■原 著

膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間における座位時の体幹筋活動と脊椎カーブの比較

—2種類の座位姿勢からの検討—

Comparison of Trunk Muscle Activities and Spinal Curvature when Sitting on a Kneeling Chair and Sitting on a Conventional Chair

—Investigation of Two Sitting Postures—

鈴木 哲¹⁾ 平田 淳也¹⁾ 大槻 桂右²⁾ 渡邊 進³⁾

TETSU SUZUKI, RPT¹⁾, JUNYA HIRATA, OTR¹⁾, KEISUKE OHTSUKI, RPT²⁾, SUSUMU WATANABE, RPT³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Kasaoka Daiichi Hospital: 1945 Yokoshima, Kasaoka, Okayama 714-0043, Japan.
Current: Department of Physical therapy, Shimane Rehabilitation College: 1625-1 Okuizumotyou, Nitagun, Shimane 699-1511,
Japan. TEL +81 854-54-0001 E-mail su2uki0824@hi2.enjoy.ne.jp

²⁾ Harvest Medical Welfare College

³⁾ Department of Rehabilitation, Faculty of Health Science and Technology, Kawasaki University of Medical Welfare

Rigakuryoho Kagaku 26(2): 263–267, 2011. Submitted Oct. 26, 2010. Accepted Dec. 3, 2010.

ABSTRACT: [Purpose] To compare spinal curvature and trunk muscle activity during slump sitting and upright sitting between a kneeling chair and a conventional chair. [Subjects] The subjects were 10 healthy adult women (25.7 ± 4.9 years). [Methods] Trunk muscle activity and spinal curvature were measured with the subjects maintaining slump sitting and upright sitting postures on the conventional and kneeling chairs. [Results] Subjects had a significantly more lordotic spinal curvature when maintaining a slump sitting posture on a kneeling chair than on a conventional chair. In addition, they had significantly lower trunk muscle activity when maintaining an upright sitting posture on a kneeling chair than on a conventional chair. [Conclusion] These results suggest that, compared to a conventional chair, the use of a kneeling chair enables a more efficient upright sitting posture with lower trunk muscle activity, as well as a more efficient slump sitting posture with a smaller reduction in lordosis of the lumbar spine.

Key words: kneeling chair, trunk muscle activity, spinal curvature

要旨: [目的] 膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間で、脱力座位と直立座位の際の脊椎カーブと体幹筋活動を比較すること。[対象] 健康な成人女性10名 (25.7 ± 4.9 歳)とした。[方法] 従来の椅子と前傾座面椅子上で、それぞれ脱力座位と直立座位を保持し、その際の体幹筋活動および脊椎カーブを測定した。[結果] 前傾座面椅子上で脱力座位を保持した際の胸椎および腰椎カーブは、従来の椅子上と比べて、有意に前彎位であった。前傾座面椅子上で直立座位を保持した際の体幹筋活動は、従来の椅子上に比べて有意に低かった。[結語] 前傾座面椅子を使用することにより、体幹筋活動が少ない直立座位をとることができ、かつ腰椎後彎が少ない脱力座位をとることができることが示唆された。

キーワード: 前傾座面椅子, 体幹筋活動, 脊椎カーブ

¹⁾ 笠岡第一病院 リハビリテーション科: 岡山県笠岡市横島1945 (〒714-0043)

現所属: 島根リハビリテーション学院 理学療法学科: 島根県仁多郡奥出雲町三成1625-1 (〒699-1511) TEL 0854-54-0001
E-mail su2uki0824@hi2.enjoy.ne.jp

²⁾ ハーベスト医療福祉専門学校

³⁾ 川崎医療福祉大学 医療技術学部リハビリテーション学科

受付日 2010年10月26日 受理日 2010年12月3日

I. はじめに

腰痛は、その高い発症率・再発率や原因の特定が困難であることなどから、多くの人々を慢性的に苦しめている^{1,2)}。近年、近代化にともない座位で過ごす時間が増えている。座位での作業は腰痛と関連が深い^{3,4)}。Kelseyら⁴⁾は、不良な座位姿勢や長時間の座位保持により腰痛発生のリスクが高まることを報告している。そのため効果的な腰痛マネジメントが求められ、座位時の腰痛の治療および予防に関する様々な報告がされてきた。

座位姿勢は、一般に、脱力座位姿勢と直立座位姿勢の2つに大別される。脱力座位姿勢は、多くの人々がリラックスした時にとる体幹筋の活動を最小限にした座位姿勢である。脱力座位姿勢では、他の座位姿勢や立位と比べて骨盤は大きく後傾し、腰椎の前彎の減少が著明となる⁵⁾。また臨床的に脱力座位姿勢は、腰痛を増悪させる姿勢であり、不良姿勢の一つであることが報告されている^{6,7)}。この原因として、脱力座位姿勢における著明な腰椎の前彎の減少が、椎間板内圧の上昇⁸⁾や椎間板や靭帯などの脊椎後方の結合組織の伸長^{9,10)}を引き起こし、疼痛の誘因となることが考えられている。

一方、直立座位姿勢の一つである腰仙椎直立座位姿勢では、胸部はリラックスし、骨盤は軽度前傾し、腰椎は生理的前彎位をとる¹¹⁾。この座位姿勢では、椎間板内圧も低く⁸⁾、椎間板や靭帯などの結合組織にかかる負荷も少ない^{12,13)}。また腹横筋や内腹斜筋、腰部多裂筋など腰椎の生理的前彎位を保持するために必要な体幹筋の適切な活動がみられる^{11,14)}。また腹直筋や外腹斜筋などの脊椎圧縮負荷を高めるような過剰な活動がみられない¹⁵⁾。以上から、腰仙椎直立座位姿勢はいわゆる良座位姿勢の一つとして考えられている。

しかしながら、多くの人にとって腰仙椎直立座位姿勢を長時間保持することは体幹筋の疲労を招くため困難であり、適時、座位姿勢を変換し、脱力座位姿勢もとる必要がある。そのため、体幹筋の筋活動が少ない効率的な腰仙椎直立座位姿勢をとることができ、かつ腰椎の前彎の減少が少ない脱力座位姿勢をとることができれば、座位時の腰痛予防に有用であるといえる。

座位時の腰痛を予防する目的で、膝当てを取り付けた前傾座面椅子に関する研究がされてきた¹⁶⁻¹⁹⁾。膝当てを取り付けた前傾座面椅子の使用は、座位時の腰椎の前彎の減少を軽減でき、腰痛予防に有用となる可能性があることが報告されている¹⁶⁾。しかしながら、膝当てを取り付けた前傾座面椅子を使用した際の体幹筋の筋活動は未だ明確ではない。Landerら¹⁷⁾は、膝当てを取り付けた前傾座面椅子に快適な姿勢で座った際の脊柱起立筋の筋活動は、従来の椅子を使用した時と比

べて高い傾向にあったと報告し、膝当てを取り付けた前傾座面椅子は体幹筋の疲労性の腰痛を引き起こす可能性があり、腰痛予防に有用ではないと述べている。反対に、Soderbergら¹⁸⁾は、0°、10°、20°の3種類の前傾した座面と膝当てを使用した椅子に座りデスクワークした際の脊柱起立筋群の筋活動を計測したところ、座面の前傾が大きくなるにつれ脊柱起立筋群の筋活動は減少したと報告している。またBennettら¹⁹⁾は、リラックスした座位姿勢（最も快適に座るように口頭指示）と直立座位姿勢（背筋を伸ばして座るように口頭指示）の際に、膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間で、脊柱起立筋群の筋活動に有意な差はなかったと報告している。これらの研究において結果が一定しない理由として、膝当てを取り付けた前傾座面椅子に関する先行研究では、測定姿勢の定義が十分でなかったことが考えられる。膝当てを取り付けた前傾座面椅子を使用した際の脊椎カーブや体幹筋の筋活動を、脱力座位姿勢や腰仙椎直立座位姿勢などの明確な座位姿勢から検討した研究はみあたらない。座面の前傾により骨盤前傾および腰椎前彎に必要な力を補うことができる可能性があるため¹⁹⁾、膝当てを取り付けた前傾座面椅子では、従来の椅子に比べて、体幹筋の少ない筋活動で効率的に腰仙椎直立座位姿勢をとることができ、かつ腰椎の前彎の減少が少ない脱力座位姿勢をとることができる可能性がある。加えて、先行研究では脊柱起立筋群の筋活動にのみ着目しており、膝当てを取り付けた前傾座面椅子が内腹斜筋、腰部多裂筋などの腰椎の生理学的な前彎の保持に関与する体幹筋の筋活動に与える影響を調べたものは見当たらない。

そこで本研究では、膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間で、脱力座位姿勢と腰仙椎直立座位姿勢の際の脊椎カーブと体幹筋の筋活動を比較し、膝当てを取り付けた前傾座面椅子が座位時の腰痛予防に有用となる可能性があるかを検討することを目的とした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、本院の医事、リハビリテーション、ソーシャルワーク業務に従事するスタッフで、研究への同意が得られたものとした。過去3ヶ月以内の腰痛既往者、神経学的徴候のあるもの、体幹屈曲・伸展の可動域制限があるものは除外した。その結果、健康な成人女性10名（年齢：25.7 ± 4.9 歳 身長：159.8 ± 4.7 cm 体重：51.8 ± 6.6 kg）が対象となった。全ての対象者は参加の際に、研究の趣旨・方法・リスクを説明し、文書にて同意を得た。また測定中に腰部もしくは下肢に疼痛や

不快感を生じた場合は、測定を中止することとした。

2. 方法

測定条件は、従来の椅子と膝当てを取り付けた前傾座面椅子上での脱力座位姿勢と腰仙椎直立座位姿勢の4条件とした。従来の椅子には、通常の事務椅子を使用した。膝当てを取り付けた前傾座面椅子には、5040 バランスチェア（国新産業株式会社，日本）を使用した。この椅子は、22°前傾した座面と、20°後傾した膝当てで構成され、体幹と大腿のなす角が120°の座位姿勢なるように設計されている。各座位姿勢の定義は、O'Sullivanらの研究を参考にした¹¹⁾。そして、脱力座位姿勢は、骨盤後傾、胸腰椎は後彎、体幹筋の力を抜いたリラックスした座位姿勢と定義した。腰仙椎直立座位姿勢は、骨盤前傾、腰椎は生理的前彎、胸背部はリラックスした座位姿勢と定義した。加えて、上前腸骨棘と後上腸骨棘が床面と平行になるように指導した。上前腸骨棘と後上腸骨棘が床面と平行になる座位姿勢では、腰椎のカーブは生理的前彎に近づく²⁰⁾とされている。両座位姿勢ともに2 m離れた目線レベルの目的物を注視させた。従来の椅子上での座位では、膝関節は90°屈曲、足底は全接地とし、バックレストは使用しないよう指導した。各座位姿勢を保持させ、その際の体幹筋の筋活動および脊椎カーブを同時に測定した。測定の順番は、対象者にくじを引かせることにより、ランダム化を図った。全ての対象者が正確な脱力座位姿勢と腰仙椎直立座位姿勢が保持できるように、事前および測定中に、同一の理学療法士が十分な指導を行った。

体幹筋活動の測定は、Watanabeら¹⁴⁾の研究を参考に実施した。測定機器は表面筋電図（VitalRecorder2：キッセイコムテック株式会社製，日本）を使用した。バンドパスフィルターは10–500 Hz、サンプリング周波数の設定は1,000 Hzとした。筋電図の解析ソフトは、BIMUTAS II（キッセイコムテック株式会社製，日本）を使用した。対象筋および電極貼り付け部位は、腹直筋（臍部の約2～3 cm外側）、外腹斜筋（第8肋骨外側下縁）、内腹斜筋（上前腸骨棘の2～3 cm内側、2～3 cm下方）、腰部脊柱起立筋（貼付部位：L3 レベルで棘突起の外側2～3 cm）、腰部多裂筋（貼付部位：L5/S1 レベルで棘突起のすぐ外側）とした。電極（銀－塩化銀型 Disposable 生体用表面電極：Blue Sensor N-00S, Medicotest A/S, Denmark）を使用し、十分な皮膚処理後に、対象筋の筋繊維の走行に平行に、電極間距離25 mmで、貼り付けた。アース電極は右肩峰に貼り付けた。

まず、従来の椅子と膝当てを取り付けた前傾座面椅子上で、脱力座位姿勢と腰仙椎直立座位姿勢を保持させ、それぞれの肢位で5秒間の筋活動を測定した。その後、各対象筋の最大随意収縮時（Maximal Voluntary

Contraction : MVC）の筋活動を測定するため、被験者に測定筋に対応した徒手筋力検査法²¹⁾でNormalのグレードの運動の最終肢位を保持させ、5秒間の筋活動を測定した。上記の測定間には、それぞれ3分間の休憩をはさみ、疲労の蓄積を避けた。

その後、MVC・各座位保持時の筋活動を全波整流し、中間3秒間の平均積分値を算出し、MCV、各座位保持時の筋活動とした。そして各座位保持時の体幹筋の筋活動を、MVCを基準に正規化し%MVCを算出した。

脊椎カーブの測定は、Watanabe¹⁴⁾の研究を参考に実施した。測定機器は、Spinal Mouse (Idiag社製, Switzerland)を使用した。このSpinal Mouseは非侵襲的かつ比較的容易に脊柱の彎曲角度を被験者背部の体表面から測定できる。またその高い信頼性も報告されている²²⁾。

各座位姿勢の指導を行った理学療法士と別の検者が、事前に各棘突起を触診で注意深く確認した後、従来の椅子と膝当てを取り付けた前傾座面椅子上で、脱力座位姿勢と腰仙椎直立座位姿勢を保持させ、第7頸椎から第3仙椎までの棘突起上にセンサー部を当て、頭側から尾側へ移動させて測定した。その後、第1胸椎から第12胸椎までの上下椎体間がなす角度の総和である胸椎カーブと、第1腰椎から第1仙椎までの上下椎体間がなす角度の総和である腰椎カーブを以後のデータとして使用した。胸椎カーブおよび腰椎カーブは、それぞれ0°より少ないと前彎を、0°より大きいと後彎を示す。

統計処理には、SPSS (ver.16)を使用した。Wilcoxonの符号付き順位検定を使用し、従来の椅子と膝当てを取り付けた前傾座面椅子間で、脱力座位姿勢と腰仙椎直立座位姿勢時の体幹筋活動と脊椎カーブを比較した。それぞれ有意水準は5%未満とした。

III. 結 果

全ての対象者は脱落することなく、同一日に全ての測定を終えた。また測定データの欠損も無かった。

従来の椅子と膝当てを取り付けた前傾座面椅子間で、脱力座位姿勢を保持した際の体幹筋活動に有意な差はみられなかった（表1）。膝当てを取り付けた前傾座面椅子上で腰仙椎直立座位姿勢を保持した際の内腹斜筋、腰部脊柱起立筋、腰部多裂筋の筋活動は、従来の椅子上に比べて、有意に低かった。腹直筋、外腹斜筋においては、有意な差はみられなかった（表2）。

膝当てを取り付けた前傾座面椅子上で脱力座位姿勢を保持した際の胸椎カーブおよび腰椎カーブは、従来の椅子上と比べて、有意に低かった（表1）。腰仙椎直立座位姿勢を保持した際の胸椎カーブおよび腰椎カーブは、2種類の椅子間で、有意な差はなかった（表2）。

表1 膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間における脱力座位姿勢保持時の体幹筋活動と脊椎カーブの比較

	前傾座面椅子	従来の椅子	2群比較
体幹筋活動 (%)			
腹直筋	3.5±1.5	3.6±1.4	
外腹斜筋	2.4±1.1	2.8±1.3	
腹横筋/内腹斜筋	3.2±2.4	3.1±2.0	
腰部脊柱起立筋	6.6±2.5	5.3±1.3	
腰部多裂筋	6.5±2.8	5.5±1.9	
脊椎カーブ (°)			
胸椎カーブ	22.9±13.6	38.7±19.7	*
腰椎カーブ	0.0±18.0	19.6±14.8	*

Mean (± SD)

*: 2種類の椅子間における有意差 (p<0.05)

表2 膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間における腰仙椎直立座位姿勢時の体幹筋活動と脊椎カーブの比較

	前傾座面椅子	従来の椅子	2群比較
体幹筋活動 (%)			
腹直筋	3.6±1.4	4.2±1.9	
外腹斜筋	3.3±1.8	5.3±4.6	
腹横筋/内腹斜筋	7.8±3.3	13.8±7.6	*
腰部脊柱起立筋	12.6±4.9	18.2±7.5	*
腰部多裂筋	15.2±6.6	22.9±7.4	*
脊椎カーブ (°)			
胸椎カーブ	27.6±15.2	26.4±10.4	
腰椎カーブ	-26.2±7.6	-24.9±7.7	

Mean (± SD)

*: 2種類の椅子間における有意差 (p<0.05)

IV. 考 察

膝当てを取り付けた前傾座面椅子を使用することにより、従来の椅子に比べて、少ない体幹筋の筋活動で効率的に腰仙椎直立座位姿勢をとることができ、かつ腰椎の前彎の減少が少ない脱力座位姿勢をとることができれば、座位時の腰痛予防に有用となる可能性がある。しかしながら、膝当てを取り付けた前傾座面椅子に関する先行研究では十分な座位姿勢の定義をした上で検討したものはみあたらず、特に体幹筋の筋活動において結果が一定していなかった。そのため本研究では、膝当てを取り付けた前傾座面椅子が座位時の腰痛予防に有用となる可能性があるかどうかを検討することを目的とし、膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間で、脱力座位姿勢と腰仙椎直立座位姿勢を保持した際の脊椎カーブと体幹筋の筋活動を比較した。

その結果、膝当てを取り付けた前傾座面椅子上で脱力座位姿勢を保持した際の腰椎カーブは、従来の椅子上と比べて、有意に低かった。このことから、膝当てを取り付けた前傾座面椅子を使用することにより、従来の椅子を使用するのに比べて、腰椎の後彎が少ない脱力座位姿勢をとることができることが示された。Bennett ら¹⁹⁾は、リラックスした座位（最も快適に座るように口頭指示）の際に、膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間で、脊柱起立筋群の筋活動に有意な差はなかったが、膝当てを取り付けた前傾座面椅子の方が腰椎は前彎していたと、本研究と近似した結果を報告している。

また、膝当てを取り付けた前傾座面椅子上で腰仙椎直立座位姿勢を保持した際の内腹斜筋、腰部脊柱起立筋、腰部多裂筋の筋活動は、従来の椅子上に比べて有意に低かったが、胸椎カーブおよび腰椎カーブに有意な差はみられなかった。内腹斜筋、腰部多裂筋の活動は腰椎の生理的前彎の獲得に重要な役割を担うため、腰仙椎直立座位姿勢を保持するにはこれらの筋の筋活動の増加が必要となる^{11,14)}。本研究で使用した膝当てを取り付けた前傾座面椅子は、Keegan らの研究²³⁾にもとづき、ハムストリングスなど大腿後面の筋群による骨盤後傾・腰椎後彎モーメントを少なくするため、体幹と大腿のなす角が120°の座位姿勢になるように設計されている。加えて、座面の前傾により骨盤前傾および腰椎前彎に必要な力を補うことができる。また、前傾座面に座ることにより、体幹には前方への屈曲モーメントが発生し、それに抗するために脊柱起立筋の筋活動は増大するが、膝当てによってこのモーメントが減少する¹⁹⁾。そのため、膝当てを取り付けた前傾座面椅子では、従来の椅子上と比べて、これらの体幹筋の筋活動が少ない、効率的な腰仙椎直立座位姿勢をとることができたと考えた。

以上の結果から、膝当てを取り付けた前傾座面椅子を使用することにより、従来の椅子に比べて、少ない体幹筋の筋活動で効率的に腰仙椎直立座位姿勢をとることができ、かつ腰椎の前彎の減少が少ない脱力座位姿勢をとることができることが示唆され、座位時の腰痛予防に有用となる可能性が考えられた。

腰痛患者では疼痛や廃用性筋萎縮から体幹筋の筋持久力が著明に低下していることが多数報告されている^{24,25)}。O'Sullivan ら²⁴⁾は、体幹屈曲によって腰背部痛を訴える者の多くは、健常成人と比べ、座位時の腰椎の前彎の減少および体幹筋の持久力低下が著明であり、加えて腰椎の前彎の減少は体幹筋の持久力の低下と有意に相関していたと報告している。また急性期の脊椎圧迫骨折患者では、体幹屈曲などに代表される腰椎前彎の減少をとともう肢位や動作は、受傷部へストレス

が増加し疼痛を誘発しやすい²⁶⁾。座位では立位に比べ腰椎の前彎は減少する²⁷⁾。特に脱力座位姿勢の際は腰椎の前彎の減少が著明である。そのため、急性期の脊椎圧迫骨折患者にとって脱力座位姿勢は困難な肢位の一つとなっている。これらの体幹屈曲時に腰痛を訴える腰痛患者や脊椎圧迫骨折患者の座位時の腰痛予防として、膝当てを取り付けた前傾座面椅子は特に有用となる可能性があると考えた。

本研究では、対象者は10名と少なく、性別も女性に限られている。今後は男性を加えた上で、対象者を増やして検討する必要がある。また腰痛患者や高齢者を対象に膝当てを取り付けた前傾座面椅子の特徴を検討する必要がある。また本研究で測定した座位姿勢は安静座位であるため、作業中の体幹筋活動や脊椎カーブの面からも検討する必要がある。

本研究では、膝当てを取り付けた前傾座面椅子と従来の椅子間で、脱力座位姿勢と腰仙椎直立座位姿勢を保持した際の脊椎カーブと体幹筋の筋活動を比較することで、膝当てを取り付けた前傾座面椅子が座位時の腰痛予防に有用となる可能性があるかどうかを検討することを目的とした。その結果、膝当てを取り付けた前傾座面椅子を使用することにより、従来の椅子に比べて、体幹筋の筋活動が少ない効率的な腰仙椎直立座位姿勢をとることができ、かつ腰椎の前彎の減少が少ない脱力座位姿勢をとることができると示唆され、座位時の腰痛予防に有用となる可能性があると考えた。

引用文献

- Hart LG, Deyo RA, Cherkin DC: Physician office visits for low back pain. Frequency, clinical evaluation, and treatment patterns from a U.S. national survey. *Spine*, 1995, 20(1): 11-19.
- Troup JD, Martin JW, Lloyd DC: Back pain in industry—a prospective survey. *Spine*, 1981, 6: 61-69.
- Balagué F, Troussier B, Salminen JJ: Non-specific low back pain in children and adolescents: risk factors. *Eur Spine J*, 1999, 8(6): 429-438.
- Kelsey JL, White AA 3rd: Epidemiology and impact of low back pain. *Spine*, 1980, 5(2): 133-142.
- Dolan P, Adams MA, Hutton WC: Commonly adopted postures and their effect on the lumbar spine. *Spine*, 1988, 13(2): 197-200.
- Williams MM, Hawley JA, McKenzie RA, et al.: A comparison of the effects of two sitting postures on back and referred pain. *Spine*, 1991, 16(10): 1158-1191.
- O'Sullivan PB: Lumbar segmental 'instability': Clinical presentation and specific stabilizing exercise management. *Man Ther*, 2000, 5(1): 2-12.
- Andersson GB, Ortengren R, Nachemson AL, et al.: The sitting posture: an electromyographic and discometric study. *Orthop Clin North Am*, 1975, 6(1): 105-120.
- Goel V, Kong W, Han JS, et al.: A combined finite-element and optimization investigation of lumbar spine mechanics with and without muscles. *Spine*, 1993, 18(11): 1531-1541.
- Cholewicki J, McGill SM: Mechanical stability of the in vivo lumbar spine: implications for injury and chronic low back pain. *Clin Biomech*, 1996, 11(1): 1-15.
- O'Sullivan PB, Dankaerts W, Burnett AF, et al.: Effect of different upright sitting postures on spinal pelvic curvature and trunk muscle activation in a pain-free population. *Spine*, 2006, 31(19): E707-E712.
- Hedman TP, Fernie GR: Mechanical response of the lumbar spine to seated postural loads. *Spine*, 1997, 22(7): 734-743.
- Adams MA, Hutton WC, Stott JR: The resistance to flexion of the lumbar intervertebral joint. *Spine*, 1980, 5(3): 245-253.
- Watanabe S, Eguchi A, Kobara K, et al.: Electromyographic activity of selected trunk muscles during bicycle ergometer exercise and walking. *Electromyogr. Clin. Neurophysiol*, 2006, 46(5): 311-316.
- Kavic N, Grenier S, McGill SM: Determining the stabilizing role of individual torso muscles during rehabilitation exercises. *Spine*, 2004, 29(11): 1254-1265.
- Frey JK, Tecklin JS: Comparison of lumbar curves when sitting on the Westnofa Balans Multi-Chair, sitting on a conventional chair, and standing. *Phys Ther*, 1986, 66(9): 1365-1369.
- Lander C, Korbon GA, DeGood DE, et al.: The Balans chair and its semi-kneeling position: an ergonomic comparison with the conventional sitting position. *Spine*, 1987, 12(3): 269-272.
- Soderberg G, Blanco MK, Cosentino TL, et al.: An EMG analysis of posterior trunk musculature during flat and anteriorly inclined sitting. *Hum Factors*, 1986, 28(4): 483-491.
- Bennet DL, Gillis DK, Portney LG, et al.: Comparison of integrated electromyographic activity and lumbar curvature during standing and during sitting in three chairs. *Phys Ther*, 1989, 69(11): 902-913.
- Richardson C: 腰痛に対するモーターコントロールアプローチ. 齋藤昭彦 (訳). 医学書院, 東京, 2008, pp148-156.
- Hislop HJ, Montgomery J: Daniels and Worthingham's muscle testing. W.B. Saunders Company, Philadelphia, 1995.
- Post RB, Leferink VJM: Spinal mobility: sagittal range of motion measured with the Spinal Mouse, a new non-invasive device. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2004, 124(3): 187-192.
- Keegan JJ: Alterations of the lumbar curve related to posture and seating. *J Bone Joint Surg Am*, 1953, 35A(3): 589-603.
- O'Sullivan P, Mitchell T, Bulich P, et al.: The relationship between posture, lumbar muscle endurance and low back pain in industrial workers. *Man Ther*, 2006, 11(4): 264-271.
- Nicolaisen T, Jørgensen K: Trunk strength, back muscle endurance and low back pain. *Scand J Rehab Med*, 1985, 17(3): 121-127.
- Prather H, Watson JO, Gilula LA: Nonoperative management of osteoporotic vertebral compression fractures. *Injury*, 2007, 38(Suppl 3): S40-S48.
- Callaghan JP, McGill SM: Low back joint loading and kinematics during standing and unsupported sitting. *Ergonomics*, 2001, 44(3): 373-381.