance in standing volunteers and patients with low back pain matched for age, sex, and size: A prospective controlled clinical study. *Spine.*, **19** : 1611-8, 1994
- 17) Hira, K., Nagata, K., Hashizume, H., Asai, Y., *et al.*: Relationship of sagittal spinal alignment with low back pain and physical performance in the general population. *Sci Rep.*, **11** : 1-8, 2021
- 18) Takahashi, K., Miyazaki, T., Takino, T., Matsui, T., *et al.*: Epidural pressure measurements: Relationship between epidural pressure and posture in patients with lumbar spinal stenosis. *Spine.*, **20** : 650-3, 1995
- 19) Winter, D. A., Patla, A. E., Prince, F., Ishac, M., *et al.*: Stiffness control of balance in quiet standing. *J Neurophysiol.*, **80** : 1211-21, 1998
- 20) Hikata, T., Watanabe, K., Fujita, N., Iwanami, A., *et al.*: Impact of sagittal spinopelvic alignment on clinical outcomes and health-related quality of life after decompression surgery without fusion for

lumbar spinal stenosis. *J Neurosurg Spine.*, 23 : 451-8, 2015

Relationship between quadriceps flexibility and spinal sagittal alignment in patients with lumbar spinal stenosis

Yuki Shimada¹⁾, Hiroaki Manabe²⁾, Yuji Hashimoto¹⁾, Kenichi Deguchi¹⁾, Yasuaki Tamura¹⁾, Kazuya Abe¹⁾, Shogo Nonose¹⁾, Tsuyoshi Goto³⁾, and Takashi Chikawa²⁾

¹⁾Department of Rehabilitation, Tokushima Prefecture Naruto Hospital, Tokushima, Japan

²⁾Department of Orthopedic Surgery, Tokushima Prefecture Naruto Hospital, Tokushima, Japan

³⁾Department of Physical Therapy, Faculty of Health and Welfare, Tokushima Bunri University, Tokushima, Japan

SUMMARY

Several studies have reported that the sagittal vertical axis (SVA) in patients with lumbar spinal stenosis (LSS) is associated with health-related quality of life (QOL) and low back pain. Therefore, it is required to obtain optimal standing spinal alignment. However, the functional factors that increase SVA in LSS patients have not been fully clarified. Therefore, the purpose of this study was to investigate correlations between quadriceps flexibility and spinal sagittal alignment in patients with lumbar spinal stenosis (LSS). We studied 30 LSS patients (16 males, 14 females, age 65.6 ± 12.1 years). The quadriceps flexibility was evaluated by measuring the heel-to-buttock distance (HBD), and the standing spine alignment was evaluated by measuring each parameter from the whole spinal column X-ray sagittal plane image. Each relationship was examined using Spearman's rank correlation coefficient. HBD was positively correlated with SVA ($r=0.45$, $p<0.05$) and PT ($r=0.39$, $p<0.05$), respectively. It was suggested that quadriceps flexibility was associated with SVA in LSS patients. In conclusion, improving quadriceps flexibility through preoperative physiotherapy intervention may result in good standing spinal alignment in LSS patients. Randomized controlled trials are needed to determine whether increased quadriceps flexibility in LSS patients improves SVA.

Key words : lumbar spinal stenosis, sagittal vertical axis, quadriceps flexibility